



UNIVERSIDAD POPULAR AUTONOMA DEL ESTADO DE PUEBLA

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DESARROLLO DE UNA LINEA DE GALVANIZADO POR PROCEDIMIENTOS ELECTROQUIMICOS

POR

JOSE LUIS MUÑOZ DIAZ

**TESIS PROFESIONAL PRESENTADA A LA ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

PUEBLA, PUE

MAYO 2000



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

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 textos, imágenes, gráficas, 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 de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

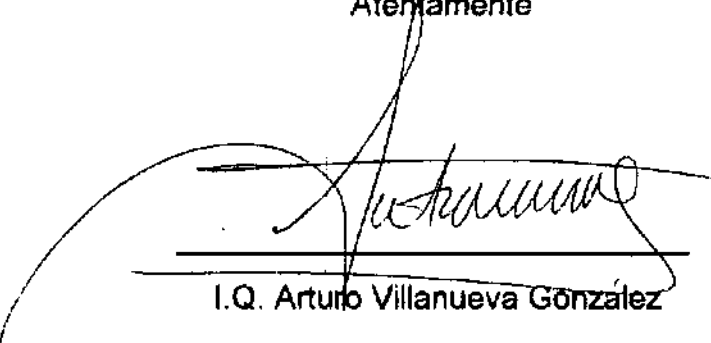
Puebla, Pue. A 18 de Abril del 2000

Ing. Y M.A. Carlos Aguirre Langle
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Presente:

La presente hace constar que se llevó a cabo, la asesoría, revisión y evaluación del trabajo denominado "Desarrollo de Una Línea de Galvanizado Por Procedimientos Electroquímicos".

Cumpliendo con los requisitos de contenido y calidad; Por lo que el señor José Luis Muñoz Díaz, puede realizar su examen profesional y promover la obtención del Título de Ingeniero Químico.

Atentamente



I.Q. Arturo Villanueva González

62215

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera muy especial al Ing. Arturo Villanueva González, por su tiempo, dedicación y consejos de un gran amigo, que fueron indispensables en la realización de este trabajo.

Agradezco a todos mis profesores, que con sus conocimientos transmitidos han logrado cambiar mi vida.

De igual manera agradezco muy en especial a la Ing. Y M.A. Ma. Josefina Rivero Villar por su confianza y apoyo en los momentos más tristes y alegres.

Expreso de la misma forma a todas aquellas personas que directa o indirectamente colaboraron en la realización de este trabajo.

Ing. Y M.A. Carlos Aguirre Langle

Ing. Ramón Muñoz Centeno

Ing. Guillermo Alvarado Cook

A la Universidad Popular Autónoma Del Estado De Puebla, por haber sido la base de mi formación profesional.

A DIOS Por que todo se lo debo a El.

A ti Padre, por que con tu constancia, consejos y apoyo en forjarme un hombre de bién, hemos culminado una etapa más en mi vida.

Este logro es de los dos !!

A ti madre por tu apoyo y comprensión siempre alentándome a seguir adelante.

A mis Abuelos Francisco y Concepción por que con sus sabios consejos me animaron y ayudaron a ser el bién.

A mis Abuelos Salvador Y Emma por su amor sin límite..

A mis hermanos Adán, Nancy, Emmanuel y Martha que me ayudaron a no desistir y poder darles un buen ejemplo.

A mi tio Francisco+ que Dios lo tenga con el.

A todas las personas que me rodean y que son muestra de un gran amor desinteresado, gracias por ser las personas más maravillosas de mi vida.

A ustedes que son parte de mí.

Victor, Vida, Adriana, Amel, Susana, Sra. Bertha, Sr. Francisco, Marcia, Oscar, Alejandra, Carlos, Lilia, Pablo, Guillermo, Ramón, Leticia, Sergio, Rosario, Andrea, María Fernanda, Ana Karen, Pilar, Judith, Lourdes, Tomy, Martha, María, Mario, Ricardo, Antonio, Betty, Laura, Lina, Mary, Francisco.

INDICE

INDICE	i
LISTA DE FIGURAS	iv
INTRODUCCION	vi
CAPITULO 1 ANTECEDENTES Y TECNICAS DE GALVANIZADO	1
1.1. REVESTIMIENTOS	1
1.1.1. GALVANOSTEGIA	2
1.1.2. GALVANOPLASTIA O ELECTROFORMACION	3
1.2. RECUBRIMIENTOS DE ZINC (GALVANIZADO)	4
1.2.1. ZINC	4
1.2.2. FORMAS DE APLICACION DEL ZINC	6
1.2.2.1. Inmersión en caliente	6
1.2.2.2. Impregnación o cementación	8
1.2.2.3. Proceso electrolítico	9
1.2.2.4. Metalización en vacío	10
1.2.2.5. Reducción autocatalítica (electroless)	11
1.2.2.6. revestimiento por aspersión	12
1.3 USOS Y APLICACIONES	14
CAPITULO 2 GALVANIZADO ELECTROLITICO	15
2.1. GENERALIDADES	15
2.2. PROCEDIMIENTO	19
2.2.1. PRETRATAMIENTOS	20
2.2.1.1. Limpieza mecánica	20
2.2.1.2. Limpieza física	28
2.2.1.3. Limpieza química	34
2.2.1.4. Enjuagues	35
2.2.2. PROCESO DE GALVANIZADO	35
2.2.2.1. Galvanizado cianurado	36
2.2.2.2. Galvanizado alcalino no cianurado	37
2.2.2.3. Galvanizado de tipo ácido	37

2.2.3. POST-TRATAMIENTOS	39
2.2.3.1. Enjuague de ácido nítrico	39
2.2.3.2. Sello crómico	39
2.2.3.3. secado	44
2.3. CONOCIMIENTOS GENERALES	44
2.3.1. ELECTROLISIS DEL GALVANIZADO	44
2.3.2. CONSEJOS PRACTICOS PARA LA RESOLUCION DE PROBLEMAS	45
2.3.3. CARACTERISTICAS DE LA DEPOSICION EN EL ZINCADO	46
2.3.4. MEDICIONES FISICAS DEL DEPOSITO	48
2.3.4.1. Pruebas de adherencia al galvanizado	48
2.3.4.2. Medición del espesor	49
2.3.4.3. Valor protector cámara salina	50
2.3.5. DESNUDADO DE LA CAPA	51
CAPITULO 3 FUNDAMENTOS FISICOQUIMICOS	52
3.1. DEFINICION DE ELECTROQUIMICA	52
3.2. PRINCIPIOS DE LA CONDUCCIÓN ELECTROLITICA	52
3.3. LEYES DE FARADAY PARA LA ELECTROLISIS	56
CAPITULO 4 DISEÑO DE LINEA	58
4.1. ASPECTOS IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE PIEZAS POR REVESTIR	58
4.1.1. SUPERFICIE SIGNIFICANTE	59
4.1.2. DISEÑO PARA BARRIL	59
4.1.3. DISEÑO PARA RACK	60
4.1.4. DISEÑO PARA LA BUENA DISTRIBUCION DE LOS DEPOSITOS	61
4.1.5. CARACTERISTICAS DE DISEÑO QUE INFLUYEN EN LA DEPOSITACION	61
4.2. DISEÑO DE TANQUES Y CONSTRUCCION	64
4.2.1. CAPACIDAD DE PRODUCCION Y VOLUMEN DE LAS TINAS	65
4.3. PREPARACION DE LA SOLUCION DE GALVANIZADO	69
4.3.1. CONDICIONES DE OPERACION	69
4.3.2. PREPARACION	69
4.4. DISEÑO DE LOS SOPORTES "RACK"	72
4.4.1. BREVE HISTORIA	72

4.4.2. FUNCION Y CONSEJOS BASICOS PARA EL DISEÑO DEL RACK	74
4.4.2.1. Posición del artículo para ser galvanizado	74
4.4.2.2. Espaciado para evitar sombreado	76
4.4.2.3. Recubrimiento uniforme en superficies inaccesibles	77
4.4.2.4. Evitar quemado en las esquinas	78
4.4.2.5. Métodos para sostener artículos en determinada posición	79
4.4.2.6. Dimensiones prácticas para racks	80
4.4.2.7. Forma de los cuerpos o miembros del rack	81
4.4.2.8. Diseño del gancho	82
4.4.2.9. Aislamiento	83
4.5. DISEÑO DE ANODOS	85
4.6. INSTALACION ELECTRICA	87
4.7. VENTILACION Y CONTROL DEL AIRE	90
4.7.1. NATURALEZA DE CONTAMINANTES	91
4.7.2. TIPOS DE SISTEMAS	92
4.8. AGUAS DE DESECHO, CONTROL Y TRATAMIENTO	93
CAPITULO 5 DESARROLLO DE LA LINEA DE GALVANIZADO	95
5.1. TAMAÑO DE LINEA	95
5.1.1. MERCADO ACTUAL Y FUTURO	95
5.1.2. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL MERCADO DE CONSUMO	96
5.1.3. DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS	96
5.1.4. RESTRICCIONES DE LA TECNOLOGIA	96
5.1.5. ASPECTOS LEGALES	97
5.2 LOCALIZACION	97
5.3. DESARROLLO DEL PROCESO	98
5.3.1. EQUIPO	100
5.3.2. EJEMPLO DE ESTUDIO PARA TUBO DE LLENADO DE GASOLINA	101
5.3.3. CONEXIONES ELECTRICAS	102
5.3.4. ADITAMENTOS PARA LA LINEA	103

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

1	Tabla, Propiedades del zinc	5
2	Tabla de serie galvánica	17
3	Diagrama de flujo	19
4	Partes requeridas para operar un cinturón abrasivo	24
5	Desengrasante de vapor con conexión de spray	29
6	Tabla, Consejos prácticos para la resolución de problemas	45
7	Gráfica de medición de espesores	46
8	Gráfica del efecto de la concentración del zinc	46
9	Gráfica del efecto de la concentración del hidróxido de sodio	47
10	Ejemplo de electrólisis	53
11	Influencia de la forma de las piezas en la electrodeposición	62
12	Detalle del borde del tanque	68
13	Pieza colocada equidistante de los ánodos	75
14	Colocación de las piezas para flujo de burbujas	75
15	Problemas, y mejor manera de colocar las piezas	76
16	Espacio entre piezas	77
17	Recubrimiento uniforme con ayuda de ánodos auxiliares	77
18	Anodo auxiliar en el recubrimiento interno	78
19	Diagrama para evitar quemado en las puntas por exceso de corriente	78
20	forma incorrecta y correcta de sostener una pieza con tip's	79
21	Forma de sujetar las piezas y el rack, en caso de flotar o salirse	80
22	Dimensión práctica para racks	81
23	Forma del material en los cuerpos del rack	82
24	Diferente forma de los ganchos de un rack	82
25	Sujetadores para racks	83

26 Problemas con el aislamiento del rack	84
27 Anodos contenedores de metal de zinc	86
28 Tipos de sistemas de ventilación	92
29 esquema de línea de galvanizado	98
30 Tabla de máximos amperajes	102

INTRODUCCION

Durante muchos años, el hombre ha venido desarrollando procesos para dar protección al fierro y al acero contra la corrosión, es por eso que surgen diferentes técnicas que alargan la vida de muchos artículos fabricados con estos materiales.

Hasta ahora la ciencia ha aplicado diferentes recubrimientos de todo tipo, ya sea plásticos, metálicos, y orgánicos, pero que de acuerdo a las características de durabilidad y costo, los más factibles son los metálicos. Dentro de esta gama, existen varios metales cuya protección es excelente como el titanio, pero que dependiendo de su abundancia y obtención es el costo.

Uno de los metales muy fascinantes es el zinc, el cual se utiliza en el proceso denominado "Galvanizado". Por su capacidad de dar protección al fierro y acero aún después de haberse quedado desnudo el material en algunas secciones, le da la cualidad de excelente protector. Por eso la ciencia se ha encargado de estudiar las formas más factibles de aplicar recubrimientos de zinc.

Es por eso que el presente trabajo muestra un ejemplo real de un proceso, desde la planeación, fabricación, y montaje de una línea de galvanizado por procedimientos electroquímicos, en el municipio de Tepeaca.

El desarrollo de este trabajo incluye: Capítulo 1, historia, y una revisión de las técnicas utilizadas para la aplicación del zinc, así como sus características y algunos usos.

Por otro lado, después de haber visto las formas comunmente de aplicación me enfocaré específicamente an el galvanizado electrolítico o electrogalvanizado, por ser el más noble, de mejor control y de gran economía, Esto se estipula en el capítulo 2, además de todo el procedimiento que se requiere para su proceso.

En el capítulo 3 se estudian las leyes y principios que rigen el fenómeno denominado electrólisis, asociado con la deposición del metal.

En la parte experimental, capítulo 4 se diseña la línea para galvanizar, desde sus tanques, la preparación de las soluciones, hasta los aditamentos necesarios para sostener y transmitir corriente a las piezas.

Culminando así en el capítulo 5 con el montaje de una pequeña planta, y el estudio de como se calcula y procesa un ejemplo de una pieza.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES Y TECNICAS DE GALVANIZADO

1.1 REVESTIMIENTOS

Se da el nombre de electrodeposición al depósito electrolítico de metales sobre metales, aleaciones y cuerpos no metálicos. Comprende los procesos de galvanoplastia, o electroformación de moldes para vaciado, y galvanostegia, formación de revestimientos metálicos para decoración, protección u otros fines.

La operación es conocida desde hace más de 200 años y se mencionó por primera vez en la literatura aproximadamente en 1840. En los setenta años subsiguientes se conservó casi como un arte y en que las fórmulas eran secretas y pasaban de padres a hijos, pero con los grandes avances químicos y físicos, así como el perfeccionamiento de máquinas eléctricas, de los instrumentos de medición y con la abundancia de sustancias químicas de suficiente pureza, esto se ha convertido en un proceso científico y tecnológico. A partir de 1930 la técnica del revestimiento metálico por la corriente eléctrica adquirió lugar importante con grandes ventajas para la ciencia y la industria.

En nuestros días se obtienen nuevas e importantes propiedades en protección, conducción y decorado de las superficies y eficiencia de aplicación en

de artículos similares preparados por otros métodos. Con frecuencia el electrodeposición es el único medio de producir el acabado de superficie que se desea.

El electrodeposición tiene el fin expreso de alterar las propiedades superficiales de metales y sustancias no metálicas. Sus efectos son mejoramiento del aspecto, aumento de la resistencia contra la corrosión, al manchado, al ataque por sustancias químicas, a la conducción de señales eléctricas, al desgaste de piezas, mejor comportamiento de fricción y mayor dureza, aplicando todo esto, ya sea para mejorar el aspecto o para enchapado protector.

1.1.1 GALVANOSTEGIA

La galvanostegia tiene por objeto producir revestimientos metálicos sobre objetos de metal, y en grado limitado, sobre objetos no metálicos. En general, el metal que se deposita se disuelve de un ánodo del material en cuestión y se deposita sobre el objeto a revestir, que forma el cátodo, si bien esta disposición puede modificarse y el metal depositado puede obtenerse de una sal disuelta en el baño de galvanostegia.

La galvanostegia tiene lugar importante en ingeniería. Cuando se diseña alguna pieza cuyo metal básico es una aleación que tiene las necesarias propiedades mecánicas y se puede labrar fácilmente, pero que es poco resistente contra el ataque superficial en el servicio, la estabilidad superficial requerida se puede obtener por medio de un revestimiento metálico; ahora si se requiere con mucho mejores propiedades, se puede hacer una aleación que mejore las propiedades mecánicas y después se recubre para que la pieza sea excelente.

1.1.2 GALVANOPLASTIA O ELECTROFORMACION

La galvanoplastia produce o reproduce un objeto por deposición electrolítica de un metal. Primero se hace por presión el molde del objeto que hay que reproducir con un metal blando, o bien imprimiendo o estampando el objeto en cera. En este último caso, el molde no es conductor de la electricidad, pero se hace que su superficie lo sea revistiéndola de grafito. En otros casos se le hace conductora consiguiendo que se forme un delgado depósito metálico sobre el objeto, por ejemplo, poniendo sobre éste una solución de CuSO_4 y precipitando el cobre de la misma por medio de limaduras de hierro muy finas. Una razón para utilizar el segundo método es que la deposición electrolítica no se produce a la vez sobre toda la superficie grafitada, sino que crece a partir de un punto en el que se produce el contacto. En otros casos pueden utilizarse moldes de plomo revestidos de grafito. Después de su formación se saca el electrotipo del molde de cobre y se le refuerza con un metal de punto de fusión bajo, como una aleación de estaño y plomo, para dar al molde rigidez y resistencia, ya que se requiere de mayores espesores para el grosor.

Para una reproducción exacta, el molde se convierte en un negativo del objeto que hay que reproducir. El ejemplo más importante del uso de los negativos producidos electrolíticamente se halla en la industria audio-digitalizada, en la que se hace primero un disco compacto original de cera que se reviste de grafito y sobre el cual se deposita cobre para formar una placa o matriz patrón, que constituye un negativo. Partiendo de esta placa, se hacen uno o más discos maestros por deposición electrolítica, lo que da positivas que sirven de modelo para obtener por electrodeposición las matrices definitivas o patrones de trabajo para el prensado. La exactitud de la reproducción queda patentizada por el hecho de que, a partir de los patrones de trabajo se obtienen varias generaciones de placas, con resultados satisfactorios, de la forma del cd. ordinario prensado de gramófono que todos conocemos.

1.2 RECUBRIMIENTOS DE ZINC (GALVANIZADO)

1.2.1 ZINC

Los antiguos utilizaban una aleación, no muy distinta del latón de nuestros días, si bien no conocían su composición. Ciertas menas de cobre contenían sin duda cantidad suficiente de zinc para que el resultado del proceso fuese una aleación y no un único metal. La palabra zinc fue utilizada por primera vez por Paracelso en el siglo XVI, y se aplicó a un metal que traían de las Indias Orientales con el nombre de "Tutanego". Sin embargo, hasta principios del siglo XVIII no se reconoció realmente el zinc como metal distinto, montándose fundiciones para su obtención.

El zinc se encuentra como:

sulfuro - blenda - Szn ,

carbonato - smithsonita - $\text{CO}_3 \text{ Zn}$;

óxido - cincita - ZnO ,

silicato - calamina - $\text{SiO}_4 \text{ Zn}_2 \cdot \text{H}_2 \text{ O}$;

y como óxido mixto complejo de zinc, manganeso y hierro, franklinita.

La producción mundial de zinc es, aproximadamente de 1,700,000 toneladas anuales, siendo los países productores más importantes los Estados Unidos (38%), Alemania (14%), y Canadá (10%).

1.2.2 FORMAS DE APLICACIÓN DEL ZINC

1.2.2.1. INMERSION EN CALIENTE

La inmersión en caliente se usa todavía como procedimiento para producir una película protectora. El revestimiento lo forma el metal que se adhiere al artículo cuando éste se sumerge en un baño del metal fundido. Los metales usados para producir estos revestimientos son los que tienen un punto de fusión bajo, que por ello no provocan cambios térmicos en el metal base.

El revestimiento normal por inmersión en caliente consta de una capa de aleación cubierta con una capa del metal puro empleado para el revestimiento. La capa de aleación se forma por que el metal fundido se difunde en el metal base y se combina con él. Las temperaturas más altas del baño y los periodos de inmersión más largos dan como resultado mayor difusión y una capa de aleación más gruesa.

La limpieza de la superficie que se quiere revestir es esencial en el procedimiento de inmersión en caliente. Para formar un revestimiento uniforme y adherente, la pieza tiene que presentar una superficie no contaminada al metal fundido. Por consiguiente, el tratamiento de limpieza no sólo tiene que quitar la grasa y las escamas de óxido, si no que tiene que evitar también la oxidación de la pieza al entrar al baño. Las operaciones son: desengrasar, enjuagar, quitar las escamas (ataque con ácido diluido), enjuagar, recubrir con un fundente, sumergir y tratamiento superficial final.

El procedimiento es el siguiente: Un tratamiento común con ácido diluido para el acero base consiste en sumergir el material durante 15 a 20 minutos en ácido sulfúrico al 7% a 60-90°C. o en ácido clorhídrico al 8% a 20-30°C.

Con frecuencia se emplea un tratamiento preliminar en ácido fluorhídrico al 5% para disolver los granos de arena adheridos a la superficie de las piezas fundidas. Después del tratamiento con ácido diluido, el material puede guardarse sumergido en agua para evitar su oxidación. Antes de que pase a través de la capa de fundente que flota sobre el baño de zinc, puede limpiarse el acero para quitarle el óxido superficial haciéndolo pasar por una solución de cloruro de zinc y amonio de una concentración de 5-20% .

La temperatura del baño de zinc puede variar entre 425 y 460° C., según la naturaleza del revestimiento deseado y las dimensiones de la pieza trabajada. Temperaturas mayores no son prácticas, por que acrecientan el ataque del acero de la caldera por el zinc fundido.

El espesor del revestimiento se controla generalmente regulando la temperatura del baño de metal fundido y el método para sacar del baño el artículo revestido. Para algunos tipos de trabajo es conveniente controlar mecánicamente el espesor. Los tubos, por ejemplo, se hacen pasar por un anillo que separa el exceso de metal por medio de un chorro de vapor. Las láminas se hacen pasar normalmente entre cilindros ajustados para obtener el espesor deseado. Los alambres y los productos de alambre se hacen pasar frecuentemente en dirección vertical a través de capas de carbón vegetal que proporcionan una atmósfera reductora durante el período de escurrimiento. Los revestimientos más delgados sobre alambre se forman sustituyendo el carbón vegetal por almohadillas de asbesto. Las piezas pequeñas y los accesorios se sacan rápidamente del baño en un cesto que después se hace girar con rapidez para expulsar por la fuerza centrífuga el exceso del metal fundido. En general, la cantidad de metal usado y su distribución sobre la superficie no pueden regularse con exactitud, sobre todo para los artículos que no pueden limpiarse mecánicamente. Por esta falta de control del espesor y por las pérdidas por despumado, la inmersión en caliente es un procedimiento en el que se desperdicia mucho metal.

1.2.2.2 IMPREGNACIÓN O CEMENTACIÓN

La cementación es un procedimiento para formar un revestimiento protector con una aleación calentando un metal base en íntimo contacto con un metal pulverizado. Los revestimientos formados por este método tienen un espesor uniforme cualquiera que sea la forma geométrica de la superficie que se trate; las grietas no se llenan, como sucede con la inmersión en caliente. Por tanto, los revestimientos por impregnación son apropiados para la protección de piezas pequeñas de superficie desigual. En general, el procedimiento no se adapta bien al tratamiento de artículos grandes.

La cementación con polvo de zinc se llama sherardización en honor de Sherard Cowper-Coles, quién inventó el procedimiento en 1900. Los artículos que se quieren revestir se limpian, y luego se ponen con polvo de zinc bien apretado dentro de un tambor metálico. El tambor se cierra lo más herméticamente posible para reducir al mínimo la oxidación del zinc y se hace girar lentamente mientras se calienta con gas, petróleo o electricidad. Este tratamiento se realiza entre 350 y 370 °C. Temperaturas más altas producen un revestimiento de cristales gruesos con un contenido elevado de hierro; las temperaturas más bajas dan como resultado revestimientos delgados con alguna porosidad. El espesor del revestimiento se regula variando la duración del tratamiento entre 3 y 12 horas. Depende también de la composición del polvo de zinc usado. Se mantiene un contenido de zinc comprendido entre 80 y 92 % (el resto es óxido de zinc e impurezas) añadiendo pequeñas porciones de polvo nuevo al polvo usado. El plomo es una impureza perjudicial, y lo propio sucede con el hierro y el óxido de hierro en cantidades apreciables. Estas dos últimas impurezas se eliminan periódicamente de la mezcla por separación magnética.

Todos los revestimientos aplicados por este procedimiento contienen minúsculas grietas por la diferencia en los coeficientes de dilatación de la aleación zinc-hierro y la base de acero. Estas grietas no perjudican a las cualidades protectoras de los revestimientos, pues existe protección electrolítica. Aunque la capa de hierro-zinc es menos anódica que el zinc puro, es suficientemente anódica para proteger el acero si el contenido de hierro en la superficie no es demasiado grande. Los revestimientos que contienen de 15 a 20 % de hierro se descomponen rápidamente cuando se exponen al aire, pero los que contienen de 8 a 10% resisten bien.

1.2.2.3 PROCESO ELECTROLITICO

Consiste en sumergir un material metálico en una solución que contenga iones del metal que se quiere depositar; en este caso Zn^{++} , otra sal que facilite la conductibilidad eléctrica y un llamado agente adicional para conseguir el tipo de depósito que se quiere producir (abrillantador).

El procedimiento es el siguiente: La pieza a recubrir se coloca en el lado negativo de una celda llamada cátodo y en el otro se colocan las barras o canastillas del metal utilizado para recubrir en algunos casos denominándosele ánodo y la carga contenida es positiva; por lo tanto al conectarse la celda el circuito se cierra con la solución y dando principio a la deposición por migración de iones metálicos.

Es importante saber que si la concentración de los iones metálicos va a ser suministrada por los ánodos estos se llamarán ánodos activos y si es suministrada por una sal y el ánodo es sólo para cerrar el circuito; entonces se le denomina ánodo pasivo.

1.2.2.4 METALIZACION EN VACIO

El recubrimiento en vacío es desarrollado en una cámara de aire ajustado, la cual puede ser tan pequeña como de 10 a 12 pulgadas en una campana de vidrio o tan grande como un tanque de acero de varias pulgadas. La cámara es evacuada con alta presión de vacío, por una serie de bombas mecánicas y de difusión. Mientras la cámara es mantenida a baja presión, el metal a evaporar es calentado al punto de ebullición. Bastante calor es agregado después al metal para producir una presión de vapor en la ebullición del metal considerablemente más alta que el total de la presión en la cámara. Esta diferencia en presiones entre el metal en ebullición y la cámara determina el rango de evaporación.

Las moléculas de metal entonces dejan la fuente de calor y viajan en forma vaporizada hacia las paredes externas de la cámara de vacío. Si la presión residual en el tanque es bastante baja, las moléculas vaporizadas probablemente viajen la distancia del origen a las paredes de la cámara, sin colisiones con una molécula de aire. (Esta probabilidad de que una molécula dada viaje la distancia del origen de la evaporación al sustrato sin colisión resulta el significado de "mean-free-path" (sendero -libre-promedio) de el aire residual en la cámara. El "mean-free-path" es la distancia promedio que una molécula de aire viaja en un rango de movimiento antes de que esta choque con otra molécula de aire. Para un gas, el "mean-free-path" es simple inversamente proporcional a la presión del gas).

Entonces si la evaporación en vacío se lleva acabo a baja presión, las moléculas de vapor viajan en líneas rectas fuera del origen. Esto significa que sólo aquellas superficies que lleguen a estar en "line-of-sight" (línea-de-vista) de el origen durante la evaporación pueden llegar a ser recubiertas.

1.2.2.5 REDUCCION AUTOCATALITICA (ELECTROLESS)

Los componentes de un baño electroless incluyen una solución acuosa de iones metálicos, catalizador, agentes reductores, agentes complejos, y estabilizadores del baño, operando en una específica concentración del ion metálico, rango de temperatura y pH.

Diferente al electroplateado convencional, este no requiere corriente eléctrica para la deposición. El baño electroless provee un depósito exactamente con el contorno de la pieza a recubrir sin deformaciones en las puntas y en las esquinas. Así que una orilla filosa recibe el mismo espesor que en toda la pieza.

El substrato base a recubrir debe ser un catalizador por naturaleza. Una correcta preparación de la pieza provee una superficie catalítica y, una vez introducida en la solución electroless, una deposición uniforme comienza a formarse. Diminutas cantidades de metal electroless catalizarán la reacción, así la deposición es autocatalítica después de que la superficie está cubierta. La deposición electroless continúa en tanto se provea del ion metálico y del agente reductor o se reemplacen. Si el aire o el gas envuelto es atrapado en burbujas o cavidades no se llevará a cabo la deposición en esas áreas.

En los recubrimientos electroless, los iones metálicos son reducidos a metal por la acción química de los agentes reductores, los cuales son simples donadores de electrones. Los iones metálicos son aceptadores de electrones, los cuales reaccionan con donadores de electrones. El catalizador es el substrato (la pieza de trabajo o superficie metálica) la cual acelera la reacción química electroless, permitiendo la oxidación del agente reductor.

Los iones metálicos y la concentración del reductor deben ser monitoreados y controlados minuciosamente, para mantener los radios propios y para mantener el balance químico completo del baño. El rango para la deposición por electroless es controlada por la temperatura, pH y iones metálicos/concentración del agente reductor. Cada uno tiene rangos especiales de optimización a los cuales debe ser operado el baño. Agentes complejos, actúan como un buffer para controlar el pH y mantener control sobre la sal de los iones metálicos libres disponibles en la solución, dejándola estable. Los estabilizadores actúan como inhibidores catalíticos, retardando potencialmente la descomposición espontánea del baño electroless. Pocos estabilizadores son usados en exceso de 10 ppm, por que un baño electroless tiene un mínimo de tolerancia para estabilizar. El uso excesivo de estabilizadores puede causar agotamiento en el rango de plateado en la vida del baño, y pobres propiedades en el depósito metálico.

1.2.2.6 REVESTIMIENTO POR ASPERSION

La producción de revestimientos protectores pulverizando metales fundidos es el único procedimiento comercial que utiliza un aparato portátil para revestimientos. La portabilidad se logró al incorporar el mecanismo pulverizador en una pistola de aire, y hace que el procedimiento sea especialmente apropiado para revestir estructuras grandes y para reparar piezas de máquinas desgastadas. Otras ventajas pueden encontrarse en la rapidez con que puede aplicarse un revestimiento de espesor y composición controladas y en el pequeño grado de deformación de la estructura base durante el proceso.

La técnica más generalizada es introducir el metal en forma de alambre. Un par de rodillos, impulsados por una turbina de aire, dirigen continuamente el alambre a la zona caliente de una llama anular de un soplete.

A medida que el alambre se funde, es desintegrado por un cono concéntrico de aire comprimido que lo arroja hacia adelante en forma de polvo fluido. La presión del aire necesaria es aproximadamente 3.5 Kg /cm^2 y la del gas 1.055 Kg/cm^2 . Cualquier metal en forma de alambre que tenga un punto de fusión comprendido entre los límites del mecanismo del caldeo, puede pulverizarse por este procedimiento. El diámetro del alambre depende del tipo de metal que se pulveriza y de la naturaleza del revestimiento deseado. Los tamaños usados suelen variar entre el No. 13 y el No. 20 (clasificación del tamaño de boquilla) y se dispone de boquillas de los tamaños correspondientes. Hay boquillas rotatorias de extensión y de desviación que permiten pulverizar superficies de otra manera inaccesibles.

Otro procedimiento de uso corriente, es llevar el metal pulverizado a una corriente de gas por aspiración; el metal se funde en la llama del gas y un cono concéntrico de aire comprimido lo pulveriza. Este método sirve con los metales que tienen un punto de fusión bajo. Los polvos de la mayoría de los metales usados en la industria se encuentran en el comercio a precios razonables, aunque el costo de pulverizar un metal es a menudo mayor que el de estirar el metal en forma de alambre. El polvo obtenido como subproducto del beneficio de los minerales de zinc en una fuente barata de materia prima.

La principal ventaja de la aspersión con polvos es la posibilidad de asperjar metales que no pueden obtenerse fácilmente en forma de alambre. Otra ventaja es que la composición del revestimiento puede controlarse mezclando diferentes polvos metálicos hasta obtener la composición deseada.

1.3 USOS Y APLICACIONES

Hay cierta confusión natural entre el enchapado protector y el decorativo; todo va a depender del acabado que se desee; por lo general los decorativos son el oro, la plata, níquel, entre otros y para protección tenemos al zinc, cromo como ejemplos más comunes.

Diariamente se enchapan millones de piezas relacionadas con la fabricación de automóviles, aeroplanos, refrigeradores, utensilios eléctricos tales como tostadores, planchas, máquinas planchadoras, ventiladores, calentadores, etc.; piezas metálicas para construcción tales como cerraduras, bisagras, manijas, placas de protección, etc.; adornos arquitectónicos, estufas de cocina; máquinas lavadoras; muebles y demás enseres para oficinas; vitrinas para exhibición y equipos para almacenamiento; artículos de plomería; máquinas de escribir; relojes; artículos de bisutería, estuches de afeitar y bolsas para señoras; sombrillas; vagones y coches de ferrocarril; linternas de mano, utensilios de cocina; plumas estilográficas y lapiceros; radios; cámaras fotográficas y accesorios; palos y accesorios de golf; armas de fuego; marcos de cuadros, etc.

El acero es el metal básico más usual y debe ser protegido de la herrumbre y del ataque por sustancias químicas. Los revestimientos usuales para el acero son los de zinc, los cuales se aplican a artículos estampados, centrifugados, o vaciados en algún período de su fabricación.

Los revestimientos galvanizados se usan mucho para proteger contra la corrosión artículos de muchas formas: Láminas para techar, tubos, alambres, artículos de lámina, telas metálicas, herrajes para postes, clavos, tornillos, accesorios para tuberías, muebles y gran variedad de tanques, en especial los calentadores para agua. Los utensilios revestidos de zinc no son apropiados para la preparación de alimentos, en especial los alimentos de carácter ácido.

CAPITULO 2

GALVANIZADO ELECTROLITICO

2.1 GENERALIDADES

El fierro y el acero son los metales básicos más usuales en la industria y la construcción, pero el problema más grave es la conservación de las piezas, debido a que sufren un ataque por exposición al medio ambiente y a la humedad y en algunas ocasiones al ataque por sustancias químicas, ocasionándose un desgaste en las piezas llamada herrumbre que origina una pérdida en dinero. El daño causado por la corrosión conlleva a reparaciones costosas y consumo de tiempo y se estima que cuesta al menos el cuatro por ciento del producto interno bruto de un país⁽¹⁾.

Por eso es importante dar este tipo de recubrimiento al inicio, para hacer una inversión sólida, proporcionando un escudo contra la corrosión; resultando en significantes ahorros a largo plazo.

(1) International Zinc Association . Folleto "ZINC , Zinc en la infraestructura pública, Aplicaciones para el siglo XXI" Pág. 2 .

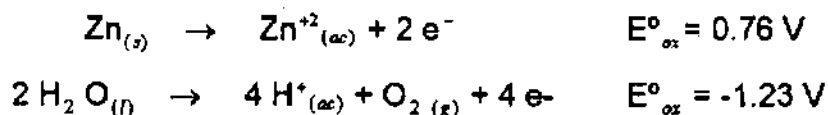
El tema de estudio de este proyecto es el electrogalvanizado, por que es uno de los procesos que mejor se puede controlar y las características principales son:

- costos muy bajos en comparación a los demás procesos.
- control exacto del espesor
- proceso que se puede detener sin costo por paro o consumo de energía.

Pero la gran ventaja es el ahorro sustancial del metal, debido a la pequeña cantidad que se deposita, este procedimiento es importante para la escasez de metales.

La elevada duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados, que supera frecuentemente la vida en servicio prevista para las instalaciones, hacen innecesario, en la mayoría de los casos, el mantenimiento de las piezas de acero galvanizado. No obstante, si en alguna ocasión fuera preciso prolongar más la duración de la protección de un recubrimiento galvanizado, esto puede realizarse fácilmente y a bajo costo, ya que estos recubrimientos pueden reacondicionarse sin necesidad de tratamientos de preparación superficial.

Para saber si el zinc puede depositarse por procedimientos electroquímicos, el potencial de oxidación del zinc tiene que ser mayor que el del agua ocurriendo lo siguiente. Si el ánodo lo esta formando el metal a depositar y en la solución hay iones también de zinc entonces el $Zn^{+2}_{(ac)}$ se reduce en el cátodo preferiblemente a la reducción del agua. Conforme va fluyendo corriente el zinc se disuelve del ánodo yendo a depositarse en el cátodo:



Por lo tanto se cumple.

Es importante la utilización del zinc en el galvanizado por la simple razón de que es un metal muy abundante en la naturaleza y por lo tanto económico que tiene la característica de dar protección catódica, esta protección es debida a la fuerza electromotriz o potencial estándar de electrodo del metal mucho mayor que la del hierro, esto quiere decir que la oxidación es mucho más rápida en aquellos metales que tienen valores más altos de E° figura

SERIE GALVANICA	REACCION			E° Voltios
Magnesio	Mg	-----	$Mg + 2 \rightarrow Mg^{+2} + 2e^-$	+ 2.34
Aluminio	Al	-----	$Al + 3 \rightarrow Al^{+3} + 3e^-$	+ 1.67
Manganeso	Mn	-----	$Mn + 2 \rightarrow Mn^{+2} + 2e^-$	+ 1.05
Zinc	Zn	-----	$Zn + 2 \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$	+ 0.762
Cromo	Cr	-----	$Cr + 3 \rightarrow Cr^{+3} + 3e^-$	+ 0.71
Hierro	Fe	-----	$Fe + 2 \rightarrow Fe^{+2} + 2e^-$	+ 0.440
Cobalto	Co	-----	$Co + 2 \rightarrow Co^{+2} + 2e^-$	+ 0.227
Níquel	Ni	-----	$Ni + 2 \rightarrow Ni^{+2} + 2e^-$	+ 0.250
Estaño	Sn	-----	$Sn + 2 \rightarrow Sn^{+2} + 2e^-$	+ 0.136
Plomo	Pb	-----	$Pb + 2 \rightarrow Pb^{+2} + 2e^-$	+ 0.126
Hidrógeno	H ₂	-----	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0.000
Cobre	Cu	-----	$Cu + 2 \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$	- 0.345
Plata	Ag	-----	$Ag + \rightarrow Ag^+ + 1e^-$	- 0.800
Platino	Pt	-----	$Pt + 2 \rightarrow Pt^{+2} + 2e^-$	- 1.2

FIGURA 2. Tabla de serie galvánica

Como se muestra en la tabla, el zinc protege al hierro aún después de que se ha roto la superficie cubierta, en este caso el hierro actúa como el cátodo en la corrosión electroquímica debido a que el zinc se oxida con mayor facilidad que el hierro. Por lo tanto, el zinc sirve como el ánodo y es el que se corroe en lugar del hierro. La protección de un metal haciendo que se convierta en el cátodo en una celda electroquímica se conoce como protección catódica. Con frecuencia las tuberías subterráneas se protegen contra la corrosión haciendo de la tubería el cátodo de una celda voltaica. Se entierran junto con la tubería fragmentos de un metal activo, conectándolos a ella mediante un cable y enterrándolos a ambos en la tierra de suelos húmedos donde puede llegar a presentarse la corrosión, el metal activo sirve como ánodo y la tubería sufre una protección catódica.

Un hecho que puede parecer sorprendente en este estudio, es que las latas de aluminio, arrojadas con descuido al medio se corroen mucho más lentamente que una lata de acero. Sobre la base de los potenciales estándar cabría esperar que se corroiera con mucha mayor facilidad el aluminio. La corrosión lenta del aluminio se explica por la formación de una cubierta compacta y delgada de óxido que se forma en su superficie. Esto protege al metal subyacente de una corrosión adicional. El magnesio, que también tiene un potencial de oxidación mayor queda protegido de manera semejante. La cubierta del óxido de hierro es muy porosa como para proporcionar una protección similar, sin embargo, cuando el hierro se une al cromo, se forma una capa de óxido protector. Tales aleaciones reciben el nombre de aceros inoxidable. Cuando se da un recubrimiento con estaño este protege hasta que se rompa la capa y quede desnuda una parte, es en ese momento cuando el estaño se vuelve cátodo y el hierro ánodo entonces el estaño acelera la oxidación del hierro, el estaño tiene menor potencial de electrodo que el hierro como se ve en la tabla y sucede el mismo fenómeno al principio que su oxidación es muy compacta también.

2.2 PROCEDIMIENTO

DIAGRAMA DE FLUJO

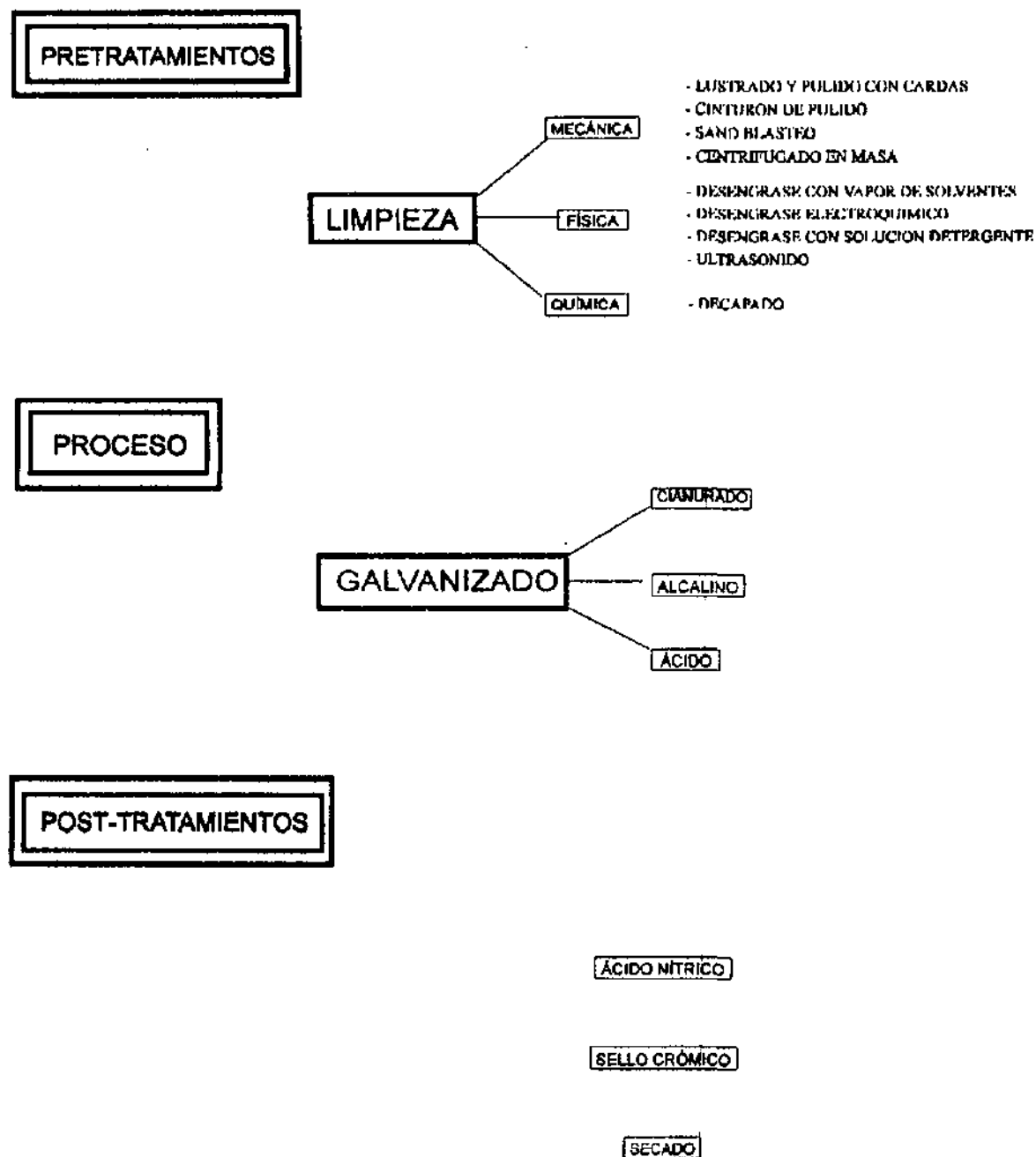


FIGURA 3. Diagrama de flujo

2.2.1 PRETRATAMIENTOS

Al iniciar el proceso de galvanizado se tienen que tomar en cuenta varios aspectos tan importantes como el galvanizado mismo, uno de ellos es la limpieza y preparación de la superficie a galvanizar.

Las superficies metálicas, muchas veces vienen contaminadas con aceites, grasas, compuestos de pulimento, huellas dactilares, herrumbre y sustancias similares que hay que eliminar, todo esto es debido al manejo de los materiales y lugar donde se almacenan, pero que hay que eliminar completamente por que interfieren con el recubrimiento, proporcionando menor conducción de la corriente en el metal base y por lo tanto teniendo menor adherencia.

Por lo general en un proceso de este tipo, las piezas a galvanizar no están del todo contaminadas con todos los tipos de sustancias mencionadas debido a que muchas veces son artículos nuevos o piezas poco deterioradas que se les da un recubrimiento para su mayor protección, por eso dependiendo de la suciedad es la limpieza.

2.2.1.1 LIMPIEZA MECANICA

Consiste en quitar el metal dañado superficial que resulta de las operaciones mecánicas y que se compone de lo siguiente: fragmentos sueltos o adheridos que sobresalen, rayas, formaciones cristalinas que difieren en tamaño de cristal y en estructura de la mayor parte del metal base, esta costra de metal es mecánicamente más débil que el cuerpo del metal. En la preparación para el depósito electrolítico, no son comunes los tratamientos metalúrgicos que robustecen la superficie, el grado de limpieza mecánica, depende de la aplicación que ha de tener la pieza y de la combinación de metales que constituyen la base y la chapa.

LUSTRADO Y PULIDO CON CARDAS

Las dos principales razones para pulir las piezas son quitar la cantidad considerable de partículas metálicas y no metálicas que interfieran, y el efecto preliminar de la superficie tersa, generalmente como un paso para procedimientos más refinados. El lustrado, el cual es subsecuente del pulido, tiene el propósito de refinar la superficie para la apariencia del brillo, removiendo las partículas más pequeñas en comparación con la operación precedida.

Las ruedas de pulido en general usadas, son construidas de muselina, lona, afelpado y cuero, el cual, dependiendo de la construcción, ofrece al operador ruedas con una variedad de flexibilidades que mejor se adapten para el objeto particular y la condición de su superficie. Las ruedas de pulido anchas, son fabricadas de los retazos de las fabricas de algodón, las ruedas duras de este tipo, están hechas de discos individuales de lona, unidos unos a otros, y los suaves compuestos de discos de muselina cosidos unos a otros. Entre estos extremos, las ruedas más populares son compuestas de secciones cosidas de discos de muselina unidos con adhesivos. Por razones de economía, esas secciones cosidas son a menudo hechas de sobrantes preferentemente que los discos completos de ropa. Como una clase, las ruedas fabricadas con algodón, por que de su versatilidad y su costo relativamente moderado, son las más usadas.

Las ruedas afelpadas presionadas, disponibles en densidades de dureza de roca hasta extra suaves, son necesarias en donde la cara de la rueda debe estar en contacto uniforme con la pieza. La cara de la rueda puede ser fácilmente contorneada para llegar a todas las partes irregulares de la pieza.

Las ruedas sólidas de cuero de morsa y de cuello de toro, son fuertes pero elásticas, consisten en un disco de madera recubierto con el cinturón de cuero y así se puede lograr menos elasticidad. Las ruedas hechas de piel de carnero son empleadas cuando se requiere gran flexibilidad y menor densidad.

Cuando se requiere también que las ruedas sean duras los discos individuales son cementados para adquirir la resistencia. y cuando se requiere que sean suaves entonces se unen cosiendo los discos.

Prácticamente todos los materiales mencionados que son usados en forma de discos, pueden ser usados de diferente manera, se pueden combinar e inclusive diseñar de diferentes formas y tamaños dependiendo del trabajo.

En general, las ruedas de pulido rígidas son principalmente usadas cuando hay que quitar costras de metal rápidamente o donde hay contornos, o superficies planas; las ruedas tipo suave son utilizadas donde hay irregularidades en la superficie y que la rápida remoción del metal no es el primer requisito. Algunas se les adiciona lubricante para minimizar el calentamiento por fricción, ya que sirve para que los metales suaves no sean susceptibles a cambios físicos.

Las velocidades para la operación eficiente en las ruedas de pulido, generalmente caen entre los límites de 6000 a 8000 r.p.m. cuando se usa cemento entre los discos, debido a que existe, mayor velocidad, hay más calentamiento y el cemento tiende a quebrarse.

CEPILLADO

En acabados metálicos hay un número de operaciones acompañadas con el cepillado, las cuales no pueden clasificarse como pulido. Mientras existen cepillos compuestos con abrasivos, tales abrasivos no se adhieren bien, que no son tan importantes. Los cepillos de cable de acero, aproximadamente de .010 pulg. De espesor, son usados sin componentes abrasivos para eliminar el óxido, escamas, pintura y pequeñas incrustaciones metálicas. Las velocidades varían de 4200 a 6500 r.p.m. dependiendo de la construcción del cepillo. Hay otros tipos de cepillos de alambre más fino empleados con pastas de pulido pero que la desventaja es que se debe considerar la subsiguiente limpieza para quitar las trazas de pasta.

ARENADO

El arenado , con todas sus variaciones puede proveer gran poder para eliminar materiales pesados y que están bien adheridos a la superficie sin dañarla, este proceso es rutinariamente usado para:

- 1.- quitar la contaminación superficial.
- 2.- hacer la superficie rugosa para la subsiguiente aplicación de pintura.
- 3.- eliminar irregularidades metálicas de la superficie
- 4.- crear un acabado especial.

Los gabinetes de arenado son unidades completamente separadas del operador. Esta es una importante consideración que provee mayor seguridad, existen por lo tanto otras con equipos especiales si es que el operador entra en contacto en la cámara y las piezas a pulir pero que tienen diferentes equipos para su seguridad.

Muchos tipos de abrasivos fabricados y naturales, van de 20 a 6000 mallas, que pueden ser usados en el proceso. Dependiendo de la cantidad de presión directa eyectada através de la boquilla del arenador y de la superficie a ser procesada, cada tipo de medida puede llevar a cabo diferentes resultados.

La distinción básica entre los diferentes sistemas de arenado, consiste en la aplicación del mismo en medio seco o húmedo, que a su vez se pueden encontrar en seco con presión directa o inducción (succión), la directa es con pistola y la de inducción es con cortina de arena succionada al otro extremo de la cabina, para que la arena choque con la pieza que se encuentra en medio del paso. La más eficiente es la de presión directa.

La presión de arenado correcta y el ángulo de impacto puede ser determinado para llevar a cabo el mejor resultado posible. La selección de la presión correcta hará de la operación la más económica y la más eficiente.

Cuando se usan presiones de 40 a 60 PSI son usualmente las más económicas en directa, y de 60 a 80 PSI para inducción, si es que se aumenta la presión lo que ocasionará es el desgaste y desquebrajamiento del abrasivo disminuyendo la vida útil.

CINTURON DE PULIDO

Básicamente , para hacer correr un cinturón de abrasivo se requiere de una fuente de poder, un aparato con tracción-tensión, y una unidad para transferir el poder en la banda, por lo tanto una unidad consiste de:

- a) Fuente de poder
- b) rueda manejadora o polea de contacto
- c) polea tensionadora (loca)
- d) cinturón cubierto de abrasivo.

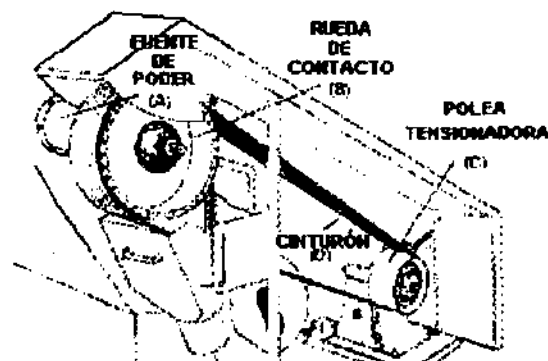


Figura 4. Partes requeridas para operar un cinturón abrasivo.

FUENTE DE PODER

La cantidad de poder consumido está directamente relacionado con el desarrollo de la operación. Naturalmente esta requiere grandes cantidades de remoción de partículas y por lo tanto mayor presión, por lo tanto, se consume más poder que una operación para acabado fino, sin embargo, el equipo se puede ajustar para ambos extremos. Los motores empleados van de 0.5 hp. Hasta 15 hp.

RUEDA DE CONTACTO

El poder es generalmente transmitido al cinturón de pulido através de una rueda en contacto, para alargar la vida del cinturón.

Las ruedas de contacto son prácticamente fabricadas de materiales que van desde tela hasta acero, cada una de ellas para diferente propósito, las más comerciales son:

a) plástico o componentes sintéticos

b) algodón, tela

c) metal - sólo o combinado con plástico

existen diseños de 1" pulg. De diámetro hasta diseños especiales de 30 a 40 pulg. De diámetro, esto es para dar mayor área de contacto con el cinturón.

POLEA TENSIONADORA

La polea tensionadora, comúnmente llamada "polea loca" es montada en el mecanismo, y el propósito es el siguiente:

a) mantener la propia tensión en el cinturón de abrasivo, para poder transmitir la potencia al mismo

b) provee al operador gran estabilidad de recorrido en el cinturón y que da como resultado mejora en el pulido de las piezas.

Las poleas tensionadoras deben ser montadas cerca del piso, donde se permita que la pieza tenga espacio para ser maniobrada.

En ciertos casos en donde se requiere que la pieza esté visible durante el trabajo, por decir en contornos por debajo de la pieza, entonces se puede colocar en medio o arriba, pero teniendo cuidado de que la tracción sea hacia la parte en que no afecte a la pieza, inclusive se le puede cambiar la tracción para que el desgaste sea nivelado.

La polea puede ser tensionada por aire, hidráulica, o por tornillo ajustador, la más común. El ajuste mucho o pequeño puede dañar el cinturón y dar resultados insatisfactorios.

CINTURON CUBIERTO DE ABRASIVO

Después de que se tiene el mecanismo se escoge el cinturón más adecuado para la mejor aplicación. El termino "lija" es muy común y utilizado para asimilarlo con el cinturón, osea que dependiendo del número de la lija es la finura y el acabado.

La cubierta del cinturón puede ser de diferentes materiales tales como:

- a) Papel
 - b) tela - fibra natural o sintética
 - c) combinación de papel-tela
- pegados a la banda de plástico o tela.

Por último dos factores que deben ser considerados, son la velocidad en la superficie del cinturón y la puesta de la pieza en el mecanismo. Si cada parte de estas es manejada adecuadamente todo el mecanismo se comportará estable y las piezas saldrán bien.

CENTRIFUGADO EN MASA

El proceso de acabado en masa es un mecanismo usado para aumentar el pulido en las puntas y en superficies deformes, áreas reducidas , como esquinas y quitar toda oxidación en grandes cantidades. Puede ser utilizada como pretratamiento para posteriores aplicaciones de pintura.

El centrifugado en masa automático se puede llevar a cabo de dos maneras, por lotes o continuo.

Todas las técnicas de centrifugado en masa, combina los componentes unificados con abrasivos en un tanque o contenedor. La activación del contenedor se mueve en particular dirección. Básicamente, este movimiento causa que las partículas abrasivas choquen contra las piezas, eliminando sobrantes y puliendo la pieza en toda parte. Los abrasivos son de piedra natural o sintética, piel, madera, o fabricados de cerámica, plástico o acero. Ocasionalmente los componentes sirven como medio para estar en contacto "parte con parte" en el proceso. Además de que hay otros agentes o aditivos como el agua.

El término "centrifugado en masa" tradicionalmente se refiere al proceso de muchas piezas en el contenedor, pero que también es referido al pulido por partes reacomodadas en el recipiente y centrifugadas por separado, esto es para piezas que requieren manejo especial.

VENTAJAS PRINCIPALES

Ofrece un simple y económico método de acabado de superficies en esquinas y puntas. Reduce los tiempos de proceso y arreglos caros con respecto a otros procesos de pulido.

Otra ventaja es que el tamaño de las piezas no importa, ni la forma, ya que los abrasivos tendrán la fuerza suficiente para penetrar.

LIMITACIONES

Usualmente no es posible tratar partes específicas de las piezas, por que el pulido es uniforme, por eso se recibe la misma cantidad de pulido en toda la pieza, y a bajas velocidades no da el mismo efecto.

2.2.1.2 LIMPIEZA FISICA

Consiste en la eliminación de aceites, grasas, suciedad superficial que queda en las operaciones de pulimento y refino, así como también polvo de la atmósfera y tizne. Generalmente para remover este tipo de agentes extraños que no forman parte del metal base se emplean disolventes orgánicos líquidos o en estado de vapor, también en soluciones detergentes alcalinas aplicadas con corriente eléctrica o sin ella. La acción efectuada es simple desplazamiento.

DESENGRASE CON VAPOR DE SOLVENTES

Cuatro solventes clorinados son los que se usan típicamente en el desengrase por vapor:

- 1,1,1-tricloroetano
- tricloroetileno
- percloroetileno
- cloruro de metilo

La combinación de propiedades y el desempeño de estos solventes provee ventajas sobre los solventes con fluorocarbonos y orgánicos tan bien como los limpiadores en solución acuosa.

Todos los equipos desengrasantes por vapor operan con el mismo principio: Vapores provenientes del solvente en ebullición son condensados sobre la superficie de la pieza fría en una tanque tipo tina para eliminar las grasas y aceites y en algunas ocasiones sólidos. Esta acción de limpieza continua hasta que la temperatura de la pieza alcanza la temperatura del vapor, es en ese momento cuando el vapor deja de condensar. La parte puede ser sacada del tanque, limpiarse y secarse.

Un equipo básico para desengrasar por vapor consiste de un tanque abierto con una fuente de calor en el fondo para ebullición al solvente y una superficie fría al rededor en la parte de arriba para condensar los vapores. Los vapores de solvente que provienen del calentador son disparados por un aspersor, extendiéndose hacia la pieza y parte de arriba, pero que son condensados rápidamente por los tubos de condensado y la chaqueta del tanque.

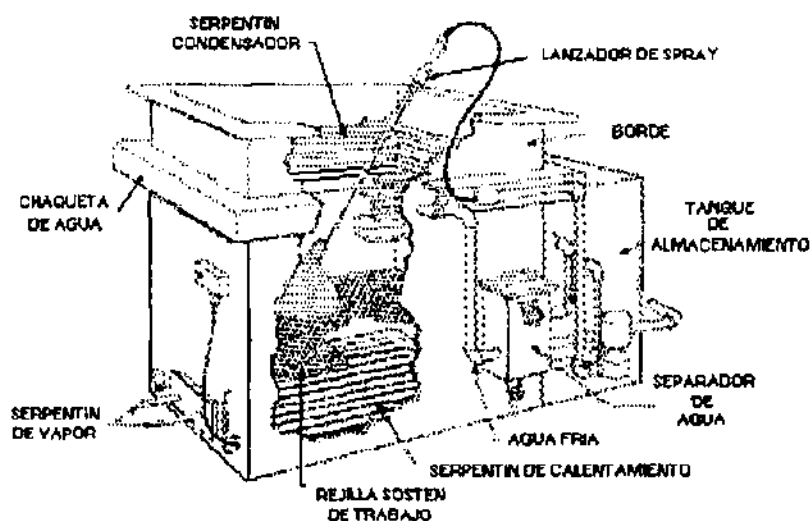


Figura 5. Desengrasante de vapor con conexión de spray.

El vapor es generado por el calentamiento del solvente líquido en el reherbador. La fuente de calor puede ser vapor, gas, electricidad o agua súper caliente. El solvente en rocío de vapor, desplaza al aire del tanque. Ellos son confinados en un canal situado abajo de los tubos de condensación y que envía el solvente nuevamente a la zona de ebullición.

Cada sistema debe estar equipado con ciertos controles de seguridad como termostatos de seguridad para controlar la temperatura del reherbidor, otro termostato entre la salida del vapor y el tanque; mirilla de monitoreo para checar el nivel de solvente; y medidor del flujo a presión.

Puede haber diferentes equipos en formas y tamaños pero el principio es el mismo y sólo difieren en la forma de operación, manual o automático.

Los cuatro solventes proveen buena limpieza para pequeños sólidos industriales. Cada solvente tiene ventajas para aplicaciones especiales. Tricloro-etileno es el solvente para quitar barniz semicurado, o capas de pintura, resinas pesadas y compuestos de pulido. El Percloro-etileno, es el mejor para disolver componentes a base de ceras y quitar ligeras partículas de metal por que este tiene alto punto de ebullición. Este es el de mayor preferencia por que es más estable con respecto a la hidrólisis. Para limpiar circuitos impresos, componentes electrónicos y motores eléctricos, el 1,1,1- Tricloro-etano es el mejor. Y el Cloruro de Metileno trabaja a bajas temperaturas y es más agresivo. Por lo tanto en cuestión de economía el mejor es el 1,1,1- Tricloro-etano, además de que se permite mayor límite de exposición y está exento de las regulaciones en cuanto a contaminación.

DESENGRASE ELECTROLITICO

Los electrolimpiadores son de uso fuerte y siempre son empleados con corriente directa, en reversa o periódica cambiándola a intervalos de tiempo, por lo general son alcalinas y sirve para remover partículas sólidas, grasa, y activar el metal.

El procedimiento consiste en emplear algún agente alcalino en solución a temperaturas entre los 40° y 70°C que elimine grasas y aceites por completo y este a la vez es conectado con corriente para hacer mucho más eficiente la

limpieza, este es uno de los procedimientos más utilizados hoy en día en la industria de la galvanostegia.

El mecanismo es el siguiente: la solución limpiadora caliente empieza a remover rápidamente las manchas ocasionadas por el manejo, tales como grasas, aceites y huellas dactilares que se encuentran en la superficie del acero y la corriente ayuda a la separación total de estas manchas de una manera mecánica, ya que la pieza al ser conectada y al emitirle una fuente de corriente se forma una celda electrolítica en donde va a ver desprendimiento de hidrógeno y oxígeno en la superficie de la pieza y esto ocasionará la expulsión de toda materia ajena al metal.

Por lo general se utilizan soluciones alcalinas fuertes que van de un pH de 12.1 a 14.

Utilizando Na(OH) hidróxido de sodio comúnmente ayuda a saponificar las grasas, que a su vez quedan flotando y fácilmente se pueden desnatar ocasionando que la solución no se contamine y tenga una vida extremadamente larga. La reacción es la siguiente:



La limpieza se puede llevar a cabo de tres maneras:

- Electrolimpieza anódica: el trabajo es hecho anódicamente (positivo) usando bajo voltaje (3 a 12 V) corriente directa. Las densidades de corriente varían de 10 a 150 amp/ft² dependiendo del metal a limpiar y el tiempo de limpieza. El tiempo se estima entre 1/2 a 2 minutos generalmente, y es suficiente para piezas no muy sucias. Se utilizan altas densidades de corriente cuando se les da menor tiempo de limpieza.

-Electrolimpieza catódica: El trabajo es hecho catódicamente (negativo) en el mismo equipo que el anterior y a las mismas condiciones, el hidrógeno es liberado en la superficie de trabajo. El volumen de hidrogeno liberado en el cátodo es el doble de oxígeno que se libera en el ánodo para una densidad de corriente dada. Por lo tanto hay más acción limpiadora del gas en el cátodo que en el ánodo. Por esta razón la limpieza catódica es la más empleada comúnmente, Aunque tiene una desventaja de que cualquier partícula metálica cargada positivamente se puede adherir y puede causar daños en el posterior depósito, pero que si se tiene la solución en buen estado no es problemático.

-Electrolimpieza periódica en reversa: Es usada generalmente para quitar suciedad como tizne, óxido y partículas de metales ferrosos. Estos tipos de compuestos contienen agentes quelantes para impedir que las grasas se vuelvan a adherir a la pieza. El trabajo es hecho alternando los polos anódico y catódico, usando densidades de corriente de 6 a 15 V.

LIMPIADORES DETERGENTES

Los detergentes comúnmente conocidos son empleados muy poco en esta rama ya que sólo los emplean aquellos que utilizan pulidoras a base de pasta, ya que se emplea para eliminar las pequeñas partículas de la misma, ya que contienen agentes dispersantes que ayudan a expulsar toda materia ajena al metal, son generalmente usadas a temperaturas moderadas, nunca a temperatura ambiente y muchas veces se frotan las piezas con paños para facilitar el lavado.

LIMPIEZA ULTRASONICA

La limpieza con ultrasonido es benéfica cuando es propiamente aplicada, ya que puede ahorrar dinero, tiempo e incrementar la limpieza a niveles en los cuales no se puede llevar a cabo por cualquier otro método.

Para propósitos de limpieza, las vibraciones ultrasónicas son transmitidas a través del líquido en el tanque, ya sea base agua o tipo solvente químico.

Cuando las ondas ultrasónicas de suficiente amplitud son introducidas en el líquido, el resultado es una cavitación o bajos puntos de presión de las ondas de sonido. Como las ondas pasan a través de un punto dado entre el líquido, las áreas de baja presión son reemplazadas por alta presión o áreas de "compresión". Las burbujas de cavitación producidas por debajo de la solución y la pieza revientan durante la compresión, resultando en el, un alto intenso shock de radiación de ondas. Este es el shock de ondas que se asocian con la limpieza ultrasónica.

Ya que la implosión y la cavitación pueden penetrar en cualquier lugar, se pueden emplear distintas soluciones por ejemplo algún activador para que penetre en la pieza y la deje más porosa, en fin, se siguen haciendo investigaciones que pueden llevar a exitosos resultados no solamente en esta cuestión.

Para maximizar el proceso de limpieza ultrasónica se requiere tener en cuenta los siguientes puntos: la intensidad de la cavitación que se lleva a cabo en el líquido o sea que no deben de ser tan viscosos los líquidos ya que se requeriría de mayor energía, la temperatura también es uno de los parámetros que se debe de tener muy en cuenta por que tiene un efecto dramático en el funcionamiento ya que si se aumenta la temperatura se intensificará la cavitación dejando una mejor limpieza pero si se llega casi al punto de ebullición entonces disminuye la eficiencia, así para soluciones preparadas o solventes químicos se debe de tener presente que existen rangos en los cuales la limpieza ultrasónica es eficiente.

2.2.1.3 LIMPIEZA QUIMICA

Consiste en la eliminación de óxidos u otros compuestos formados en la superficie del metal base.

La limpieza química por lo general se lleva a cabo con soluciones de tipo ácido y tiene dos fines, quitar cualquier película de empañamiento formada durante la limpieza física o después de ella y neutralizar la película alcalina que haya quedado del procedimiento anterior aunque esta se haya sometido a un enjuague.

ACTIVADO O DECAPADO

Este paso consiste en quitar todas las pequeñas incrustaciones o trazas de herrumbre adheridas al metal, que pudieran ocasionar bordes y mala adherencia del zinc, dejando una superficie tersa y a su vez activada para su siguiente proceso.

Se dice que está activada ya que la acción del ácido abre pequeños poros (nivel microscópico) ocasionados por el desprendimiento de hidrógeno y desgaste del metal, y en donde hay mejor agarre o adherencia del zinc que recubre a la pieza.

El método usual para quitar esos óxidos es la inmersión en una solución diluida de un ácido inorgánico, puede ser a temperaturas normales o entre los 65° y 80° C.

Este procedimiento químico es el último paso de limpieza para entrar al galvanizado por lo tanto se debe de asegurar que la pieza de trabajo ha quedado completamente limpia y una prueba muy sencilla es la de notar que, si al enjuagar la pieza, el escurrimiento se agrieta o se separa el agua, es que todavía no está

limpia, osea que la capa de agua debe ser uniforme en toda la pieza. Otra cosa de gran ayuda es que después de que se ha sometido la pieza al proceso, no se debe de tocar para nada para que no la contaminemos con suciedad nuevamente.

2.2.1.4 ENJUAGUES

El enjuague es para quitar una capa dañina de solución que interfiera con el siguiente baño provocando una contaminación, al enjuagar queda una capa inocua de agua solamente.

Es muy importante que entre cada paso exista por lo menos un enjuague con agua limpia, por lo siguiente. El primer paso es el desengrase con una solución alcalina y el subsecuente es un decapado con una solución ácida, por lo tanto si no existiera el enjuague intermedio, entonces la solución alcalina contaminaría a la ácida posiblemente neutralizándola poco a poco. Por eso, para que nuestras soluciones de proceso tengan la mayor duración y eficiencia, no debe haber interferencias entre las soluciones evitando cualquier tipo de arrastre entre ellas.

Por lo tanto se tomará de hecho que entre los siguientes tratamientos deberá de haber enjuagues hasta el final de la línea.

Es muy recomendable utilizar dos enjuagues, por que el primero se satura muy rápido y puede ser que se esté acarreado algo de solución y el segundo la enjuaga por completo.

2.2.2 PROCESO DE GALVANIZADO

El proceso mencionado anteriormente puede variar de acuerdo al tipo de baño que se requiera por lo tanto se hará una comparación para determinar cual es el mejor de entre tres.

Cada uno de los tres tipos generales de galvanizado electrolítico que son usados hoy en día (sistema de zinc cianurado, baño alcalino sin cianuro, y baño de zinc ácido) producirá diferentes brillos, depósitos aceptables cuando se operan correctamente por lo tanto se describen:

2.2.2.1 GALVANIZADO CIANURADO

Ventajas:

- 1.- El más conocido y viejo de los procesos; familiarización rápida con el empleo y la operación.
- 2.- electrólito que acepta pobre limpieza anterior.
- 3.- excelente poder de recubrimiento
- 4.- análisis y control del baño relativamente fácil.
- 5.- buena ductilidad de los depósitos.
- 6.- electrólito no corrosivo.

Desventajas:

- 1.- Alta toxicidad, los electrólitos requieren principal tratamiento al cianuro.
- 2.-No depositará en recubrimientos a base de cianuro tratados con calor y piezas fundidas de hierro.
- 3.- alta temperatura de operación, por arriba de 40.5 °C, costoso e impráctico para depósitos brillantes.
- 4.- relativamente pobre conductividad del baño.
- 5.- eficiencias en la corriente catódica, caen dramáticamente a altas densidades de corriente.

Entre los sistemas cianurados, la facilidad de operación, control y mínimo de rechazos, es paralelo al contenido de cianuro en el baño. El uso regular de cianuro en los baños libera de muchos problemas, por ser el más simple de manejo, por que su alta formulación hace más tolerante al baño para aceptar cualquier contaminante de tipo orgánico o impureza metálica sin afectar al recubrimiento.

2.2.2.2 GALVANIZADO ALCALINO NO CIANURADO

Ventajas:

- 1.- Electrolito de zinc menos tóxico.
- 2.-tratamiento de desechos simple, sólo requiere la precipitación del zinc y neutralización.
- 3.- bajos costos en la preparación.
- 4.- buena distribución del recubrimiento.
- 5.- puede ser usado en tanques de acero al carbón.

Desventajas:

- 1.- Requiere un control cerrado de metal de zinc, usualmente hacer análisis diarios.
- 2.- baja tolerancia a una pobre limpieza de las piezas.
- 3.- las eficiencias decaen rápidamente cuando hay bajo contenido de metal de zinc.
- 4.- baja tolerancia a impurezas metálicas, dureza del agua y otras impurezas.
- 5.-Los depósitos tienen una gran tendencia a ampularse que los baños cianurados.

La efectividad y facilidad de los electrolitos alcalinos no cianurados es totalmente dependiente de las medidas exactas y sistemas de aditivos usados en el baño. Se ha comprobado que los aditivos que se usan para un cianurado con respecto a este son totalmente incompatibles. La calidad de los depósitos, rango en el brillo y facilidad de operación, pueden variar extensivamente en estos sistemas.

2.2.2.3 GALVANIZADO DE TIPO ACIDO

Ventajas:

- 1.- Produce los niveles más brillantes (de tipo níquel).

- 2.- fácilmente recubre sobre nitritos de carbono, piezas fundidas de hierro y partes maleables de fierro.
- 3.- opera a altas eficiencias de corriente que los baños cianurados y alcalinos no cianurados
- 4.- el tratamiento de residuos es simple, se requiere sólo precipitación del zinc a alto pH.
- 5.- los baños ácidos tienen alta conductividad, produciendo así substanciales ahorros de energía.
- 6.- produce el mínimo entrapamiento de hidrógeno comparado con los baños alcalinos y cianurados
- 7.- puede producir depósitos brillantes a altas temperaturas que las soluciones cianuradas.

Desventajas:

- 1.- Las soluciones son muy corrosivas y se requiere de equipo especial
- 2.- problema en el entrapado de solución puede manchar las piezas
- 3.- la ductilidad puede ser no tan buena en depósitos gruesos
- 4.- usualmente se requiere de equipo de filtración y tubos de enfriamiento o refrigeración.

La selección entre los electrolitos de ácido clorhídrico dependerá de un gran número de factores. Los baños de cloruro de amonio operan a altas densidades de corriente que los baños de cloruro de potasio, pero este está restringido en muchas localidades ya que tiene un límite del contenido del ion amonio en el tratamiento de aguas.

Todos los baños de cloruro de sodio tienen problemáticas limitaciones en las densidades de corriente, por lo tanto se restringe para galvanizado en barril, pero con adiciones de amonio y potasio se puede utilizar.

2.2.3 POST-TRATAMIENTOS

2.2.3.1 ENJUAGUE DE ACIDO NITRICO

Por lo general, cuando las piezas ya salen galvanizadas, se enjuagan y luego se someten a este paso que tiene tres aspectos importantes:

- blanquear la pieza
- eliminar los granos burdos de metal
- neutralizar la pieza (si el galvanizado es alcalino)

1.- En realidad el galvanizado tiene un tono amarillento después de que sale de proceso ya que por el paso de corriente toma ese color, y al someterlo al ácido se blanquea.

2.- cuando la pieza está más tiempo en el galvanizado muchas veces se le llegan a adherir gránulos de metal de zinc que como son grandes quedan unidos en falso y se pueden fácilmente desprender, pero como las piezas no se pueden agarrar hasta terminado todo el ciclo entonces el ácido hace esa función desprendiendo esas partículas y refinando el grano en toda la pieza.

3.- si el galvanizado es de tipo alcalino es conveniente darle este paso para neutralizar lo que haya arrastrado de la otra solución, además de que le ayuda a que la pieza no quede activada.

La solución es simplemente una preparación acuosa al 1% de ácido nítrico, no debe de estar tan concentrada por que desprendería el recubrimiento de las piezas con la simple inmersión.

2.2.3.2 SELLO CROMICO

Es un tratamiento que ha alcanzado gran aceptación para las superficies de zinc y de cadmio. Fue ideado para inhibir la corrosión de las superficies de zinc por el contacto con el agua. La utilidad del tratamiento será mejor apreciable observando la conducta del zinc en varias condiciones de exposición, las cuales

pueden ser clasificadas en dos campos extensos: La intemperie y el contacto con el agua estancada.

La primera es típica del servicio que los revestimientos galvanizados fuertes de baño caliente tienen que soportar, mientras que la segunda condición se encuentra generalmente puertas adentro en ciertas localidades de humedad relativamente alta y variaciones notables de temperatura que ocasionan la condensación del agua. Los ensayos han probado de manera concluyente que el zinc no se corroe apreciablemente, incluso en humedades relativamente altas, si no hay condensación.

En atmósferas a la intemperie, el zinc es atacado lenta y uniformemente, y la importancia del ataque varia con el grado de contaminación industrial y la frecuencia de las nieblas, neblinas y rocío. La mayor intensidad del ataque se observa en localidades industrializadas. El ataque del aire libre suele ser uniforme, y en general la vida de los revestimientos de zinc está en relación lineal con el grueso. Como regla general, la exposición del zinc al aire exterior produce una fina película gris de productos de corrosión. La corrosión es debida al lento ataque por la humedad, influido por el grado de acidez contaminante con la suciedad industrial de la atmósfera. Como la solubilidad de los productos de esta corrosión es elevada, y como generalmente hay una continua aportación renovada de humedad, por neblina y rocío, la posibilidad de una fuerte acumulación de los productos de corrosión es prácticamente nula.

Otro tipo de exposición, en la que el acceso del oxígeno es limitado y el secado es relativamente lento, conduce a la formación de una película de agua estancada y ocasiona productos de corrosión diferentes. En tales condiciones, el ataque no es uniforme y se forman masas de productos de corrosión blancos, que no impiden la oxidación temprana del acero base. La presencia de productos blancos es indicación de este tipo de ataque. Para evitar esta corrosión, o por lo menos reducirla, se emplean tratamientos de conversión con sales de cromo.

Las fórmulas para el tratamiento crómico suelen estar patentadas. Todas tienen dos ingredientes básicos: iones de cromo hexavalente y un ácido inorgánico. La función del ácido inorgánico es corroer algo la superficie del zinc; esto eleva el pH de la solución contigua a la superficie. Concurrente con esta reacción anódica, el cromo hexavalente se reduce a cromo trivalente. En algún pH crítico, el cromo trivalente y algo del hexavalente se precipitan sobre la superficie como cromato básico de cromo.

Uno de los primeros tratamientos, que tiene todavía mucho uso, es el proceso "Cronak". El líquido para la producción de películas crómicas por este proceso es el prototipo de todas las soluciones cromantes. Contiene dicromato sódico en notable concentración ligeramente acidificada con ácido sulfúrico y forma revestimientos muy delgados que pesan aproximadamente 1.08 g/m^2 . Estudios analíticos y el examen con rayos X y de difracción electrónica indican que la película es un cromato básico de cromo que tiene por fórmula $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{CrO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Una película típica, desecada a 110°C , dio el siguiente análisis:

Cromo hexavalente.....	8.68%	zinc.....	2.12%
cromo trivalente.....	28.2%	sodio.....	0.32%
sulfato.....	3.27%	agua.....	19.3%

El proceso Cronak produce una película jaspeada, en la que predomina el amarillo, con alto grado de iridiscencia. Esto es común a todos los procesos que producen revestimientos en los que hay alto porcentaje de cromo hexavalente. Es característica de tales revestimientos la liberación de cromo hexavalente cuando se ponen en contacto con el agua. Esta lenta descomposición evita la corrosión de la superficie del metal. Las experiencias han demostrado que ninguna corrosión blanca del zinc ocurrirá en tanto que permanezca una concentración mínima de cromo hexavalente en la película, se le puede denotar también como película de sacrificio.

Al mismo tiempo que el contenido de cromo hexavalente de estas películas es factor importante en retardar la formación de productos de corrosión blancos, la parte de cromo trivalente insoluble de la película desempeña también un papel protector, probablemente por exclusión de la humedad. Variando la composición del líquido y las condiciones del tratamiento, se pueden obtener películas de delgadez diferente y de color variable desde el iridiscente claro hasta el negro.

Las soluciones patentadas como baños químicos de brillo para el zinc contienen ácido crómico y uno o dos ácidos inorgánicos, tales como el sulfúrico y el nítrico, y a menudo ácidos grasos de bajo peso molecular, ordinariamente ácido fórmico y acético. Las películas producidas por estas soluciones varían en color y brillo según la concentración de los ingredientes y la temperatura. Alta concentración y elevada temperatura dan por resultado películas brillantes ligeramente coloreadas, pero de poca resistencia a la corrosión. Los revestimientos producidos en soluciones diluidas y a la temperatura ordinaria producen películas muy coloreadas y menos brillantes, pero más eficaces para impedir la formación de productos blancos de corrosión. Un notable grado de brillantez se puede obtener si el usual tratamiento cromado es seguido de un baño débilmente alcalino a la temperatura de la sala. El efecto de este tratamiento posterior es quitar considerable cantidad de cromo hexavalente soluble, productor del color, y dejar una película brillante y casi incolora de cromo trivalente insoluble; pero la resistencia a la corrosión es disminuida en cuantía casi proporcional a la cantidad de cromo hexavalente eliminado. Puede aumentarse grandemente la resistencia a la corrosión de estos revestimientos brillantes y decolorados mediante la aplicación subsiguiente de lacas o barnices claros.

Los revestimientos por conversión química para el zinc sirven para combatir la formación de productos blancos de corrosión donde se forma agua estancada por condensación en atmósfera húmeda. En general, las películas crómicas al aire libre, donde la lluvia, la niebla o el rocío producen efecto de lavado, han mostrado poca influencia en la vida de los revestimientos de zinc, según se ha demostrado

en los laboratorios de la Bell Telephone, pero hay informes de que revestimientos formados anódicamente aumentaron substancialmente la utilidad de capas delgadas de zinc expuestas a la intemperie. Sin embargo, como una regla general, las películas de conversión crómicas sobre el zinc no se pueden considerar como sustitutivos del zinc con un adecuado espesor para resistir a la intemperie.

Los revestimientos por baño químico son muy blandos y frágiles y requieren una maduración de 12 a 24 hrs. Para endurecerse y resistir el manejo en el taller.

Las temperaturas elevadas son perjudiciales para las películas crómicas. Los estudios con rayos X señalan la alteración de la película cuando se calienta en contacto con el zinc. El cromo hexavalente forma cromato de zinc, y como esta sal no es inhibidora eficaz de la corrosión con respecto al zinc, las cualidades protectoras de la película quedan disminuidas. Por eso no conviene someter la película a temperaturas que excedan de 65°C. Por largo tiempo.

Muchos ensayos han demostrado que, permaneciendo igual todo lo demás, el poder inhibitorio de las películas será tanto mayor cuanto más lisa y menos contaminada está la superficie del zinc. El grueso del revestimiento tiene poco o ningún efecto en cuanto a la formación de los productos blancos de corrosión.

Se han hecho muchos ensayos exponiendo las películas cromadas a nieblas salinas, humedad y condiciones de intemperie; pero no se ha elaborado todavía un método de ensayo de corta duración. La niebla de sal o la aspersión de solución de sal, como se describen en la especificación provisional B-117-49T de la A.S.T.M. se usan en muchos laboratorios con fines de evaluación general, pero nunca se ha relacionado satisfactoriamente con la efectiva vida de servicio. Se acepta de manera general que un ensayo de humedad con condensación reproduce mejor las condiciones de servicio, pero es demasiado largo para servir a los fines de inspección en el taller. No obstante, se reconoce como prueba confirmatoria..

2.2.3.3 SECADO

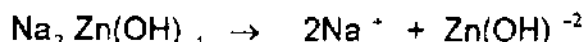
Ya como paso final la pieza no se debe de almacenar húmeda ya que se provocaría el manchado entre ellas y eso es provocado por una aceleración de la corrosión. Por lo tanto se debe de tener en cuenta que todas las piezas se tienen que secar y un método económico es simplemente ponerlas a la intemperie, y esperar a que se evapore el agua, pero si lo que se requiere es rapidez en el secado, entonces se pueden meter en un horno a temperaturas moderadas (60° a 65° C para no afectar el cromatizado) pero que hay que tomar en cuenta el gasto de combustible

2.3 CONOCIMIENTOS GENERALES

2.3.1 ELECTROLISIS DEL GALVANIZADO

En la preparación inicial del baño de galvanizado, se le agrega óxido de zinc en polvo pero que no es tan costeable el agregarle cada vez que se trabaja, por lo tanto el trabajo de los ánodos es el de darle la concentración y mantenerla siempre en el rango, por eso el consumo de zinc que se adhiere a las piezas debe ser repuesto por los ánodos solubles, pero muchas veces nos preguntamos que es lo que ocurre.

En el electrolito se llevan a cabo las reacciones siguientes:



2.3.2 CONSEJOS PRACTICOS PARA LA RESOLUCION DE PROBLEMAS

DEFECTO	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
Falta de adherencia o ampolladuras	a) Limpieza deficiente b) Contaminación con molibdeno o con cromo	Mejorar la limpieza Electrolizar a alta densidad de corriente
Depósitos grises u oscuros mates	a) Solución fuera de equilibrio b) baja concentración de abrillantador c) contaminación con plomo y/o cadmio d) contaminación con cobre e) contaminación con cromo f) temperatura baja	analizar y ajustar composición agregar abrillantador tratar con polvo de zinc tratar con polvo de zinc o electrolizar electrolizar a alta densidad de corriente ajustar temperatura
Aspereza	a) partículas extrañas b) barro anódico c) Solución fuera de equilibrio d) contaminación con cobre e) contaminación con plomo o cadmio f) limpieza inadecuada g) piezas magnetizadas	sedimentar, decantar o filtrar ver abajo causa y corrección analizar y ajustar tratar con polvo de zinc o electrolizar tratar con polvo de zinc mejorar limpieza desmagnetizar las piezas
Excesivo barro anódico	a) contaminación con cadmio o plomo b) contaminación con cobre c) densidad de corriente demasiado alta d) solución demasiado baja en sosa cáustica	tratar con polvo de zinc tratar con polvo de zinc o electrolizar a 0.5 amp/dm^2 agregar ánodos o bajar el voltaje agregar sosa cáustica
Anodos se toman negros	a) densidad de corriente demasiado alta b) solución fuera de equilibrio c) temperatura baja	agregar ánodos o bajar el voltaje analizar y ajustar ajustar temperatura.

FIGURA 6. Tabla consejos prácticos para la resolución de problemas.

2.3.3 CARACTERISTICAS DE LA DEPOSICION EN EL ZINCADO

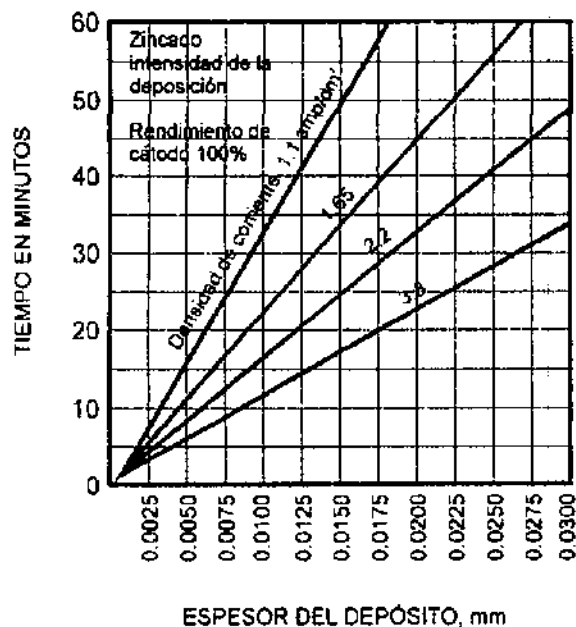


FIGURA 7. gráfica de medición de espesores.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DEL ZINC

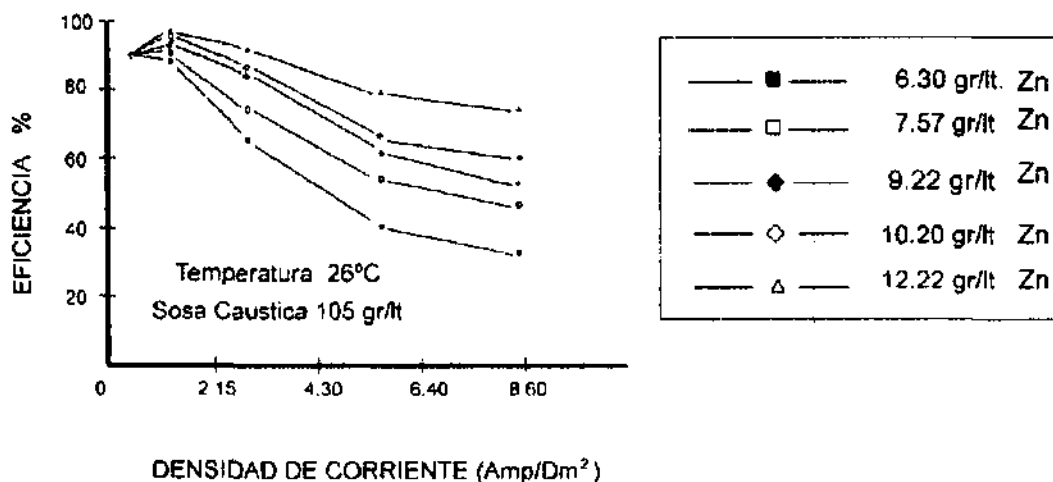


FIGURA 8. gráfica del efecto de la concentración del zinc.

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DEL NaOH

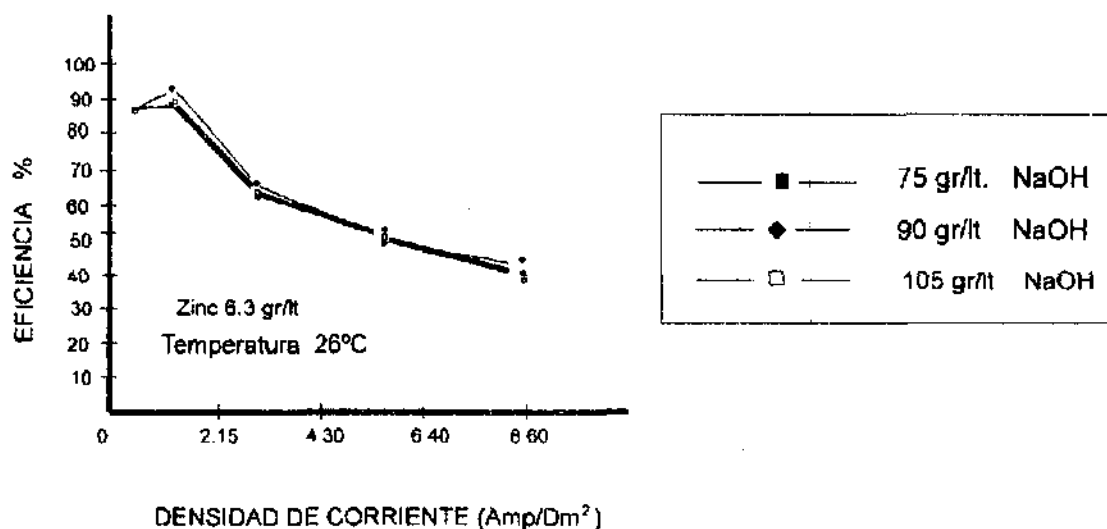


FIGURA 9. gráfica del efecto de la concentración del NaOH.

El término "Eficiencia" en el efecto de la concentración del zinc, está directamente relacionado con el poder de penetración y poder cubriente del baño. En caso de aumentar la concentración de zinc, este se depositaría burdamente, como cáscara de naranja.

Con respecto a la gráfica del efecto de la concentración de NaOH, la "Eficiencia" se refiere básicamente al poder cubriente, conductividad, y generación de zinc metal.

La tendencia de las curvas indica que la concentración de sosa cáustica, no influye en la eficiencia. Esta conclusión está soportada en el experimento descrito, por lo tanto, esas curvas no indican el efecto sobre el poder cubriente.

Incrementando la concentración de sosa más allá de 105 gr/lit puede no incrementar el poder cubriente, pero puede tener efectos perjudiciales sobre el refinado del grano. Esto es visto como quemado en alta densidad de corriente.

2.3.4 MEDICIONES FISICAS DEL DEPOSITO

2.3.4.1 PRUEBAS DE ADHERENCIA AL GALVANIZADO

El depósito debe quedarse adherido al metal base cuando este sufra doblado, cortado o rayado. Hasta ahora no hay estándares aceptados en cuanto adhesión, y estos exámenes pueden ser sólo considerados cualitativamente. En alto control de calidad, la adhesión es buena si ante cualquier prueba destructiva en la ligadura entre el recubrimiento y el metal base no existe ninguna falla.

Se pueden hacer unas pruebas sencillas para saber como estamos en adhesión, y entre ellas tenemos el doblado, torcido, estirado, y otros maltratos al depósito. Si la separación ocurre en la pieza, entonces es preciso revisar los puntos siguientes:

- ¿Eliminan completamente la contaminación de la superficie las etapas de desengrase y limpieza? Si es así, las piezas deberían estar libres de áreas con discontinuidad de agua después de enjuagarse.
- ¿Es la etapa de activación del ácido, adecuada para la composición de la pieza? Materiales diferentes normalmente requieren preparaciones diferentes.
- ¿Están las soluciones para pre-galvanizado y enjuague en buena condición?
- ¿Existen muestras de impurezas en la solución activadora del ácido que puedan producir depósitos de inmersión en las piezas? Por ejemplo, el cobre en ácido sulfúrico se depositará en piezas de acero.
- ¿Es el material que se está galvanizando, idéntico al que ha sido galvanizado anteriormente? ¿Ha cambiado el proveedor o el acabado de la superficie?

La investigación de los problemas de adhesión requiere un enfoque sistemático en el que las variables se examinan y se eliminan una por una. A menos que el problema sea obvio y se pueda corregir fácilmente, el hecho de cambiar varias variables al mismo tiempo, no ayudará a identificar la causa real del problema y se dará la misma situación, si el problema ocurre nuevamente.

2.3.4.2 MEDICION DEL ESPESOR

Existen diferentes métodos para medir el espesor del recubrimiento pero que ninguno en específico tiene la capacidad de medir las capas por separado la de zinc y la de cromo. Lo que se puede hacer es que terminando del galvanizado se puede medir y luego al someterla al cromatizado se le puede hacer la otra medición.

Los métodos son los siguientes:

a) Método microscópico. La parte a ser examinada, es cortada en un plano perpendicular con una superficie significativa, y es montada para una examinación metalográfica. La sección atravesada es pulida y atacada con ácido para contrastar el recubrimiento contra el metal base. Es entonces cuando se mide el espesor ópticamente en un microscopio a alta magnificación que permite medidas de espesor con un error de mas o menos un micrómetro (0.00004 pulg.) o el uno por ciento del espesor de la película. El método es obviamente destructivo. Por la práctica que requiere el operador y el tiempo que se emplea, no es el método el más adecuado para ser usado en la producción. Este es más empleado a nivel laboratorio para tener referencia de las piezas y está dado como norma ASTM - designación B-487.

B)Método coulométrico. Existen instrumentos disponibles los cuales determinan el espesor de zinc y cadmio sobre acero automáticamente por la grabación de el número de ampere-minuto o coulombios requeridos para una corriente anódica controlada, disolviendo la película de una pequeña y definida área sobre la superficie. Esta prueba es rápida y simple pero destructora, y está descrita en ASTM-B-504.

C)Método magnético. Como el zinc no es magnético y el fierro si, entonces es posible determinar el espesor de esos recubrimientos con instrumentos comerciales, los cuales emplean el principio del campo magnético.

Los instrumentos están disponibles para medir la fuerza necesaria para detectar una pequeña cantidad magnética de la superficie. Otros utilizan la reluctancia de un flux magnético que pasa através del espesor y llega al metal base midiendo el espesor. Los dos tipos de instrumentos son calibrados contra estándares de espesores conocidos. Las pruebas son no destructivas y rápidas.

Los resultados varían en un 10% máximo de el espesor verdadero. Esta designación está en ASTM- B-499 que cubre el método magnético.

D) Método destructivo: el Goteo y la inyección destruyen la película, pero no la pieza. Ellos determinan el espesor por medición del tiempo que se requiere para atravesar la película y llegar al metal base con goteo e inyección de una solución corrosiva. Con un error de $\pm 5\%$. La solución es escogida para proveer un rango de ataque constante a la película. ASTM- B-555 especifica el uso de ácido crómico o una solución de ácido sulfúrico por goteo.

E) pérdida de peso por desnudado de la pieza: Un examen muy popular para determinar el promedio del espesor de zinc aplicado a una superficie es la medida de la perdida en peso de la pieza después de haberla sometido a un desnudado químico. El espesor puede ser calculado usando el área de la superficie y la densidad del depósito. El método es destructivo, no rápido, y no determina un espesor local. Es empleado para medir piezas pequeñas.

2.3.4.3 VALOR PROTECTOR CAMARA SALINA

El exámen realizado por rocío de solución salina, ha sido utilizado para evaluar el valor protector de los recubrimientos de zinc, si embargo, los resultados no son correlacionados con el servicio de exposición real. El examen es sólo para saber si es pobre o bueno el recubrimiento en distintas áreas de las piezas.

ASTM no recomienda el rociado con sal para determinar el valor protector de zinc, pero el procedimiento lo describe en ASTM-B-117. Muchos de los usuarios lo utilizan como medio de referencia para determinar la calidad del cromato, especificando el número de horas en que aparece la corrosión blanca.

2.3.5 DESNUDADO DE LA CAPA

En algunas ocasiones es necesario desnudar a la pieza que se trabaja, eliminando la capa de zinc; las causas principales son dos: defectos visibles, como porosidades en la capa de zinc y por que la pieza a galvanizar ya llega con algún recubrimiento que anteriormente le habían dado.

El procedimiento para desgalvanizar es muy sencillo, la pieza se sumerge en una solución de ácido clorhídrico o ácido nítrico al 10% en volumen, hasta que la pieza deja de hacer efervescencia, en este procedimiento no se requiere de corriente inversa ni nada, simplemente por inmersión, ya desnudada la pieza, se vuelve a someter al proceso.

CAPITULO 3

FUNDAMENTOS FISICOQUIMICOS

3.1 DEFINICION DE ELECTROQUIMICA

Es la rama de la fisicoquímica que trata de la interpretación de los fenómenos químicos y eléctricos, así como las propiedades de los electrolitos estableciendo una relación entre las acciones químicas y eléctricas de tales soluciones.

3.2 PRINCIPIOS DE LA CONDUCCION ELECTROLITICA

El flujo de electricidad por un conductor involucra todo un proceso en la transferencia de electrones (desde un punto de potencial negativo a otro positivo.)

El mecanismo de transferencia de un conductor electrolítico, es por medio de migración iónica, positiva y negativa hacia los electrodos del sistema. Esta migración no sólo involucra transmisión de energía eléctrica si no también al transporte de materia de una parte a otra del conductor.

Además, el flujo de corriente en este sistema va siempre acompañado de cambios químicos y en algunos casos físicos en los electrodos; por otro lado, la resistencia de los conductores electrolíticos es inversamente proporcional al aumento de temperatura. Para ilustrar mejor la conducción electrolítica, analizaremos el siguiente ejemplo mostrado en la figura:

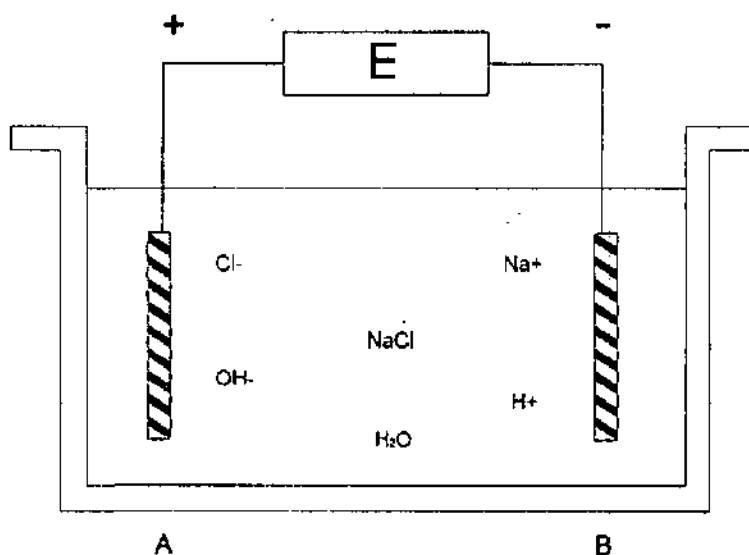


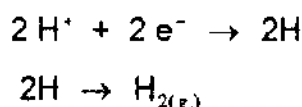
FIGURA 10. Ejemplo de electrólisis

Consideramos aquí una celda específica, compuesta por 2 electrodos inertes, en este caso pudiendo ser de platino; conectados a una fuente de poder (E), y sumergidos en una solución acuosa de cloruro de sodio (NaCl).

El electrodo (B), conectado del lado negativo de E, se denomina cátodo y es aquel por el cual entran los electrones a la solución procedentes de E. El electrodo (A) conectado del lado positivo de E, se denomina ánodo, por el cual salen los electrones de la solución y regresan a E.

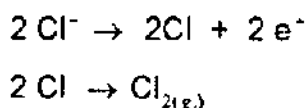
En la solución tenemos iones Cl^- y Na^+ ; además H^+ y OH^- , debido a la ionización muy ligera del agua. Ahora bien cuando el circuito se cierra y pasa corriente por la solución, se encuentra que el gas Cl se escapa del ánodo y el gas H por el cátodo mientras que se forma hidróxido de sodio en la solución inmediata al cátodo. Esto es debido a lo siguiente: los electrones (e^-) entran a la solución por el cátodo B y al combinarse con los iones hidrógeno (H^+) forman el elemento monoatómico. Entonces se combinan 2 átomos de hidrógeno formando una molécula de gas que escapa del electrodo.

Las reacciones presentes pueden representarse así:



Los e^- abandonan la solución por el ánodo a través de una descarga de iones Cl^- y cada uno de éstos produce un e^- convirtiéndose en un átomo de Cl_2

Los e^- libres de esta manera, fluyen por el circuito externo desde el electrodo a la fuente de potencial, mientras que los átomos de cloro se combinan entre si para formar $\text{Cl}_{2(g)}$ que escapa. Las reacciones son:



Vemos pues, que 2 electrones desaparecen en el cátodo para formar una molécula de hidrógeno y simultáneamente otros 2 se forman en el ánodo. El resultado neto de lo anterior, es una transferencia de 2 electrones del cátodo al ánodo.

Los cationes se mueven hacia el cátodo de aquí que los electrones son transportados por estos iones desde el ánodo. De nuevo, como el flujo de cargas negativas es hacia la derecha, la migración de aniones hacia el ánodo es equivalente al flujo de electrones en direcciones opuestas. En consecuencia, el resultado neto de la migración es un desplazamiento de los iones por la solución en la dirección de la corriente y cada uno transporta una parte de la corriente total de electricidad a través de la solución.

La formación de NaOH cerca de la región catódica de la celda se comprende cuando recordamos que de ésta parte de la solución los iones H^+ han sido removidos por descarga en los electrodos, dejando en la solución un exceso de iones OH^- . Como éstos no tienen la estabilidad de los positivos, los iones Na^+ emigran al compartimiento catódico en cantidad suficiente para formar una solución eléctricamente neutra (el NaOH).

Por lo tanto se concluyen 3 principios fundamentales de la conducción electrolítica:

- 1) El proceso del paso de corriente por un conductor electrolítico con todos los cambios químicos y físicos (migración) asociados, se denomina electrólisis.
- 2) Los electrones entran y salen de la solución a consecuencia de los cambios químicos que se efectúan en los electrodos.
- 3) Los electrones pasan por la solución debido a una migración iónica, y lo hacen de manera que entran tantos como salen.

3.3 LEYES DE FARADAY PARA LA ELECTROLISIS

La cantidad de zinc depositado en el cátodo y disuelto en el ánodo está controlada por las leyes básicas de electrólisis, establecidas por Michael Faraday en 1883. Estas leyes aún llevan su nombre y son tan válidas ahora como lo fueron en 1883 y es importante entender su significado, ya que ellas explican los factores que controlan la velocidad de disolución y deposición del metal. Ellas permiten a un galvanoplasta establecer sus operaciones en principios científicos firmes, para controlar la cantidad de metal usado y cumplir con las especificaciones de espesor. Las leyes dicen:

1.- La cantidad de cambio químico producido por una corriente eléctrica, es decir , usualmente la cantidad de una sustancia depositada o disuelta, es proporcional a la cantidad de electricidad que circula.

2.- Las cantidades de sustancias diferentes depositadas o disueltas por la misma cantidad de electricidad son proporcionales a sus pesos equivalentes químicos.

El peso equivalente es un peso atómico dividido entre la valencia, por lo tanto para el zinc, el valor es 65.37 dividido entre 2, osea 32.68. Para metales con una valencia de uno, el peso equivalente es el mismo que el peso atómico. Por ejemplo, el valor para la plata es de 108.87, y por lo tanto la segunda ley significa que se requiere la misma cantidad de electricidad para depositar 32.68 gramos de zinc que 108.87 gramos de plata. Si las dos leyes se combinan, puede demostrarse que el peso de intercambio de material (W) en un electrodo es proporcional a la corriente (I) por el tiempo (t) por el peso equivalente(E). De aquí que es posible introducir una constante, 1/F, y escribir la siguiente ecuación.

$$W=I \times t \times E \times 1/F$$

El término F recibe el nombre de Faraday y puede verse que si W es igual a E, por ejemplo, el peso del metal depositado es igual al peso equivalente, el cual para el zinc es de 32.68 gramos, entonces $F=ixt$. El Faraday es, por lo tanto, la cantidad de electricidad requerida para depositar 1 gramo equivalente de un metal, por ejemplo: 32.68 gramos de zinc o 108.87 gramos de plata. Esta cantidad de electricidad es de 96,500 Coulombios, el producto de corriente en amperios y el tiempo en segundos, así para el zinc, la ecuación anterior puede escribirse como:

$$W(\text{gramos}) = \frac{i(\text{amp}) \times t(\text{seg}) \times 32.68 (\text{gramos})}{96,500 \text{ Coulombios}}$$

De aquí, puede calcularse que una corriente de un amperio pasando a través de una solución de zincado durante una hora, teóricamente depositará en el cátodo y disolverá en el ánodo 1.219 gramos de zinc. De hecho,

1 Amperio hora es equivalente a 1.219 gramos de zinc.

CAPITULO 4

DISEÑO DE LINEA

4.1 ASPECTOS IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE PIEZAS POR REVESTIR

El programa para aumentar y controlar la calidad de un producto metálico, debe iniciar sobre el escritorio del diseñador. Los principios básicos de la mecánica de acabados y electrodeposición imponen importantes restricciones en la medida y forma de los componentes. El diseñador debe conocer bastante acerca de esos principios para poder así minimizar costos y dar calidad en los acabados, mientras se planean productos, los cuales tendrán una larga vida de servicio.

Los procesos de acabados metálicos son al menos tan complicados como el estampado de metales, con los cuales el diseñador está usualmente más familiarizado. La selección adecuada del acabado y el proceso, ofrece muchas oportunidades para aumentar la calidad, reducir costos, e incrementar la producción.

La norma ASTM B-507. Puede proveer al diseñador información de ayuda. Siempre que la persona planea un proyecto, este se cuestiona lo siguiente:

¿Qué voy a hacer?, ¿Para que lo voy a hacer?, ¿cómo lo voy a hacer?; que va relacionado con la cuestión de diseño aunado a muchas preguntas de interés sobre el proyecto. Todas estas preguntas nos van dando la pauta para trabajar en particular en cada componente del mismo.

Una condición determinante para el tamaño de todo el proyecto (equipo, accesorios, montaje) lo determinan las piezas a procesar, y consiste en saber la primera pregunta cuestionada anteriormente "¿Qué es lo que se va a procesar?". Aquí tenemos que abarcar un panorama amplio de la pieza, que incluye, forma, tamaño, cantidad de material para hacer el diseño lo más eficiente posible, tanto en la pieza como en la línea de galvanizado; y se tienen que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

4.1.1 SUPERFICIE SIGNIFICANTE

Un término importante usado cuando se especifican acabados metálicos es la "superficie significativa" por que en muchos productos el mismo estándar de calidad no es requerido en todos los puntos de la superficie. La superficie significativa puede ser definida como aquella que va a estar en contacto con alguna fuente de corrosión, o que sea la parte servicial de la pieza, ya que se puede alterar la apariencia visible por el uso. La superficie significativa se debe preferentemente convenir entre el fabricante de la pieza y el comprador, y debe estar indicada en dibujos. Por lo tanto los puntos en donde se hagan las mediciones de espesor deben estar completamente identificados.

4.1.2 DISEÑO PARA BARRIL

Las partes metálicas las cuales van a ser zincadas, no necesariamente requieren de pulido con cinturón o ruedas antes del recubrimiento. Estas son limpiadas en barril, sometidas a fuerza centrífuga o cualquier otro sistema de vibración.

En el diseño para aumentar la calidad, debe haber ciertas consideraciones o reglas para aplicar al proceso, ya sea para preparar la superficie o platearlo en barril.

- Evitar hoyos ocultos, huecos y grietas, las cuales pueden retener mugre y desperdicios de metal.
- Evitar superficies intrincadas, ya que serán manchadas por el procesamiento en barril.
- Las partes deberán ser lo bastante fuertes para aguantar los múltiples impactos en la rotación del barril.
- Las pequeñas partes aplastadas tenderán a adherirse, por lo tanto deben de estar provistas de bordes u hoyuelos para prevenir esto.
- diseños adecuados para que la solución pueda entrar y drenar y no se estanque durante la rotación del barril.

4.1.3 DISEÑO PARA RACK

Existen otras consideraciones en el diseño, pero para partes colocadas en racks para el proceso de limpieza e inmersión en el tanque de proceso, y son las siguientes:

- Los productos que pudieran ocupar un volumen muy grande en el tanque de proceso en proporción al área de la superficie, deben estar diseñados para ser galvanizados en secciones, para después ensamblarlos después de procesados.
- Consultar al departamento de galvanizado si las piezas están muy bien sujetadas en el rack y con buen contacto eléctrico sin enmascarar cualquier superficie significativa. Muchos problemas y dificultades en el rack se pueden ir modificando durante el uso.
- Proveer un buen drenaje de soluciones de proceso de las partes en el rack. Ciertas formas tienden a atrapar solución, las cuales pueden causar contaminación por arrastre de solución, posible corrosión de la parte y residuos

de materiales. El arrastre también agrava los problemas de disposición de residuos. Durante el diseño hay que evitar esquinas enrolladas y hoyos ocultos. Además de proveer hoyos de dren en áreas cerradas.

- Evitar formas que atrapen aire al ser sumergidas, ya que este aire puede impedir el acceso de la solución a dichas áreas, cada vez que el aire pueda ser atrapado, también, el hidrógeno o el oxígeno pueden ser acumulados durante el procesamiento, ocasionando la falta de depósito en dicha zona.

4.1.4 DISEÑO PARA LA BUENA DISTRIBUCION DE LOS DEPOSITOS

El más importante factor que determina la calidad de la película sobre las partes de metal, es el espesor de la superficie significante. Las leyes fundamentales de la electroquímica, operan para prevenir perfectamente la deposición uniforme de un electrodeposición en un cátodo de cualquier forma usual y medida. Las porciones de trabajo, las cuales están cerca de los ánodos, tienden a recibir un depósito más grueso. Formas esquinadas o picos, tienden a robar una gran porción de la corriente y así recibir un depósito grueso. La meta del diseñador y de el galvanizador es minimizar las variaciones de espesor sobre la superficie significante. A la vez el excesivo costo de metal extra adherido en esas áreas debe ser evitado. Las variaciones en la distribución del plateado pueden interferir en el ensamblado de las piezas posteriormente debido al espesor en áreas de alta densidad de corriente.

4.1.5 CARACTERISTICAS DE DISEÑO QUE INFLUYEN EN LA DEPOSITACION

El efecto del diseño básico de un producto o componente sobre la efectividad o durabilidad del recubrimiento usado, ha sido el objeto de mucho estudio e investigación, ya que muchas fallas que los galvanizadores tienen, son atribuidas al diseño original.

Las formas mostradas aquí son para el "que hacer" y el "que no hacer" en las configuraciones de diseño y su relación con la calidad de el electrodeposición.

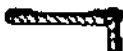
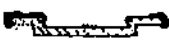
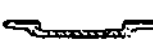
INFLUENCIA EN LA ELECTRODEPOSITACIÓN			
La distribución del electrodeposición es indicada en una forma exagerada			
Características			Mejor diseño
Superficie convexa		Forma ideal, fácil de recubrir uniformemente especialmente cuando las esquinas son redondeadas	
Superficies planas		no tan deseable para superficies muy rugosas la rugosidad es causada por pulido desigual.	
Puntiagudo con ángulos y esquinas		Indeseable: reduce el espesor en las áreas del centro y requiere un incremento en el tiempo de depósito para tener un espesor de depósito durable. Todas las esquinas deben Ser redondeadas.	
Rebordes		Los rebordes grandes con puntas y ángulos internos, deben ser evitados para minimizar los costos del electrodeposición. Use radios generosos en los ángulos internos y adelgace las esquinas.	
Aberturas		En espacios y huecos muy cerrados se reduce la electroplateabilidad y no pueden ser recubiertos adecuadamente con protección total, a menos que las esquinas sean redondeadas.	
Hoyos ocultos		Más utilizados cuando no se requiere de mucho espesor	
Puntiagudo con ángulos dentado		incrementa los tiempos de depósito y los costos para un mínimo de espesor y reduce la durabilidad de la parte recubierta.	

Figura 11. Influencia de la forma de las piezas en la electrodeposición

Esta es una contribución a la industria de los recubrimientos hecha por el Zinc Institute Inc. Cuando este patrocinó un estudio de diseño por Battelle Memorial Institute el cual obtuvo buenos resultados en la estabilización de los principios básicos de diseño para ser aplicados al zinc.

Es posible estimar los radios de la distribución del metal de los modelos, pero hay también reglas empíricas las cuales pueden guiar al diseñador a aumentar la uniformidad del espesor, desde aquí para aumentar la calidad con gran economía. Los dibujos ilustran la influencia del diseño como esta ha sido desarrollada de la experiencia práctica.

- Evitar superficies cóncavas o perfectamente planas. Superficies convexas o abultadas, reciben espesores más uniformes.
- Las esquinas deben ser redondeadas.
- Ángulos reentrantes o esquinas deben ser dobladas con un radio generoso. Hacer este radio lo más grande como sea posible.
- Las hendiduras deben ser exentas de requerimientos mínimos de espesor.
- Las protuberancias y las orillas tienden a robar corriente de las áreas cercanas de ahí que resulte una disminución de espesor en las demás áreas
- Evitar el uso de distintos materiales base para cualquier pieza a galvanizar. El contacto de materiales diferentes puede interferir en la acción galvánica con el poder de recubrimiento o con la adhesión del depósito.

De acuerdo con la secuencia de preguntas, el siguiente cuestionamiento "¿ Cómo lo voy a hacer ?" implica el equipo necesario para dar el recubrimiento a la pieza ya diseñada, por lo tanto se procede.

4.2 DISEÑO DE TANQUES Y CONSTRUCCION

De acuerdo a prioridad se diseñan los tanques contenedores del proceso de galvanizado, y se toman en cuenta los siguientes criterios:

- 1.- ¿De que tipo de material deben ser los tanques, para contener dichas soluciones (ácidas, alcalinas o neutras)?
- 2.- Tamaño de tanques de acuerdo a la forma de las piezas y cantidad a procesar.
- 3.- espesor mínimo de la placa de acuerdo al volumen y peso que ejerce la solución.

Tomando en cuenta todos los factores anteriores, se procede a la selección de los materiales de fabricación. Estos deberán ser químicamente resistentes a la solución, y al mismo tiempo evitar su contaminación por ataque de la superficie en contacto con el electrolito; por lo tanto se escoge de entre cuatro tipos de materiales que son los más comunes:

- Acero al carbón
- Acero inoxidable.
- Acero recubierto
- Polipropileno.

De acuerdo al tipo de solución se escoge el material; es decir que si tenemos una solución muy corrosiva como el ácido, entonces se tiene que prevenir este ataque usando el tipo 2 al 4; y si la solución es de tipo alcalino o neutra, entonces se puede utilizar cualquiera.

Por lo tanto, como se tienen ácidos y bases en línea, se tiene que tomar en cuenta para los dos tipos de soluciones, por lo tanto para fines de este trabajo, los más económicos son el acero al carbón para sistemas alcalinos, y para ácidos el acero al carbón recubierto, por que da buenos resultados, ya que cuentan con la característica de alta resistencia, bajo costo y facilidad de fabricación.

La función principal es proteger al tanque contra la corrosión. Se usan en variedad de formas; hojas, forros que se aplican en estado líquido, y forros que son en si tanques internos. Se clasifican principalmente en tres tipos:

- 1) para baños alcalinos con un pH menor a 12, pueden permanecer sin recubrimiento especial las tinas (acero al carbón)
- 2) para baños alcalinos con un pH mayor a 12, se recomiendan forros de neopreno.
- 3) para baños ácidos, se recomiendan forros de PVC. , neopreno o una capa triple de poliéster isoftálico reforzado con fibra de vidrio.

La temperatura viene a ser otra limitante en la selección del revestimiento de los tanques, por lo general se requieren temperaturas no mayores de 55°C. Por eso se recomienda usar el poliéster isoftálico reforzado con fibra de vidrio, ya que es el más económico, es fácilmente reparable y puede soportar temperaturas de trabajo hasta de 93°C.

El mantenimiento preventivo general de los tanques consiste en una limpieza generosa intermitente, evitando que restos de sales corrosivas o líquidos atacantes permanezcan en su superficie, cuando sea necesario, se debe aplicar una capa de pintura anticorrosiva y vigilarse el buen estado de los forros interiores para que sean renovados si es necesario.

4.2.1 CAPACIDAD DE PRODUCCION Y VOLUMEN DE LAS TINAS

El ancho y profundidad de los tanques de proceso para una línea continua de galvanizado, depende de un estimado de la medida, forma y número de piezas desnudas a ser recubiertas. Cuando se requiere de ánodos, ellos deben estar posicionados cerca de las piezas como sea posible; pero no tan cercanos que ocasionen contacto. Es generalmente usado un espacio de 2" a 4", si este se encuentra más cerca, entonces puede quemar el recubrimiento, y si está más lejos, entonces la película es de bajo espesor y muy opaca.

La longitud de los tanques es determinada por los rangos de operación que se necesitan y el tiempo en que deben estar sumergidas las piezas para cada proceso. Algunas veces esto se puede establecer con una serie de experimentos en laboratorio calculando las velocidades de operación de una producción piloto, para calcular los requerimientos de una producción total.

Una vez que estos factores han sido encontrados, la longitud del tanque de proceso es calculado por una simple fórmula:

$$\text{Rango (ft/min.)} \times \text{tiempo de inmersión (min.)} = \text{Longitud del tanque.}$$

Ejemplo:

Se quiere determinar la longitud para procesar partes como estas.

Requerido: 3 millones de piezas X por mes

2 millones de piezas Y por mes.

1 millón de piezas Z por mes.

Piezas/pie. X=30, Y= 40, Z=50

calculamos el no. de pies requeridos:

X= 100,000

Y= 50,000

Z= 20,000

Por mes.

Total de pies por mes: 170,000 ft.

Una suposición promedio de trabajo es de 20 días por mes

$170,000/20 = 8,500 \text{ ft/día}$

En horas tenemos: $8,500 / 7\text{hrs.} = 1,215 \text{ ft/hr}$

en minutos tenemos: 20.25 ft/min (25 para mayor seguridad)

Dato: tiempo de inmersión para 2 procesos: A= 10 seg.

B= 15 seg.

Calculamos:

proceso para el tanque A: $25 \text{ ft/min} \times 0.167 \text{ min.} = 4.175 \text{ ft.}$

proceso para el tanque B: $25 \text{ ft/min} \times 0.25 \text{ min.} = 6.25 \text{ ft.}$

Otra forma de seleccionar el tamaño de la tina en procesos por lotes es tomar la pieza más grande que se tenga y meter un número determinado para una producción deseada y registrar que espacio ocupa; o también, seccionar a lo largo y tener estaciones de trabajo al ancho que se requiera.

La forma general de un tanque de galvanizado es el de un prisma rectangular, sin tapa en la parte superior. Las paredes deben estar unidas con un cordón de soldadura continuo a fin de evitar hendiduras y porosidades; se recomienda de acuerdo con la AWS (American Welding Society) utilizar soldadura 6013.

El tipo de metal base a ser galvanizado, la condición de la superficie, la medida, diseño de las partes, y el tipo y cantidad de las piezas tienen un efecto directo en el tiempo requerido en el pretratamiento, galvanizado y ejecución de los componentes; por eso no es posible predecir exactamente cuanto tiempo se requerirá para cada paso.

Para escoger el espesor, existen tablas de soporte de presión que se ejercen sobre ciertos materiales para ver la resistencia que ofrecen, o también

se pueden calcular con la fórmula:

$$\ell = m/v,$$

para así saber que tanto de peso van a soportar las paredes de la tina. En realidad estos datos son más técnicos, pero en la práctica sólo se determina el peso de las soluciones, ya que no se requiere de presión y solo se determina si va a soportar la tina o no.; en la literatura de galvanoplastias, los especialistas aconsejan utilizar como mínimo placa de acero de 3.25 mm. (1/8 de pulgada) para tanques hasta de 1m³ de capacidad. Esto es debido a la facilidad que la placa de acero da para ser soldada.

Las bases en las que se soporta el tanque, deberán tener una altura mínima de 0.10 m, esto es para evitar que el fondo del tanque esté en contacto con el suelo de la planta, exponiéndose a la corrosión del suelo sucio y húmedo.

Los bordes del tanque deberán tener resistencia estructural, para lo cual ha demostrado su eficacia el ángulo de fierro estructural, soldado por la junta superior con cordón completo, y con "puntos" de soldadura de 2.54 cm aproximadamente cada 25 cm de distancia por la junta inferior, como se muestra en la figura siguiente:

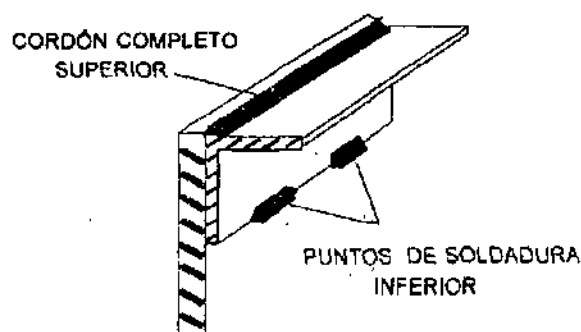


FIGURA 12. Detalle del borde del tanque

4.3 PREPARACION DE LA SOLUCION DE GALVANIZADO

De acuerdo a las ventajas y desventajas que presentan los diferentes tipos de electrólitos, seleccionamos el más simple, tanto en preparación, como en economía, ya que esto se deriva del bajo contenido metálico del baño, y el uso de una sal conductora de bajo precio sosa caústica. Pero la más grande ventaja en cuanto a economía se refiere es de que no se requiere de equipo de especial ni materiales costosos, ya que estos son convencionales y de fácil acceso.

4.3.1 CONDICIONES DE OPERACION

Zinc Metálico	6 a 9 g/l.
Hidróxido de sodio.....	75 a 105 g/l.
Abrillantador.....	0.5 a 1.5%
Temperatura.....	21 a 29°C
Densidad de corriente.....	0.2 a 8 A/dm ²
Voltaje.....	8 a 18 Volts- barril
	3 a 6 Volts- rack

4.3.2. PREPARACION

Para preparar 100 litros de solución de galvanizado conteniendo 7.5 g/l de metal de zinc y 80 g/l de hidróxido de sodio se hace lo siguiente:

- 1.- A un tanque de almacenamiento se le agregan 25 litros de agua fría.
- 2.- Adicionar 8 kilogramos de hidróxido de sodio al agua fría. "NO AGREGAR TODO EL HIDROXIDO DE SODIO AL MISMO TIEMPO" al agregar la sal esta empieza a generar calor y se recomienda que el hidróxido sea adicionado en pequeñas cantidades con agitación continua.

- 3.- Dejar que se enfríe la solución de hidróxido de sodio.
- 4.- En un contenedor por separado mezclar 960 gramos de óxido de zinc con suficiente agua para hacer un lodo fluidizo (tipo miel).
- 5.- Adicionar el lodo de óxido de zinc a la solución fría de hidróxido de sodio y agitar hasta que todo el material se haya disuelto.
- 6.- Dejar reposar la solución de 2 a 3 hrs. Y después filtrarla en el tanque de galvanizado.
- 7.- adicionar agua para el volumen final. Agitar perfectamente y tomar una muestra para análisis.
- 8.- Electrolizar la solución a 0.05 amp/lt. De 4 a 8 hrs.
- 9.- Adicionar 1/2 a 1 1/2 litros de abrillantador y puede comenzar a galvanizar.

CONTROL DE LA SOLUCION DE GALVANIZADO

ANALISIS PARA METAL DE ZINC

Equipo necesario

Pipeta de 5 ml.

Bureta de 50 ml.

Probeta graduada 100 ml.

Matraz Erlenmeyer 500 ml.

Reactivos necesarios

Indicador anaranjado de Xilenol

Solución Buffer pH 5.5

Solución EDTA 0.0575 M

Procedimiento

- 1.- Pipetear una muestra de 5 ml. De la solución de galvanizado y colocarla en el matraz erlenmeyer de 500 ml.

- 2.- Adicionar una pizca de indicador anaranjado de xilenol suficiente para producir un color violeta.
- 3.- Adicionar 100 ml. De solución buffer para producir un pH 5.5. y mezclar hasta disolver cualquier precipitado.
- 4.- titular con solución 0.0575 M de EDTA hasta un vire color amarillo oro.

Calculos

(ml. De EDTA titulados) x (0.75) = g/l metal de zinc

ANALISIS PARA HIDROXIDO DE SODIO

Equipo necesario

Pipeta de 5 ml.

Bureta de 50 ml.

Probeta graduada 10 ml.

Matraz Erlenmeyer 250 ml.

Reactivos necesarios

Solución de cianuro de sodio al 10%

Indicador LaMotte sulfo-orange o indicador azul cáustico

Acido sulfurico 0.94 N

Procedimiento

- 1.- Pipetear una muestra de 5 ml. De la solución de galvanizado y colocarla en el matraz erlenmeyer de 250 ml.
- 2.- Adicionar 10 ml de la solución de cianuro de sodio al 10%, después agregar de 8 a 12 gotas de indicador sulfo-orange o 0.25 gramos de indicador azul cáustico.

3.- titular con 0.94 N de ácido sulfurico, el color cambia de anaranjado a amarillo con el indicador sulfo-orange y de verde a azul con el indicador azul cáustico.

Calculos

(ml. De 0.94 N de ácido sulfurico titulados) x (7.5) = g/l hidróxido de sodio.

4.4 DISEÑO DE LOS SOPORTES. "ANODOS Y RACKS"

4.4.1 BREVE HISTORIA

El primer desarrollo de los racks o soportes se inició desde que se tuvo la necesidad de sujetar a las piezas para sumergirlas; prácticamente desde la iniciación del electrodeposición.

El primer desarrollo del llamado rack consistió de un cuerpo de madera, en el cual las puntas fueron dirigidas y dobladas para sostener los artículos. Cables de cobre amarrados a lo largo de la madera fueron conectados de las puntas hacia el cátodo. Este arreglo redujo el excesivo depósito en los cuerpos de los racks, pero la madera llegó a humedecerse y a pudrirse perdiendo fortaleza en el cuerpo.

Una compañía llamada "BELKE MANUFACTURING COMPANY" de Chicago Illinois, diseñó y patentó racks con cuerpo de acero recubiertos con porcelana esmaltada y equipado con tips removibles. Estos fueron un revolucionario adelanto y por lo tanto los mejores racks obtenidos por mucho tiempo.

Sin embargo tenían un grave problema, durante el manejo la porcelana se rompía o se despostillaba y no era reparable, además de que eran muy pesados, y de que cierto tipo de soluciones afectaban a la porcelana enamel; así que la imagen de que era un recubrimiento mejor, fue aparente,

La experimentación con otros posibles tipos de recubrimientos continuó. Varios tipos de pinturas y plásticos disponibles fueron usados pero no se consiguió ningún avance o suceso importante. Fue entonces desarrollado un estudio a través de los compuestos especiales de ciertos tipos de plásticos, Pero cuando se usaron en los racks de electrodeposición, las partes del rack se calentaban y destruían el plástico, por eso, el recubrimiento de plástico tenía que prever la disipación del calor en la solución. Entonces el calor tuvo que ser superado por el incremento de la medida de los miembros del rack, lo cual también aumentó la rigidez y ligeramente el peso, pero que se tenían racks durables y eficientes en cada punto.

Experimentos exhaustivos fueron conduciendo a la determinación del espesor óptimo del recubrimiento de plástico duro, y la medida generalmente arribada para racks de medida normal fue de 3/32". Este espesor dio una adecuada resistencia dieléctrica combinada con suficiente cuerpo y resistencia al impacto y a la abrasión del uso normal.

Muchos nuevos materiales fueron experimentados para recubrimientos de plásticos duros, pero que tenían algunos problemas con los baños de cromo, pero así se siguieron estudiando y desarrollando hasta encontrar uno exento de los problemas ocasionados por estos baños.

Mientras tanto, se seguían probando varios materiales, incluyendo lacas sintéticas de varios tipos. A través del uso de muchos materiales de recubrimiento, algunos de ellos presentaron buena resistencia química, sin embargo, tales recubrimientos no tuvieron fuerza física e impacto al choque y abrasión, así que esos racks eran motivo de reparaciones constantes que causaban mayor costo.

4.4.2 FUNCION Y CONSEJOS BASICOS PARA EL DISEÑO DEL RACK

El propósito principal de un rack es sostener una o muchas piezas en la posición más ventajosa para exponerla al depósito; pero que para el estudio de esto se debe de tener en cuenta variables que eficientizan más a los artículos específicos con estándares de calidad aceptables, usando el mínimo de tiempo y materiales; no olvidándose de que son los transportadores de la corriente hacia las piezas.

El primer paso en el diseño de un rack es acumular toda la información posible acerca de el proceso que se va a utilizar. El tipo de solución, la calidad deseada, los distintos tipos de soluciones al que el rack estará sujeto, dimensiones del tanque, el número de piezas totales a ser galvanizadas, el periodo de tiempo que el rack será utilizado y el radio de producción entre otras.

4.4.2.1 POSICION DEL ARTICULO PARA SER GALVANIZADO

Cuando se ha acumulado toda la información pertinente, se considera una de las piezas a ser galvanizada. ¿Qué tan grande es?, ¿qué forma tiene?, ¿qué porción de esta será galvanizada?, ¿cómo deberá estar sostenida para exponerla al flujo de corriente de los ánodos?, ¿qué tipo de arreglo en los tips deberá tener para el rápido enraque y desenraque de las piezas?

Los siguientes diagramas y comentarios mostrarán algunas de las cosas que se considerarán para determinar la posición en la cual serán sostenidas las piezas.

Para galvanizados uniformes, los artículos en el rack deberán encontrarse equidistantes entre los ánodos, por que el rango de plateado varia con la distancia del ánodo.

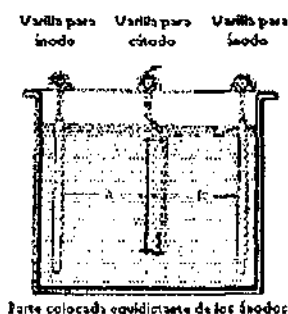


FIGURA 13. Pieza colocada equidistante de los ánodos

El galvanizado electrolítico como otros baños es una acción electroquímica que produce gases, los cuales emigran a la superficie en forma de burbujas. Si esas burbujas fluyen a través de la superficie, ellas interferirán en el recubrimiento; por lo tanto las superficies de las piezas deben de estar arregladas de tal manera que los gases fluyan fuera de ellos como en la figura 14.



FIGURA 14. Colocación de las piezas para flujo de burbujas

Diagrama 15-A. Muestra una bolsa en la cual el aire es atrapado cuando el rack es inmerso en la solución y también puede ser causada por los gases formados atrapados.

Diagrama 15-B. Muestra cuando la pieza es invertida, el problema es otro, el acarreo de solución hacia el otro tanque puede ser peor ya que contamina la solución y hay demasiada pérdida de las soluciones por arrastre.

Diagrama 15-C. Ilustra la mejor manera de sostener las piezas aún cuando sean muy profundas o sea que el punto primordial es evitar el entrapamiento de gases y el arrastre de soluciones.

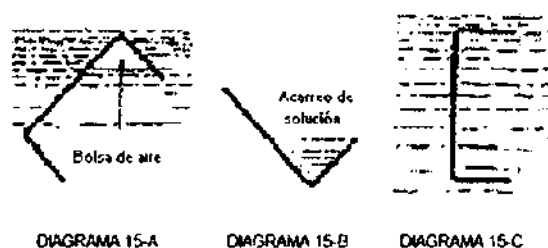


DIAGRAMA 15. Problemas y mejor manera de colocar las piezas

ESPACIADO PARA EVITAR SOMBREADO

El máximo aprovechamiento del rack es otro factor importante para la producción, pero debe tenerse en cuenta que si las piezas están muy juntas, estas interferirán entre sí y harán una especie de sombreado que dejará marca; por lo tanto se tomará en consideración el espaciamiento entre las piezas para eliminar el problema con las siguientes fórmulas.

Fórmula para artículos con un diámetro menor a 2 pulg.

$$S = 3D/8 + 1(\text{pulg})/4 + H(\text{pulg})/4$$

Fórmula para artículos con un diámetro mayor a 2 pulg.

$$S = 1(\text{pulg}) + H(\text{pulg.})/4$$

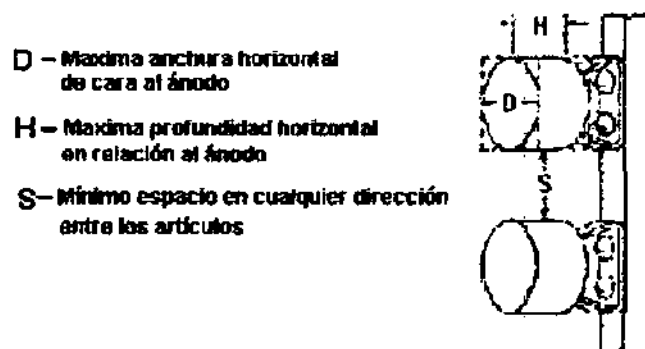


FIGURA 16. Espacio entre piezas

4.4.2.3 RECUBRIMIENTO UNIFORME EN SUPERFICIES INACCESIBLES

Con superficies cóncavas la tendencia del depósito es mayor en las orillas que en la parte interna por lo tanto es recomendable utilizar ánodos falsos. Que son aquellos que sólo transmiten la corriente del ánodo sin tener el metal presente; en este caso zinc. Y el material de lo que están hechos es de fierro, acero, acero inoxidable, titanio entre otros; la utilización de este mecanismo ayuda a uniformizar más el depósito en zonas donde le es difícil a la corriente llegar.

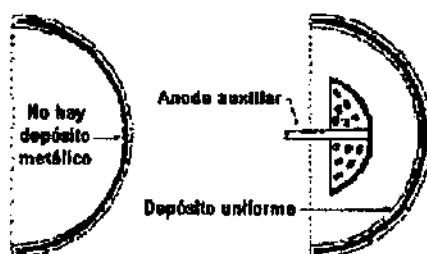


FIGURA 17. Recubrimiento uniforme con ayuda de ánodos auxiliares

El depósito en el interior de cilindros o de formas tubulares requiere de ánodos auxiliares; pero se debe de tener cuidado de que este ánodo no toque la pieza por que se cerraría el circuito y no galvanizaría. En la figura 18 se muestra como se le podría hacer para que no toque a las piezas.

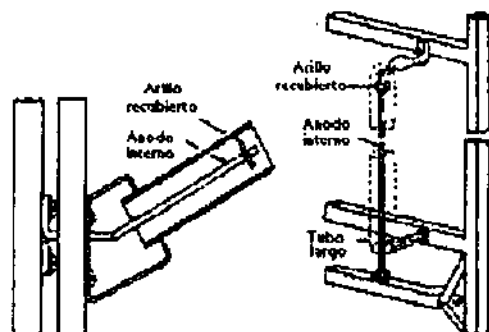


FIGURA 18. Ánodo auxiliar en el recubrimiento interno

4.4.2.4 EVITAR QUEMADO EN LAS ESQUINAS

Artículos con forma de esquinas frecuentemente requieren de especial cuidado para prevenir quemaduras en el galvanizado.

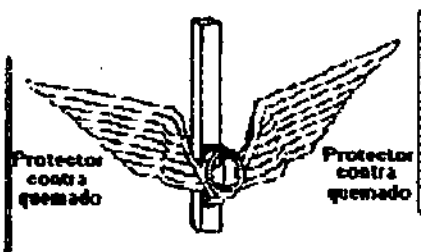


FIGURA 19. Diagrama para evitar quemado en las puntas por exceso de corriente

El quemado ocurre cuando hay un exceso de flujo de corriente, esto pasa por lo general en piezas que son puntiagudas, que tienen poca área y por tener

mucha corriente, la solución más económica es hacer un arreglo adyacente para absorber el flujo de corriente y ser distribuida en las dos partes, o también si no se puede hacer el arreglo, entonces se puede colocar alambres a la orilla de las puntas.

4.4.2.5 METODOS PARA SOSTENER ARTICULOS EN DETERMINADA POSICION

Los tips para sostener los artículos en los racks son un gran sujeto y representan algunos de los más importantes desarrollos en el diseño del rack.

Para mayor comprensión, los tips deben de sostener a la pieza de tal manera que sea fácil el colocar y quitar las piezas orientándolas hacia una posición y dando suficiente contacto eléctrico para mantener el flujo de corriente en el trabajo.

Los tips o sujetadores deben ser colocados de forma que no se note el contacto donde se sostiene la pieza, ya que esa parte queda marcada y con algunas sombras; por lo tanto se recomienda sostenerla de partes no visibles o zonas donde no afecte tanto la corrosión.

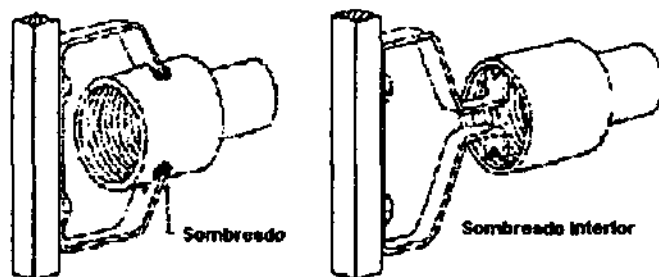


FIGURA 20. Forma incorrecta y correcta de sostener una pieza con tips

Muchas de las piezas tienden a salirse del rack cuando estas son inmersas en las tinas de trabajo o cuando la solución tiene alguna especie de agitación, para eso es recomendable utilizar una especie de gancho para retener a los artículos durante esos movimientos.

Si lo que se mueve es el rack completo entonces es recomendable sostenerlo a la barra de conducción por medio de tornillos, pero si este es un gancho, entonces se le pone al final del rack un material pesado que sea inerte a la solución o también recubierto.

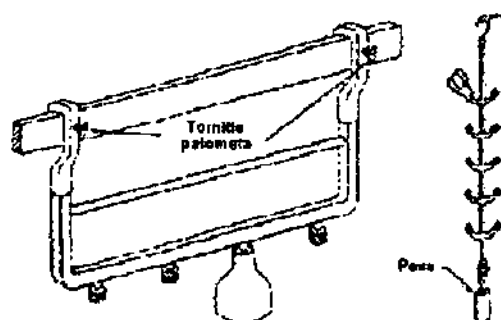


FIGURA 21. Forma de sujetar las piezas y el rack en caso de flotar o salirse

4.4.2.6 DIMENSIONES PRACTICAS PARA RACKS

Cuando se ha determinado en que posición y como van a ir sujetas las piezas, se construye el rack. Las dimensiones del tanque determinan muchas dimensiones del rack y por lo tanto la capacidad máxima de piezas a someter. Como regla principal los racks deben de quedar a 6 o 5 pulgadas del fondo de la tina, esto es por cualquier cosa que pudiera tener en el fondo no haría contacto como por ejemplo serpentines para calentar la solución, o simplemente los sedimentos que se le formen.

Las piezas mas altas deben estar por lo menos a 1 1/2" pulg. De la superficie, y 2 1/2" o más cuando la solución es agitada.

La longitud del contacto del cátodo a la superficie de la solución (distancia B) determina la relación que debe haber para no dejar la primera pieza fuera de la solución.

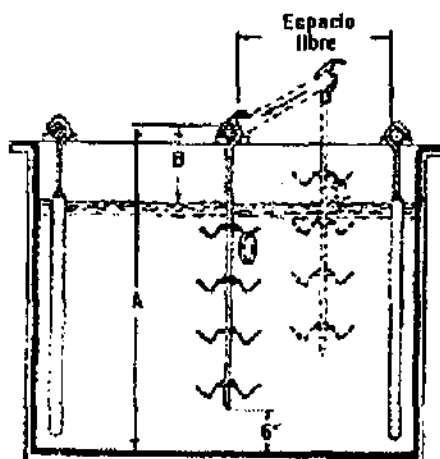


FIGURA 22. Dimensión práctica para racks

4.4.2.7 FORMA DE LOS CUERPOS O MIEMBROS DEL RACK

La forma requerida del área seccional del cuerpo o miembro del rack está determinada por la conductividad de la corriente requerida. La forma de los mismos está determinada por los requerimientos de fuerza y facilidad de fabricación, las formas que dan mayor conductividad son las redondas y las cuadradas.

La facilidad de fabricación y efectividad son muy importantes para la elaboración de estas piezas, ya que ayuda a convertir estas piezas en versátiles para la colocación de los tips.

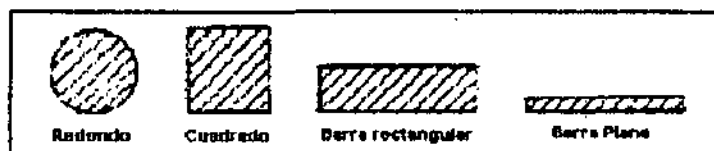


FIGURA 23 Forma del material en los cuerpos del rack

4.4.2.8 DISEÑO DEL GANCHO

Los ganchos son una parte fundamental en la fabricación del rack ya que son los que van a tener los puntos de contacto para la transmisión de la corriente.

Por lo general los ganchos de los racks son fabricados con proporción y centros de masa para que los racks queden en el centro; a la vez, se les da una forma especial para que tengan más puntos de contacto, esto es hacerlos tipo cuadrado sin un lado para que pueda conectarse a las barras, y con una punta hacia arriba como en figura.

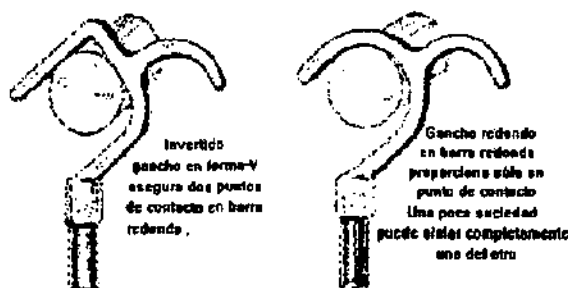


FIGURA 24. Diferente forma de los ganchos de un rack

En algunos casos cuando las soluciones tienen agitación también es conveniente sujetarlos con tornillos a la barras conductoras para mantenerlos fijos, o se le pueden hacer aditamentos tipo seguro sujetador con el mismo fin.

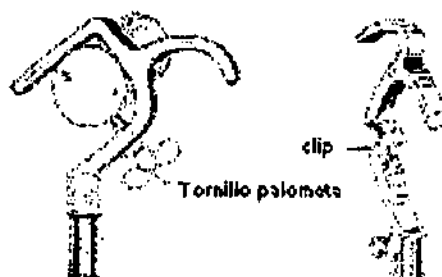


FIGURA 25. Sujetadores para racks

4.4.2.9 AISLAMIENTO

Por último la eficiencia y larga vida de servicio de un rack, depende del recubrimiento. Para ser permanentemente efectivo y duradero, el recubrimiento debe de :

- A.- tener adecuada resistencia dieléctrica
- B.- ser impermeable a los ataques químicos de las soluciones.
- C. Resistente a la abrasión, y a los impactos encontrados durante el servicio.
- E.- ser terso y de rápido drenado de las soluciones para minimizar la transferencia de solución.

Para asegurar la mejor aplicación de recubrimiento se debe hacer desde la hechura del rack.

Las esquinas con punta u orillas filosas reducen la efectividad del recubrimiento; por lo tanto se deben de redondear, ya que estas pudieran dañar el recubrimiento por que son las zonas más sujetas a la abrasión.

La superficie debe estar tersa libre de grasa, aceite y rugosidades, para tener una buena adherencia y así tener un perfecto contacto físico; cualquier punto donde el recubrimiento no es completamente unido al metal del rack, este está sujeto al rápido deterioro, por que la expansión y contracción del aire entre el recubrimiento y el metal, cuando el rack es inmerso en soluciones calientes y frías forma un blister o burbuja que cada vez se va incrementando durante el manejo y que tiende a romperse y exponer el metal del rack al ataque de las soluciones, también hay que evitar que se formen burbujas durante el recubrimiento.

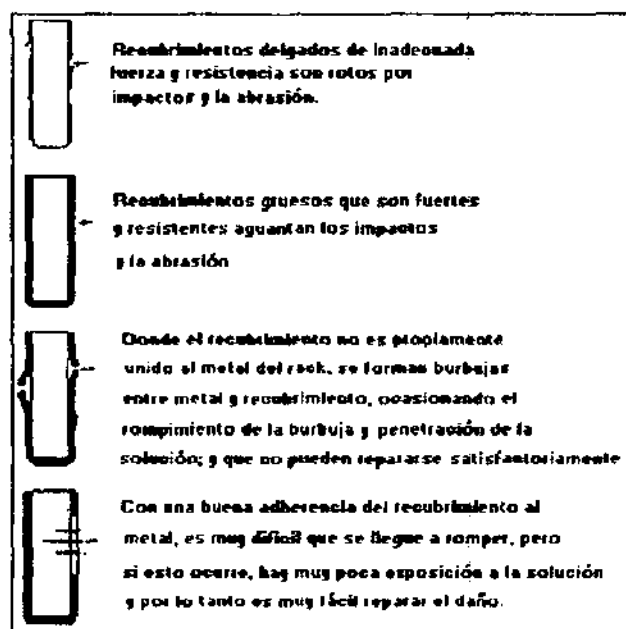


FIGURA 26. Problemas con el aislamiento del rack.

4.5 DISEÑO DE ANODOS

Existen muchas maneras de acomodar los ánodos en un proceso de electrodeposición; pero sólo hay dos tipos y que son:

- Ánodos solubles, cuya finalidad es mantener la concentración del metal a depositar por la disolución del mismo.
- Ánodos insolubles, únicamente nos sirven para conducir la corriente y cerrar el circuito en el proceso electrolítico; pero que no mantienen ningún tipo de concentración al baño; por lo tanto se construyen de materiales inertes a los ataques químicos de las soluciones, y que además sean buenos conductores de corriente.

Para galvanizado, los ánodos que más se utilizan son los solubles, por la economía y el fácil desempeño durante el trabajo, ya que la cantidad de metal que se va depositando es la misma que se disuelve, por lo tanto no hay variación en la concentración.

La cantidad de ánodos que debe contener una tina de galvanizado va en función del área que se vaya a procesar, y existe una regla general para todo tipo de soluciones de galvanizado y establece en base a estudios y pruebas realizadas que la mayor eficiencia se obtiene utilizando una relación de área ánodo-cátodo de 2:1 .

La forma en que se puede conseguir el metal es de diferentes tipos y se escoge de acuerdo a las necesidades y son:

- barras
- semi-esferas
- esferas
- lingotes

Pero el problema recae en como dar mucha área anódica; pues sencillo, se construyen contenedores o canastillas de medidas específicas para dar el área necesaria en el proceso, y que van a ser llenadas con el material de zinc, que se requiera, este podría ser uno de los sistemas para evitar emplear mucho material de zinc.

Los ánodos más comunes o utilizados son canastillas de acero al carbón, o acero inoxidable en forma de prisma rectangular y en sus caras protegiéndose con mallas perforadas

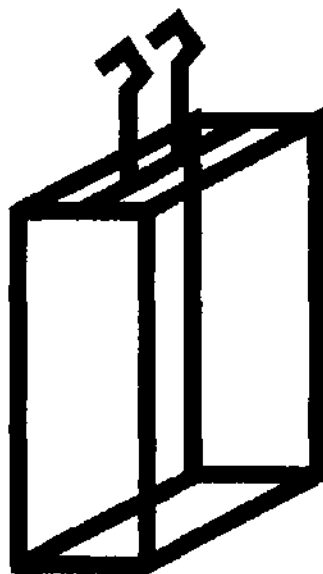


FIGURA 27. Ánodos contenedores de metal de zinc

Calculándose la cantidad total del área a procesar, se calculan también cuantos ánodos y de que medida contendrá la tina, pero teniendo en cuenta que entre más grande sea la pieza, más largos serán los ánodos debido al flujo de corriente para que la pieza a galvanizar quede recubierta en su totalidad.

4.6 INSTALACION ELECTRICA

La energía de corriente directa (DC) es el tema central para la industria de los recubrimientos electrolíticos desde la primera electrodeposición en laboratorio de un metal sobre otro, hasta el presente con altos sistemas de producción. El poder de la corriente directa es incambiable, pero a través del tiempo estos proveedores de energía han sufrido muchos cambios.

Una ley fundamental de la física dice "La energía no es creada ni destruida solo cambiada de forma". Este es precisamente el trabajo de un abastecedor de corriente para recubrimientos electroquímicos: transformar un tipo de energía en otra. Cuando la corriente alterna es disponible, económica y comercial, sólo los antiguos motores generaban este tipo de corriente, y el mecanismo era: conectado a una fuente de corriente alterna se aplicaba al motor que la convertía en energía mecánica (rotacional) para luego transformarla en corriente directa. Pero de esta energía mecánica se tenían muchas pérdidas por fricción y el sistema no funcionaba al 100%.

Ahora los modernos proveedores de corriente, convierten la corriente alterna (AC) directamente en corriente directa (DC), de ese modo eliminando el paso intermediario de la conversión en energía mecánica. Desde que la energía mecánica ya no es involucrada, ellos son denominados convertidores estáticos, pero en el campo de los recubrimientos electrolíticos, estos son comúnmente conocidos como rectificadores de corriente.

Los rectificadores básicos consisten de:

- 1.- Sección de rectificación de corriente directa
- 2.- Transformador de corriente alterna
- 3.- Regulador de poder
- 4.- Controles
- 5.- Mecanismo para enfriado.

1.- SECCION DE RECTIFICACION DE CORRIENTE DIRECTA

El propósito principal es justamente rectificar. Un aparato rectificador, pasará la corriente en una sola dirección, pero bloqueará la otra (Esto es como una válvula check). Los rectificadores que usaban compuestos metálicos, (tales como óxidos de cobre) que exhibían específicas propiedades de rectificación, fueron muy ineficientes y aparatosos que daban una capacidad de 0.35 A/in^2 . Los óxidos de metales dieron pauta para la nueva generación de diodos.

Los primeros diodos introducidos fueron hechos de germanio, luego de selenio; sin embargo ellos provieron una inaceptable rectificación, debido a su inadecuado voltaje inverso. Esos aparatos permitieron la introducción del silicón, el cual es el mas prevalente de los materiales encontrado en los sistemas de rectificación hoy en día. Aparatos individuales son comercialmente disponibles en rangos de 5000 A. Y otros que van de 100 a 4400 A. Estos aparatos tienen gran flexibilidad y configuración de diseño.

2.- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE ALTERNA

Este es el caballo de poder para entrar al sistema. El propósito es transformar la línea de alto voltaje (480 V) al voltaje más usual en la electrodeposición (12 V). El cobre es uno de los materiales más usados para enrollar, por que este tiene alta eficiencia por unidad de volumen, alta ductilidad, alta tolerancia al estres a condiciones normales y alto grado de reparabilidad. Sin embargo, El uso de cobre sólo, no garantiza un buen desarrollo. Algunos fabricantes usan altas densidades de corriente, las cuales disminuyen la eficiencia.

Otros utilizan embobinados de aluminio, que mejora esta característica, pero que es poco resistente a atmósferas corrosivas, y usualmente requiere de cuidados especiales.

3.-REGULADOR DE PODER

El propósito del regulador de poder es controlar la cantidad de voltaje y corriente aplicada al transformador principal, controlando el voltaje y los amperes que van dirigidos a la tina de proceso.

4.- CONTROLES

Los controles más comunes en un rectificador son:

Controlador automático de voltaje con límite de corriente

Controlador automático de corriente con límite de voltaje

Crossover automático de corriente/voltaje

Controlador promedio de la densidad de corriente

Programas

funciones de simple tiempo/salto.

Microprocesador con software activo.

Integración amp-hr.

5.- Mecanismo de enfriamiento.

El final e importante componente en un sistema de rectificador es el enfriamiento. Desde el momento en que varios componentes emiten calor (debido a pérdidas), ellos deben permanecer fríos o a temperatura ambiente para darle mayor tiempo de vida a los rectificadores. Un rectificador puede ser enfriado de las siguientes maneras.

1.- convección natural

2.- aire forzado

3.- agua directa

4.- agua con glicol

5.- aire y agua

6.- aceite.

La convección natural esta generalmente limitada a rectificadores pequeños tipo banco que requieren de poco enfriamiento, ya que los componentes no generan mucho calor.

Aire forzado es el sistema más simple y utilizado para enfriado de rectificadores. Los componentes internos son colocados en línea directa a los componentes que se calientan, emitiendo excelente aire frío. Este método de enfriamiento es eficiente si se tiene un aire limpio y este por lo regular no se tiene en atmósferas donde se trabajan con electrodepuestos, pero que se puede limpiar utilizando filtros, o colocando ventiladores en la planta para dispersar el aire y que el ventilador del rectificador no succione todo el rocío generado por los baños.

Los demás sistemas contienen una cámara o depósito del fluido y que pasa a través del rectificador por medio de mangueras y ductos, y que por medio de la transferencia de calor, este enfría las partes que emiten el calor.

4.7 VENTILACION Y CONTROL DEL AIRE

La función principal de un sistema de escape industrial, es proteger a los trabajadores contra contaminantes atmosféricos potencialmente tóxicos e irritantes generados en el lugar de trabajo. Un sistema de extracción funcional, ayudará a prolongar la vida de la corrosión susceptible en los componentes y equipos de la planta.

La ventilación de escape debe limitar la exposición de los trabajadores a un límite máximo de exposición permisible, y que está regulado por diferentes dependencias de gobierno, y que toman como referencia los valores de Estados Unidos denominados TLV's (Límites máximos permisibles) Para sustancias que podrían ser potencialmente emitidas por las empresas de acabados metálicos, con operaciones de tanque abierto.

Generalmente, hablar de contaminantes originados de los tanques de recubrimientos metálicos es hablar de daños a los tejidos humanos. Las quejas más frecuentes de los trabajadores son de los ojos, nariz o irritación de la garganta; esto indica que se debe de instalar un sistema de extracción de aire.

4.7.1 NATURALEZA DE CONTAMINANTES

Los contaminantes del aire emitidos por tanques abiertos se clasifican en tres categorías gases, vapores y neblinas. Los gases y vapores son formas moleculares teniendo diámetros de partículas menores a 0.01 micrómetros, mientras que las neblinas generadas por estos procesos son rocíos teniendo rangos de diámetro de 0.5 a 50 micrómetros.

Los tanques que contienen soluciones base agua son los que mayor cantidad de neblinas emiten, las cuales tienen la misma composición de la solución. Las neblinas son provenientes de los rompimientos de las burbujas generadas en la electrólisis o de algún otro mecanismo como agitación en los tanques.

Las soluciones base agua también emiten gases contaminantes vía mecanismos de presión de vapor: cianuro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, formaldehído; óxidos de nitrógeno; y cloruro de hidrógeno. Las soluciones base solventes como metanol, nafta, o hidrocarburos clorinados emiten vapores de solventes vía evaporación.

Los gases, vapores y neblinas, pueden ser capturadas usando un sistema de ventilación. La distinción llega a ser importante cuando se determina el transporte en los ductos y su colección para el control de la contaminación.

4.7.2 TIPOS DE SISTEMAS

Los dos métodos de atrapar los contaminantes son ventilación de extracción local y ventilación de dilución general.

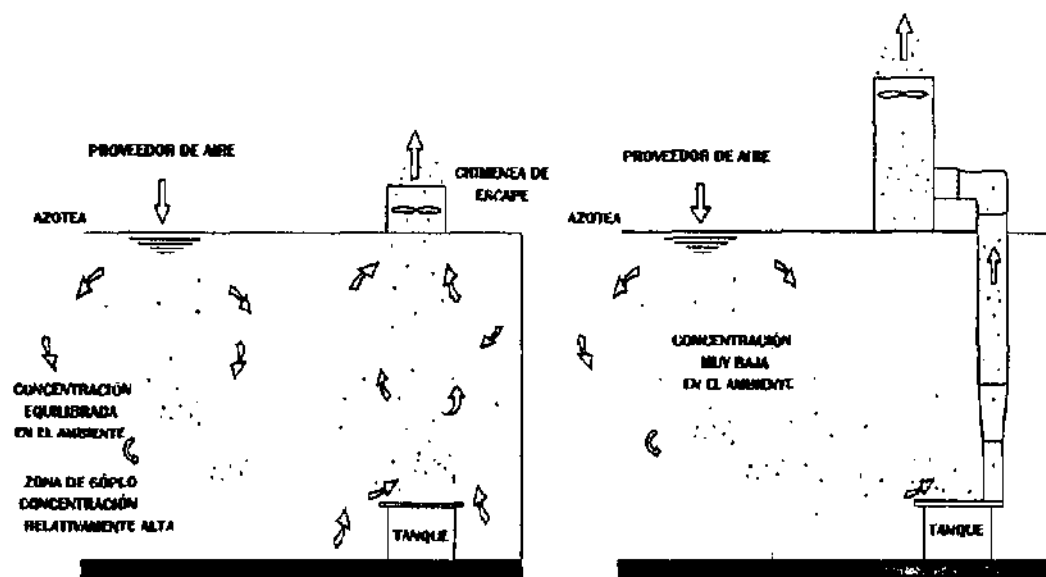


FIGURA 28. Tipos de sistemas de ventilación

Extracción de ventilación local significa que va a aspirar todos los gases cerca del tanque emisor; mientras que la ventilación de dilución general trata con todos los contaminantes del cuarto de trabajo como si fuera una caja.

En general la ventilación por dilución no es tan efectiva para un control de la salud como el de ventilación de extracción local. La ventilación por dilución no protege a los trabajadores que deben permanecer cerca del tanque, y se requiere de grandes flujos de aire para dar un efecto positivo.

Al menos si existen circunstancias fuertes de no poner el otro sistema se utiliza este como el espacio para colocarlo, además de que es menos costoso que el de extracción local.

Muchas casas de galvanostegia tienen diferentes procesos de tanques abiertos y que requieren de ventilación, diseñan y fabrican todo tipo de extractores.

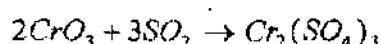
4.8 AGUAS DE DESECHO, CONTROL Y TRATAMIENTO

Conociendo la importancia del cuidado del medio ambiente, es necesario tomar como parte del proyecto de instalación el montaje de una planta del sistema de control y tratamiento de aguas de desecho. Como en una planta de galvanizado no se tienen muchos contaminantes solamente el cromo que se encuentra en el sello se procede de la siguiente manera. Según la EPA. Las concentraciones de cromo en el agua de desecho de la industria, no deben existir en el caso de ser hexavalente, y siendo trivalente de 0.05 mg/lit. El hierro tiene por su parte la cantidad de 0.3 mg/lit. Máximo y los sulfatos de 12.5 mg/lit.

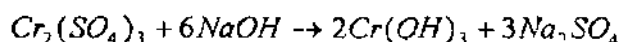
Para controlar el desecho de estas y otras sustancias nocivas para el hombre, es necesario utilizar un sistema de recuperamiento, control y expulsión de las aguas.

Es interesante saber sobre todo, el tratamiento químico requerido para las aguas de desecho de la planta. Este tipo de tratamiento tiene un triple objetivo, destruir o separar toda materia tóxica, usualmente a manera de pretratamiento, separa esencialmente toda traza de metal y la neutralización química

La sustancia más tóxica involucrada en una planta de galvanizado es precisamente el cromo hexavalente que se encuentra en el sello. El tratamiento consiste primero en remover el agua residual; para esto el cromo hexavalente se reduce a trivalente con dióxido de azufre, según la reacción:



Este sulfato precipita como hidróxido de cromo agregándole hidróxido de sodio, según la reacción:



Este pasa a su vez a un depósito para sulfitación o sedimentación.

Existen métodos más sofisticados por medio de resinas de intercambio iónico que aseguran un recuperación bastante aceptable del cromo.

La unidad de tratamiento de aguas propuesta para esta planta contiene los siguientes elementos:

Un componente de neutralización química, en la cual se lleva a cabo la reacción descrita anteriormente. Consiste de un filtro prensa con placas de polipropileno. En esta parte se concentra en la torta el resto del metal que pudiera existir en el agua de desecho; la cual puede ser destinada a afluentes municipales, ya que está garantizado que el agua tendrá el contenido límite de contaminantes permitido por las regulaciones existentes.

En caso de utilizar desengrases con derivados halogenados, la forma más conveniente para eliminarlos es utilizando medios filtrantes que contengan carbón activado, arena sílica, grava de cuarzo, antracita, o tierra de infusorios

Sólo nos resta neutralizar ácidos y bases; por lo general al final se destinan las corrientes a un depósito y se mezclan las aguas de proceso para neutralizarse.

Este es un tema bastante amplio y queda abierto a criterio para hacer realizar otro trabajo de investigación y desarrollo.

CAPITULO 5

DESARROLLO DE LINEA DE GALVANIZADO

5.1 TAMAÑO DE LINEA

Existen factores importantes que determinan el tamaño de la planta y uno de ellos principal es el recurso con el que se cuenta, y menciono esto por que la experiencia en el montaje de este proyecto me enseñó a tener un proceso óptimo con el mínimo de recursos y que eso valió al final para poder eficientizar el proceso y terminar el proyecto.

Otros factores también muy importantes y que son el motivo por el cual se tomó la decisión de montar esta pequeña planta son:

5.1.1 EL MERCADO ACTUAL Y FUTURO

El galvanizado se emplea principalmente en la industria automotriz, se requiere de gran número de piezas y muchas de ellas como norma deben de ir galvanizadas; por lo tanto se sondeó el mercado y si existía una gran demanda de este proceso, además de que las empresas proveedoras de autopartes poblanas no solamente trabajan con Volks Wagen, si no que hacen piezas de todo tipo para

todas las marcas automotrices, por lo tanto existe buen mercado y a futuro la industria automotriz requerirá de nuevos modelos como se ha observado y habrá nuevas expectativas para este ramo.

5.1.2 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL MERCADO DE CONSUMO

Puebla es un estado donde se encuentra la armadora más grande de México, Volks Wagen y que da un gran numero de piezas a fabricar a muchas otras empresas , por eso es aquí donde se concentran los consorcios industriales más importantes en la fabricación de este tipo de piezas, en algunos ejemplos tenemos:

Benteler, Autotek, Lunkomex, Johnson Controls, Krupp, entre otras que realizan casi la mayoría de autopartes para esta industria; por eso Puebla es un mercado potencial en la industria del galvanizado.

5.1.3 DISPONIBILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

Como en el galvanizado no se requieren de materias primas muy sofisticadas los reactivos químicos son simples, por lo tanto se pueden conseguir muy fácil en esta zona, además de que se pueden encontrar de diferentes grados de pureza. Con lo que respecta a servicios, se cuenta con todo tipo de ellos, por lo tanto no hay problema con este punto.

5.1.4 RESTRICCIONES DE LA TECNOLOGIA

En el desarrollo de esta pequeña planta se tienen muchas expectativas, pero de acuerdo a lo antes mencionado, el diseño se hará lo más simple para ahorrar recursos y hacerla lo más eficiente posible, elaborando la mayoría de las cosas por nuestra cuenta, y haciendo el proceso de tipo manual; claro que existen procesos automatizados, pero que son muy costosos, y que pueden dar igual servicio que el desarrollado aquí.

Los equipos que se requieren se pueden encontrar fácilmente, no es necesario importar tecnología de otros países, ya que se puede controlar la calidad en el acabado de las piezas, utilizando cualquier tipo de tecnología.

5.1.5 ASPECTOS LEGALES

En este tipo de proceso sabemos perfectamente que es lo que vamos a utilizar, por lo tanto sabemos también que desechos vamos a generar, por eso es importante informarse de la legislación municipal para implementar un negocio de este tipo en la región, pero nos basaremos en las normas implantadas por la SOAPAP y por lo tanto nos enfocaremos en estas.

5.2 LOCALIZACION

Tepeaca es una pequeña entidad que se localiza en la parte central del valle poblano-tlaxcalteca, aproximadamente a 30 Km. De la capital del estado.

Sus coordenadas geográficas se ubican en el paralelo 19 grados 6 min. 18 seg. De latitud norte, y el meridiano 97 grados 48 min. 18 seg. De longitud occidental; no es una entidad empresarial, el giro principal de los habitantes es el comercio.

Las principales industrias con las que cuenta son:

CEMEX - Cementos Mexicanos - fabricante de cementos

Cales de Tepeaca - fabricante de cal hidratada.

Cales de Tehuacán - fabricante de cal.

Laminadora - extracción de marmol.

Tecamaquillas - Maquiladora de ropa.

Confecciones Tepeaca - Maquiladora de ropa.

Entre otras pequeñas. Por lo tanto es pequeña en industria pero con gran tendencia a crecer.

¿POR QUÉ TEPEACA?

Los factores principales por los que se decidió montar este negocio en Tepeaca fueron el costo del terreno, la cercanía con la ciudad, y el que soy ciudadano de este lugar, y como todo ser humano, uno busca el progreso de su región. Tal vez esto no haga un cambio notorio en el desarrollo del municipio, pero estamos aportando un granito de arena, que a futuro, con empeño y desarrollo forme parte importante de la economía municipal. Dando empleo a gente de nuestra comunidad y dándole un nuevo giro laboral a la región.

5.3 DESARROLLO DEL PROCESO

Con todos los datos anteriores procedemos al desarrollo. Ya analizados los tipos de baños mencionados, se elige el más conveniente, y el que se utiliza en este proceso es de tipo alcalino no cianurado, por que da las ventajas más grandes, primero por que no es contaminante y segundo por que es menos costoso, tanto en la preparación de la solución, como en la selección del equipo, no lleva temperatura, y es el más noble de los tipos de baños de galvanizado que acepta un rango alto de contaminantes sin interferir en los depósitos.

De acuerdo con el procedimiento mencionado, ahora se diseñan las tinas, pero como no tenemos un patrón definido para las piezas, entonces se fabrican de tamaño regular, ya que las piezas que se requieren para galvanizado son de diferentes tamaños y formas, por lo tanto debemos hacer el proceso lo más versátil y eficiente, es por eso que imaginamos algunas piezas automotrices, las mas grandes posibles y diseñamos la línea.

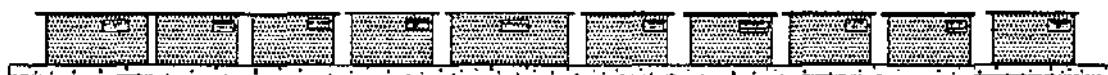


FIGURA 29. Esquema de línea de galvanizado.

PASOS:	TIEMPO
1.- Desengrase electrolítico	15 min.
2.- Enjuague	15 seg.
3.- Decapado/Activado	15 seg.
4.- Enjuague	15 seg.
5.- Galvanizado	(depende del espesor)
6.- Enjuague	15 seg.
7.- Nítrico	3 seg.
8.- Enjuague	15 seg.
9.- Sello crómico	15 a 30 seg.
10.- Enjuague	15 seg.

En las tinas de desengrase y de galvanizado se tienen las mismas medidas, Estas van a ser de placa de 1/4 pulg. De acero al carbón con cinturón metálico y cejas de 5 cm. Para dar fuerza a la tina; como las soluciones son alcalinas no se requiere de ningún tipo de recubrimiento. pero hay que tener en cuenta que nuestro proceso es manual y por lo tanto no se utilizará la fórmula para hallar la longitud de las tinas y solo se estima un promedio de piezas a procesar:

Largo: 3 m.

Ancho: 1 m.

Altura: 1.4 m.

Con estas medidas se pueden utilizar 6 estaciones de trabajo y en cada una de ellas puede procesarse una pieza grande, 3 medianas o 30 piezas pequeñas. Osea que, por tina se pueden procesar 6 piezas grandes, 18 piezas medianas o 180 pzas. Pequeñas y el tiempo lo va a decidir el espesor requerido.

Un ejemplo de medición del tiempo para una pieza mediana es la parte automotriz tubo de llenado de gasolina, el espesor que marca la norma para esta pieza es de 13 micras como mínimo y de acuerdo con la gráfica de la pagina 46, Este espesor lo alcanzamos utilizando una densidad de corriente de 1.65 A/dm^2 que esta entre el rango que se maneja según los datos técnicos de este tipo de

baño (1 a 2 A/dm²), por lo tanto este espesor lo alcanzaremos en 34 min. Según la teoría, pero que en la realidad hay una variación, debido a que el sistema no es eficiente al 100% y siempre sufre cambios, como calentamientos que ocasionan pérdida de la efectividad de la corriente.

Por lo general la literatura marca un 10% máximo de pérdida de la eficiencia, por lo tanto tomaremos ese dato para saber nuestra producción y tendremos que se procesarán tubos en 38 min.

Para las demás se construyen de igual material sólo que las que contienen ácidos van a ir recubiertas de resina y fibra de vidrio para que la solución no ataque a la tina, y las dimensiones son:

Largo: 1 m.

Ancho: 1 m.

Altura: 1.4 m.

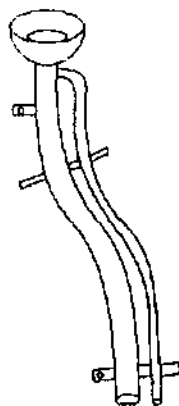
Estas son más pequeñas por que como el sistema es manual se van metiendo y enjuagando por partes y no es conveniente utilizar mucho volumen de líquidos.

5.3.1 EQUIPO

Para saber de que capacidad van a ser nuestros rectificadores de corriente, se debe conocer el área promedio de las piezas en dm² y si sabemos como dato que en este tipo de soluciones se emplean de 1 a 2 A/dm² por lo tanto sumando toda el área de las supuestas piezas en las 6 estaciones y multiplicandola por el amperaje más alto 2, obtendremos de que capacidad o por lo menos cuanta corriente debemos transmitir a esas piezas. Es muy importante tener en cuenta, que equipos justos nos dan una producción determinada, pero se recomienda no utilizarlos arriba del 80 % de su capacidad para que no se deterioren por el sobrecalentamiento

En el diseño de esta planta se montaron equipos de 2000 amp.

5.3.2 EJEMPLO DE ESTUDIO PARA TUBO DE LLENADO



Tubo grande

Long. 87 cm = 8.7 dm

Diam. 3.5 cm = 0.35 dm

Área $2\pi (0.35/2) \cdot 8.7 = 9.56 \text{ dm}^2$

Área + Int. = $9.56 \times 2 = \underline{19.13 \text{ dm}^2}$

Tubo Chico

Long. 80 cm = 8.0 dm

Diam. 1.5 cm = 0.15 dm

Área $2\pi (0.15/2) \cdot 8.0 = 3.77 \text{ dm}^2$

Área + Int. = $3.77 \times 2 = \underline{7.54 \text{ dm}^2}$

Capuchón

Long. 5.5 cm = 0.55 dm

Diam. 10.0 cm = 1.0 dm

Área $2\pi (1.0/2) \cdot 0.55 = 1.73 \text{ dm}^2$

Área + Int. = $1.73 \times 2 = \underline{3.46 \text{ dm}^2}$

Bracket superior

$A = L \times A \times 2 \text{ caras}$

$A = 0.4 \times 0.2 \times 2 = \underline{0.16 \text{ dm}^2}$

Bracket inferior

$A = L \times A \times 2 \text{ caras}$

$A = 2.2 \times 0.25 \times 2 = \underline{1.1 \text{ dm}^2}$

Bracket inferior

$A = L \times A \times 2 \text{ caras}$

$A = 2.4 \times 0.5 \times 2 = \underline{2.4}$

Área Total = $19.13 + 7.54 + 3.46 + 0.16 + 1.1 + 2.4 = \underline{33.79 \text{ dm}^2} = 34 \text{ dm}^2$
--

5.3.3 CONEXIONES ELECTRICAS

Si se va a transmitir 1.65 A/dm^2 de corriente entonces debemos de basarnos en esta tabla para dirigir la corriente hasta las piezas

TABLA DE MÁXIMOS AMPERAJES					
DIMENSIONES	COBRE	FIERRO	LATÓN	ALUMINIO	PLATA
CONDUCTORES RECTANGULARES ESTÁNDAR					
1/8 x 1/4 Pulgadas	31	4	6	19	33
1/8 x 3/8	47	5	9	28	50
1/8 x 1/2 - 1/4 x 1/4	82	8	12	38	66
1/8 x 5/8	78	10	16	48	83
1/8 x 3/4 - 1/4 x 3/8	83	11	19	57	99
1/8 x 1 - 1/4 x 1/2	125	15	25	76	133
3/8 x 3/8	140	17	28	86	149
1/4 x 5/8	158	19	31	95	166
1/4 x 3/4 - 3/8 x 1/2	187	22	37	114	199
3/8 x 5/8	234	29	47	143	249
1/4 x 1 - 1/2 x 1/2	250	31	50	153	268
3/8 x 3/4	281	35	56	171	299
1/2 x 5/8	312	38	62	190	332
3/8 x 1 - 1/2 x 3/4	374	47	75	228	388
5/8 x 5/8	390	49	78	238	415
1/2 x 1	500	62	100	305	532
3/4 x 3/4	562	85	112	343	598
1/2 x 1 1/2 - 3/4 x 1	750	93	150	457	768
1 x 1	1000	124	200	610	1064
3/4 x 1 1/2	1125	139	225	688	1197
3/4 x 2 - 1 x 1 1/2	1500	188	300	915	1596
1 x 2	2000	248	400	1220	2128
1 1/2 x 1 1/2	2250	279	450	1373	2494
1 x 3	3000	372	600	1830	3192
2 x 2 - 1 x 4	4000	496	800	2440	4258
CONDUCTORES REDONDOS ESTÁNDAR					
1/16 Diámetro	3	1/2	1/2	2	3
3/32	7	1	1	4	7
1/8	12	2	2	7	13
5/32	18	2	4	12	20
3/16	28	3	6	17	29
1/4	48	6	10	30	52
5/16	77	10	15	47	81
3/8	111	14	22	68	118
7/16	150	19	30	92	160
1/2	186	24	39	120	208
5/8	307	38	61	187	326
3/4	441	55	88	269	479
7/8	681	75	120	367	640
1	785	97	157	479	835
1 1/4	1228	152	246	748	1304
1 1/2	1764	219	353	1079	1919
1 3/4	2404	298	480	1468	2590
2	3140	380	628	1916	3340

FIGURA 30. Tabla de máximos amperajes

Ejemplo de pieza tubo de llenado.

Si cada pieza requiere 56.1 amp. Totales, podemos ocupar como rack una pieza solera de cobre de 1/8" x 1/2", que transmitirá 62 amp, también suponemos que cada estación: llevará 3 piezas. Entonces este tipo de barras se pueden colocar de redondo de 1/2" o solera de 3/8" x 5/8" para transmitir 196 o 234 amp. de corriente para las tres piezas, y si el total es de 1404 amp, entonces la distribución principal deberá de ser de solera de 3/4" x 2",

5.3.4 ADITAMENTOS PARA LA LINEA

Como ya sabemos con anterioridad cuales son los pasos necesarios para galvanizar se diseña la línea en general.

El volúmen que sostienen las tinas o tanques es muy alto, por lo tanto pesado, entonces se construyen sostenes con cadena y cemento para resistir el peso, esto además tiene un fin el de mantener alejado del piso a las tinas, ya que la humedad del suelo puede provocar la corrosión de las mismas causando un deterioro acelerado por la parte de abajo.

Además para seguridad se construye un cerca contra derrames de líquidos en caso de alguna fuga.

Ya que las tinas son de dimensiones grandes se procedió a construir una pasarela para los operadores; Esto ayuda al personal a tener mejor desempeño en el manejo y la colocación de las piezas a procesar.

Y como parte final se colocaron tuberías conectadas simultáneamente y dirigidas al tratamiento de aguas

- Enjuagues de Ácidos diluidos
- Enjuagues de Bases diluidas

CONCLUSIONES

Durante la elaboración de este proyecto me di cuenta de la gran importancia que tiene la electroquímica, y es la industria de los recubrimientos electrolíticos, y la gama de usos que representa un galvanizado de este tipo.

Para el diseño, es muy importante el conocer por lo menos un poco de este tema, ya que se adentra uno directamente al proceso, y los resultados son el hacer el diseño de una manera óptima, con visión a futuro para crecimiento y expansión, y lo más importante, que es utilizar el mínimo de recursos.

Es muy recomendable recopilar mucha información del tema, ya que nos puede ayudar en algunos momentos para tomar la mejor decisión.

Otro de los puntos que cabe mencionar, y de gran importancia, es el comportamiento del proceso real, contra lo que se estipula en la teoría. Cada pieza, cada proceso se comporta de diferente manera, no hay una regla general, ya que algunas normas pueden servir para determinadas piezas, pero para otras no.

En realidad esto no quiere decir que se estén violando las leyes, si no que las condiciones alteran el proceso.

Es por eso, que la gran aventura del diseño, comienza con el ingenio y la proposición de ideas lógicas y prácticas durante todo el desarrollo.

Es tan fascinante llevar, de algo simple impreso en un papel a la construcción del proyecto, que motiva a ser mejor cada día. Y es en ese momento cuando todos los esfuerzos se ven.

BIBLIOGRAFIA

1._ Murphy Michael, L.Congdon Suzanne, H. Langdon Palmer. (Editors).

Metal Finishing Guidebook and Directory

Volume 88, No. 1a ABP (Association of Bussines Publishers)

New Jersey, 1990

2.- Terrance H. Irvine

The Chemical Analysis of Electroplating Solutions

Chemical Publishing Co. Inc.

New York 1970

3.- Raymond E. Kirk, Donald F. Othmer

Enciclopedia de la Tecnología Química

Tomo 1, 6, 10, 14.

Uthea. México, 1962.

4.- E Berry Donald

Plating and Surface Finishing

Volume 84, Number 11

AESF International Headquarters

Orlando, FI November 1997.

5.- Enthone-Omi

Enthone-Omi Technical Bulletin

No. NCZ-926

Enthone-Omi New Haven.

6.- Falconbridge

La Electrodeposición del Níquel

Copyright Falconbridge Limited.

7.- Smith J.M./ Van Ness.

Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química

Mc. Graw Hill

2ª Edición, México, 1985.

8.- Theodore L. Brown, H. Eugene Lemay Jr.
Química la Ciencia Central
Prentice Hall HispanoAmericana, S.A.
México, 1987

9.- Watty Margarita
Química Analítica Cuantitativa
Edit. Alhambra Mexicana S.A.
Primera Edición. México, 1982

10.- Sybil P. Parker
Diccionario Mc. Graw Hill de Química
Edit. Mc. Graw Hill
México, 1990

11.- E. Belke William
Belke Plating Rack Manual
Belke Manufacturing Company
Chicago Illinois.

12.- Asociación Técnica Española de Galvanización
Diez Buenas Razones para Galvanizar en Caliente
Madrid, España 1996.

13.- American Zinc Association, International Zinc Association
Zinc y Acero

14.- International Zinc Association
Zinc en la Infraestructura Pública. Aplicaciones para el Siglo XXI
