

TABLA DE CONTENIDO

2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GALVÁNICO	3
2.1	GALVANOPLÁSTIA	3
2.1.1	DESENGRASE	3
2.1.2	ACONDICIONAMIENTO	4
2.1.3	SENSIBILIZACIÓN Y ACTIVACIÓN DE LA SUPERFICIE	4
2.1.4	POS-NUCLEACIÓN	5
2.1.5	PREMETALIZADO	5
2.1.6	METALIZADO	5
2.2	GALVANOSTÉGIA	7
2.3	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE PULIDO Y BRILLO	9
2.4	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ACABADO	11
2.4.1	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE	12
2.4.2	DESENGRASE	12
2.4.3	ENJUAGUE	12
2.4.4	DECAPADO	13
2.4.5	NEUTRALIZACIÓN	13
2.4.6	ELECTRÓLISIS	13
2.5	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO	15
2.5.1	LIMPIEZA	15
2.5.2	DECAPADO	15
2.5.3	ABRILLANTADO QUÍMICO	16

2.5.4	ANODIZADO	16
2.5.5	COLOREADO	16
2.5.6	SELLADO	16
2.6	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE GALVANIZADO EN CALIENTE	16
2.6.1	DESENGRASE	17
2.6.2	ENJUAGUE	17
2.6.3	DECAPADO	17
2.6.4	ENJUAGUE	17
2.6.5	FLUX	17
2.6.6	SECADO	17
2.6.7	INMERSIÓN EN ZINC	18
2.6.8	ENFRIAMIENTO	18
2.7	TECNOLOGÍA EMPLEADA	20

2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GALVÁNICO

La galvanotécnica es una técnica que consiste en la electrodeposición de un recubrimiento metálico sobre una superficie que puede ser o no metálica. Se recomienda cuando por costos o por razones estructurales, es necesario modificar las características del metal base seleccionado.

El objetivo del recubrimiento es mejorar la apariencia del metal base, protegerlo de la corrosión y en algunos casos, modificar alguna propiedad superficial, como por ejemplo, mejorar sus propiedades eléctricas o mecánicas, dar mayor dureza, ejercer lubricación, etc.

En galvanotécnica se consideran dos tipos de procesos: la galvanoplastia y la galvanostegia. El primero se refiere al proceso en que los recubrimientos metálicos se hacen sobre las superficies de materiales no conductores; mientras que en el segundo, la galvanotécnica, los recubrimientos siempre se realizan sobre elementos metálicos.

2.1 Galvanoplastia

La galvanoplastia consiste en la deposición electrolítica de capas metálicas sobre objetos no metálicos (principalmente plásticos) revestidos de capas conductoras o sobre matrices negativas de las que se separan posteriormente las capas metálicas. El primer proceso se emplea principalmente con fines decorativos, mientras que con el segundo se obtienen piezas moldeadas como discos fonográficos, monedas y objetos de plástico, así como cilindros para impresión, instrumentos de precisión y otros; en éste los moldes de plástico, cera o parafina se hacen conductores utilizando grafito o zinc en polvo y recubriéndolos electrolíticamente con un metal.

En algunos casos las partes del plástico se metalizan directamente para lograr objetos con acabado metálico, como es el caso de la bisutería, tapas de recipientes para perfumes, algunas autopartes, placas para circuitos impresos, artículos para el hogar, grifería, etc.

En general, el proceso de metalizado de plásticos comprende las siguientes etapas:

2.1.1 Desengrase

Debido a la naturaleza hidrofóbica de la mayoría de los plásticos, el proceso más conveniente involucra la utilización de solventes. En este proceso se produce un ligero ablandamiento superficial debido a la solvatación parcial de las moléculas poliméricas y a una reacción parcial con el polímero.

Los solventes más usados se presentan en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1: Solventes empleados en tratamiento de plásticos

Solvente	Observaciones
Hidrocarburos insaturados	Se usan en combinación con emulsificantes no iónicos
Solventes clorados	
Dimetil formamida	
Metil etil cetona	
Metanol / ácido nítrico	Usado con ABS y polipropileno
Peróxidos orgánicos	Polipropileno

Fuente: Lowenheim, Frederick, Modern electroplating

2.1.2 Acondicionamiento

El propósito del acondicionamiento es proporcionar cierta rugosidad superficial, eliminando así la necesidad de tratamientos mecánicos, así como suministrar puntos de enlace químico para los metales aplicados posteriormente.

Para la mayoría de los plásticos, como ABS y polipropileno se realiza principalmente con ácido sulfúrico, ácido crómico y algunos aditivos como ácido fluorhídrico, en proporciones variables que oscilan entre 50 g/l para el crómico y entre 100 y 600 para el sulfúrico. Esta es una etapa que debe controlarse cuidadosamente para garantizar una buena adhesión del metal.

Esta fase del proceso tiene una duración entre 1 y 5 minutos, a una temperatura que oscila entre 20 y 35°C, tiempos y temperaturas menores ocasionan que no se produzca una humectación suficiente de la pieza y se produzcan zonas sin plateo, afectando negativamente la calidad de las piezas finales.

2.1.3 Sensibilización y activación de la superficie

La sensibilización consiste fundamentalmente en la adsorción en la superficie del plástico de un material fácilmente oxidable. La oxidación del sensibilizador en la etapa de nucleación sirve para depositar una superficie catalítica en la superficie plástica, entre los activadores más empleados se utilizan sales de estaño (II) y sales de titanio (III); en el proceso más empleado se introduce el cloruro estannoso (10 g/l), en combinación con ácido clorhídrico (40 ml/l).

Las soluciones se aplica a una temperatura entre 20 y 25°C, durante 1-3 minutos, para piezas complicadas se requiere agitar para mejorar los resultados.

Para lograr la nucleación, la superficie sensibilizada es expuesta a una solución de cloruro de paladio u otros metales preciosos, para que a través de una reacción galvánica el paladio se deposite sobre la superficie del plástico y actúe como catalizador.

Una formulación típica de nucleación contiene 0.25 g/l de cloruro de paladio y 2.5 ml/l de HCl, a una temperatura que va de 20 a 40°C, durante un tiempo de 30 a 60 segundos.

2.1.4 Pos-nucleación

Cuando la etapa de nucleación se hace inmediatamente después del acondicionamiento, es necesario usar un agente reductor para formar el catalizador de paladio. Los agentes más comunes son el formaldehído, el hipofosfito y la hidrazina.

2.1.5 Premetalizado

Se hace un metalizado previo sin uso de corriente con soluciones que contienen los iones cobre o níquel, donde se hace la superficie conductora mediante un proceso autocatalítico. El objetivo de este proceso es lograr una superficie suficientemente conductora para el posterior proceso electrolítico. Los depósitos metálicos formados tienen espesores entre 0.1 y 1.5 μm , siendo los más comunes entre 0.5 a 0.7. Las formulaciones más empleadas siguen las siguientes composiciones:

Tabla 2.2: Soluciones empleadas en premetalizado

COBRE	NÍQUEL
CuSO ₄ .5H ₂ O: 15 g/l	NiSO ₄ .6H ₂ O: 30 g/l
NaHCO ₃ : 10 g/l	Citrato sódico: 100 g/l
NaKC ₄ H ₄ O ₆ : 30 g/l	NH ₄ Cl: 50 g/l
HCHO: 100 ml/l	NaH ₂ PO ₂ .H ₂ O: 10 g/l
	NH ₄ OH: hasta Ph 10.5

Fuente: Modern electroplating

2.1.6 Metalizado

Una vez la superficie plástica se hace conductora el metalizado se realiza como con cualquier otro metal. Se inicia con el depósito de 15 μm de cobre, empleando un baño ácido de cobre. Luego se realiza por el recubrimiento de níquel para fines decorativos o de resistencia a la corrosión. Es muy difícil establecer un espesor óptimo de metal, pero la ASTM sugiere emplear los valores consignados en la tabla 2.3.

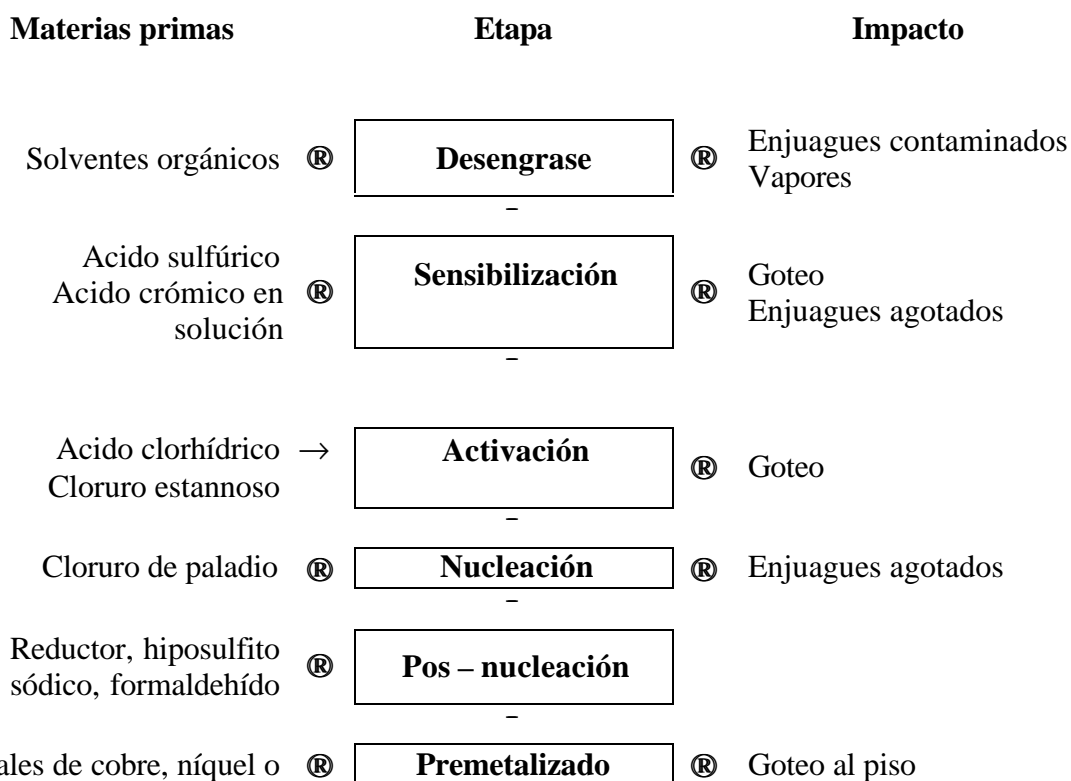
Tabla 2.3: Espesores de recubrimiento sugeridos por ASTM

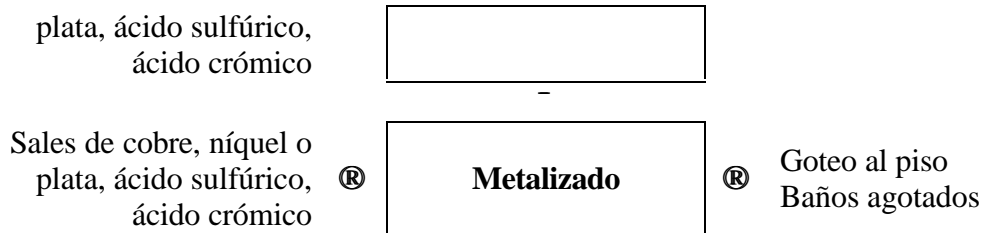
RECUBRIMIENTO	CONDICIONES DE SERVICIO - ESPESOR (μM)			
	1. Ligeras	2. Moderadas	3. Severas	4. Muy severas
Cobre ácido brillante	13	13	15 – 20	20
Níquel semibrillante	-	0 – 8	13	15
Níquel brillante	5	5 – 10	5 – 10	5 – 8
Níquel compuesto	-	-	2.5	5
Cromo	0.25	0.25	0.25	0.25

Fuente: Modern electroplating

A continuación se presenta un esquema con las operaciones básicas en operaciones de galvanoplastia.

Figura2.1:Diagrama de flujo del proceso de galvanoplastia





2.2 Galvanostégia

La galvanostégia se refiere a los recubrimientos hechos electrolíticamente sobre superficies metálicas; puede realizarse de dos maneras diferentes, en forma catódica o anódica, dependiendo de si la pieza se coloca para su tratamiento en el terminal anódico o catódico del circuito. En la figura 2.2 se aprecia un diagrama de flujo de un proceso típico de cromado, por métodos electrolíticos.

El tratamiento por galvanostégia catódica busca tres objetivos fundamentales:

- Ejercer protección contra la corrosión
- Mejorar el aspecto de las piezas tratadas
- Incrementar propiedades superficiales, como dar mayor dureza, mejorar la conductividad, ejercer lubricación, etc.

La galvanostégia anódica conocida comúnmente como anodizado, implica la formación de películas de óxido del mismo metal para que aisle y proteja las piezas.

Clasificación de los servicios galvanotécnicos

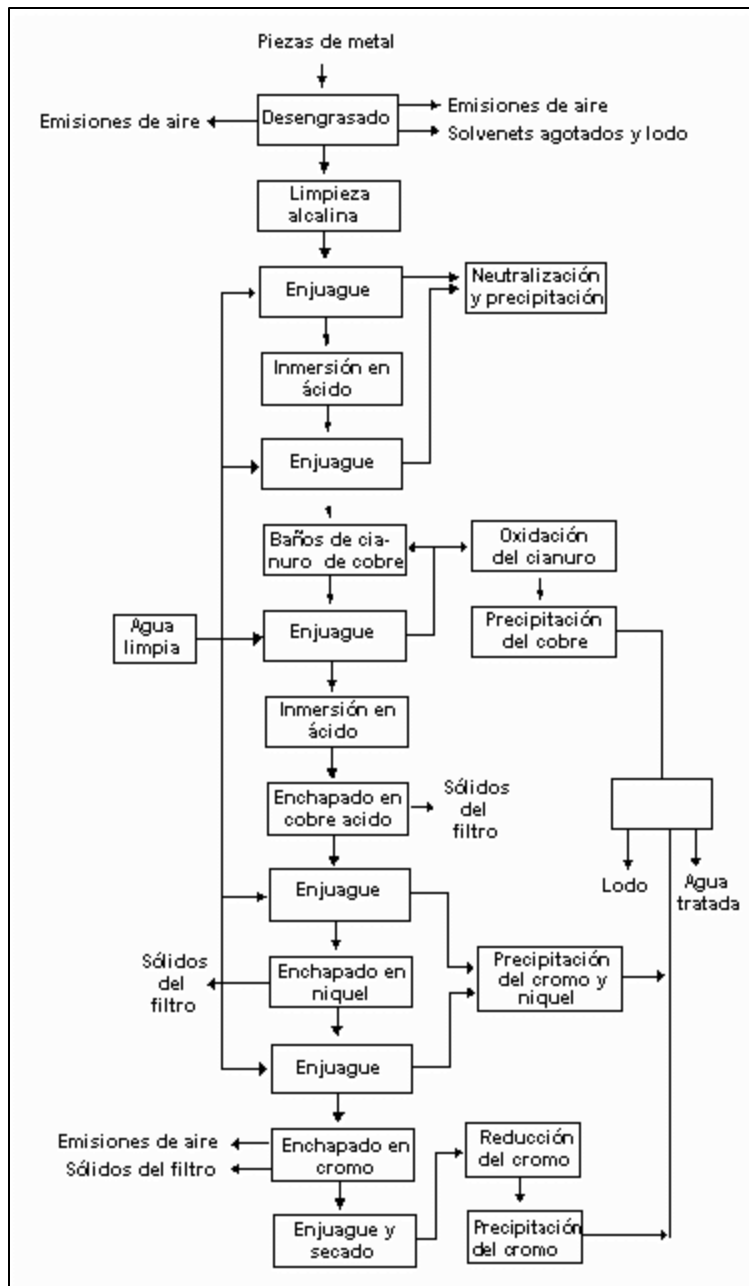
En general los talleres galvanotécnicos se pueden clasificar en dos categorías:

Talleres de servicio
Talleres integrados

Los talleres de pulido y brillo se encargan de convertir las superficies de las piezas metálicas rugosas en brillantes, mediante un tratamiento mecánico. La operación de un taller de pulido y brillo consta de varias etapas, en las cuales la rugosidad es eliminada paulatinamente por la acción abrasiva de discos elaborados en diferentes materiales.

Todos los procedimientos realizados conllevan cierto número de operaciones en las que se utiliza gran cantidad de sustancias químicas que generan contaminación, tanto al agua como al aire y al suelo.

Figura 2.2: Ejemplo de un diagrama de flujo para cromado de piezas decorativas de Zinc



Fuente: CEPIS. OPS. OMS. Minimización de residuos en la industria de acabado de metales

2.3 Descripción de los procesos de pulido y brillo

Los diferentes tipos de pulido son:

Pulido y brillo mecánico, el cual se realiza en varias etapas, en donde la rugosidad es eliminada de forma paulatina, mediante la acción abrasiva de discos elaborados en diferentes materiales.

Pulido electrolítico, en éste la superficie pulida y brillada mecánicamente se trata anódicamente, empleando para ello un electrolito compuesto por ácido sulfúrico (40%) y glicerina (40%), en agua; las proporciones son variables y dependen fundamentalmente de la composición del metal base de la pieza. Con este procedimiento es posible lograr brillo al espejo.

Las etapas básicas realizadas en los procesos de pulido y brillo de piezas metálicas se ilustran en la figura 2.3.

Figura 2.3: Etapas de pulido y brillo

Materias primas	Etapas	Impacto
Oxidos metálicos de diversos tamaños de partícula, adhesivos, abrasivos	Preparación de discos abrasivos	Emisión de material particulado
Adhesivos	Elaboración de discos	Emisión de compuestos orgánicos volátiles, material particulado
Piezas, cuero, badana, felpa, tela	Desbastado	Emisión de partículas (abrasivos y partículas metálicas), generación de ruido.
Pastas pulidoras, papel	Pulido	Emisión de partículas (abrasivos y partículas metálicas), generación de ruido.
Energía eléctrica	Pulido	Emisión de partículas (abrasivos y partículas metálicas), generación de ruido.

2.4 Descripción del proceso de acabado

Las operaciones realizadas en servicios de acabado son las siguientes:

Figura 2.4: Operaciones realizadas en acabado

Materias primas	Etapa	Impacto
Solventes Soda, carbonato de sodio, fosfato de sodio, humectantes	Desengrase	Goteo al piso Aceites emulsificados Partículas en suspensión
Agua	Enjuague	Aguas alcalinas
Acido sulfúrico, nítrico clorhídrico, inhibidores	Decapado	Generación de hidrógeno, lodos metálicos, niebla ácida
Soluciones alcalinas	Neutralización	Generación de lodos, goteo al piso
Agua	Enjuague	Aguas residuales
Sales metálicas (sulfatos, cloruros, cianuros) de zinc, cobre y níquel. Ácidos inorgánicos	Metalizado	Nieblas ácidas o básicas Goteo al piso
Agua	Enjuague	Aguas residuales Sales metálicas disueltas
	Secado	Vapores

2.4.1 Preparación de la superficie

La superficie pulida y brillada mecánicamente, puede ser sometida a un pulido electrolítico empleando como ánodo la pieza y como electrolito una mezcla de ácidos sulfúrico y fosfórico, glicerina y agua. Las proporciones de los componentes del baño dependen de la composición de la pieza a tratar y de las características finales que se desean obtener.

2.4.2 Desengrase

Esta operación se realiza para quitar restos de grasa, aceites o suciedades que existen en las piezas, como producto de las operaciones de corte y se efectúa electrolíticamente o por inmersión de las piezas en soluciones alcalinas o disolventes orgánicos. Estas operaciones se llevan a cabo a temperaturas superiores a 60°C. Otro método consiste en la aspersion de soluciones alcalinas calientes en las piezas. Las características del desengrasante, así como su forma de aplicación, dependen del metal base de la pieza. En la tabla 2.3 se muestran algunos ejemplos de soluciones desengrasantes electrolíticas alcalinas.

2.4.3 Enjuague

Entre cada una de las etapas se hace necesario realizar un enjuague con agua limpia, bien sea por aspersion o por inmersión, para remover las trazas de soluciones que queden adheridas a la pieza, evitando así contaminar los baños de las etapas posteriores.

Tabla 2.3: Soluciones desengrasantes

Composición (g/l)	Metal base	Aleaciones ferrosas y de cobre	Zinc y sus aleaciones	Aluminio y sus aleaciones
Cianuro de sodio		40	40	
Hidróxido de sodio		40	20	
Fosfato trisódico		40		
Carbonato de sodio			40	50
Fosfato de sodio				20
Agente humectante		0.75	0.75	0.75
Voltaje (V)		6	6	6
Temperatura (°C)		50	50	50
Densidad de corriente (A/dm ²)		12	12	10

Fuente: Keneth, Graham. Manual de recubrimientos industriales

2.4.4 Decapado

Se realiza para eliminar los óxidos que puedan existir en la superficie y que impiden la buena adherencia de la película metálica; además se pretende remover a nivel casi molecular hasta una película delgada de metal reducido, con el fin de dejar activa la superficie lográndose una mejor adherencia de la película metálica. El decapado se hace por inmersión en ácidos inorgánicos, principalmente sulfúrico, nítrico o clorhídrico, generalmente inhibidos para evitar que ataquen el metal base. La concentración varía entre 5 y 20%. La remoción de los óxidos origina lodos que se acumulan en los tanques de decapado. La composición de las soluciones de decapado químico se presenta en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Composición de las soluciones de decapado químico (mg/l)

METAL BASE	ACIDOS					ADITIVO S
	Clorhídrico	Sulfúrico	Nítrico	Crómico	Fluorhídrico	
Hierro y aceros no aleados	150 – 600	50 – 100				Glicerina
Aceros inoxidables			40 – 70		10 - 50	
Cobre y sus aleaciones	3	250	360			
Aluminio y sus aleaciones		75 – 100		50		Acido fosfórico
Zinc y sus aleaciones				250		Sulfuro sódico

Fuente: Keneth, Graham. Manual de recubrimientos industriales

2.4.5 Neutralización

Después del decapado y a pesar del enjuague, pueden quedar restos de ácidos que dan lugar a la formación de hidrógeno naciente y a cambios en el pH de las soluciones de metalizado, para evitar tales inconvenientes se hace necesario eliminarlos mediante la inmersión de las piezas en soluciones alcalinas.

2.4.6 Electrólisis

La pieza es colocada como ánodo o como cátodo, dependiendo del tipo de proceso, conectada a un rectificador o generador de corriente y sumergida en el electrolito que contiene en solución los iones metálicos que se han depositado sobre su superficie. Como electrodo complementario se puede conectar un electrodo inerte o uno del metal que se desea depositar. La temperatura del electrolito, la densidad de corriente, la agitación, etc. dependen del metal base y del metal a depositar. La tabla 2.5 muestra la composición de distintas soluciones para baños electrolíticos.

Tabla2.5: Composición de baños electrolíticos

METAL DEPOSITADO	TIPO DE BAÑO	COMPOSICIÓN (G/L)	ANODOS	T (°C)	PH
Cadmio	Alcalino	Oxido de cadmio: 37.5 Cianuro de sodio: 100 Sulfato de níquel: 2	Cadmio	Ambiente	13
Cobre	Alcalino	Cianuro de sodio: 37.5 Cianuro de cobre: 30 Sal de Rochelle: 50 Carbonato de sodio: 38	Cobre	50	12 – 13
Cobre	Acido	Sulfato de cobre: 200 Acido sulfúrico: 27.5	Cobre	Ambiente	
Cromo	Acido	Acido crómico: 250 Acido sulfúrico: 2.5	Cromo: 93% Antimonio:7%	40 – 50	
Estaño	Acido	Sulfato estannoso: 60 Acido sulfúrico: 75 Sulfato de sodio: 100 Gelatina: 2 Naftol: 1	Estaño	Ambiente	
Latón	Alcalino	Cianuro de cobre: 30 Oxido de zinc: 7.7 Cianuro de sodio: 11 Hidróxido de amonio: 3 Oxido de cadmio: 0.8	Cobre: 70% Zinc: 30%	Ambiente	10.5 – 11.5
Níquel	Acido	Sulfato de níquel: 300 Cloruro de níquel: 60 Ácido bórico: 5 Sacarina: 1.5 Tiourea: 0.1 Laurilsulfato de sodio: 0.5	Níquel	45 – 50	4.2 – 4.8
Zinc	Alcalino	Oxido de zinc: 60 Cianuro de sodio: 22.5 Hidróxido de sodio: 52.2 Trióxido de molibdeno: 0.5 Sulfuro de sodio: 3.5 Gelatina: 2	Zinc	Ambiente	13

Fuente: Keneth, Graham. Manual de recubrimientos industriales

Previo a este proceso electrolítico se efectúa el enganche de las piezas en bastidores diseñados para tal efecto. La preparación de la ganchera merece consideración por cuanto se realiza manualmente fundiendo el aislante plástico previamente calentado sobre ésta.

2.5 Descripción del proceso de anodizado de aluminio

Entre los procesos galvánicos, la producción de aluminio anodizado ocupa un renglón destacado por sus volúmenes, por cuanto el número de plantas oscila entre diez y quince en la ciudad de Bogotá. El material que se trabaja se destina a usos arquitectónicos (ventanería, carpintería metálica, cortinería, etc.), y consiste principalmente de tubos o perfiles con una longitud de 6 m. El proceso se realiza en tanques, con unas dimensiones promedio de 7 m de longitud, 1 m de ancho y 1 m de profundidad. Se generan elevados volúmenes de aguas residuales, pero discontinuas.

Teniendo en cuenta el tipo de electrolito empleado para el anodizado, los procesos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla 2.6: Electrolitos empleados en el proceso de aluminio anodizado

ELECTROLITO	CARACTERÍSTICAS
Acido sulfúrico	Bajo costo Sencillez técnica Soluciones ácidas de concentración entre 100 y 150 g/l
Acido crómico	Altos costos Se emplea principalmente en piezas aeronáuticas
Ácido oxálico	Mayor costo que para ácido sulfúrico Mayores temperaturas de operación Películas delgadas de mayor dureza

Fuente: Keneth Graham, Manual de recubrimientos industriales

Las operaciones típicas realizadas para la obtención de aluminio anodizado son las siguientes:

2.5.1 Limpieza

Se utiliza para remover grasa y suciedad adherida a la superficie del metal. Puede realizarse manualmente frotando la pieza con un solvente o por inmersión en soluciones alcalinas calientes.

2.5.2 Decapado

En esta etapa se eliminan los óxidos formados sobre la superficie metálica, empleando para ello soluciones de hidróxido de sodio.

2.5.3 Abrillantado químico

Se busca obtener un mejor aspecto superficial, lo que se logra mediante inmersión en ácido fosfórico concentrado, y el empleo de los ácidos nítrico y sulfúrico.

2.5.4 Anodizado

En esta etapa, se hace circular una corriente equivalente a una densidad entre 1.1 y 1.5 A/dm² por la pieza que se encuentra sumergida en una solución de 100 a 150 g/l de ácido sulfúrico a una temperatura de 18 – 20°C, lográndose así la formación de una capa superficial altamente porosa de óxido de aluminio. Posteriormente se enjuaga la pieza para eliminar restos de ácido.

2.5.5 Coloreado

Se logra pigmentar la pieza simplemente por inmersión en colorantes orgánicos o inorgánicos, mediante precipitación o con coloración inorgánica fijada electroquímicamente, haciendo circular corriente alterna en el circuito que tiene como electrolito una solución de sales metálicas y un electrodo opuesto adecuado. Al igual que en etapas anteriores es necesario enjuagar al finalizar la operación.

2.5.6 Sellado

El sellado consiste en la hidratación de la alúmina producida sobre la superficie metálica, esto se logra mediante la exposición de la pieza a vapor de agua o agua caliente, también se pueden emplear soluciones de acetato de níquel a una concentración de 5g/l.

En la figura 2.5 se ilustran las diferentes materias primas, así como el impacto de las diferentes etapas del proceso de anodizado:

2.6 Descripción del proceso de galvanizado en caliente

Este proceso se realiza principalmente en talleres de servicio de acabado. Consiste fundamentalmente en el recubrimiento de piezas de hierro o acero con una película de zinc, pero a diferencia del proceso de zincado electrolítico, no se emplea corriente eléctrica, sino que la pieza se sumerge en una cuba llena de zinc fundido.

Las operaciones son las mismas que en cualquier proceso galvanotécnico, como se muestra en la figura 2.6.

2.6.1 Desengrase

Se hace por inmersión en baños alcalinos que contienen soda, metasilicato de sodio y un agente humectante. La soda se usa para remover la grasa, el metasilicato remueve restos de pintura y el humectante mejora la disolución de suciedades del baño.

2.6.2 Enjuague

Por inmersión en tanques con agua, la cual es eliminada cada cierto tiempo dada su contaminación paulatina con restos de solución alcalina, partículas en suspensión y grasas emulsionadas.

2.6.3 Decapado

Se utilizan soluciones diluidas y calientes de ácido sulfúrico o clorhídrico, a una concentración entre el 5 y 20%. Existe desprendimiento de hidrógeno, vapores ácidos y formación de grandes cantidades de lodos de sulfato o cloruro de hierro.

2.6.4 Enjuague

Se logra mediante la inmersión de las piezas en agua. Con el tiempo aumentan los niveles de acidez y sólidos suspendidos y sedimentables, haciéndose necesario su vertimiento y reposición por agua limpia en forma periódica.

2.6.5 Flux

Consiste en un baño de sales que impide la oxidación del metal antes de su inmersión en el zinc, así como acondicionar su superficie para mejorar su adherencia. Se emplean el cloruro de zinc y el cloruro de amonio.

2.6.6 Secado

Esta operación se lleva a cabo en hornos, principalmente a gas.

2.6.7 Inmersión en zinc

Las piezas se sumergen en una cuba que contiene zinc fundido y una pequeña cantidad de aluminio, empleado como abrillantador, así como plomo en el fondo para fines de protección. Este proceso se lleva a cabo a una temperatura de 453°C, para garantizar que todo el metal se encuentra en estado líquido y presente una viscosidad apropiada; el control térmico es muy importante, pues a temperaturas mayores a 500° C se produce la sublimación del zinc.

Al realizar la inmersión de la pieza, se produce la oxidación de las sales adheridas en el flux, las cuales se alean junto con hierro y el metal fundido (plomo y zinc), formando el material conocido como mate, constituyéndose éste en el residuo de la operación.

2.6.8 Enfriamiento

Luego de la inmersión la temperatura de las piezas galvanizadas se reduce por inmersión en agua fría.

Figura 2.5: Etapas del proceso de anodizado de aluminio

Materias primas	Etapa	Impacto
Fosfato trisódico Silicato de sodio Tensoactivos, solventes	Limpieza	Goteo al piso Aceites emulsificados Vapores orgánicos
Agua	Enjuague	Aguas contaminadas
Soluciones diluidas de hidróxido de sodio	Decapado	Generación de hidrógeno, lodos, aluminatos, niebla alcalina
Agua	Enjuague	Aguas alcalinas
Acido fosfórico	Abrillantado químico	Niebla ácida
Agua	Enjuague	Aguas ácidas

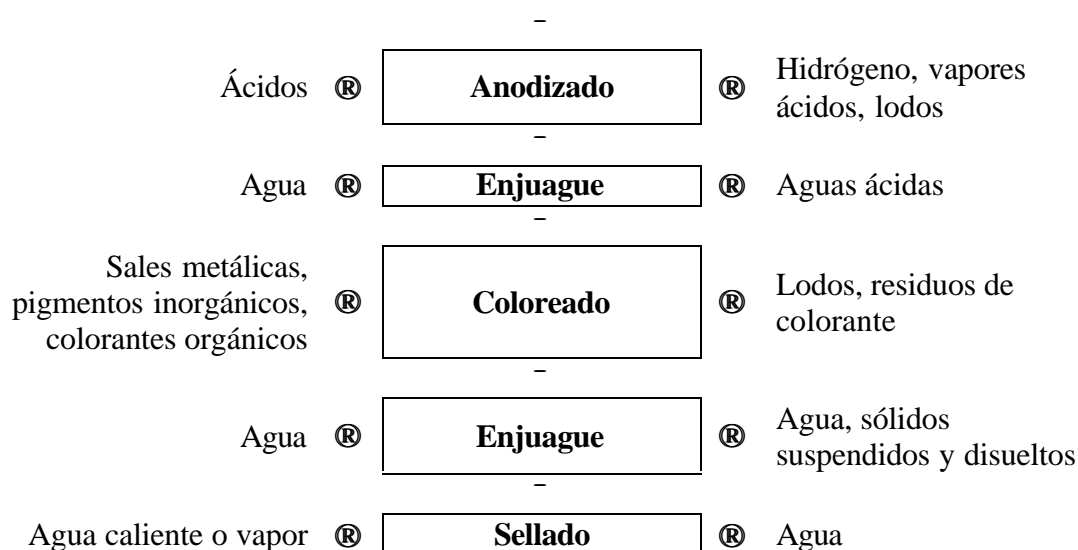


Figura 2.6: Etapas del proceso de galvanizado en caliente

Materias primas		Etapas		Impacto
Soda, metasilicato sódico, humectante	®	Desengrase	®	Partículas en suspensión, aceites emulsionados
Agua	®	Enjuague	®	Aguas alcalinas Partículas en suspensión
Acido sulfúrico y clorhídrico	®	Decapado	®	Lodos de cloruro o de sulfato de hierro, vapores ácidos, hidrógeno
Agua	®	Enjuague	®	Aguas ácidas
Cloruro de amonio, cloruro de zinc	®	Inmersión en el flux	®	Vapores de amoniaco, goteo al piso
		Secado	®	Vapores de amoniaco
Zinc aluminio	®	Inmersión en el zinc	®	Vapores de zinc, salpicaduras, mate, cenizas

2.7 Tecnología empleada

La tecnología empleada por la pequeña y mediana industria de la galvanotécnica en Colombia, no presenta mayores desarrollos, puesto que los procesos se efectúan de forma casi artesanal. Los desarrollos se concentran en el uso de mecanismos automáticos para el traslado de las piezas en polipastos y puentegrúas, en rectificadores y equipos para el suministro de corriente eléctrica, en materiales de construcción de cubas y en el uso de aditivos químicos para los diferentes baños.

Casi todos los talleres que realizan procesos galvánicos operan de manera intermitente, por lotes de producción.

Los procesos galvanotécnicos no involucran el uso de una tecnología sofisticada, los tanques o cubas que se utilizan para realizar cada una de las etapas del proceso no han cambiado sustancialmente en su diseño, pero sí en los materiales de construcción, ya que con el desarrollo de resinas y plásticos de alta resistencia química, se han reemplazado las viejas cubas de concreto, madera o enchapadas en plomo, por cubas en hierro recubiertas con resinas reforzadas con fibra de vidrio, en otros casos se emplean tanques de concreto recubiertos de resina para protegerlos del ataque químico.

Los baños de metales preciosos son de poco volumen y en este caso se emplean cubas plásticas.

Algunas cubas poseen canales para recoger el goteo y los derrames. El fondo puede ser plano o con un pequeño desnivel, para facilitar la limpieza y la eliminación de los lodos acumulados.

Muchos baños requieren de condiciones de temperatura y operación específicas, por lo que es necesario disponer de sistemas de calentamiento y enfriamiento. El calentamiento puede hacerse empleando vapor, agua caliente, electricidad o gas; el enfriamiento se realiza con agua fría, salmueras refrigeradas y refrigerantes. El intercambio de calor se realiza con serpentines sumergidos en los baños en intercambiadores externos y con sistemas de bombeo a las cubas o tanques encamisados.

Las gancheras, elementos que sostienen las piezas y conducen la corriente, se diseñan para que puedan procesar la mayor cantidad de material posible y tengan suficiente área de contacto con el electrodo; usualmente, se fabrican en cobre. Éstas casi siempre se aíslan con recubrimientos plásticos con el fin de aislar y dirigir la corriente hacia la pieza a recubrir.

Los equipos generadores de corriente, tales como rectificadores, alternadores para aplicación de electrocolor, etc. han evolucionado bastante en los últimos años, contándose ahora con máquinas de mayor eficiencia energética y más seguras en su operación; estos equipos garantizan un alto grado de aprovechamiento del insumo energético, siendo éste el que más afecta los costos de producción en procesos electrolíticos.

En cuanto a equipos mecánicos para el transporte de materiales, tales como puentegrúas y polipastos, éstos se han automatizado, logrando así operaciones más rápidas y menos riesgosas.

Algunas de las pequeñas y medianas industrias galvanotécnicas formales existentes en Bogotá, tienen un aceptable nivel de tecnología comparadas con las existentes a nivel internacional, particularmente las dedicadas al anodizado; No obstante, existe una gran cantidad de talleres de cromado, niquelado y zincado que operan de manera verdaderamente artesanal, sin ningún tipo de control en el proceso. La dispersión y la relativa facilidad con la que se establece un negocio informal en este sector constituyen uno de los grandes problemas ambientales de la pequeña industria manufacturera en el Distrito Capital.