

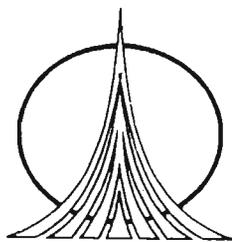


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

MANUAL DE OPERACION DEL AREA DE ANODIZADO DE
UNA PLANTA DE ALUMINIO EN EL ESTADO DE MEXICO.

TESIS MANCOMUNADA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N ;
RIVERA VILLAGOMEZ YAZMIN
JACOB O LUNA OSCAR



Unidad en la Diversidad:
Zaragoza Frente al Siglo XXI

MÉXICO, D. F.

2005

m350405



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/006/05

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: RIVERA VILLAGÓMEZ YAZMÍN
P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| PRESIDENTE | I.Q. Eduardo Loyo Arnaud |
| VOCAL | M. en I. Rafael Sánchez Dirzo |
| SECRETARIO | I.Q.I. Rosario Tapia Aguilar |
| SUPLENTE | Ing. Espiridión Muñoz Rivera |
| SUPLENTE | I.Q. Judith Ventura Cruz |

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”
México, D.F., 09 de Febrero del 2005.

EL JEFE DE LA CARRERA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'M. En C. Andrés Aquino Canchola', written over a circular stamp or seal.

M. EN C. ANDRES AQUINO CANCHOLA



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/007/05

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: JACOBO LUNA OSCAR
P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| PRESIDENTE | I.Q. Eduardo Loyo Arnaud |
| VOCAL | M. en I. Rafael Sánchez Dirzo |
| SECRETARIO | I.Q.I. Rosario Tapia Aguilar |
| SUPLENTE | Ing. Espiridión Muñoz Rivera |
| SUPLENTE | I.Q. Judith Ventura Cruz |

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”
México, D.F., 09 de Febrero del 2005.

EL JEFE DE LA CARRERA

M. EN C. ANDRES AQUINO CANCHOLA

Dedico esta tesis profesional a mis padres:

Adrián Rivera Cabrera y Angelina Villagómez de Rivera

Por haber compartido conmigo el esfuerzo de terminar la carrera y ahora el lograr este objetivo, gracias por su amor, su respeto y su confianza, mamá: gracias por tus oraciones. Tenían razón, las cosas que valen la pena son aquellas que más nos cuestan. Los quiero mucho.

A mi esposo:

Oscar Jacobo Luna

Porque con él he encontrado no solo un amor perdurable, sino una riqueza de valores enorme que me ayudan cada día a ser una mejor persona y a tener la capacidad de enfrentarme a los problemas.

Gracias por el infinito apoyo que me has dado, en las buenas y en las malas, y especialmente en la enfermedad. Haber unido mi vida a ti es la mayor bendición que Dios me ha dado, te amo.

Yazmín Rivera Villagómez

Dedico esta tesis a Dios por que por su grandeza me da fuerza para el logro de mi meta.

A mis padres:

María Eufemia Luna López y Raúl Jacobo Portes

Por su apoyo y comprensión que me brindaron a lo largo de la carrera, por su paciencia en las largas noches de desvelo y por su esmero para mantenerme siempre fuerte en esta etapa de mi vida.

A mi esposa:

Yazmín Rivera

Por su cariño, apoyo y consejos que me ha brindado a lo largo de nuestro sendero y como compañera que me ha dado todo sin condición alguna y que fue una base principal para la realización de este trabajo así como en mi vida personal y profesional... te amo.

A todas las personas que nos apoyaron en la realización de este trabajo, en especial al ing. Eduardo Loyo Arnaud por su paciencia y consejos, y a los ingenieros César R. Cruz, Israel Méndez y Adolfo C. Montes de Oca, por su amistad incondicional, cariño, respeto y lealtad que siempre nos han demostrado; a Ricardo Peralta (en representación de Extrusiones Metálicas, S.A. de C.V.), por el enorme apoyo para la elaboración de este trabajo.

**A eso de caer y volver a levantarte,
de fracasar y volver a comenzar,
de seguir un camino y tener que torcerlo,
de encontrar el dolor y tener que afrontarlo.
A eso..., no le llames adversidad, llámale
Sabiduría**

**A eso de sentir la mano de Dios y saberte impotente,
de fijarte una meta y tener que seguir otra,
de huir de una prueba y tener que encararla,
de planear un vuelo y tener que recortarlo,
de aspirar y no poder,
de querer y no saber,
de avanzar y no llegar.
A eso..., no le llames castigo, llámale
Enseñanza**

| | |
|--|---------------|
| INDICE | Página |
| • INTRODUCCION | 2 |
| CAPITULO 1 | |
| • 1. ANTECEDENTES: | |
| • 1.1 Generalidades teóricas sobre el aluminio puro | 4 |
| • 1.2 Generalidades teóricas sobre aleaciones del aluminio | 7 |
| CAPITULO 2 | |
| • 2. PROCESO DE ANODIZADO: | |
| • 2.1 Definiciones químicas | 28 |
| • 2.2 Pasos que lo forman | 35 |
| • 2.3 Variables de operación | 66 |
| • 2.4 Condiciones de operación | 67 |
| • 2.5 Secuencia del proceso y diagrama de bloques | 69 |
| • 2.6 Instructivos de operación | 71 |
| • 2.7 Preparación de soluciones (reactivos y catalizadores) y condiciones de seguridad | 104 |
| CAPITULO 3 | |
| • 3. DIAGRAMAS Y PLANOS DEL PROCESO DE ANODIZADO: | |
| • 3.1 Descripción del proceso | 124 |
| • 3.2 Diagrama de flujo de proceso | 127 |
| • 3.3 Balance de masa y energía | 128 |
| • 3.4 Plan de control del proceso | 130 |
| • 3.5 Diagrama de tubería e instrumentación | 132 |
| • 3.6 Plano de localización general | 133 |
| CAPITULO 4 | |
| • 4. CONTROL DE CALIDAD EN EL ANODIZADO: | |
| • 4.1 Normas que aplican (definición) | 134 |
| • 4.2 Resumen de la norma Qualanod | 136 |
| • 4.3 Formatos para control de calidad | 139 |
| CAPITULO 5 | |
| • 5. CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL PROCESO: | |
| • 5.1 Normas de seguridad que aplican en el proceso | 148 |
| • 5.2 Hoja de seguridad de productos químicos | 150 |
| • 5.3 Tabla CRETIB (y definición) | 151 |
| • 5.4 Manejo de primeros auxilios | 152 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 185 |
| CONCLUSIONES | 186 |
| ANEXO 1 | |
| • Dibujo de diagrama de flujo de proceso | 187 |
| • Dibujo de diagrama de tubería e instrumentación | 191 |
| • Dibujo de plano de localización general | 195 |
| ANEXO 2 | |
| ▪ Preparación de insumos alternos | 196 |
| VOCABULARIO | 200 |
| BIBLIOGRAFIA | 206 |

INTRODUCCIÓN

El aluminio en su uso comercial tiene una antigüedad no mayor de 50 años. Poco a poco ha ido desplazando a la madera y al hierro en construcciones de metal. Tiene la función especial de acortar espacios. Estas construcciones tienen solidez para soportar el viento y la nieve.

De entre muchísimas ventajas que posee el aluminio y sus aleaciones destacan su buen aspecto exterior, su facilidad de montaje que compensa el mejor costo del material contra otras opciones, su facilidad para maquinarse; su marcada resistencia mecánica, su capacidad en condiciones normales para no oxidarse y su durabilidad.

Por lo anterior, en la mayoría de los elementos estructurales como puertas, ventanas y persianas, y como divisor de espacios, se usa cada día más el aluminio, principalmente en edificios de gran altura.

Para trabajar adecuadamente con aluminio y aleaciones del mismo, se deben tener en cuenta sus propiedades químicas, mecánicas, etc., ya que los perfiles que tienen un fin arquitectónico deben pasar por varios tratamientos químicos para obtener el resultado deseado.

Extrusiones Metálicas, S.A. de C.V. cuenta con dos líneas operativas de acabados de perfiles de aluminio anodizados; las cuales se diferencian por la capacidad de tonos en acabados (línea 1) y metros cuadrados producidos. Este trabajo contiene la información necesaria para conocer el proceso de anodizado de la línea uno, en la cual, particularmente suele haber problemas, por ejemplo para regular el pH de las tinas y los tiempos de inmersión, entre otros.

Este manual se divide de acuerdo al procedimiento general del área de anodizado (documento controlado), que es un requerimiento para la certificación de calidad (ISO-9000) de acuerdo a las siguientes operaciones: Gratado (GR-01), enrraque (ER-01), desengrase (T-01), enjuagues (T-2, 5,6,7,10,15,16,17,19,21,22,23,25), matizado (T-3,4), anodizado (T-11,12,13,14), electrocolor (T-18,20), sellado (T-26) y desenrraque (DR-01). Los números y letras dentro de los paréntesis son las identificaciones de las tinas o baños.

Además contiene la secuencia del proceso de anodizado (línea uno), así como las explicaciones en cada etapa, incluyéndose por supuesto todos los diagramas como el de flujo del proceso, el de tubería e instrumentación; planos (Tanto el D.F.P. como el D.T.I. se refieren solamente a la línea uno, así como el P.L.G.), etc., sin olvidar la normatividad que se debe aplicar ni los riesgos que implican operar esta área de trabajo en cuanto a seguridad. Se describen adicionalmente algunas técnicas de primeros auxilios.

Se pretende contribuir de modo efectivo para el aumento de tres factores con los que la planta de "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V. trabaja: seguridad, calidad y productividad, porque al llevar los registros de cada etapa del proceso, se reducen riesgos de accidentes, también permite operar de modo más efectivo; por lo mismo, la productividad aumentará. El desarrollo de este trabajo, además de ser un instrumento de capacitación para todo el personal de la planta, es de gran ayuda para cualquier persona que desee conocer más sobre las técnicas de anodizado en perfiles de aluminio.

A causa de la abundancia con que aparece el elemento en la corteza terrestre, en forma de óxido y silicatos en sus minerales, se dispone de un potencial de materia prima prácticamente inagotable. Actualmente, el material de partida es, casi exclusivamente, la bauxita con una riqueza, en masa, de aluminio, del 20 al 30%.

Las bauxitas son productos de erosión, ricos en aluminio, procedentes de rocas madres silicatoaluminicas. Están constituidas por una mezcla inicial, formada por consolidación, de hidróxidos de aluminio (hidrargilita-gibbsita $Al(OH)_3$, bohemita $AlOOH$, diasporita $AlOOH$), óxidos de hierro y de titanio así como ácido silícico (caolinita, cuarzo). La composición química y mineralógica así como las características físicas de las bauxitas correspondientes a distintos yacimientos, oscilan considerablemente.

El aluminio metálico se produce por la electrólisis del óxido de aluminio (bauxita; Al_2O_3). La clave para lograr esta electrólisis es tener un disolvente en el cual sea soluble para formar una solución conductora a temperatura inferior a 2000 °C, y en el uso de un generador eléctrico de corriente directa con suficiente potencia. El modo más usado es el de la criolita fundida (Na_3AlF_6), como disolvente y es conocido como proceso may-Hèroult. (Este proceso se encuentra en la fig. 1).

1.1.2 Aluminio purísimo

Actualmente se exige metal de mayor pureza para aplicaciones especiales (calidad en el brillo, condensadores electrolíticos, entre otras). Dos métodos existen hoy en uso para este fin; el llamado método de Seiger, moderno, que presenta una pureza de 99.96 a 99.99% en metal, y el que se conoce como refinación electrolítica de triple capa, utilizado desde hace tiempo para la obtención de aluminio de 99.99% (purísimo).

1.1.3 Principales propiedades del Aluminio (pureza del 99% y superior)

- Densidad de 2.70 g/cm³ a 20°C.
- Tiene alta conductividad eléctrica y térmica.
- Tiene gran reflectividad.
- Es estable al aire y resistente a la corrosión por el agua de mar, a muchas soluciones acuosas y otros agentes químicos.
- A una pureza superior al 99.95% resiste el ataque de la mayor parte de los ácidos, pero se disuelve en agua regia. Su capa de óxido se disuelve en soluciones alcalinas y la corrosión es rápida.

El aluminio ha conseguido una importancia muy especial en muchos dominios de la industria, a causa de poseer esta serie de propiedades muy beneficiosas que le han convertido en uno de los materiales más idóneos y ventajosos, desde el punto de vista económico.

Aquí algunas ventajas:

Gracias a la escasa densidad se obtienen fuertes disminuciones de masa en las construcciones móviles, como son los vehículos para el transporte terrestre, marítimo y aéreo, los sistemas de elevación y todas aquellas partes de instalaciones que han de ser cambiadas y transportadas con frecuencia. Este descenso en las fuerzas necesarias conduce a un gran ahorro energético a la vez que a una disminución de los costos de mantenimiento. En las construcciones estáticas pueden disminuirse las masas y, con ello los cimientos y los soportes son ligeros.

1.1.4 Propiedades de resistencia favorables

Existen materiales de aluminio normalizados para las aplicaciones más diversas con propiedades óptimas en cuanto a su resistencia (resistencia mínima a la tracción desde 60 hasta aproximadamente 530 N/mm²).¹

1.1.5 Buena conformación

La excelente capacidad de conformación hace posible la fabricación mediante extrusión, de perfiles y tubos con secciones transversales completamente arbitrarias.

1.1.6 Las superficies admiten diversos tratamientos

A todos los materiales de aluminio se les puede aplicar la mayoría de los procesos generales, además de otros, específicos, encaminados a conseguir efectos decorativos, alta resistencia o dureza superficial, resistencia al desgaste, etc.

1.1.7 Buenas propiedades ópticas

Las superficies de aluminio desnudo se caracterizan por poseer un alto poder de reflexión para las radiaciones luminosas y térmicas, lo cual supone que presentan baja absorción. Mediante tratamientos adecuados de estas superficies se pueden modificar, entre amplios límites, la reflexión y la absorción.

1.1.8 Sin reparos sanitarios

El elemento aluminio y todas sus aleaciones normalizadas son atóxicas. Los productos de aluminio son fáciles de limpiar, esterilizables y cumplen con todas las exigencias higiénicas y asépticas.

¹ Un material ofrece resistencia a una carga externa sólo hasta donde sus elementos componentes pueden proporcionar resistencia cohesiva, resistencia a la compactación y resistencia al deslizamiento; en el caso de la resistencia a la tracción, se habla de la resistencia a golpes del aluminio y sus aleaciones.

1.2 Generalidades teóricas sobre aleaciones de aluminio.

Los principales elementos de aleación donde el aluminio es el elemento principal son el magnesio, silicio, cobre, zinc y manganeso. En los productos conformados, que constituyen la mayor parte de las aplicaciones del aluminio, las aleaciones se identifican por números de cuatro dígitos NXXX, donde el valor N denota el tipo de aleación y el (los) principal(es) elemento(s) aleante(s) en la siguiente forma:

- 1 (Aluminio; al menos 99% de Al en peso).
- 2 (Cobre, Cu)
- 3 (Manganeso, Mn)
- 4 (Silicio, Si)
- 5 (Magnesio, Mg)
- 6 (Mg + Si)
- 7 (Cinc, Zn)
- 8 (Otros)

Las propiedades del aluminio dependen de un conjunto de factores; en éstos juegan un papel importante la existencia de los elementos antes mencionados, que en ocasiones se adicionan intencionalmente y, en otras, aparecen de modo casual. Con excepción del aluminio purísimo, Al 99.99, técnicamente se utilizan sólo materiales de aluminio que contienen otros elementos. Aún en el caso del aluminio puro, desde el Al 99 hasta el Al 99.9, sus propiedades son determinadas, en gran medida por el contenido de hierro (Fe) y silicio (Si). Aunque los principales elementos ya han sido nombrados, también llegan a existir en menores cantidades, como impurezas o aditivos el cromo (Cr), y titanio (Ti). Para aleaciones especiales se suele adicionar níquel (Ni), cobalto (Co), plata (Ag), litio (Li), vanadio (V), zirconio (Zr), estaño (Sn), plomo (Pb), cadmio (Cd) y bismuto (Bi).

También se pueden adicionar, pero sólo en cantidades muy pequeñas, que no dejan de tener su importancia: berilio (Be), boro (B), sodio (Na) y estroncio (Sr).

1.2.1 Clasificación de los tipos de aleaciones según diversas normas

Europa se encuentra en una fase donde las organizaciones implementan nuevos estándares. EN (European Standards), ciudades miembros del CEN, el Comité Europeo de Estandarización, así como la alianza CEN/CENELEC son los encargados de emitir dichos estándares.

La lista que se muestra a continuación (tabla 1) contiene los tipos de aleaciones según las normas EN 573, en ella se comparan diversos estándares según las normas de cada país. Cuando las aleaciones son un poco diferentes, el equivalente cercano es encerrado con llaves.

| ALLOY | BS | DIN | ISO | JIS | NF | SFS | SS | UNI | NS | UNE |
|------------|---------|-------------|----------------|---------|---------|---------|--------|----------|--------|----------|
| Alum. ass. | U.K. | Germany | Internat. std. | Japan | France | Finland | Sweden | Italy | Norway | Spain |
| AA1050 | | 5-A199.5 | | | | | 4017 | | 17010 | (38-114) |
| AA1070 | | | | | | | | | 17015 | (38-117) |
| AA2014 | (2014A) | AlCuSiMn | AlCu4SiMg | A2014 | 2014 | 2595 | 4338 | 9002/3 | 17105 | 38-313 |
| AA3003 | (3103) | AlMnCu | AlMn1Cu | A3003 | 3003 | | | 9003/1 | 17406 | 38-381 |
| AA3103 | 3103 | AlMn1 | AlMn1 | | | 2585 | 4054 | 9003/3 | 17405 | 38-383 |
| AA5005 | 5005 | [AlMg1] | AlMg1(B) | A5005 | 5005 | 2586 | 4106 | 9005/1 | 17204 | 38-335 |
| AA5052 | | AlMg2.5 | AlMg2.5 | A5052 | 5052 | 2587 | 4120 | 9005/2 | 17210 | 38-336 |
| AA5083 | 5083 | AlMg4.5Mn | AlMg4.5Mn0.7 | A5083 | 5083 | | 4140 | 9005/5 | 17215 | 38-340 |
| AA5086 | | AlMg4Mn | AlMg4 | A5086 | 5086 | | | 9005/4 | | 38-341 |
| AA5154 | | AlMg3 | AlMg3.5 | A5154 | | | 4134 | | | (38-421) |
| AA5251 | 5251 | AlMg2Mn0.3 | AlMg2 | | 5251 | | | | | 38-347 |
| AA5454 | 5454 | AlMg2.7Mn | AlMg3Mn | A5454 | 5454 | | | 9005/3 | | 38-345 |
| AA5754 | | AlMg3 | AlMg3 | | 5754 | 2588 | 4125 | | | 38-339 |
| AA6005 | | AlMgSi0.7 | AlSiMg | | [6005A] | | | [9006/6] | | (38-349) |
| AA6060 | (6063) | AlMgSi0.5 | AlMgSi | [A6063] | 6060 | | 4103 | 9006/1 | 17310 | 38-350 |
| AA6061 | 6061 | AlMg1SiCu | AlMg1SiCu | A6061 | 6061 | | | 9006/2 | | 38-342 |
| AA6063 | 6063 | [AlMgSi0.5] | AlMg0.7Si | A6063 | | 2591 | 4104 | | 17310 | 38-337 |
| AA6082 | 6082 | AlMgSi1 | AlSi1MgMn | | 6082 | 2593 | 4212 | [9006/4] | 17305 | 38-348 |
| AA6101 | 6101 | E-AlMgSi0.5 | E-AlMgSi | A6101 | | | 4102 | 9006/3 | | 38-343 |
| AA6351 | | | AlSi1Mg0.5Mn | | | | | | 17305 | 38-334 |
| AA6463 | 6463 | | | | | | | | | |
| AA7010 | 7010 | | AlZn6MgCu | | | | | 9007/4 | | |
| AA7020 | 7020 | AlZn4.5Mg1 | AlZn4.5Mg1 | [A7N01] | 7020 | 2596 | 4425 | 9007/1 | 17410 | 38-374 |
| AA7075 | 7075 | AlZnMgCu1.5 | AlZn5.5MgCu | A7075 | 7075 | | | 9007/2 | | 38-371 |

Tabla 1. Para ejemplificar la tabla, supongamos una aleación según la Aluminium Association (AA), AA6063, en la correspondiente normatividad alemana DIN, se clasifica como (AlMgSi0.5), en la normatividad ISO (estándares internacionales), su correspondiente es la AlMg0.7Si; la normatividad japonesa JIS la define como A6063, y así respectivamente para las normatividades francesas, de Finlandia, Suiza, Italia, Noruega y España. Cortesía de "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V.

1.2.2 Composición química

En la tabla 2 se muestran los componentes de algunas aleaciones usadas comúnmente (cortesía de "Extrusiones Metálicas", S. A. De C.V. (Depto. de control de calidad)).

Cabe mencionar que los diagramas de estado (sólido, líquido, monofásico o polifásico) describen la forma en que se presenta una aleación en función de la composición y de la temperatura. Sin embargo, estos diagramas sólo representan el estado de equilibrio, del que, en la práctica, pueden surgir notables desviaciones como consecuencia, especialmente, de un rápido enfriamiento a partir de temperaturas más elevadas, sin embargo los diagramas ayudan a entender el comportamiento de las aleaciones.

| EN AW-alloy type | % | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | V | Ti | Zr | Other | Other _{tot} | Al |
|------------------|-----|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|----------------------|------|
| 1050 | min | | | | | | | | | | | | | 99,5 |
| Al99,5 | max | 0,25 | 0,4 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | | 0,05 | 0,05 | 0,03 | | 0,03 | | |
| 1070 | min | | | | | | | | | | | | | 99,7 |
| Al99,7 | max | 0,2 | 0,25 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | | 0,04 | 0,05 | 0,03 | | 0,03 | | |
| 1200 | min | | | | | | | | | | | | | |
| Al99,0 | max | Si+Fe<1,0 | 0,05 | 0,05 | | | | 0,1 | | 0,05 | | 0,03 | | 99 |
| 2011 | min | | | 5 | | | | | | | | Bi 0,2-0,6 | | |
| AlCu8BiPb | max | 0,4 | 0,7 | 6 | | | | 0,3 | | | | Pb 0,2-0,6 | 0,15 | bal |
| 2014 | min | 0,5 | | 3,9 | 0,4 | 0,2 | | | | | | | | |
| AlCu4SiMg | max | 1,2 | 0,7 | 5 | 1,2 | 0,8 | 0,1 | 0,25 | | 0,15 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 3003 | min | | | 0,05 | 1 | | | | | | | | | |
| AlMn1Cu | max | 0,6 | 0,7 | 0,2 | 1,5 | | | 0,1 | | | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 3004 | min | | | | 1 | 0,8 | | | | | | | | |
| AlMn1Mg1 | max | 0,3 | 0,7 | 0,25 | 1,5 | 1,3 | | 0,25 | | | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 3005 | min | | | | 1 | 0,2 | | | | | | | | |
| AlMn1Mg0,5 | max | 0,6 | 0,7 | 0,3 | 1,5 | 0,6 | 0,1 | 0,25 | | 0,1 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 3103 | min | | | | 0,9 | | | | | | | | | |
| AlMn1 | max | 0,5 | 0,7 | 0,1 | 1,5 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | | | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5005 | min | | | | | 0,5 | | | | | | | | |
| AlMg1 | max | 0,3 | 0,7 | 0,2 | 0,2 | 1,1 | 0,1 | 0,25 | | | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5049 | min | | | | 0,5 | 1,6 | | | | | | | | |
| AlMg2Mn0,8 | max | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 1,1 | 2,5 | 0,3 | 0,2 | | 0,1 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5052 | min | | | | | 2,2 | 0,15 | | | | | | | |
| AlMg2,5 | max | 0,25 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 2,8 | 0,35 | 0,1 | | | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5083 | min | | | | 0,4 | 4 | 0,05 | | | | | | | |
| AlMg4,5Mn0,7 | max | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 1 | 4,9 | 0,25 | 0,25 | | 0,15 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5086 | min | | | | 0,2 | 3,5 | 0,05 | | | | | | | |
| AlMg4 | max | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,7 | 4,5 | 0,25 | 0,25 | | 0,15 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5154 | min | | | | | 3,1 | 0,15 | | | | | | | |
| AlMg3,5 | max | 0,25 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 3,9 | 0,35 | 0,2 | | 0,2 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5251 | min | | | | 0,1 | 1,7 | | | | | | | | |
| AlMg2Mn0,3 | max | 0,4 | 0,5 | 0,15 | 0,5 | 2,4 | 0,15 | 0,15 | | 0,15 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5454 | min | | | | 0,5 | 2,4 | 0,05 | | | | | | | |
| AlMg3Mn | max | 0,25 | 0,4 | 0,1 | 1 | 3 | 0,2 | 0,25 | | 0,2 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 5754 | min | | | | | 2,6 | | | | | | | | |
| AlMg3 | max | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,5 | 3,6 | 0,3 | 0,2 | | 0,15 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 6005 | min | 0,6 | | | | 0,4 | | | | | | | | |
| AlSiMg | max | 0,9 | 0,35 | 0,1 | 0,1 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | | 0,1 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 6060 | min | 0,3 | 0,1 | | | 0,35 | | | | | | | | |
| AlMgSi | max | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,6 | 0,05 | 0,15 | | 0,1 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 6061 | min | 0,4 | | 0,15 | | 0,8 | 0,04 | | | | | | | |
| AlMg1SiCu | max | 0,8 | 0,7 | 0,4 | 0,15 | 1,2 | 0,35 | 0,25 | | 0,15 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 6063 | min | 0,2 | | | | 0,45 | | | | | | | | |
| AlMg0,7Si | max | 0,6 | 0,35 | 0,1 | 0,1 | 0,9 | 0,1 | 0,1 | | 0,1 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 6082 | min | 0,7 | | | 0,4 | 0,6 | | | | | | | | |
| AlSi1MgMn | max | 1,3 | 0,5 | 0,1 | 1 | 1,2 | 0,25 | 0,2 | | 0,1 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 6101 | min | 0,3 | | | | 0,35 | | | | | | | | |
| E-AlMgSi0,5 | max | 0,7 | 0,5 | 0,1 | 0,03 | 0,8 | 0,03 | 0,1 | | | | 0,03 | 0,1 | bal |
| 6351 | min | 0,7 | | | 0,4 | 0,4 | | | | | | | | |
| AlSi1Mg0,5Mn | max | 1,3 | 0,5 | 0,1 | 0,8 | 0,8 | | 0,2 | | 0,2 | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 6463 | min | 0,2 | | | | 0,45 | | | | | | | | |
| AlMg0,7Si | max | 0,6 | 0,15 | 0,2 | 0,05 | 0,9 | | | | | | 0,05 | 0,15 | bal |
| 7010 | min | | | 1,5 | 0,05 | 2,1 | | 5,7 | | | 0,1 | | | |
| AlZn6MgCu | max | 0,12 | 0,15 | 2 | 0,1 | 2,6 | 0,05 | 6,7 | | 0,06 | 0,16 | 0,05 | 0,15 | bal |
| 7020 | min | | | | 0,05 | 1 | 0,1 | 4 | | | 0,08 | | | |
| AlZn4,5Mg1 | max | 0,35 | 0,4 | 0,2 | 0,5 | 1,4 | 0,35 | 5 | | | 0,2 | 0,05 | 0,15 | bal |
| 7021 | min | | | | | 1,2 | | 5 | | | 0,08 | | | |
| AlZn5,5Mg1,5 | max | 0,25 | 0,4 | 0,25 | 0,1 | 1,8 | 0,05 | 6 | | 0,1 | 0,18 | 0,05 | 0,15 | bal |
| 7075 | min | | | 1,2 | | 2,1 | 0,18 | 5,1 | | | | | | |
| AlZn5,5MgCu | max | 0,4 | 0,5 | 2 | 0,3 | 2,9 | 0,28 | 6,1 | | 0,2 | | 0,05 | 0,15 | bal |

Tabla 2. Muestra el contenido en porcentaje de los elementos de adición, según normas Europeas.

Las aleaciones de Al se preparan por lo general haciendo adiciones de elementos en Al fundido para formar una solución líquida. Conforme se solidifica la aleación, se produce una separación de fases para satisfacer los requerimientos del equilibrio de las fases y la disminución en la solubilidad de unos elementos en otros a medida que desciende la temperatura. La estructura solidificada resultante está compuesta de granos de solución ricos en Al y cristales de compuestos intermetálicos.

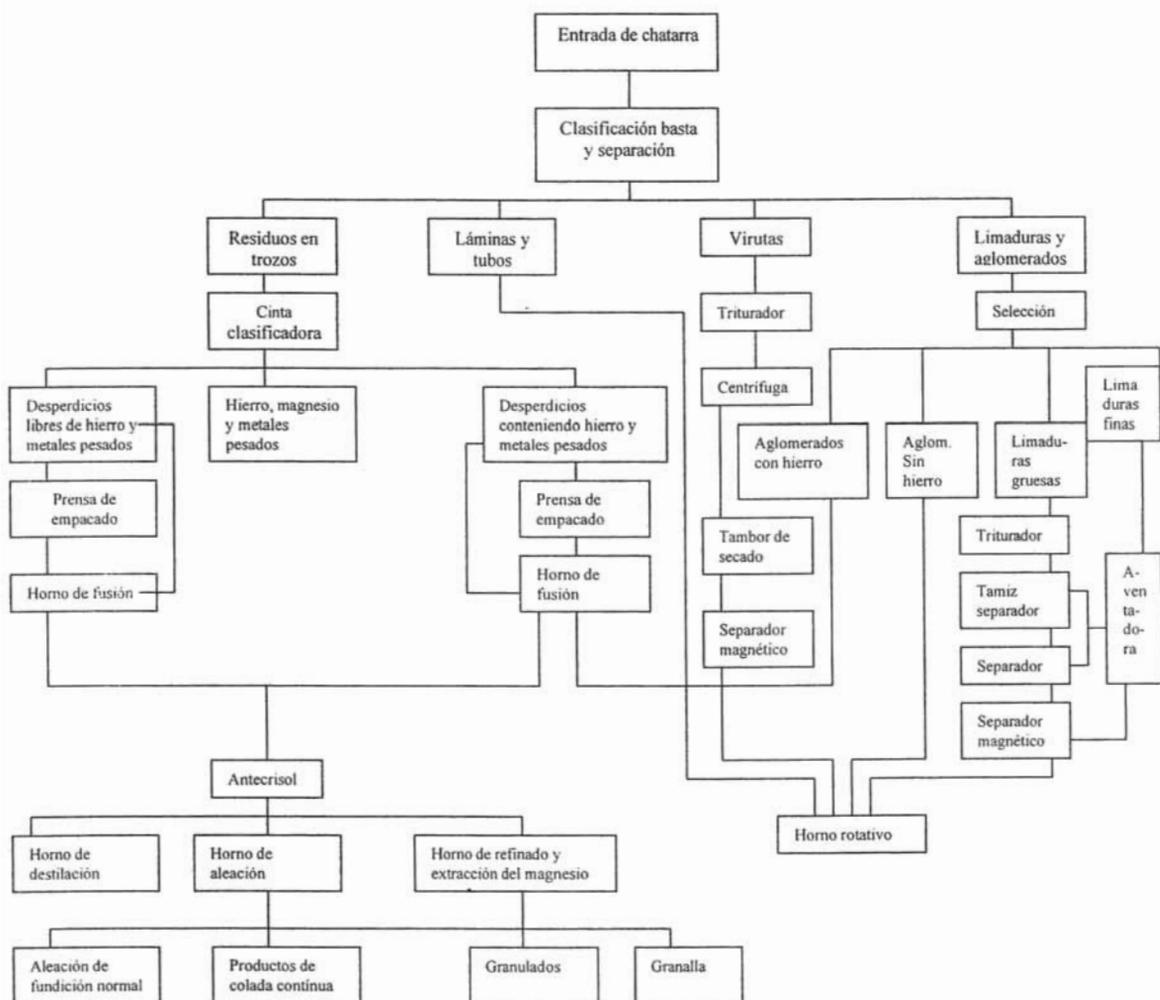


Figura 2. Fases en la preparación de chatarra de aluminio (según Fulda-Ginsberg).

1.2.3 Aluminio secundario

El aprovechamiento de material viejo y chatarra es económicamente importante. Las aleaciones secundarias obtenidas a partir de estos materiales cubren aproximadamente el 25% de las necesidades totales. En los últimos años ha surgido en EE.UU. una gran industria de aluminio secundario para la fabricación de semielaborados en forma de redondos y lingotes. Puesto que este tipo de fabricación ha nacido como consecuencia de la necesidad de aprovechar materiales de desecho, esta industria ha crecido de modo continuo, también en Europa. Por lo general se aprovechan para este fin recortes procedentes de primeras operaciones de otras fabricaciones, así como desperdicios viejos. El desarrollo de aleaciones maleables basándose en chatarra, junto con una amplia utilización del contenido en aleación de la misma, presentan un porvenir muy halagüeño. La figura 2 muestra las etapas de las operaciones.

1.2.4 Formas de suministro

Lingotes

Lingotes de aleaciones de aluminio

Se suministran principalmente para las fundiciones de moldeo de piezas de aluminio. Su fabricación se realiza en las fundiciones y las industrias dedicadas a estos fines. Los lingotes se empaquetan corrientemente en pilas de 500 a 1000 Kg, en plataformas metálicas de la misma aleación. Las plataformas son susceptibles de fundirse también, con lo que se elimina el transporte de retorno. A los lingotes se les suele dar una forma especial, de tal manera que pueden acoplarse encajándose entre ellos en la plataforma de carga y así evitar el deslizamiento durante el transporte. Extrusiones Metálicas, S.A. de C.V. adquiere lingotes con aleaciones conocidas (6063 y otras), dado que se adaptan a las necesidades del proceso de anodizado.

Granulados, granalla, polvo

Los granulados son gotas, macizas o huecas, solidificadas a partir del metal líquido, con diámetros desde 3 hasta 20 mm, las cuales se producen por vertido en agua, o sobre placas o tambores giratorios, enfriados. Se obtienen en fundiciones o talleres de fundición. Según el fin a que se destinen, los granulados están formados por aluminio puro (Al99, 5H, Al99, 7H, Al99, 8H) o por aleaciones (de fundición) de aluminio. La industria que más los utiliza es la del acero (desoxidación). Otras aplicaciones son para el granallado a presión, para el acabado de grandes superficies. Bajo la denominación de granalla se designan pequeñas partículas metálicas de 0.4 a 3 mm de diámetro, que se obtienen por soplado o por extrusión del metal líquido (forma de agujas) o por removido y/o vibrado durante la solidificación (forma esférica). Las partículas de menor tamaño se llaman polvos. Se fabrican en fundiciones, talleres de fundición y,

específicamente, en las empresas dedicadas a estos fines. La granalla de aluminio se utiliza en aluminotermia para fines diversos en la industria química.

Formatos

Para la fabricación de semielaborados se necesitan tochos obtenidos por laminación o estirado, a partir del material correspondiente y con las medidas prescritas. El aluminio purísimo, obtenido por "electrólisis de triple capa" se funde casi inmediatamente para producir formatos.

La calidad de las barras fundidas es decisiva para los fabricados de formas forjadas. Deben estar, sobre todo, libres de inclusiones de óxidos y cuerpos extraños, como poros, rechupes y grietas que puedan formarse por contracciones y tensiones térmicas. Los gases y óxidos pueden eliminarse por un control cuidadoso del proceso de fusión, mediante una temperatura de colada lo más baja posible y por medidas apropiadas para mantener limpio el caldo a la vez que se funda convenientemente. Es necesario evitar que al colar se arrastre la película de óxido formada sobre aquél.

Las formas en que se suministran comercialmente el aluminio no aleado, el aluminio purísimo y las aleaciones para forja, trefilado y laminación de aluminio son:

- Lingotes laminados desde 50 Kg hasta las máximas dimensiones actuales: 2500 x 600 x 3900 mm³; masa 13 ton.
- Lingotes redondos, también redondos huecos para la fabricación de tubos y perfiles huecos, generalmente hasta 500 mm de diámetro y 3900 mm de longitud, la masa es, en general, hasta 2 ton.
- Llantón con las medidas correspondientes.
- Lingotes para trefilado también, en algunos casos, puntiagudos, en masa de hasta aprox. 80 Kg

Los conocimientos sobre el comportamiento químico y fisicoquímico del aluminio y de las aleaciones del aluminio son importantes para la aplicación correcta de los productos de aluminio. En este sentido tiene interés especial el comportamiento de los materiales de aluminio bajo la acción de los medios en que se hallan, así como los defectos del material sobre otras materias y medios.

Las propiedades de las aleaciones de aluminio representan grandes ventajas:

- Con casi todos los procesos habituales de conformación en frío y en caliente se puede fabricar, a partir de aleaciones de aluminio, toda clase de productos semielaborados y piezas terminadas.
- En las aleaciones de aluminio no se producen, normalmente, chispas por golpe, no siendo combustibles ni siquiera sus virutas. Ocasionalmente, partículas muy finas de aluminio, al igual que otros polvos, pueden en determinadas circunstancias, oxidarse espontáneamente y explotar. Una pequeña adición de berilio elimina completamente el peligro de producirse chispas al ser golpeado con hierros oxidados; existen aleaciones especiales que se recomiendan para el uso en los trabajos de minería a causa de su seguridad frente a la formación de chispas.
- Todas las aleaciones de aluminio presentan una conductividad eléctrica relativamente alta. Sus valores están comprendidos entre 80 y 230 W/m-k. Se hace uso de esta buena conductividad en pistones, cilindros y culatas de motores de combustión, en compresores e intercambiadores de todo tipo, así como en muchos otros campos de aplicación obteniéndose considerables ventajas.
- Todas las aleaciones de aluminio están libres de ferromagnetismo².

1.2.5 Superficie del aluminio

El aluminio se recubre al aire libre por reacción con el oxígeno o con el vapor de agua, con una capa de óxido delgada, pero muy densa. Si se deteriora ésta mecánicamente o se elimina por algún tipo de decapado, surge espontáneamente una nueva capa (efecto de autocuración). La capa de óxido consta esencialmente de Al_2O_3 amorfo. Los óxidos de algunos elementos de aleación se encuentran incorporados, también, en la capa de óxido de aluminio y pueden, como ocurre en el óxido de magnesio, mejorar, dentro de ciertos límites, las propiedades de la capa de óxido natural. Al contrario que las capas de óxido de muchos otros metales, la capa de óxido delgada, densa y aislante del aluminio es muy adherente y proporciona así una protección segura del metal bajo ella evitando que continúe la oxidación. Esta propiedad es la causante de la extraordinaria resistencia a la intemperie, así como frente a un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas.

La película de óxido que se origina sobre el aluminio brillante en contacto con aire seco alcanza a temperatura ambiente en pocos minutos un espesor del orden de nanómetros, que en el transcurso de algunos días sigue aumentando con

² Para una definición más extensa de este término, consultar vocabulario.

velocidad decreciente (autorretención) hasta alcanzar, aproximadamente, un espesor doble o triple del inicial. Si las temperaturas se elevan (por ejemplo, debido a un tratamiento térmico) se acelera la formación de la capa de óxido natural y se refuerza su crecimiento. La distinta rapidez con que crece la capa de óxido en oxígeno seco se debe a una transportación del estado amorfo al cristalino (aproximadamente a temperaturas entre 400 y 650°C). Por encima de los 500°C las capas de óxido alcanzan con relativa rapidez una estructura cristalina compacta que obstaculiza con mayor intensidad el crecimiento que las modificaciones que se originan a temperaturas inferiores.

1.2.6 Influencia de la intemperie

En aire húmedo, las capas de óxido, que en un principio experimentan un rápido crecimiento, lo hacen después más lentamente y se hacen más gruesas que las que se originan en aire seco. La capa de óxido natural formada en aire húmedo, consta de dos capas parciales situadas una sobre otra: la capa barrera, o básica, casi exenta de poros, formada por óxido de aluminio amorfo, cuyo espesor depende de la temperatura y una capa de recubrimiento hidratada, porosa, con escasos constituyentes cristalinos de bayerita (hidróxido de aluminio) $Al(OH)_3$, que puede modificar más o menos el aspecto de la superficie del aluminio según las sustancias acompañantes. Por parte del aluminio tiene lugar una influencia acompañada por su composición, de tal modo que, incluso los elementos acompañantes y de aleación determinan la estructura y la composición de la capa de óxido natural, así como de la que se forma ininterrumpidamente debido a la influencia de la intemperie. Por el efecto de la humedad, así como de la humedad relativa atmosférica, niebla, lluvia y salpicaduras, pueden aparecer sobre piezas de aluminio que estuvieron largo tiempo expuestas a la intemperie, capas de óxido con espesores de 0.1 μm y más. El depósito de suciedad y polvo sobre esta capa de recubrimiento de óxido, da a la superficie un aspecto mate, con la consiguiente disminución de la reflexión superficial.

La composición de la atmósfera ejerce una influencia decisiva sobre el comportamiento de la capa de óxido que recubre al aluminio y, por lo tanto, también sobre éste. La concentración, especialmente de dióxido de azufre, trióxido de azufre, polvo, hollín y sales, determina la agresividad de la atmósfera, la lluvia, el caer y escurrirse el agua, disminuye esta agresividad por efecto de lavado. En el campo las concentraciones de las sustancias citadas son más bajas y, en consecuencia, la atmósfera es menos agresiva. En las ciudades la atmósfera contiene, como consecuencia de los gases de combustión y de los procedentes de los tubos de escape de los automóviles, componentes muchísimo más agresivos. Las industrias también emiten sustancias más agresivas. Las zonas de concentración de las grandes ciudades, y de las industrias pesadas poseen una atmósfera extraordinariamente agresiva, a causa del gran contenido de dióxido de azufre, trióxido de azufre, hollín, polvo y sales.

La capa de óxido natural del aluminio es capaz de resistir por sí misma a la atmósfera agresiva que se forma debido a las industrias, siempre que esté seca. Pero cuando la humedad del aire es elevada y son frecuentes los cambios bruscos de temperatura, se condensan sobre la superficie del aluminio gotitas de agua por condensación de vapores en las cuales se disuelven gases y sales. El pH de estas gotitas de condensación puede descender hasta un valor de 3 y, en algunos casos, aún más, debido especialmente a la formación de ácido sulfúrico. Cuando tales gotitas condensadas permanecen un tiempo suficientemente largo, es atacada, en primer lugar, la capa de óxido, especialmente en los lugares donde existe algún fallo y, la mayor parte de las veces esto ocurre en el centro de la superficie de contacto, de manera puntiforme, para continuar después su ataque sobre el aluminio metálico situado debajo de la capa de óxido. El aluminio, al pasar a la disolución, continúa reaccionando, para formar hidróxido de aluminio, señalando los lugares de ataque primeramente en forma de eflorescencias blanquecinas. Por sedimentación de polvo y hollín se forma, a partir de esta base, una capa de recubrimiento de color gris claro a gris oscuro. Al aumentar la capa de recubrimiento se hace más lento el ataque y finalmente llega a detenerse. La formación de la capa de recubrimiento en el aluminio purísimo, puro y en las aleaciones de aluminio pobres en cobre, es tan favorable que pueden utilizarse sin protección alguna, incluso en los climas industriales agresivos.

El aluminio es estable frente al agua de lluvia pura, no estancada. El agua de lluvia estancada puede producir corrosión por captación de sustancias agresivas (gases, suciedad, sales). En las zonas costeras hay que contar con un elevado contenido de sal en la atmósfera debido a las neblinas de agua salada. Al encontrarse los cloruros procedentes del agua de mar disueltos en las gotitas de condensación, atacan igualmente la capa de óxido de manera puntiforme, aunque con más lentitud que el ácido sulfúrico. También aquí llega a pararse la progresión del ataque al aumentar la capa de óxido, de tal forma que puede utilizarse el aluminio desprotegido con mayor éxito que cualquier otro material resistente al agua de mar en climas marítimos e incluso en la proximidad inmediata al mar.

Bajo la acción de aguas potables conducidas o de las naturales puras en la capa de óxido natural, formada al aire, crece la capa de recubrimiento situada sobre la capa barrera, en función de la composición del aluminio, así como de la naturaleza del agua y de la temperatura reinante, con la velocidad decreciente, hasta que alcanza un espesor final. En las aguas agresivas, especialmente las que contienen cloruros y metales pesados, puede surgir la corrosión perforante. Notablemente agresivas son las trazas de cobre que pueden pasar a las aguas desde las conducciones de cobre o de las griferías que contengan cobre. Los iones cobre llegan a la superficie del aluminio a través de los defectos existentes en la capa de óxido y se precipitan allí como cobre metálico. En el elemento galvánico en formación, el cobre es el cátodo y el aluminio pasa, como ánodo, a la solución. A temperatura por encima de los 50°C las aguas potables y naturales provocan coloraciones grises, hasta negras, que suelen designarse como "ennegrecimiento de aguas de pozo". Las inclusiones de partículas diminutas de aluminio en la capa

de óxido provocan interferencias luminosas y la consiguiente coloración. Tales capas de óxido coloreadas no tienen importancia fisiológica alguna.

La capa de óxido natural no siempre proporciona protección suficiente frente a los ataques corrosivos. Se puede, sin embargo, reforzar esta capa de óxido natural y, en consecuencia, elevar su acción protectora mediante agua hirviendo desionizada o de vapor de agua: Sobre la capa barrera de Al_2O_3 se forma, en vez de la capa de recubrimiento de $Al(OH)_3$ (bayerita) formada por la humedad atmosférica o por agua fría, una capa de recubrimiento de $AlOOH$ (bohemia)³ con lo cual se separa cada vez hidrógeno. Esta capa de bohemia crece en principio muy rápidamente, especialmente cuando se trata con vapor a más de 100°C. Los espesores finales que alcanza esta capa se hallan entre 0.7 y 2 μm . Las capas de bohemia obtenidas a propósito son, desde incoloras hasta de color lechoso, casi sin poros, de sabor neutro e inofensivas desde el punto de vista sanitario. Cuando el pH del medio en que se encuentran se sitúa entre 3.5 y 9 son absolutamente estables.

Un espesor de 0.2 μm basta ya para proteger la superficie del aluminio del ennegrecimiento por agua de pozo. Para la protección contra la corrosión en general, deben elegirse espesores de capa de como mínimo 0.5 μm de espesor. Las capas de bohemia protegen ampliamente contra los ataques del agua potable hirviendo, ácidos de frutas, ácido láctico, alimentos y condimentos ligeramente agresivos. Son apropiadas, en especial, para la protección de las paredes interiores de los recipientes, intercambiadores de calor y sistemas de conducción, ya que se pueden producir después del montaje.

1.2.7 Fundamentos de la corrosión

La corrosión es la reacción de un material metálico con su entorno, la cual provoca una modificación medible del material (fenómeno corrosivo) y puede perjudicar notablemente la función de una parte metálica o de todo un sistema (daños de corrosión). En la mayoría de los casos esta reacción es de naturaleza química o fisicometalúrgica. Cuando aparece un fenómeno de corrosión no significa forzosamente que ello vaya acompañado de un perjuicio. El criterio para los efectos negativos de la corrosión, es solamente la influencia que puede ejercer sobre la función que se ha de contemplar en relación con las exigencias que se hayan establecido.

A causa de la gran afinidad del aluminio por el oxígeno se forman en contacto con el aire y de modo natural, densas capas de óxido que protegen ampliamente de la corrosión al metal subyacente. Esta protección contra la corrosión se pierde, sin embargo, en ácidos y bases, debido a que unos y otros disuelven la capa de

³ Para conseguir capas de bohemia son adecuados: el aluminio purísimo y el aluminio puro, así como las aleaciones para laminación y forja libres de cobre. Las partes que se quieren recubrir con una capa de bohemia se someten previamente a un tratamiento (de desengrasado, decapado, neutralización, etc.)

óxido. En presencia de un medio agresivo, como en una disolución acuosa de cloruro sódico, pueden aparecer zonas de ataque local dependientes de la situación potencial de fallos en la capa de óxido. En estos casos el aluminio pasa del estado anódico a solución, conforme a la reacción:



Los electrones liberados migran al cátodo local y reaccionan así:



Si se sobrepasa el producto de solubilidad puede tener lugar la precipitación de hidróxido de aluminio en las zonas de la corrosión. Esto trae consigo un fuerte aumento de la resistencia del elemento local, de por sí alta, de tal manera que se retrasa el ataque e, incluso en ciertas circunstancias, puede llegar a paralizarse.

Las reacciones de corrosión se determinan, en medios corrosivos neutros, esencialmente a partir de la reducción del oxígeno contenido en el medio corrosivo acuoso, para formar iones hidroxilo, y transcurren preferentemente como precipitaciones de fases intermetálicas en el aluminio. La serie de tensiones de los metales, tantas veces citada en los libros (serie de los potenciales normales), en la que el aluminio ocupa un lugar muy alejado en el campo negativo – aproximadamente 1700 mV referido al electrodo normal de hidrógeno – es inadecuada para enjuiciar el comportamiento ante la corrosión. En la serie de tensiones se encuentran recopilados los potenciales de equilibrio de la reacción parcial anódica, es decir como magnitudes de estado. Pero los procesos de corrosión, sin embargo, abarcan siempre varias reacciones, anódicas y catódicas, que pueden desarrollarse a velocidad muy distinta, puesto que estos procesos pueden sufrir grandes retrasos en la reacción, hay algunos metales "no nobles" que presentan un comportamiento pasivo en medios agresivos y, entre ellos, se puede citar como ejemplo, el aluminio.

La concentración de iones hidrógeno tiene gran importancia sobre el curso de la corrosión en medios acuosos, es decir, el pH del electrolito. La película de óxido que protege al aluminio es ampliamente insoluble para valores de pH situados entre 4.5 y 8.5. Por este motivo tiene lugar un ataque sobre el metal, preferentemente fuera de estos valores de pH. Excepciones de esta regla general, son por ejemplo, el ácido nítrico concentrado (pH = 1), el ácido acético concentrado y el hidróxido amónico (pH = 13), los cuales atacan muy poco al aluminio.

1.2.8 Influencia de la corrosión sobre las aleaciones

La resistencia a la corrosión de los materiales de aluminio es, en general, tanto mejor cuando más alto es su grado de pureza, es decir, cuanto menor sean los elementos de adición utilizados en los procesos de fabricación habituales. Para

aparatos y recipientes de la industria química y de la alimentación, así como para las baterías de cocina domésticas, se emplea, en su mayoría, aluminio puro con 99.5% de Al; para necesidades altamente especiales, en cuanto a su estabilidad, se usan clases de aluminio con mayor grado de pureza, hasta el aluminio purísimo con 99.98% de Al. La resistencia a la corrosión del aluminio se halla condicionada, además de por la clase y concentración de elementos de aleación o de adición, también por su distribución, es decir, es importante si aquellos están presentes como constituyentes heterogéneos o disueltos homogéneamente en la solución sólida. Además, la influencia de los elementos acompañantes depende del medio corrosivo, de tal manera que no se pueden ordenar cada uno de los elementos según una actividad general basándose en su acción y su comportamiento ante la corrosión. Debe añadirse, además, que con frecuencia los elementos de aleación pueden influenciarse recíprocamente en cuanto a su acción:

- Las aleaciones de fundición
- Las aleaciones de forja y laminación

El comportamiento químico de una aleación de fundición de aluminio corresponde aproximadamente, al de una aleación para laminación y forja de composición semejante. Por otra parte, la estabilidad química de una pieza moldeada no depende solamente de la composición de la aleación, sino también de las condiciones de la colada. Incluso las inclusiones, poros y microrrechupes que aparecen ampliamente sobre la superficie, y en las cuales pueden penetrar un líquido agresivo, influyen en la estabilidad química de una pieza moldeada. Los fallos mencionados se muestran también desfavorables para la adherencia y estabilidad de una capa de pintura.

1.2.9 Tratamientos térmicos o mecánicos

Este tipo de tratamientos puede ejercer una influencia considerable sobre la resistencia a la corrosión de las aleaciones de aluminio. Los tratamientos térmicos y las deformaciones influyen sobre la cantidad y reparto de constituyentes estructurales heterogéneos así como sobre el valor de las tensiones internas. Mediante elección de las condiciones del tratamiento térmico, pueden provocarse, en aleaciones de aluminio sobresaturadas, estados críticos con respecto a la corrosión en grietas bajo tensión e intercrystalinas y, en otros casos, se pueden impedir. La velocidad de enfriamiento durante éste, desde la temperatura del procedimiento de temple tiene una influencia considerable sobre la estabilidad frente a la corrosión o frente a la corrosión en grietas bajo tensión: las aleaciones AlMgSi y AlCuMg exigen fuertes velocidades de enfriamiento, mientras que las aleaciones de AlZnMg1 muestran una mejor resistencia con velocidades lentas de enfriamiento (aleaciones AlMg). Se pueden también detectar acciones diferentes en las modificaciones de las temperaturas de endurecimiento en distintas aleaciones. La resistencia a la corrosión puede influenciarse de forma negativa también en la soldadura, en particular la de aleaciones sobresaturadas, debido a la aportación de calor.

Las diferencias estructurales, como los tamaños de grano y orientaciones de los mismos, provocan, de ordinario, sólo modificaciones muy pequeñas en el comportamiento general frente a la corrosión. Sin embargo, para la estabilidad frente a la corrosión en grietas bajo tensión, es de considerable importancia la estructura. Se sabe que en las aleaciones AlZnMg la estructura fibrosa que se forma en el proceso de conformación, en los perfiles extrusionados y en las piezas forjadas, muestra una estabilidad frente a la corrosión bajo tensión mucho mayor que una estructura recristalizada basta. La sensibilidad a la corrosión en grietas bajo tensión es en la dirección longitudinal siempre muchísimo más pequeña que en la dirección transversal. La corrosión por capas viene determinada por la manera en que se ha formado la estructura.

1.2.10 Condición superficial

El comportamiento frente a la corrosión de un objeto de aluminio se halla ampliamente influenciado por las características superficiales. Los diferentes estados superficiales, originados por rectificado, pulido, cepillado y decapado, dan lugar a un comportamiento a la corrosión muy diferente de unas a otras aunque las aleaciones de aluminio tengan la misma composición. En general, puede decirse que como para otros metales, casi siempre una superficie erosionada actúa, la mayor parte de las veces, desfavorablemente con respecto a la resistencia a la corrosión, en tanto que el alisado actúa favorablemente. La buena estabilidad ante la corrosión del aluminio se ve perjudicada por los cuerpos extraños incrustados en la superficie.

1.2.11 Tipos de corrosión y tipos de protección contra la misma

Un sistema corrosivo consta del material metálico, del medio atacante y de todas las fases correspondientes que influyen en la corrosión. La velocidad de corrosión se puede definir sólo en relación con la forma en que aparece ésta. Sirve para describir la dependencia temporal de la corrosión.

Corrosión superficial uniforme

Esta corrosión se produce con velocidad de destrucción casi igual por toda la superficie. La superficie del aluminio se desgasta, generalmente de forma uniforme, sólo por la acción de ácidos y álcalis. El aluminio es disuelto con la máxima intensidad por las lejías alcalinas (sosa y potasa, etc.) y los hidrácidos (fluorhídrico, clorhídrico, etc.). La velocidad de destrucción del aluminio por álcalis se puede disminuir por adición de silicatos potásicos y coloides apropiados. También puede disminuirse la corrosión por ácidos mediante la adición de ciertos inhibidores. Teniendo en cuenta que el ataque es uniforme sobre toda la superficie, se puede, en este caso, obtener conclusiones sobre el comportamiento general del resto del material tomando como base las pérdidas consecutivas de peso causadas por la sustancia agresiva en diversas etapas de tiempo. El ataque puede decrecer con el tiempo, a causa de la formación de película protectora e, incluso, cesar por completo, transcurrir linealmente en función del tiempo o

aumentar con éste, siempre que se produzca calor de reacción que ocasione una elevación de la temperatura. La velocidad de destrucción presenta, la mayor parte de las veces, una dependencia regular de la temperatura.

Corrosión localizada

Es la que se produce con una velocidad de destrucción distinta de unos puntos a otros. El ataque tiene lugar con un deterioro superficial irregular formándose hoyos cuyo diámetro es bastante mayor que su profundidad.

Corrosión por picaduras

Es aquella en la que la eliminación electrolytica del metal se realiza sólo en pequeños entornos superficiales, originando la picadura. Es un tipo de corrosión en el cual aparecen hondonadas, en forma de cráter, que perforan la superficie. Fuera de las picaduras no tiene lugar prácticamente ningún desgaste superficial. La profundidad en el lugar de la picadura es, de ordinario, igual o superior a su diámetro.

Corrosión filiforme

Aparece como un ataque localizado, con una estructura filiforme, preferentemente en los recubrimientos de pequeño espesor o en las chapas de aluminio-magnesio anodizadas, con contenidos en Mg superiores al 3%. La corrosión empieza, la mayor parte de las veces, a partir de los poros mayores y otros fallos del recubrimiento. Una premisa muy importante para su formación es una elevada humedad relativa del medio y la presencia de sustancias higroscópicas (como partículas de polvo o residuos salinos de soluciones decapantes) en los poros o deterioros de la película. El medio agresivo formado a partir de las sustancias aludidas penetra por debajo de la película y absorbe más humedad a través de ésta. La presión osmótica y el mayor volumen de los productos de corrosión provocan la separación de la película de pintura con la base metálica. La corrosión filiforme puede originarse, también, sobre superficies metálicas brillantes, cuando exista la posibilidad de la formación de capa protectora. Puesto que el ataque no se dirige, principalmente, hacia la profundidad, no altera las características del metal, sino solamente, su aspecto externo.

Corrosión selectiva

Es la que ataca con preferencia determinados componentes estructurales, campos próximos a los bordes de grano, o constituyentes de la aleación. Las aleaciones con precipitaciones en los bordes de grano son especialmente sensibles. A causa de un contacto inmediato entre el medio corrosivo y el metal base, puede aumentar la diferencia de potencial existente entre las precipitaciones de los bordes de grano y los propios bordes, en el caso de que las zonas fronterizas tengan menor cantidad de componentes que las del interior de los granos.

La estructura que conduce a la debilidad frente a la corrosión intercrystalina puede provocarse, tanto en materiales conteniendo cobre (AlCuMg) como con aleaciones con alto contenido en Mg, mediante tratamientos térmicos apropiados. En las aleaciones de AlMg con contenido en Mg superiores al 3%, se presenta una inclinación hacia la corrosión intercrystalina solamente en el caso en que el compuesto Al_3Mg_2 , precipitado a partir de la solución sólida AlMg sobresaturada, forme una película compacta en los bordes de grano; pero no sucederá esto si las precipitaciones en los bordes de los granos se hallan presentes en forma de glóbulos, separados unos de otros, como en un collar de perlas. Puesto que el compuesto Al_3Mg_2 es menos noble que la solución sólida de AlMg, se disuelve con preferencia. Si las distintas precipitaciones de Al_3Mg_2 están separadas entre sí, se paraliza el ataque localmente tan pronto se disuelven las precipitaciones que existan sobre la superficie, pero si forma una película compacta, existe la posibilidad de un avance en profundidad del ataque intercrystalino. Tales precipitaciones compactas, que favorecen la corrosión intercrystalina, se originan especialmente cuando se revienen las aleaciones de AlMg homogeneizadas a temperaturas entre 80 y 200°C. Por un tratamiento de heterogeneización, mediante tratamiento de recocido apropiados, se puede conseguir que sean muy poco sensibles (estabilizadas) frente a la corrosión intercrystalina.

En las aleaciones AlCuMg, las precipitaciones en los bordes del grano de $CuAl_2$ (aluminuro de cobre) son siempre críticas. Como son más nobles que la solución sólida, no se disuelven las precipitaciones al entrar en contacto con un electrolito, sino que dan lugar a una disolución anódica de la solución sólida próxima a los bordes del grano. De esta manera entra en contacto, constantemente, con el electrolito otras precipitaciones existentes en los bordes del grano, de modo que el ataque puede continuar. Enfriadas y almacenadas en frío, las aleaciones AlCuMg son relativamente las más estables, porque en esas condiciones las precipitaciones en los bordes de los granos son mínimas. Por el contrario, tienden a la corrosión intercrystalina cuando se hallan en estado de almacenaje térmico, por lo tanto, cuando se almacenan entre 80 y 200°C. Un periodo de preenfriamiento demasiado largo (intervalo desde la extracción de la pieza caliente del horno hasta sumergirla en el medio de enfriamiento) disminuye la estabilidad de las aleaciones AlCuMg frente a la corrosión intercrystalina.

Las aleaciones AlZnMg y AlZnMgCu pueden tender a la corrosión intergranular cuando la composición no sea favorable (por ejemplo, con un contenido excesivamente elevado de Zn). El aluminio puro y las aleaciones no sobresaturadas de aluminio, tales como AlMg1, AlMg3, AlMgMn, AlMn y AlMgSiO5, son ampliamente insensibles con respecto a la corrosión intercrystalina.

En la corrosión por capas se atacan zonas de segregación selectivas, lo cual conduce a la exfoliación y/o abombamiento del material. La corrosión por capas se presenta, la mayor parte de las veces, en planchas y delgados perfiles de algunas aleaciones de aluminio altamente resistentes, por existir estados estructurales

específicos y a causa de la acción de determinados medios corrosivos. La corrosión selectiva discurre preferentemente paralela a la dirección de conformación. La "corrosión pura por capas" se presenta sólo cuando el ataque se produce de forma transcrystalina siguiendo las líneas de la segregación.

Corrosión en rendijas

Es la que tiene lugar en intersticios en los que se acumulan medios atacantes. Esto tiene lugar, especialmente, cuando hay diferencias de concentración en el oxígeno disuelto, debido a diferencias en la ventilación. La corrosión en rendijas aparece en la mayoría de los metales, preferentemente en una zona crítica de amplitudes comprendida entre 0.02 y 0.5 mm, así como en el caso de un emparejamiento de metal/plástico.

Corrosión por contacto (corrosión galvánica)

Es la corrosión de una zona metálica, originada por un elemento de corrosión, como consecuencia del emparejamiento metal/metal o metal/ cuerpo sólido conductor de electrones, los cuales se hallan unidos por un electrolito conductor. La zona metálica que se corroe aceleradamente es el ánodo del elemento de corrosión.

La posibilidad de formarse un elemento de corrosión se puede estimar, solamente con reserva, a partir de una serie de tensiones "prácticas". Las series de tensiones son un agrupamiento de valores de las tensiones, en medios corrosivos prefijados, bajo condiciones definidas. Por ello, en la práctica, no son apropiadas para establecer normas de validez absoluta sobre cuál de los metales en contacto en un sistema corrosivo, es el ánodo o el cátodo. En la práctica puede producirse una influencia potencial, por ejemplo, por la formación de capas de recubrimiento.

Las experiencias prácticas muestran que, en la construcción, no se presentan problemas en las combinaciones de aluminio laminado o forjado brillante con los siguientes metales:

- Aceros al cromo y cromoníquel inoxidables;
- Aluminio, plomo, cromo, níquel, cinc, estaño o acero con recubrimiento de estos metales;
- Acero con recubrimiento orgánico.

La combinación se ha de realizar de tal forma que se eviten las grietas que pudieran dar lugar a corrosiones en ellas.

Corrosión por contacto

La corrosión local por contacto con un cuerpo extraño puede ser, o bien una corrosión en rendija (contacto con cuerpos sólidos no conductores) o una corrosión de contacto (corrosión con cuerpos sólidos conductores de electrones).

Corrosión por condensación de ácidos

Llamada también corrosión del punto de rocío, se origina como consecuencia de pasar el punto de rocío, por ejemplo en los gases combustibles. Si se puede impedir por medidas constructivas, se requiere una protección activa y eficaz de la superficie.

Corrosión por condensación acuosa

Se trata de una corrosión por agua que se condensa al pasar el punto de rocío, sobre la superficie del metal (condensación de humedad). Las más expuestas a este tipo de corrosión son las partes inferiores de construcciones planas y material almacenado o enrollado que no tenga buena ventilación y que se cambien de zonas frías a recintos calientes.

Corrosión estática

Se presenta solamente cuando una instalación en funcionamiento se para. Se puede mantener dentro de ciertos límites convenientes o bien por medidas constructivas o mediante un mantenimiento adecuado.

Corrosión en sistemas de conducción de agua

En los circuitos cerrados, con aguas pobres en oxígeno o totalmente libres de él (calefacciones de agua caliente, circuito de un colector solar), falta el oxígeno necesario para la corrosión. La corrosión en el aluminio se puede parar, incluso en las instalaciones mixtas con tubos de acero, o accesorios de latón, siempre que se evite el acceso del oxígeno al sistema a través de partes de tubería de plástico (los plásticos no son impermeables a la difusión del oxígeno). Teniendo en cuenta que estas premisas no siempre se cumplen en la práctica, debiera limitarse a un mínimo la parte del metal pesado en las instalaciones mixtas, frente al aluminio. La utilización de cobre en el mismo circuito no es recomendable; los accesorios de aleaciones de cobre y cinc que forman rápidamente capas de recubrimiento se pueden utilizar sin problemas, en la mayoría de las veces. Los accesorios totalmente niquelados y los de acero al cromo-níquel austenítico, inoxidable, son las más ventajosas. A continuación se dan algunas indicaciones:

- El pH del agua del circuito no debe sobrepasar, en ningún caso, el valor de 9; se debe observar que, por calentamiento, se elimina el dióxido de carbono disuelto en el agua, lo cual puede hacer subir el valor pH. Los valores pH superiores a 9 pueden influir e incluso impedir la formación de capas de recubrimiento sobre el aluminio.
- En agua tratada y mantenida en calderas y el agua en las condiciones de calefacción a distancia tienen valores de pH, a veces incluso, por encima de 10; si no es posible hacer descender el pH por debajo de 9, o hacer funcionar el circuito de calefacción separado de las partes calefactoras de aluminio, a través de un intercambio de calor, debe renunciarse a la utilización de elementos calefactores de aluminio.
- La formación de capas de recubrimiento sobre todas las partes metálicas en un sistema de conducción de agua se fomenta por adición de dicromato sódico en una concentración de 0.1 hasta 0.2 g/l, el cual se añade al llenar el recipiente.
- Una eliminación de las capas de recubrimiento e, incluso, socavamiento del metal pueden aparecer también por velocidades locales del flujo excesivamente altas (erosión) o por calentamiento con vapor (erosión o cavitación); este peligro existe, no obstante, para todos los materiales, pudiendo evitarse por un estudio exacto de las secciones de tuberías.

1.2.12 Inhibidores

Sin contar la utilización de los diversos procedimientos de protección superficial, existe la posibilidad de eliminar o, al menos disminuir la acción agresiva de diversas sustancias por adición de inhibidores (retardadores del ataque o sustancias protectoras). Condición previa para la utilización de inhibidores es su compatibilidad con el medio agresivo. Los inhibidores pueden tomar parte tanto en la formación de películas protectoras como actuar de modo que retrasen o impidan reacciones de descomposición cuyos productos reactivos sean corrosivos.

1.2.13 Comportamiento químico frente a otras sustancias

La tabla 3 es el resultado de ensayos de laboratorio y experiencia prácticas que corresponden a condiciones totalmente específicas con relación al grado de pureza, concentración, presión y temperaturas de la sustancia correspondiente. Sirve como una orientación, ya que las desviaciones de las condiciones de funcionamiento pueden ocasionar una gran modificación en el comportamiento del aluminio frente a la sustancia respecto a las ensayadas en el laboratorio.

Existen muchos métodos de ensayo, por ejemplo, el método de la estabilidad química sirve, en primer lugar para saber si un material es apropiado para un fin

específico, dependiente del tratamiento químico a que se le someta, o de las influencias del medio. Puede tratarse, o bien de un conjunto de ensayos científicos sistemáticos o del estudio de un caso aislado.

El ensayo natural es el análisis de más confianza entre las relaciones que existen en la práctica, debido a que, en este caso, se tienen en cuenta todas las influencias que intervienen (concentración, temperatura, grado de pureza, y velocidad de flujo de la sustancia agresiva, composición, estado y superficie del material, relación de la superficie del metal y la cantidad de la sustancia, etc.) Por esta razón se debe ensayar el comportamiento del material frente a las condiciones atmosféricas, aguas, o tipos de suelo, con o sin acción extraña, en el mejor de los casos, mediante un ensayo al natural.

El ensayo de laboratorio se realiza cuando el ensayo práctico tropieza con dificultades o se ha de utilizar sistemáticamente sólo una magnitud influyente específica. El proceso se analiza por observación a distintos intervalos. Los ensayos se realizan con probetas, exactamente definidas en cuanto a composición y peso, y bajo condiciones determinadas, que a veces se hacen variar sistemáticamente. Además, existe la posibilidad de analizar separadamente diversos factores en el ataque.

Los ensayos de corta duración formalizados sirven para tomar una decisión rápida sobre si un material es adecuado. Los resultados deben valorarse con relatividad, es decir, referidos a otros materiales ya conocidos y ensayados simultáneamente.

1.2.14 Tratamiento superficial del aluminio

El aluminio, gracias a la formación de la capa de óxido, presenta una extraordinaria autoprotección en un dominio químicamente neutro, lo cual es suficiente para un gran número de aplicaciones. Sin embargo, son necesarias medidas adicionales para cumplir las múltiples exigencias que se imponen en la práctica a las superficies de aluminio. Entre ellas cabe destacar: Aspecto decorativo (metálico, coloración), estable ante la corrosión y resistente al desgaste. Las superficies que cumplen estas propiedades, incluso en distintas combinaciones, se pueden conseguir mediante toda una serie de procedimientos de tratamiento superficial.

| Agente | Comportamiento | Observaciones |
|-----------------------------|----------------|--|
| Acetato de aluminio | +... ++ | T.a.: +; sol. H ₂ O%, ácida: ++ |
| Acetato de amilo | + | Aleaciones sin cobre |
| Acetato de amonio | + | < 70°C |
| Acetato de bario | +... -- | A temperatura de ebullición |
| Acetato de cobre | - | Oxidación de acetaldehído con oxígeno y cobre en aluminio: + |
| Acetato de etilo | + | Hasta T.v. (77°C) |
| Acetato de vinilo | + | |
| Acetato sódico | +... ++ | Aleaciones sin cobre: +... ++ |
| Ácido fórmico | ++... - | Sin H ₂ O: ++ |
| Ácido fosfórico | + | Sin H ₂ O |
| Ácido fosfórico | ++... - | Solo muy diluido: ++ |
| Ácido sulfúrico | ++... - | >20%: con temperatura y concentración creciente: ++... -; sol. al 100%, T.a.: ++ |
| Agua regia | + | |
| Agua salobre | ++... -- | Al99.5, AlMn, AlMg3, AlMgMn mejor que AlMgSi, AlCuMg |
| Aluminato sódico | ++... -- | |
| Amoniaco, gaseoso o líquido | +... ++ | Seco hasta 600°C: +; líquido, seco: +; húmedo: ++ |
| Anilina | +... - | T.a.: +; T.v.: - |
| Bauxita | + | |
| Benceno | +... -- | Sin H ₂ O: conteniendo H ₂ O: ++... -- |
| Bisulfato sódico | +... -- | >60°C: -- |
| Bisulfito potásico | +... - | T.a., sol. ac. Al 10%: +; > T.a.: ++... - |
| Bisulfito sódico | +... -- | Aleaciones sin Cu: +... ++ (ventajoso anodizado) |
| Bisulfuro de amonio | +... ++ | Solución acuosa |
| Carbonato cálcico | + | |
| Carbonato potásico, potasa | - | T.a., sol. al 5-53%: -; con adición de silicato de potasa: -... + |
| Clorato potásico | + | |
| Clorato sódico | + | Soluciones sin Cu: +; con cloruro sódico: - |
| Cloruro de amonio | ++... -- | Al, G-AlSi, G-AlHg en dis. Diluida hasta 100°C: + |
| Cloruro potásico | ++... -- | Al y aleac. De AlMg mejor que AlCu |
| Cloruro sódico | ++... - | |
| Cromato cálcico | + | |
| Cromato de amonio | + | |

Tabla 3.

Explicación de los símbolos:

+: Prácticamente estable; ++: Bastante estable; --: Poco estable; -: Inútil por razones de corrosión química, térmica o mecánica.

Los datos son válidos, en gral. para el aluminio puro y sus aleaciones exentas de cobre.

Abreviaturas:

T.a.: Temperatura ambiente, T.v.: Temperatura de vaporización.

Tratamiento mecánico

Se utiliza para eliminar faltas de planitud, defectos locales y otras irregularidades de la superficie en el producto semielaborado y en las piezas coladas, así como

también para dar mayor lisura. Representa con frecuencia una primera etapa para el tratamiento químico o electrolítico que sigue a continuación, pero, en algunos casos, constituye también el tratamiento final. En el tratamiento superficial se deben tener en cuenta las características específicas del aluminio. El tratamiento superficial mecánico del aluminio se realiza de manera semejante a como en otros metales. Se utilizan los mismos dispositivos y útiles. En ningún caso se deben utilizar discos de pulir o cepillos con los cuales se hayan tratado ya otros metales. Los materiales blandos de aluminio purísimo, aluminio puro y AlMn, con dureza Brinell de hasta 40, se dañan fácilmente y exigen un trabajo muy cuidadoso y experiencia. Esto mismo es aplicable para los materiales lacados cuyas delgadas capas de lacado (aproximadamente el 5% del espesor de la chapa) pueden eliminarse por esmerilado o por pulido. Los materiales de AlMg, así como las aleaciones endurecidas se trabajan bien. La mejor consistencia al pulimento la presentan las aleaciones de AlMg y AlMgSi.

CAPITULO 2

2. PROCESO DE ANODIZADO

2.1 Definiciones químicas

2.1.1 Principios de electroquímica, la pila de corrosión

Todo proceso de oxidación y de reducción supone un movimiento de electrones, con lo cual se habla de una reacción química, aquí se hablará exclusivamente de los mecanismos que implican el movimiento de electrones desde una región anódica (donde tiene lugar la oxidación) a otra catódica (lugar de la reducción) a través de regiones del metal no reaccionante.

La unión eléctrica de dos metales distintos, por ejemplo, el cinc y el cobre, sumergidos en la misma solución, engendra una corriente eléctrica cuya energía proviene de cambios químicos. El paso de la electricidad a través del líquido es posible a causa del movimiento de aniones y cationes hacia el ánodo y cátodo, respectivamente. El metal anódico es corroído en un proceso en que los átomos metálicos se disuelven como iones positivos al ceder electrones a otros átomos o iones. En cambio, el metal catódico, que recibe los electrones liberados en el ánodo, permanece relativamente inmune (Ver figuras 3 y 4).

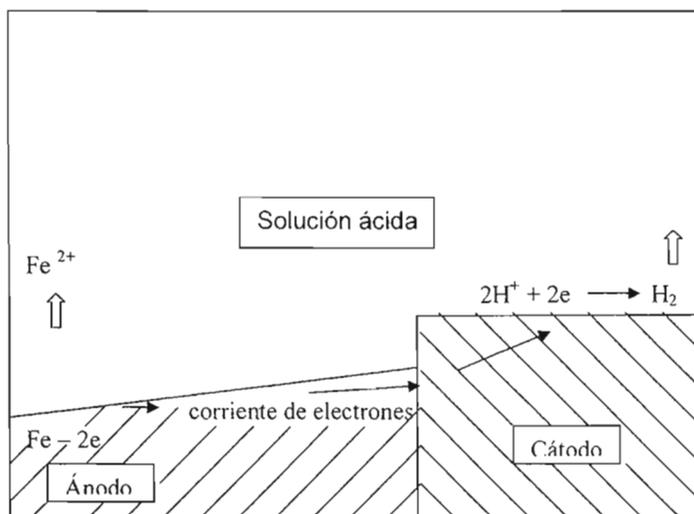


Figura 3. Funcionamiento de una pila de corrosión en solución ácida. Corte transversal incluyendo dos regiones metálicas electroquímicamente heterogéneas (por ejemplo dos metales, granos cristalinos o fases distintas).

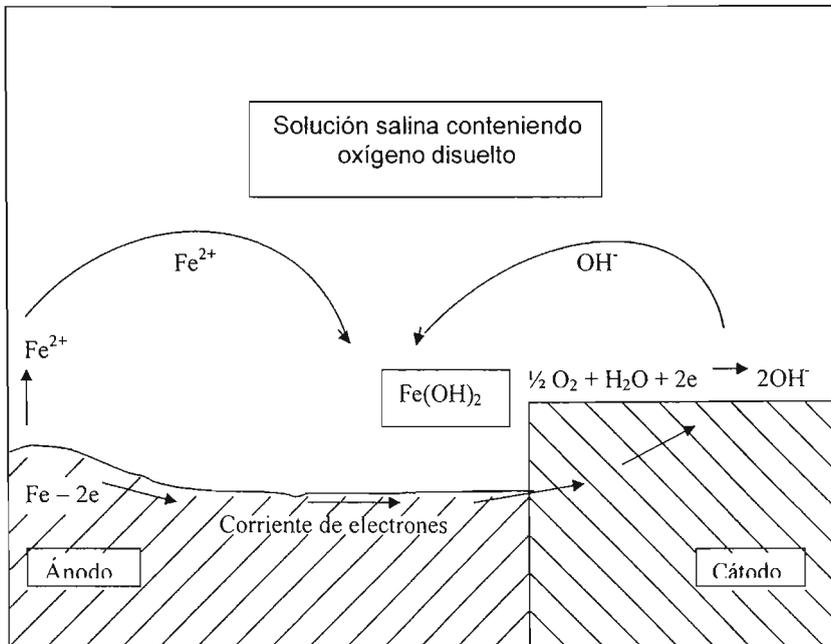
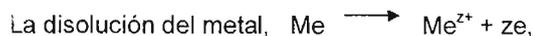


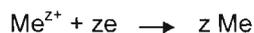
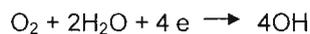
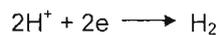
Figura 4. Ilustración esquemática del funcionamiento de una pila de corrosión en solución aireada. Corte transversal incluyendo dos regiones metálicas electroquímicamente heterogéneas.

En el contacto entre metales distintos, o cuando existen regiones de actividad diversa en la superficie de un mismo metal, las áreas más activas tienden a ser los ánodos de las pilas de corrosión que se forman. Sobre ellas se localizan, por tanto, el ataque electroquímico, que necesariamente ha de estar acompañado por un proceso de reducción en el cátodo.

Reacción anódica (oxidación):



Cualquier proceso de reducción, por ejemplo:



Y en general,



Las diferencias de potencial electroquímico son el origen de que unas regiones actúen anódicamente y otras lo hagan catódicamente. El conocimiento del potencial de electrodo es de la mayor importancia para interpretar los mecanismos de corrosión electroquímica. Su medida permite determinar el grado de polarización del electrodo e incluso estimar la velocidad de corrosión metálica; conocer si un metal está en estado "activo" o "pasivo"; seguir la formación y rotura de películas superficiales; estudiar el efecto sobre el metal de eventuales sustancias inhibitoras o estimuladoras de los procesos de corrosión; etc.

La siguiente tabla (4) es una serie resumida de potenciales normales de electrodo. De abajo arriba aumenta gradualmente la tendencia del metal a disolverse dando cationes:

| ELECTRODO | POTENCIA (VOLTIOS) |
|--|--------------------|
| (Lado activo) | |
| $\text{Ca}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ca}$ | -2.76 |
| $\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}$ | -2.34 |
| $\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$ | -1.67 |
| $\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$ | -0.76 |
| $\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$ | -0.44 |
| $\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$ | -0.14 |
| $\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$ | -0.13 |
| $2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2$ | 0.00 |
| $\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$ | +0.34 |
| $\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$ | +0.80 |
| $\text{Hg}_2^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}$ | +0.85 |
| $\text{Au}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Au}$ | +1.50 |
| (Lado noble) | 4 |

Tabla 4. Valores de potenciales normales de electrodo.

Recordemos brevemente el concepto de potencial de equilibrio, potencial que se establece como resultado del equilibrio entre dos tendencias: la de los átomos metálicos para dejar el metal y pasar a la solución, ionizándose e hidratándose, y la de los cationes para depositarse sobre el metal. El equilibrio es dinámico. A él corresponde una densidad de corriente de intercambio equivalente a través de la

⁴ Los potenciales normales de electrodo están referidos al de la semipila o semielemento $2\text{H}^+/\text{H}_2$, constituida por una lámina inerte de platino recubierta con negro de platino, que está sumergida en una solución ácida de actividad igual a 1 saturada con gas hidrógeno a la presión de 1 atmósfera; este potencial se toma como cero arbitrario de la escala de potenciales.

ley de Faraday a la velocidad de disolución anódica o de depósito de cationes, ambas iguales entre sí.

Los valores medidos experimentalmente de potenciales de electrodo dependen de muchos factores, he aquí algunos:

- Magnitud de las corrientes de cambio para los varios equilibrios.
- Formación de iones complejos.
- Precipitación de una sustancia poco soluble y porosa sobre la superficie metálica (sal o hidróxido), en cuyo caso la concentración de iones metálicos queda limitada por el producto de solubilidad del compuesto.
- Presencia de películas continuas de óxido sobre el metal.
- Que se trate de un potencial mixto, resultante de la verificación simultánea de dos o más procesos en condiciones de no-equilibrio; esto es, la liberación de electrones por otro: en un sentido predomina la disolución del metal y en otro, por ejemplo, la descarga de iones H^+ (el electrodo sufre corrosión).

En todo proceso electroquímico y en general, para el funcionamiento de las plantas industriales se requiere del servicio de la electricidad.

Para comprender mejor la importancia de la electricidad para el proceso de anodizado, se darán a continuación algunos conceptos teóricos básicos.

Electricidad en movimiento

Cuando una carga eléctrica está en reposo, se dice que es electricidad estática, pero cuando está en movimiento, se llama corriente eléctrica. En la mayoría de los casos, una corriente eléctrica se describe como el flujo de cargas eléctricas a lo largo de un conductor. Hay dos métodos generales por los cuales se obtiene un suministro continuo de cargas eléctricas: uno es por medio de una batería y el otro con ayuda de un generador eléctrico. La batería es un dispositivo en el que la energía química se transforma en energía eléctrica; el generador es un aparato con el cual la energía mecánica se transforma en energía eléctrica.

Fuerza electromotriz (tensión y voltaje)

La carga eléctrica que adquiere un objeto está determinada por el número de electrones que pierde o gana. Puesto que el número de electrones que se mueven así es sumamente grande, se usa una unidad llamada coulomb para indicar la carga.

Cuando dos cargas tienen una diferencia de potencial, la fuerza eléctrica resultante se llama fuerza electromotriz (fem) y la unidad que se usa para indicarla es el volt.

Cantidad de corriente (ampere)

La cantidad de corriente que fluye en un alambre está determinada por el número de electrones que pasan por un punto dado, en un segundo. 1 coulomb es 6.28×10^{18} electrones. Si un coulomb pasa en un punto en un segundo, se tendrá una corriente de un ampere.

Ley de Ohm

Esta es la ley fundamental de la electricidad, que hace posible determinar la intensidad de la corriente que fluye por un conductor, cuando la resistencia del mismo y la diferencia de potencial que se le aplica son conocidas. Lo que Ohm descubrió fue que hay una relación constante entre la diferencia de potencial en los extremos de un conductor metálico y la intensidad de la corriente que fluye por él es una constante. La constante de proporcionalidad se llama resistencia eléctrica:

$$\text{Resistencia} = \text{diferencia de potencial/corriente}$$

Simbólicamente, esta ley se representa como sigue:

$$R = V/I$$

En unidades eléctricas:

$$1 \text{ ohm} = 1 \text{ volt}/1 \text{ amper}$$

Corrientes continua y alterna

La diferencia entre corriente continua y corriente alterna es que la primera siempre fluye en una dirección, mientras que la segunda invierte su sentido periódicamente. Para enviar una corriente continua por un circuito eléctrico, es necesaria una fuente capaz de desarrollar una fuerza electromotriz constante.

Para enviar una corriente alterna por un circuito, se requiere una fuente que pueda invertir su fem. Para ello se requiere un generador de corriente alterna.

La corriente alterna puede convertirse en corriente continua utilizando dispositivos especiales llamados rectificadores, los cuales ofrecen una oposición muy grande al flujo de corriente en una dirección y una oposición muy pequeña al flujo de corriente en la otra dirección.

Para el proceso de anodizado que "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V. se utilizan cinco rectificadores (pulsantes), tres de los cuales operan en las tinas de anodizado y dos más en las tinas de electrocolor. La importancia de contar con estos equipos es fundamental ya que de ello depende el espesor de la capa (anódica) del perfil de aluminio, lo que significa darle a este perfil, las características adecuadas para su posterior tratamiento. El tiempo que dura el anodizado está sujeto al acabado final que tendrá (es decir, el micraje de la capa, en función del color). Se dispone de un sistema de control (en carátula), por la cual

los operadores manejan esta área, en función de las características antes descritas.

2.1.2 Heterogeneidades responsables de las pilas de corrosión

Heterogeneidades en la fase metálica

Constituyen la causa más frecuente de corrosión electroquímica. Entre los muchos tipos existentes cabe señalar:

- Fases dispersas en la matriz metálica de diferente composición química que ésta. Como los compuestos intermetálicos (CuAl_2 en las aleaciones de aluminio); segundas fases metálicas (partículas de hierro en el magnesio, fase rica en antimonio en el polonio); inclusiones no metálicas dotadas de alguna conductividad eléctrica (grafito en la fundición de hierro, cementita en los aceros, carburos de cromo en el acero inoxidable, sulfuros, nitruros, óxidos). Muchas de estas inclusiones son de actuación catódica, por lo que promueven el ataque anódico del metal contiguo a ellas (figura 5).
- Partículas contaminadas de la superficie. Superficies contaminadas durante el laminado a consecuencia de utilizar unos rodillos sucios, por partículas de metales extraños durante el mecanizado (acción de la fresa, lima, etc.), por el roce con herramientas de trabajo (como destornilladores, llaves inglesas, etc.), o por el contacto con otros metales durante el almacenamiento y transporte.

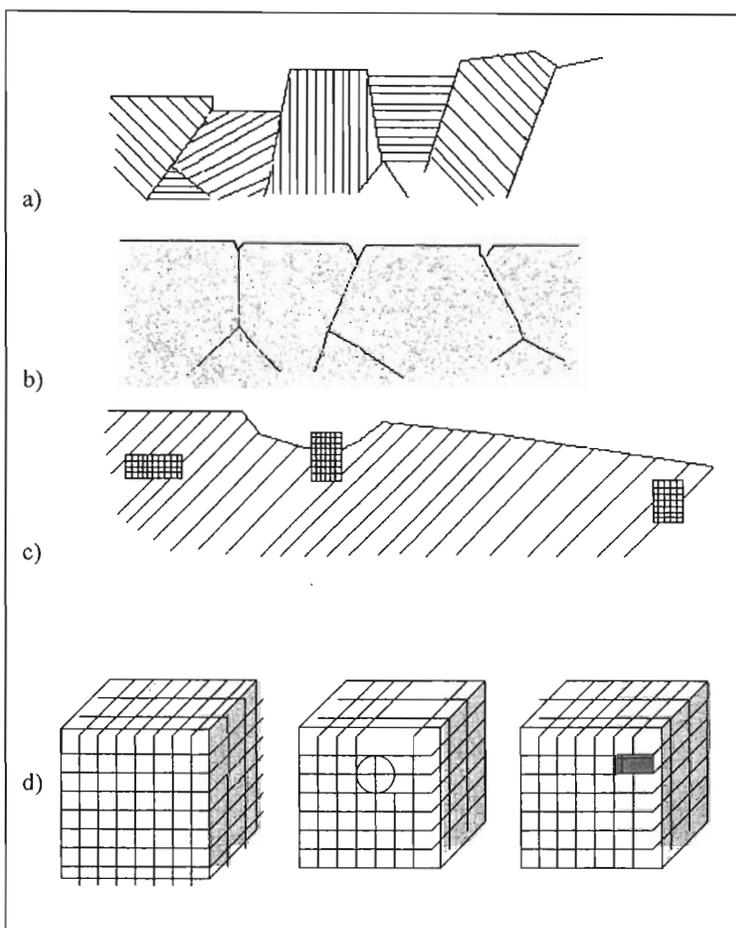


Figura 5. La corrosión electroquímica es sensible a factores estructurales y subestructurales.

- (a) Efecto de la anisotropía cristalina.
 - (b) Caso de bordes de grano reactivos.
 - (c) Influencia de una partícula catódica superficial.
 - (d) De izquierda a derecha, ejemplos de cristal perfecto y cristales imperfectos: dislocación en cuña y dislocación helicoidal.
- Segregaciones. Cuando la concentración de elemento aleante o impurezas no es uniforme en los distintos puntos de una pieza metálica. Este fenómeno es importante en las piezas moldeadas, y guarda relación con el proceso de solidificación y, también, con la falta de tiempo durante el enfriamiento para una homogeneización de la fase sólida. Sus efectos en la

corrosión son especialmente notables tratándose de aleaciones formadas por elementos de actividad muy diferente.

- Anisotropía de los granos cristalinos. Los metales están constituidos por innumerables pequeños granos. La anisotropía de estos granos o cristales se traduce en diferencias de potencial electroquímico según las distintas caras expuestas. Ello puede conducir a un ataque desigual y revelar la estructura granular por medio de reactivos metalográficos.
- Bordes de grano. Constituyen regiones especiales en las que los átomos están dispuestos en forma menos ordenada que en el interior del cristal y donde tienden a concentrarse o precipitar determinadas impurezas y elementos aleantes. Con frecuencia los bordes de grano son más activos que el resto de la superficie metálica. La diferencia de potencial electroquímico entre borde e interior del grano puede ser notable cuando se produce precipitación o segregación intergranular, o sea, cuando la composición química del borde es distinta de la del resto del cristal, en cuyo caso el ataque puede acarrear la excavación de los granos y el desmoronamiento de la estructura.
- Dislocaciones emergentes. La presencia de ellas se traduce en líneas de átomos menos estrechamente enlazados con los vecinos que los restantes de la red metálica. En la figura 5d, los círculos señalan los lugares donde los átomos ocupan las posiciones más irregulares y lábiles.
- Regiones del metal deformado en frío. Corresponden a una estructura cristalina altamente desorganizada, con gran densidad de dislocaciones, son regiones anódicas respecto a la superficie metálica no deformada. Muchos fenómenos de corrosión empiezan en ellas (corrosión en una dobladura, en la cabeza de un remache, etc.)
- Regiones de metal sometidas a tensión y deformación elástica. Tienden a actuar anódicamente respecto a las no tensadas, debido más a la rotura o agrietamiento de delgadas películas superficiales de óxido que a la simple acción mecánica.

2.2 Pasos que lo forman

2.2.1 Oxidación anódica y tratamiento superficial químico

Generalidades

Entendemos por anodización del aluminio el conjunto de tratamientos necesarios para elaborar en la superficie metálica un recubrimiento protector y, a veces,

también decorativo. Ello implica la preparación de la superficie metálica, la oxidación anódica y el sellado, incluyendo eventualmente la coloración.

La preparación de la superficie metálica, comprende los tratamientos de: desengrase, decapado, satinado, pulido mecánico, químico o electrolítico, granallado, etc. La finalidad principal de estos tratamientos es la de limpiar la superficie metálica de grasa y óxidos (desengrase y decapado), otras veces, además, confieren a la superficie un aspecto decorativo particular satinado o brillante (tratamientos químicos o electrolíticos de satinado y pulido) y, por último, el pulido mecánico que cuando se aplica precede a todos los tratamientos y debe ir seguido de un desengrase cuidadoso y eficaz que, sin degradar el brillo obtenido, permita obtener una superficie limpia, libre de grasa y de los compuestos empleados en el pulido. (ver hoja de instrucción de operación GR-01).

2.2.2 Tratamiento superficial químico

Desengrasado

Se requiere un desengrasado previo de las superficies antes de efectuar los tratamientos superficiales específicos, como, por ejemplo, decapado, cromatado, anodizado, galvanizado, lacado, esmaltado; el desengrasado de la superficie debe ser muy intenso. A este proceso le antecede una limpieza del mismo tipo que la que se requiere en la mayoría de los trabajos; a veces la limpieza y el desengrasado se pueden realizar simultáneamente. La tabla 5 contiene los sistemas de limpieza y desengrase para uso separado y combinado. Antes del decapado es suficiente, en general, una limpieza profunda.(ver la hoja de instrucción de operación T-01)

Medios de desengrase

El desengrasado con disoluciones orgánicas como percloroetileno, tricloroetileno estabilizado, dilución nítrica y otros tipos análogos para el lavado, permite obtener una superficie suficientemente limpia sólo después de lavar con disolvente fresco. En el desengrase de grandes lotes de piezas es ventajosa una instalación de desengrase por vapor en la que se utiliza percloroetileno, tricloroetileno estabilizado y tricloroetano. Si sobre la superficie desengrasada quedase aún polvo de esmerilar o de pulir, a pesar de la limpieza previa, se recomienda un rociado a presión de la superficie con disolvente fresco.

Los medios de limpieza alcalinos conteniendo silicatos no atacan al aluminio, a pesar del elevado valor del $\text{pH} > 12$, porque se forma una capa de recubrimiento de silicato aluminico. Por esta razón los medios de limpieza basándose en silicato son especialmente apropiados para el tratamiento de las aleaciones sensibles para moldeo, en las cuales un ataque químico provoca decoloración. Los limpiadores libres de silicatos, con adición de borato/fosfato, y un valor pH entre 9.2 y 9.5 provocan una débil eliminación del metal de, aproximadamente, 3 a 10 $\text{g/m}^2\text{h}$. Se requiere un lavado profundo con agua corriente. Si a continuación no se

realiza ningún tratamiento superficial en disoluciones acuosas, se vuelve a lavar en agua caliente desionizada y luego se seca con aire caliente. La tabla 5 muestra algunos medios, tratamientos y efectos de desengrase.

| Medio y tratamiento | Efecto |
|--|--|
| 1. Lejía de sosa fuerte (10 a 20% NaOH), eventualmente con aditivos, 50 a 70°C es necesario un tratamiento posterior con ácido nítrico frío. | Decapado de la superficie metálica y eliminación de las capas de óxido y productos de corrosión, originados por elevadas temperaturas. El ataque es, a veces, irregular. |
| 2. Ácido nítrico frío/ ácido fluorhídrico (15 a 35% HNO ₃ , 1 a 5% HF) Sol. De HNO ₃ al 10% para el tratamiento posterior de costuras de soldadura, lavado con agua completamente desalinizada (precaución). | Como en 1. El ataque es menor, pero más uniforme. |
| 3. Ácido fosfórico conteniendo plastificante (con aditivos especiales, aplicación en frío y caliente. | Eliminación de productos de corrosión, limpieza y desengrase especialmente activos aplicados en caliente. |
| 4. Lejía de sosa débil conteniendo plastificante (2 a 5%, 70 hasta 90°C, 5 a 10 min.) | Limpieza y desengrase por plastificantes y emulgentes, asimismo eliminación de aceites y grasas, así como de partículas sólidas inorgánicas y pequeñas manchas de corrosión. |
| 5. Desengrase hirviendo con limpiadores débilmente alcalinos, libre de silicatos. | Desengrase y ligero decapado, pequeña eliminación de material. |
| 6. Emulsiones acuosas de disolventes | Eliminación de residuos de aceites minerales y pequeñas partículas de polvo. |
| 7. Disolventes orgánicos: percloroetileno, bencina especial, homólogos del benceno, diluciones de laca y limpiadores. | Eliminación de aceites y grasas minerales, vegetales y animales, actividad casi nula frente a partículas sólidas, inorgánicas, que se eliminan con simple limpieza en frío, con un paño; en instalaciones de desengrase en caliente, por el disolvente condensado que se desliza por las piezas. |

Tabla 5. Medios para limpieza y desengrase del aluminio.

El desengrasado por cocción se realiza, según lo permita el ataque, con disoluciones tampón calientes, más o menos fuertemente alcalinas (pH entre 9 y 11). Este tipo de limpieza de los residuos del pulido o del esmerilado, o de otras superficies de aluminio sucias por otras causas, se suele utilizar también antes del decapado.

Las disoluciones ácidas para desengrasar son especialmente adecuadas para la eliminación de suciedades de pigmentos, pastas de pulir, etc. El desengrase con eliminación simultánea de la capa de óxido tiene lugar sin ataque esencial del material base.

Desengrasado electrolítico

El desengrasado electrolítico es de menor importancia. Se utiliza cuando hay que evitar el ataque sobre la superficie (por ejemplo, en el bruñido mecánico sobre superficies pulimentadas). La pieza se conecta al cátodo. El desengrase puede realizarse lo mismo en soluciones alcalinas (a base de fosfato trisódico y carbonato sódico) como también en disoluciones ácidas (sulfúrico, acético o fosfórico).

2.2.3 Materiales para los recipientes

Para los baños alcalinos valen los recipientes de acero sin protección alguna, para los baños neutros y ácidos se recomiendan revestimientos con goma dura o materiales sintéticos apropiados.

2.2.4 Decapado

El decapado es un procedimiento que ataca a la superficie y se utiliza para la eliminación de la cascarilla de colada y laminación así como de la capa de óxido natural formada sobre el aluminio. Simultáneamente se eliminan, también, residuos de grasa y aceite que existan sobre la superficie. Cuando las cantidades en residuos de grasa o aceite sean mayores, se deben eliminar antes del decapado mediante un tratamiento de las piezas con desengrasante orgánico. Debido al decapado, la superficie presenta un aspecto blanco, mate, uniforme o un ligero brillo sedoso. No es excesivamente resistente al tacto por lo que, cuando se desee conservar su aspecto, debe realizarse un tratamiento de protección superficial. Las disoluciones para el decapado y su aplicación se encuentran resumidas en las tablas 6 y 7.

Debido a que, por lo general, sólo se pueden eliminar capas muy delgadas mediante el decapado, no se pueden igualar los defectos superficiales aunque sean de escaso valor. No obstante, después del decapado, se hacen menos patentes, como consecuencia del mateado uniforme. Los decapados especiales para conseguir planitud en las superficies realizan su efecto eliminando capas más gruesas (ver la hoja de instrucción de operación T-03,04).

La elección de la disolución para el decapado, sea alcalina o ácida, se orienta de acuerdo con la composición del material así como por el efecto deseado y las instalaciones existentes. El ataque del decapado depende de la composición del material, del tipo de decapado y de la temperatura a que se realice. En general, las temperaturas altas de decapado producen una mayor rugosidad en la superficie. Por esta razón, en aquellas piezas de serie que deben presentar aspecto uniforme después del decapado, deben ser decapadas bajo condiciones totalmente iguales, sobre todo a igual temperatura. Esto vale también para aquellas piezas que deban ser recubiertas subsiguientemente con laca transparente u oxidadas anódicamente, presentando un aspecto idéntico entre

ellas. Para efectos superficiales específicos existen decapantes especiales (decapados mate y brillante).

En el decapado las lejías producen cavidades lisas, planas y hasta semiesféricas, en tanto que el ácido clorhídrico y la mezcla sulfonitrica las produce redondas. El ácido clorhídrico no es apropiado para decapar, debido a que produce picaduras fuertemente dentadas. Las rugosidades superficiales que se originan por el decapado con lejías o ácidos pueden influir sobre las características mecánicas del material. Por este motivo se prescinde, cuando es posible, del decapado de piezas de construcción elevada y especialmente en aquellas que se hallan sometidas a sollicitaciones oscilantes. En aquellas piezas de las que se requiere una elevada exactitud dimensional debe tenerse en cuenta la eliminación del material producida por el decapado. De acuerdo con el tipo de decapado, la eliminación de material a las temperaturas de trabajo habituales, entre 45 y 70°C, está entre 400 y 1400 g/m²·h, (100g/m² \triangleq 37·10⁻³ mm).

Las superficies totalmente aceptables se pueden conseguir solamente con una correcta composición del decapante. Los decapantes ya usados o sucios no son apropiados para este fin. Por esta razón es imprescindible un control regular (análisis) de la composición del baño.

Soluciones alcalinas

El decapante más utilizado es una disolución de 120 a 200 g/l de sosa cáustica en agua a temperatura entre 50 y 70°C. La duración del decapado puede alcanzar entre 1 y 2 minutos, según el estado de la superficie. Inmediatamente después de este tratamiento se lava profundamente en agua fría corriente y luego se neutraliza en una disolución de ácido nítrico entre el 15 y el 20% (ver hoja de instrucción de operación T-03,04).

La capa negra que se origina al decapar con lejía de sosa las aleaciones de aluminio conteniendo cobre, se disuelve en la solución de ácido nítrico. Después del tratamiento con nítrico hay que lavar intensamente con agua corriente y, si fuera preciso, con agua caliente totalmente desalinizada, secando después en aire caliente.

Si el secado es demasiado lento hay que contar con formación de manchas. Las piezas de forma complicada han de permanecer algunos minutos en la solución de ácido nítrico con el fin de que la neutralización se produzca en los lugares de difícil acceso.

La lejía de sosa es adecuada para todos los materiales, con excepción de aquellos que tienen un contenido en silicio superior al 0.8%. Estos presentan un aspecto gris después del decapado, el cual no desaparece ni siquiera con tratamiento

posterior con ácido nítrico. Sin embargo, se puede eliminar mediante un decapado posterior con una mezcla de ácido nítrico y fluorhídrico.

| Número correlativo | Decapante | Composición concentración ⁵ | Temp. °C | Duración del ataque min. | Uso, superficie obtenida, Observaciones especiales ⁶ |
|---|---|---|----------|--------------------------|---|
| a) Soluciones decapantes alcalinas (después del ataque, lavar a fondo con agua corriente fría, neutralizar después con 15 a 20% HNO₃, lavar de nuevo con agua corriente fría, secar con aire caliente). | | | | | |
| 1 | Lejía de sosa | 5 a 10% NaOH | 50 a 70 | 1 hasta 2 máx. | Decapante más usado para el aluminio, no sobrepasar la temperatura superior. |
| 2 | Carbonato sódico | 10% Na ₂ CO ₃ , solo o con 3% máx. NaCl | 50 a 80 | 5 a 15 | Superficie mate uniforme blanca, pero sensible al tacto, para escalas, tablas numéricas, etc. Bajo cristal o laca transparente. |
| 3 | Lejía mixta (sosa cáustica y fluoruro sódico) | 5% NaOH 4% NaF | 90 | 2 a 5 | Produce alto poder reflector para la luz, el calor y los rayos ultravioleta. Precaución al usarlo. |
| b) Soluciones decapantes ácidas (después del ataque, lavar con agua corriente fría, secar con aire caliente). | | | | | |
| 4 | Ácido sulfúrico | 3 A 5% H ₂ SO ₄ | 80 | 2 a 10 | Buen mateado, ataca lentamente y sin uniformidad |
| 5 | Ácido nítrico | 3% HNO ₃ | 80 | 2 a 10 | Sólo para aluminio puro y aleaciones cuyos componentes se hallan en solución sólida. |
| 6 | Ácido nítrico y fluorhídrico | 4 partes HNO ₃ (54%) + 1 parte HF (70%) | frío | 1 | Para aluminio puro en construcción de aparatos de química y para materiales con más del 0.8% Si; precaución al usarlo. |
| 7 | Ac. nítrico y fluorhídrico | 1 l HNO ₃ (20%) + 20 cm ³ HF (40%) | frío | 1 | Para aflojar la capa de óxido antes del decapado alcalino. Dilución menos meticulosa que en 6. |
| 8 | Ac. Nítrico y fluorhídrico | 4 a 8 partes HNO ₃ conc. (65%) + 1 parte HF (40%) | frío | Hasta 5 | Entre otras para aleaciones G-AISI, en vez de HNO ₃ , para tratamiento después del decapado con lejía de sosa; la solución caliente de puntos amarillentos |
| 9 | Ac. Nítrico y fluorhídrico | 1 parte HNO ₃ conc. (65%) + 1 parte solución acuosa saturada de fluoruro sódico | frío | Hasta 5 | Para superficies blancas, para eliminación de las manchas remanentes, tras el ataque con lejía de sosa, sobre las piezas recocidas en baños de sales. Precaución al usarlo. |
| 10 | Ac. Nítrico y fluorhídrico | 1 parte H ₂ SO ₄ (10%) + 1 parte HF o NaF (4%) | 20 | 1 a 5 | Débil acción decapante, con preferencia para eliminar capas gruesas de óxido. |
| 11 | Bifluoruro amónico y ácido sulfúrico | 60 g (NH ₄)HF ₂ + 130 g H ₂ SO ₄ a 1000 cm ³ agua | 15 a 25 | 10 a 20 | Para superficies blancas mates. |

Tabla 6. Soluciones decapantes para el aluminio

⁵Concentración en % en masa, en tanto no se diga otra cosa. Símbolos químicos: NaOH= sosa cáustica, NaCl= sal común, (NH₄)HF₂=Bifluoruro amónico, NaF= fluoruro sódico.

⁶ Durante el decapado, a causa del desprendimiento de hidrógeno, ausencia de llamas.

⁷ Los decapantes ácidos salvo los que contengan ácido fluorhídrico, se conservan y manejan en recipientes de vidrio o gres o plástico o recubiertos de plástico. Para decapantes conteniendo ácido fluorhídrico sirven recipientes de goma dura, parafinados; también recipientes recubiertos de plásticos adecuados.

| Producto (fabricante) | Preparación gramos | Temperatura °C | Duración del tratamiento en minutos | Observaciones |
|---|--|----------------|---|--|
| Alcúin 5 ⁸⁾ | 50 hasta 90 | 50 hasta 75 | 3 hasta 10 | Sin silicatos, alcalino |
| Dekorál Al-106 ¹⁰⁾ | 40 hasta 50 | 50 hasta 60 | 7 hasta 12 | Superficies mate hasta brillo mate |
| Dekorál Al-107 ¹¹⁾ | 75 hasta 85 | 50 hasta 60 | 7 hasta 12 | Superficies brillo mate alcalino |
| Dekorál Al-108 ¹²⁾ | 40 hasta 50 | 50 hasta 60 | 7 hasta 12 | Acción niveladora |
| Dekorál 22 ⁸⁾ | 100 hasta 150 | 50 hasta 60 | 3 hasta 20 | Superficies brillo mate-alcalino |
| Dekorál 29 ⁸⁾ | 70 hasta 80 | 50 hasta 60 | 3 hasta 15 | Acción niveladora-alcalino |
| Desoxal 11 ⁸⁾ | 8 hasta 10% en masa | 30 hasta 80 | 1 hasta 5 | Decapado mate-alcalino |
| Desoxal 12 ⁸⁾ | 6 hasta 10% en masa | 40 hasta 80 | 1 hasta 5 | Decapado universal de limpieza-alcalina |
| Metallbeize S) BN 29 530 O | 1 l conc/ 10 l baño | 60 | 5 hasta 15 | Decapado mate-ácido |
| P ₃ almeco 51) | 2 hasta 5% en masa | 40 hasta 70 | 1 hasta 2 | Sin silicato ni plastificante fuertemente alcalino |
| P ₃ almeco 53) | 5 hasta 10% en masa | 50 hasta 60 | 1 hasta 5 | Decapado satinado-sin plastificante |
| P ₃ almeco 57) | 2 hasta 10% en masa | 40 hasta 70 | 1 hasta 2 | Decapado satinado-sin plastificante |
| P ₃ almeco 62) | 40 a 60 g NaOH + 20 a 40 g almeco 62 + 3g almeco 64l | 50 hasta 60 | 3 hasta 15 | Débilmente alcalina |
| P ₃ almeco 78) | 3 hasta 8% en masa | 50 hasta 80 | 5 hasta 10 | Contiene plastificante, ácido fosfórico |
| Planal ⁸⁾ | 10 hasta 20% en masa | 40 hasta 80 | 4 hasta 6 | Decapado de igualación-alcalino |
| Planal GM ⁸⁾ | 10 hasta 15% en masa | 30 hasta 80 | 5 hasta 8 | Decapado de igualación-alcalino |
| Planal HF ⁸⁾ | 10 hasta 15% en masa | 30 hasta 80 | 4 hasta 10 | Decapado mate-alcalino |
| Planal M ⁸⁾ | 10 hasta 15% en masa | 40 hasta 80 | 5 hasta 8 | Decapado de igualación-alcalino |
| Satinal | 160 g/l | 20 hasta 30 | 5 hasta 15 | Contiene fluoruros, ácido, eliminación escasa |
| Satinal 4 K) | Según instrucciones | 50 hasta 60 | 5 hasta 10 | Alcalino |
| Satinal 1) BN 22 529 O Satybrite II) BN 29632 O | 15 hasta 30 g/l | 40 hasta 60 | 5 | Decapado-mate |
| Turco Nr. 5550 ¹⁰⁾ | 90 hasta 120 g/l | 20 hasta 40 | 1 hasta 10 | Decapado mate, ácido |
| Turco Aluminetch Nr. 2 ¹⁰⁾ | 35 hasta 55 g/l | 40 hasta 90 | 1 | Superficies brillo mate-alcalino |
| Turco | 60 hasta 130 g/l | 20 | 1 hasta 3 (rociado) 5 hasta 10 (inmersión) | Decapado mate, ácido |
| Smutgo Nr. 1 ¹⁰⁾ | | | | |

Tabla 7. Decapantes mate y brillantes, para aluminio (Según datos de los fabricantes).

La acción decapante de la lejía de sosa depende, entre otras, del contenido en aluminato disuelto. Por eso debe ser analizada a intervalos regulares, completada su composición y, si fuera preciso, renovada. También debe vigilarse analíticamente la disolución de ácido nítrico utilizada para la neutralización y,

⁸ Blasberg Oberflächentechnik-GmbH, 565 Solingen-Merscheld;

⁹ Henkel Kgax, 4000 Düsseldorf;

¹⁰ Metall- und Oberflächenchemie GMBH, 5883 Klerspe;

¹¹ Riedel & Co., 48000 Belefeld

¹² Turco-Chemie GMBH, 2000 Hamburg

sobre todo renovada, debido a que se enriquece con cobre al decapar las aleaciones que contienen este metal. La tabla 6 se mencionan bajo los No. Correlativos 2 y 3 otras disoluciones alcalinas decapar con fines específicos. Asimismo la tabla 7 contiene algunos decapantes alcalinos especiales. Con objeto de aumentar la velocidad de decapado suele elegirse, casi siempre, temperaturas altas (40 hasta 30°C).

Soluciones ácidas

El decapado en soluciones ácidas es más problemático que en las alcalinas. Los decapantes ácidos tienen el inconveniente de que, cuando se introducen en ellos las piezas de aluminio, se forman neblinas desagradables. No obstante se prefiere en algunos casos el decapado en mezclas ácidas. En la tabla 6, No. Correlativo 6, expone una mezcla ácida de alto porcentaje formada por ácidos nítrico y fluorhídrico. Se utiliza para el decapado de piezas de aluminio para la industria química así como para las piezas con un contenido en silicio superior al 0.8%. Las mezclas ácidas trabajan a temperatura ambiente, la duración del tratamiento es muy corta y, debido a la fuerte concentración, se exigen la máxima precaución en el trabajo. Por eso, cuando se trata de piezas huecas, de gran tamaño, se elige una dilución menos perjudicial para el personal de mantenimiento, ver el número correlativo 7 de la tabla 6. Una variante con efecto más débil, que hace posible un control más exacto y eficaz de la acción decapante, es la mezcla que se indica en la tabla 6, número correlativo 10, formada por ácido sulfúrico y fluorhídrico o una sal de este ácido. Cuando se desean superficies blanco mate, el decapado a base de difluoruro amónico se muestra especialmente beneficioso. Las piezas a matear se tratan previamente con lejía de sosa y, tras un lavado en agua, se llevan a la solución formada por difluoruro amónico y ácido sulfúrico; en la tabla 6 se exponen en el correlativo 11. En todos los casos a continuación se ha de lavar bien con agua corriente y secar con aire caliente.

Decapados especiales

También contemplados en la tabla 7 se pueden conseguir efectos superficiales concretos, en su mayoría son alcalinos, pero también, en parte ácidos y contienen inhibidores y estabilizadores mediante los cuales se influye favorablemente sobre la actividad y estabilidad del decapante. Las incrustaciones que se producen en los serpentines de calefacción o en las paredes de los baños, como consecuencia del aluminato formado cuando se utiliza lejía de sosa, no tiene lugar en los decapantes preparados con tal fin. Estas soluciones decapantes deben vigilarse, porque sólo se consigue un ataque uniforme cuando la concentración de los componentes se mantiene dentro de límites estrictos.

2.2.5 Mordentado

En el mordentado se modifica total o parcialmente, por vía química o electrolítica, la superficie de la pieza, eliminando materia. Desde el punto de vista técnico, hasta ahora solamente tiene interés el mordentado químico como procedimiento de trabajo especial de superficies, bien para conseguir efectos decorativos o mordentados profundos, que pueden llegar hasta el fresado químico. Según el tipo de material y la acción deseada se utilizan mordientes basándose en ácidos o lejías. En la mayoría de los casos, se utilizan mezclas de ácidos en las que se disuelven sales y, si es necesario, sustancias orgánicas.

La composición del mordiente se orienta según la velocidad de ataque deseada, la capacidad del mordentado, siendo importante el aspecto económico y el problema de aguas residuales. La velocidad del mordentado depende del material y de la composición de la temperatura y del tiempo de acción de la solución decapante.

2.2.6 Aplicación decorativa

La superficie a mordentar se trata previamente, caso de que sea necesario, con disolventes orgánicos para eliminar las películas de grasa, de modo que se consiga una acción uniforme del mordiente. En la mayoría de los casos se sumerge el objeto a mordentar en la solución de mordiente, debiendo ser recubiertos previamente los lugares que no hayan de ser atacados. Como recipientes se utilizan cubas de acero recubiertas con plástico.

Después de un breve mordentado se lava con agua corriente. La capa negra que se origina en las aleaciones que contienen cobre, se elimina por inmersión en ácido nítrico diluido y subsiguiente lavado en agua, lo mismo que se hizo en el decapado. A veces se requieren varias repeticiones del tratamiento de mordentado. Con este fin se puede aplicar el mordiente con ayuda de una muñequilla de algodón o pincel repetidas veces sobre el lugar que haya que atacar, hasta que se haya alcanzado el mordentado que se desee. Las superficies mordentadas con fines decorativos se deben proteger, después de secarlas, con una laca incolora.

El procedimiento sirve para la inscripción y dibujo de placas, esferas de reloj, plaquitas, etc. La pieza a mordentar se recubre con un medio protector después de haber sido desengrasada concienzudamente.

Cromatado ácido

En los procesos que trabajan en el dominio ácido existen diferencias con respecto a la composición química de los baños y de las temperaturas de éstos, así como de las capas de óxido originadas, en cuanto a su espesor y coloración (transparente, amarilla o verde). Las capas de cromatado son apropiadas para todas las temperaturas de secado en hornos de los sistemas de recubrimientos corrientes.

Cromatado transparente

Los baños para el cromatado transparente se forman basándose en ácido crómico o cromatos; contienen, además, aditivos activadores como, por ejemplo, fluoruros o complejos de fluoruros. Se pueden utilizar a temperaturas desde 20 hasta 70°C, donde deba mantenerse el aspecto metálico de los objetos de aluminio.

Cromatado amarillo

Las soluciones para el cromatado amarillo contienen además del ácido crómico, sales complejas metálicas y fluoruros o complejos de fluoruros activantes. Las temperaturas de tratamiento se hallan entre 20 y 60°C.

Cromatado verde

Los procesos de cromatado verde forman la transición del cromatado al fosfatado. Sus disoluciones contienen, en una determinada proporción básica, ácidos crómico y fosfórico y fluorhídrico o fluoruros. Por este procedimiento se logra obtener capas verdes claro hasta verde aceituna, las cuales están compuestas por fosfato de aluminio y cromo III; son de ordinario más gruesas que las capas de cromatado amarillo y, en consecuencia, poseen un mayor poder aislante. Las capas de cromatado verde son insolubles en agua y en disolventes orgánicos. Las capas de pintura y los recubrimientos de plástico se adhieren muy bien sobre una capa de cromatado verde.

Cromatado alcalino

En este grupo de procesos se obtienen, en disoluciones alcalinas, preferentemente con ayuda de cromatos, por formación de compuestos de cromo, capas de óxido de aluminio de una coloración parda, las cuales tienen de 1 a 3 μm de espesor. Los procesos se conocen con las siglas MBV (Modifiziertes Bauer-Vogel-Verfahren, proceso Bauer-Vogel modificado), proceso EW (Erftwerk-Verfahren), proceso Alrek y Pylumin. En comparación con los procesos de cromato ácido y fosfatado se utiliza rara vez.

Fosfatado ácido

Base: zirconio y titanio. Estos procesos sin cromo representan un desarrollo nuevo. En tanto que no se requieran exigencias extraordinarias sobre la estabilidad a la corrosión del aluminio lacado, se pueden aplicar con éxito procesos de tratamientos previos sin cromo en el sector del embalaje. Los procesos basándose en fosfato de zirconio, como por ejemplo, Alodine 404, Bonder A1764 y A1780, se utilizan preferentemente en los botes de bebidas. La hoja de aluminio para el empaquetado de alimentos se trata previamente con Alodine 404 o Bonder A1765 y A1785.

Base: Cinc. Para el fosfato del aluminio y sus aleaciones con fosfato de cinc, se utilizan, en general, disoluciones que contienen monofosfato de cinc ácido, ácido fosfórico y fluoruros.

Realización del cromatado y del fosfatado

Antes de realizar el cromatado y el fosfatado es preciso la limpieza (desengrasado) de grasa, aceite y otras sustancias que lleve adheridas. Se utilizan, principalmente, limpiadores neutros o débilmente alcalinos en aquellos casos en que se haya de evitar la acción decapante o cuando por motivos concretos se exija la máxima exactitud de dimensiones en las piezas a tratar. Los limpiadores fuertemente alcalinos son necesarios cuando se tienen que eliminar capas de óxido resistentes o cuando los tiempos de tratamiento deban ser cortos, como es el caso en el proceso de recubrimiento de hilos (coilcoating). Si se trata solamente de la eliminación de residuos de grasa o aceite, se pueden utilizar disolventes orgánicos. De todas maneras se deben eliminar a continuación por decapado las capas de óxido resistentes, como son las que se forman en el tratamiento térmico, especialmente de las aleaciones de aluminio que contienen magnesio.

El lavado intermedio con agua fría o caliente sirve para eliminar los medios utilizados en la limpieza e impide el que sean arrastrados los álcalis o ácidos a los baños de cromatado o fosfatado. Cuando para la limpieza, sólo se utilizan disolventes orgánicos, puede prescindirse del lavado.

El lavado después del cromatado y el fosfatado es necesario para eliminar el exceso de los productos usados para los mismos. Se realiza en frío o en caliente y en los cromatados a temperaturas no superiores a los 50 y 60°C. El agua debe estar totalmente desalinizada.

Las instalaciones de aparatos, como recipientes, accesorios o sistemas de proyección para el cromatado y fosfatado, deben estar formadas por material resistente a los ácidos (por ejemplo acero austenítico, material No. 4571, plástico (PVC) o forradas con capas resistentes al ácido crómico.

2.2.7 Abrillantado

Las superficies con elevado brillo estable, se consiguen en los materiales de aluminio mediante abrillantado químico o electroquímico seguido de oxidación anódica. La superficie del material se alisa previamente por algún procedimiento mecánico, por ejemplo mediante pulimento o laminación de abrillantado. Especialmente, en el pulido, se origina sobre la superficie una zona externa muy sucia de pulimento y abrasivo que da una capa de óxido de color grisáceo en el caso de que se realice un anodizado inmediato, a causa de la suciedad. Mediante el tratamiento de abrillantado en baños ácidos o alcalinos con y sin intervención

eléctrica, se produce una eliminación de materia en el dominio crítico de la superficie y un aplanamiento de las microrrugosidades. Esto proporciona superficies altamente brillantes. Sin protección adicional, mediante oxidación anódica subsiguiente (espesor de la capa entre 4 y 7 μm), retrocede, con más o menos rapidez, el efecto brillante de las piezas tratadas electrolítica o químicamente con este fin, lo mismo que sucede con los objetos pulidos mecánicamente, como consecuencia de la oxidación natural, de la insuficiente adherencia o de acción química.

Estas superficies brillantes de aluminio purísimo y sus aleaciones cumplen las máximas exigencias en poder reflectante (reflectores, espejos, etc.), aspecto decorativo, pulido y estabilidad (molduras, accesorios de automóviles, adornos, etc.). También el aluminio de menor grado de pureza, principalmente el Al99, pero también el Al99.8, así como ciertas aleaciones para laminación y forja se pueden abrillantar (baterías de cocina, molduras, lámparas, artículos de consumo) en los que el brillo disminuye al decrecer el grado de pureza y aumentar el espesor de la capa de óxido.

Abrillantado químico

Los procedimientos de abrillantado químico son sencillos en cuanto a su aplicación y se utilizan por eso con más frecuencia que los procedimientos electrolíticos. Son especialmente idóneos en piezas que no se pueden pulir mecánicamente o aquéllas en que el pulimento de este tipo no es suficiente.

En esencia se requieren las siguientes etapas de trabajo:

- Desengrasado con un disolvente orgánico.
- Ligero decapado en disoluciones alcalinas o ácidas.
- Abrillantado durante 2 hasta 10 minutos, según el estado de la superficie, por inmersión en soluciones calientes ácidas o alcalinas.
- Lavado, si es necesario tratamiento, en disoluciones ácidas o alcalinas y lavado intenso.
- Anodizado.

Abrillantado electroquímico

En el abrillantado anódico se consigue la igualación de la superficie mediante corriente continua, en mezclas ácidas de alta viscosidad o también en baños alcalinos. Este tipo de abrillantado se utiliza cuando se requieren elevadas exigencias sobre el brillo. Para el abrillantado anódico se necesita un buen pulido mecánico previo, debido a que la superficie se rebaja muy poco. En la zona de esquinas y aristas la velocidad de rebaje es muy alta.

Son necesarios los siguientes pasos:

- Desengrasado con disolvente orgánico.
- Eliminación de la capa de óxido por inmersión de las piezas en soluciones alcalinas o ácidas.
- Abrillantado electrolítico.

Es necesario el siguiente tratamiento posterior:

- Lavado de 1 a 2 veces en agua corriente.
- Inmersión en solución ácida para disolver la capa de recubrimiento pasivante.
- Lavado de 1 a 2 veces en agua corriente.
- Anodizado. Las piezas que no hayan de anodizarse inmediatamente, por ejemplo, las bandas, se secan (de ordinario, en aire caliente).¹³

2.2.8 Anodizado

El anodizado (llamado también oxidación anódica) es un proceso electrolítico mediante el cual se origina una capa de óxido sobre la superficie del aluminio. Esta capa de óxido es más de cien veces superior con respecto a la capa de óxido que se forma de modo natural. En la práctica se utilizan diversas variantes del proceso. Según el tipo del proceso de anodizado que se utilice se pueden obtener capas de óxido decorativas o técnicamente funcionales.(ver la hoja de instrucción de operación T-11,12,13,14)

Las capas de óxido obtenidas anódicamente presentan las siguientes propiedades características:

- Unión sólida con el metal base. Las capas se forman a partir del material base y se unen estructuralmente con éste. Las capas de óxido producidas anódicamente se distinguen de todos los recubrimientos metálicos y no metálicos.
- Acción protectora frente a la corrosión. Las capas mejoran, en estado compacto, la capacidad de resistencia de las superficies de aluminio con respecto a las influencias externas atmosféricas y al ataque por sustancias químicas, en el intervalo del pH comprendido entre 5 y 8.
- Acción decorativa. Las capas conservan permanentemente el aspecto superficial metálico primitivo que se obtuvo por tratamiento superficial químico o electrolítico. Ofrecen, como consecuencia de su estructura, la posibilidad de coloración, de modo que la acción decorativa de las superficies de aluminio se puede aumentar por las capas de óxido coloreadas.

¹³ Ver normas de seguridad en los tratamientos superficiales químicos, tabla 13, página 135.

- Capacidad de coloración e impregnación. Las capas, en estado no compactado, tienen capacidad de admisión para diversos materiales y se pueden colorear, imprimir e impregnar. Sirven como portadoras de materiales fotosensibles y como base para capas de recubrimientos y pegamentos.
- Solicitación mecánica. Las capas son duras y resistentes a la abrasión así como a elevadas sollicitaciones mecánicas de las piezas anodizadas; se pueden obtener superficies altamente resistentes al desgaste mediante el anodizado duro.
- Acción aislante. Las capas presentan, en estado compacto, gran capacidad de aislamiento eléctrico.
- Carencia de toxicidad. El aluminio anodizado no presenta ningún peligro tanto en medicina como en la industria alimentaria.

Estas características abren para el aluminio anodizado numerosas posibilidades de uso para fines decorativos (también en el anodizado brillante), por ejemplo, para:

- Fachadas, escaparates, ventanas, puertas, parasoles, revestimientos de todo tipo.
- Piezas guarnecidas y molduras de todo tipo en construcción, en la industria automotriz y en la industria del mueble.
- Material doméstico de todo tipo.
- Piezas de máquinas en el campo de la alimentación.
- Etiquetas, anuncios.
- Instrumentos de mecánica fina.
- Bandas anodizadas.
- Marcos de ventanas, molduras y revestimientos para vehículos.
- Reflectores, focos luminosos.
- Baterías de cocina y hotel
- Objetos de adorno y artísticos.
- Objetos de uso o partes de ellos.

Para fines industriales encuentra aplicación el aluminio anodizado en:

- Protección contra la oxidación de piezas en la industria de la alimentación y química (recipientes, tuberías, etc.)
- Oxidación anódica en piezas de electrotecnia (por ejemplo, bobinas para imanes, arrollamientos para transformadores, condensadores electrolíticos, etc.)

- Anodizado duro para piezas que han de estar principalmente solicitadas por abrasión, como por ejemplo, piezas en la construcción de máquinas, superficies de cilindros, dispositivos hidráulicos.

La elección del proceso de anodizado a usar en cada caso se orienta según el fin al que se haya de aplicar el material.

Fundamentos del anodizado

Las capas de óxido que se obtienen por anodizado, poseen una estructura que consiste en una capa base (capa barrera) muy delgada, dieléctrica, casi libre de poros y de una capa de recubrimiento situada sobre ella y formada por finos poros. El espesor de la capa base depende de la tensión existente durante el anodizado (1 a 1.2 nm/v). Mediante una redisolución química en el electrolito se forma, a partir de la capa barrera, la capa de recubrimiento, de poros finos, que conduce la corriente eléctrica. La capa barrera se regenera por transformación del aluminio en óxido de aluminio con la misma velocidad con que se forma a partir de ella la capa de recubrimiento. De esta manera crece la capa de óxido manteniéndose constante la capa barrera, siendo también aproximadamente constante la tensión. El aumento de la capa alcanza, independientemente de la tensión de anodizado, por lo general, desde 1 μm para 3A·min/dm² hasta 20 μm para una densidad de corriente de 1 A/dm².

Debido a que la cara exterior de la capa barrera se halla expuesta durante todo el tiempo que dura el anodizado a la acción disolvente del electrolito, se esponja, con formación lenta de hidróxidos hasta que, finalmente, se desprende. Por esta razón la capa de óxido alcanza sólo un determinado espesor máximo aún cuando el anodizado dure mucho tiempo, dependiendo este espesor de la composición del electrolito, de la temperatura y de la densidad de corriente. Las capas de óxido están formadas por haces de fibras que se hallan agrupados perpendicularmente a la superficie mecánica. Las fibras poseen un recubrimiento exterior de óxido de aluminio que se transforma hacia el interior en una zona formada preferentemente por iones del electrolito. El intercambio de materia durante el crecimiento de la capa de óxido se realiza por dentro de estas fibras. El contenido de SO₃ en las capas de óxidos obtenidas mediante el proceso GS se sitúa entre el 8 y el 12%.

El crecimiento del espesor de la capa depende del material base (composición, estructura), de su tratamiento superficial previo y de las condiciones de anodizado (tipo de corriente, densidad de corriente, composición, concentración y temperatura del electrolito) (ver figura 6). Por la transformación del aluminio en óxido de aluminio se produce un pequeño aumento de masa y de espesor, que varía según el proceso empleado. Las capas pueden disolverse en disoluciones ácidas o alcalinas, en el intervalo de pH superior a 8 e inferior a 5.

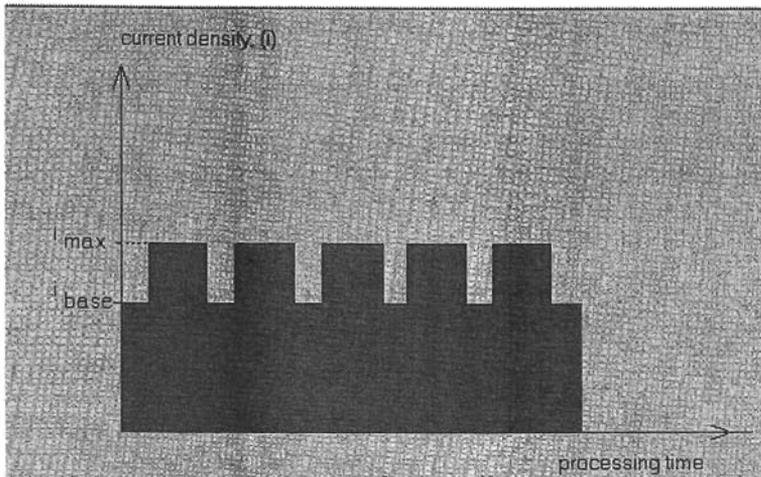


Figura 6. Progreso del tiempo del anodizado (processing time) contra densidad de corriente (current density)¹⁴ (que se mantiene entre los valores 1.4 a 1.8 A/dm²) Cortesía de "Extrusiones Metálicas", S. A. de C.V. (Depto. de control de calidad).

Elección del material para anodizar

No hay establecidas exigencias especiales sobre el tipo y estructura del material cuando el anodizado se realiza para mejorar el comportamiento ante la corrosión, la estabilidad ante los agentes atmosféricos, el aumento de la resistencia al desgaste o para conseguir una capa que sirva como base adherente para las lacas. Sin embargo, cuando se exige a la oxidación anódica un aspecto concreto con fines decorativos, se requiere el uso de material apropiado para el anodizado. Las piezas de fundición no deben tener en su superficie poros ni rechupes. Las piezas de fundición en coquilla se prestan mejor al anodizado para fines decorativos que las piezas fundidas en arena.

La fabricación de calidades para anodizado exige de la casa suministradora tomar medidas especiales tanto en la composición del material como en la fabricación del semielaborado o fundido, y lo mismo en cuanto al tratamiento, verificación y embalaje. Un cuidado análogo se ha de tener en el transporte, almacenamiento y mecanizado. Se debe siempre llegar a un acuerdo con la industria de anodizado sobre el material, la calidad, el proceso de anodizado, el espesor de capa, el color y el tratamiento posterior, dependiendo de la aplicación que haya de tener más tarde la pieza.

¹⁴ El crecimiento del espesor de la capa está directamente relacionado con la densidad de corriente, composición y temperatura.

Características de las capas de óxido obtenidas anódicamente

La estructura homogénea del material produce, al anodizar, capas de óxido transparentes e incoloras. Las heterogeneidades disminuyen la transparencia y provocan enturbiamiento y alteraciones en el color. Cuanto más elevado es el grado de pureza tanto mejor es, en consecuencia, la transparencia de la capa. Mediante adiciones convenientes se puede mejorar la transparencia con un recocido de homogeneización.

Existen ciertos elementos de aleación que influyen en el aspecto y características de las capas de óxido obtenidas anódicamente:

El magnesio, adicionado a la aleación entre un 3 ó 4% disminuye poco la transparencia y la decoloración de la capa. Sólo cuando el contenido comienza a sobrepasar el 5% aparece un enturbiamiento, dependiente del tratamiento térmico que se realice. La influencia del magnesio en la dureza de la capa de óxido es reducida.

El zinc, en proporción superior al 2%, produce enturbiamientos insignificantes y ninguna coloración digna de señalar. La dureza de las capas disminuye un poco.

El manganeso, en cantidades superiores al 0.2% aproximadamente, en las aleaciones AlMg, provoca, según el tamaño y el grado de distribución de los compuestos intermetálicos, enturbiamiento o matizados de color.

El hierro produce enturbiamiento ya en cantidades pequeñas (aproximadamente superiores al 0.4%).

El cromo, a partir del 0.1% provoca la aparición de puntos amarillos.

El silicio, hasta aproximadamente el 1.2%, no tiene, en general, influencia sobre el color. Sin embargo, en las aleaciones AlMgSi, especialmente importantes en la construcción, tanto el contenido en Si como en Mg influyen en el estado de suministro. Cuanto mayor es el contenido en Si y en algunos casos, el contenido en Mn, tanto más pronto puede aparecer enturbiamiento en la capa.

El cobre, en porcentaje aproximado del 0.2% no tiene apenas influencia en el color, la transparencia y la dureza de la capa de óxido.

El titanio y el zirconio, como elementos afinadores del grano, a concentraciones del orden de centésimas influyen ya en el color y la transparencia de la capa.

Aspecto, efecto decorativo

El aspecto, decorativo de las piezas oxidadas anódicamente puede influirse de modo decisivo con la composición de material, la calidad de la estructura y la forma y estado de la superficie. Todos los tratamientos encaminados a modificar el aspecto superficial deben realizarse antes del anodizado. Mediante este proceso

no se alisa la superficie sino que, más bien, se pueden hacer visibles las estructuras y faltas de planitud.

Para los tratamientos superficiales previos son idóneos los procedimientos mecánicos, químicos o electrolíticos. Mediante esmerilado, cepillado, pulido, etc., se pueden eliminar defectos de planitud, estrías y defectos mecánicos que pudieran existir, de tal manera que se logre un aspecto uniforme. Los tratamientos químicos y electrolíticos presuponen, casi siempre, realizar tratamientos mecánicos previos.

Espesor de la capa, acción protectora

Basándose en experiencias prácticas, así como por ensayos a la intemperie, se ha establecido que se requiere determinados espesores de capa para conseguir la acción protectora deseada en cada caso. Se debe tomar en cuenta que también el grado de pureza y calidad superficial del material tienen importancia. Así, por ejemplo, se ha constatado que con una superficie sometida a un esmerilado mecánico, seguido de pulimento, la acción protectora de la capa de óxido es particularmente buena, porque ésta se forma con mucha uniformidad.

En la construcción son habituales espesores de capa desde 10 hasta 30 μm . La tabla 8 muestra algunos espesores usados en fines específicos.

| TIPO DE PIEZA | ESPESOR DE CAPA DE ÓXIDO DE ALUMINIO EN μm |
|--|---|
| Piezas de materiales para laminación y forja | |
| Piezas con sollicitación mecánica (protección contra el desgaste) | > 30 hasta 60 μm |
| Productos de consumo como baterías de cocina, recipientes de todo tipo, etc. | 10 hasta 20 μm |
| Herrajes de cualquier tipo | 10 hasta 15 μm |
| Reflectores | 5 hasta 10 μm |
| Bisutería y objetos artísticos, artículos de costura y adorno | 5 hasta 10 μm |
| Piezas fundidas | |
| General | 10 hasta 15 μm |
| Piezas de herraje | 10 hasta 15 μm |
| Para todo tipo de piezas para barcos | 20 μm |

Tabla 8. Espesores de la capa de óxido de aluminio para aplicaciones concretas.

Es conveniente indicar a la industria de anodizado las sollicitaciones a que ha de someterse la pieza a tratar y, de acuerdo con ello, establecer los acuerdos correspondientes. Para conservar el buen aspecto externo y la acción protectora de la capa de óxido de las piezas anodizadas, se requiere efectuar una limpieza a intervalos de tiempo determinados.

Dureza, resistencia al desgaste y a la abrasión

Las capas de óxido obtenidas anódicamente presentan una elevada resistencia al desgaste y buena adherencia. No obstante, se debe tener en cuenta que la capa dura de óxido se encuentra sobre una superficie metálica deformable blanda, de modo que, con frecuencia, una no puede adaptarse a la deformación de la otra. Por eso, las piezas anodizadas, en general, no se pueden apenas conformar, pues muy frecuentemente se producen en ellas grietas capilares y roturas del estilo de las que aparecen también en el acero con temple de superficie. La dureza de la capa de óxido depende de la composición del material y, dentro de ciertos límites, también de las condiciones en que se ha llevado a cabo la oxidación. En las capas de óxido obtenidas por los procedimientos normales, aumenta la dureza desde la superficie de la capa de óxido en dirección hacia el metal; sin embargo en las capas anodizadas duras, es casi igual en todo el espesor.

Resistencia a la temperatura

Las capas de óxido obtenidas anódicamente no se modifican químicamente al estar expuestas a la acción térmica, pero desprenden agua (deshidratación). Como consecuencia del pequeño coeficiente de dilatación térmica de la capa de óxido, comparado con el del metal, cuando las temperaturas son elevadas, aparecen grietas en la capa. Aunque se pueden observar pequeñas grietas entre 80 y 100°C, especialmente en las capas frágiles, influye muy poco esto sobre las características protectoras de la capa, hasta la fusión del metal.

Poder de reflexión y radiación

En las superficies de aluminio pulimentadas, como consecuencia de las acciones atmosféricas, aparece en el curso del tiempo una disminución del brillo y del poder reflector. Se puede evitar el endurecimiento de la superficie mediante abrillantado químico o anódico y una oxidación anódica subsiguiente. La reducción del brillo que aparece en el anodizado es muy baja en el aluminio de alto grado de pureza (materiales para abrillantar). El abrillantado y anodizado se utiliza, por ejemplo, para reflectores, objetos de industrias de decoración, así como instrumentos ópticos y de mecánica fina.

2.2.8.1 Proceso químico del anodizado

La figura 7 muestra esquemáticamente la constitución de un baño de anodizado, la sujeción de la mercancía, la disposición de los cátodos (aluminio, plomo, acero inoxidable), la conducción de corriente, así como la refrigeración del electrolito.

Los procesos de anodizado en electrolitos acuosos, conteniendo ácido sulfúrico se pueden representar, de modo simplificado como sigue:

| | |
|--------------------------|---|
| Electrolito disociado | $3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{SO}_4^{2-} + 6\text{H}^+$ |
| Reacción anódica | $3\text{SO}_4^{2-} - 6\text{O} = 3\text{SO}_4 + 3/2\text{O}_2 + 3\text{SO}_3$ |
| Formación de óxido | $2\text{Al} + 3/2\text{O}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3$ |
| Retrogradación del ácido | $3\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2\text{SO}_4$ |
| Reacción catódica | $6\text{H}^+ + 6\text{O} = 3\text{H}_2 \uparrow$ |
| Reacción total | $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ |

Tabla 9. Reacciones del proceso de anodizado.

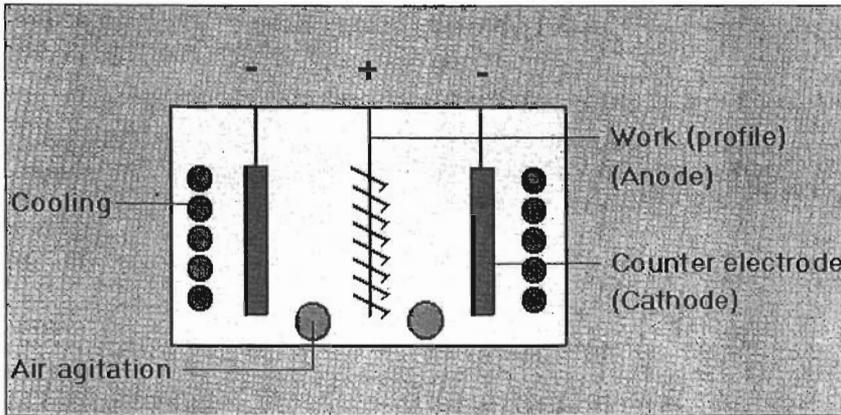


Figura 7. Esquema de una caba de anodizado (cortesía de "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V. Depto. de control de calidad). Traducción:

Cooling = Tubos de refrigeración.

Air agitation = Agitación con aire.

Work (profile) (Anode) = Barra de la pieza (ánodo).

Counter electrode (cathode) = Cátodo

En los espacios huecos, pliegues y rebordes se quedan restos de decapante y electrolito que impurifican los baños que a continuación se utilicen o provocan más tarde efectos decapantes en la superficie. Por esta razón se debe lavar muy cuidadosamente entre cada una de las etapas de trabajo, especialmente con agua caliente.

El anodizado continuo de bandas de aluminio, ha alcanzado una importancia considerable. La anchura y masa de las bandas anodizables, en forma continua tanto por uno como por ambos lados, aumentan continuamente. Se pueden conseguir espesores de capa de hasta 20 μm como máximo; corrientemente existen capas de óxido con espesores comprendidos entre 3 y 10 μm . La pluralidad de los procedimientos de anodizado que se han desarrollado hace posible obtener capas de óxido con características muy distintas. Así, por ejemplo, se puede obtener capas de óxido de diverso espesor, de acuerdo con el proceso que se siga, pudiendo ser las capas decorativas, transparentes u opacas,

incolores o coloreadas, coloreables o no coloreables, así como de acuerdo a su función técnica, con amplias características, como dureza, resistencia al desgaste, etc. De esto se deduce que las capas de óxido obtenidas anódicamente satisfacen las exigencias más dispares y tienen un extenso campo de aplicación.

En la figura 8 y tablas 10 y 11 se da una visión resumida sobre los grupos de procedimientos de oxidación anódica y los campos de aplicación:

Los procesos normales (tabla 10), el proceso GS y el GSX, dan sobre los materiales de calidad de anodizado y abrillantado, una capa de óxido incolora, transparente, que puede ser coloreada. Ambos procesos trabajan con bajos costos a causa del pequeño consumo energético y del poco precio del electrolito basándose en ácido sulfúrico, por lo cual disfrutaron de muy buena aceptación.

2.2.9 Proceso de placas de óxido con color

Estas se pueden conseguir a partir de las obtenidas según los procesos GS o GSX, mediante colorantes o mediante coloración electrolítica; pero también se pueden conseguir directamente las capas de óxido mediante coloración propia. Variantes de estos procesos son: la coloración por inmersión, la coloración electrolítica, el anodizado con coloración y una combinación de coloración electrolítica o el anodizado con coloración, seguido de una coloración por inmersión. De esta manera se consigue una gama de colores muy rica para usos decorativos del aluminio anodizado.

Coloración por absorción (inmersión)

Las capas de óxido obtenidas anódicamente se pueden colorear con colorantes inorgánicos u orgánicos de complejos metálicos, en disolución acuosa, por inmersión o aspersion.

Colorantes inorgánicos son por ejemplo: oxalato férrico amónico, para tonos de amarillo a dorado, y acetato de cobalto, con tratamiento posterior mediante manganato potásico, para tonos bronceados. Los colorantes son absorbidos por la capa de óxido. Los tonos de color preferido son: azul, rojo, oro y negro.

La capacidad de coloración de la capa de óxido depende de las condiciones del anodizado, del espesor de la capa, del volumen de poros de la capa, así como del colorante y de las condiciones en que la coloración se realiza (concentración del colorante, pH y temperatura). Durante la coloración se absorbe, en parte, el colorante en la zona superior de la capa; en parte se produce una unión química (ver figura 9).

En los materiales que presentan durante la oxidación anódica una coloración propia, se produce un cierto desplazamiento del tono de color al colorear por inmersión. Después de la coloración se requiere una correcta compactación. La solidez a la luz de las capas de óxido coloreadas se valora con los coeficientes 1 hasta 8, correspondiendo a 8 la completa solidez. Para las piezas que han de estar expuestas a la acción atmosférica deben utilizarse sólo colorantes que

correspondan a los coeficientes 7 u 8. Se exige además de tales coloraciones, resistencia a la intemperie.

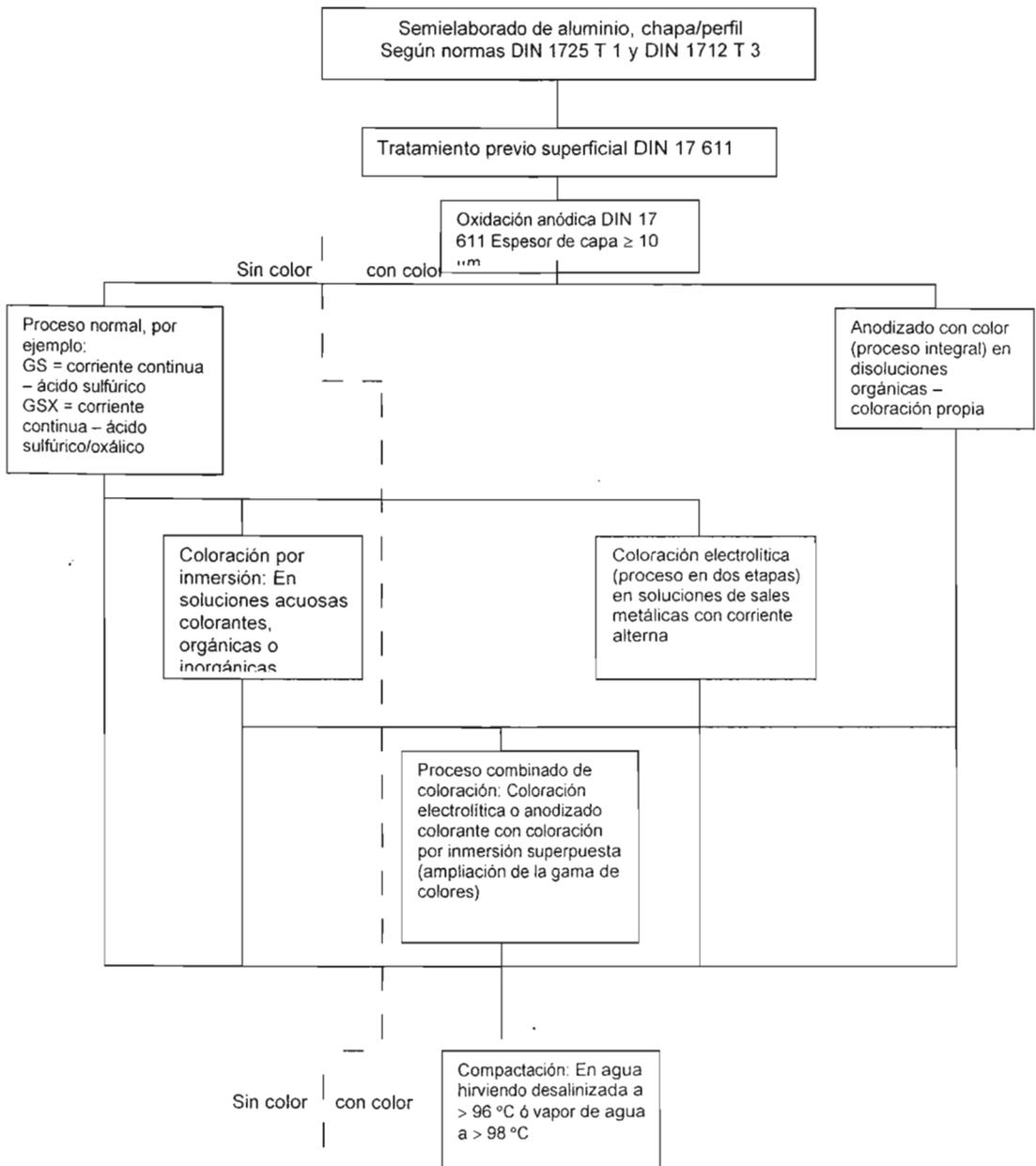


Figura 8: Sistemático de los procesos para la oxidación anódica del aluminio

| Tipo de proceso | Espesor de capa, μm | Color de la capa de óxido | Campos de aplicación |
|--------------------------------|--------------------------------|---|---|
| Proceso normal | 5 hasta 25 | Incoloro, transparente, también amarillento | Construcción, embotelladores para coches, utensilios domésticos, en general como protección de superficies. |
| Proceso de anodizado con color | 15 hasta 35 | Amarillo claro hasta negro | Arquitectura interior y exterior. |
| Proceso en dos etapas | 15 hasta 25 | Bronce claro hasta negro | Arquitectura interior y exterior |
| Proceso de anodizado duro | 25 hasta 150 | Gris hasta negro | Construcción de maquinaria e hidráulica |
| Anodizado de bandas | 2 hasta 30 | Incoloro | Arquitectura interior, industria eléctrica |
| Procesos especiales | 5 hasta 15 | Incoloro hasta gris | Construcción de aviones, etc. |

Tabla 10. Grupos de procesos para la oxidación anódica y campos de aplicación correspondientes.

| Designación del proceso | simbolo | Electrolito | Tipo de corriente | Tensión, en V | Densidad de corriente, en A/dm^2 | Temperatura, en $^{\circ}\text{C}$ | Coloración propia de la capa |
|--|---------|---|-------------------|----------------|---|------------------------------------|------------------------------|
| Corriente continua-ácido sulfúrico | GS | Ácido sulfúrico 15 hasta 20% | Continua | 12 hasta 20 | 1 hasta 2 | 18 hasta 22 | Ninguna |
| Corriente continua-ácido sulfúrico / oxálico | GSX | Ácido sulfúrico 15 hasta 20% Ácido oxálico > 5% | Continua | 20 hasta 25 | 1 hasta 2 | 20 hasta 25 | Ninguna |

Tabla 11. Procesos de anodizado normales.

Coloración electrolítica (proceso en dos etapas)

Aquí se colorean las capas de óxido obtenidas mediante los procedimientos GS o GSX, en una segunda etapa del proceso (de ahí el nombre) mediante corriente alterna¹⁵, en un electrolito conteniendo sales metálicas. En el proceso se deposita metal, procedente de la solución salina, en la base porosa de la capa de óxido. La intensidad cromática alcanzada depende de la cantidad de metal depositado. Se pueden utilizar sales metálicas a base de estaño (Sn), cobalto (Co), níquel (Ni) o cobre (Cu). Con sales de Sn, Ni y Co se obtienen tonos de colores comprendidos entre el bronce claro y el negro;(ver la hoja de instrucción de operación T-18,20) con sales de Cu, tonos rojos.

¹⁵ Véase vocabulario.

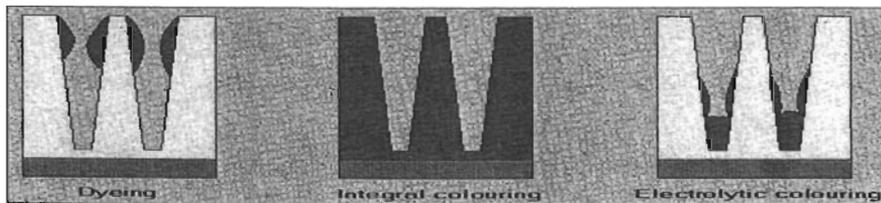


Figura 9. Representación del depósito de color en una capa de aluminio en 3 etapas: inmersión, integración y coloración electrolytica (de izquierda a derecha, respectivamente). Cortesía de "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V. Depto. De control de calidad.

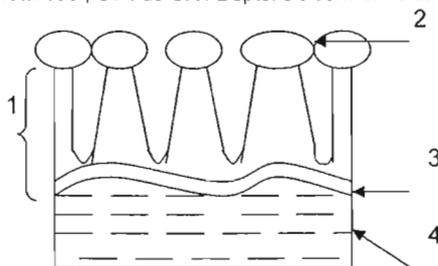


Figura 9.1. Representación esquemática de la coloración por inmersión de una capa de óxido en una solución colorante: 1) capa de óxido obtenida anódicamente; 2) deposiciones del colorante; 3) capa barrera; 4) aluminio.

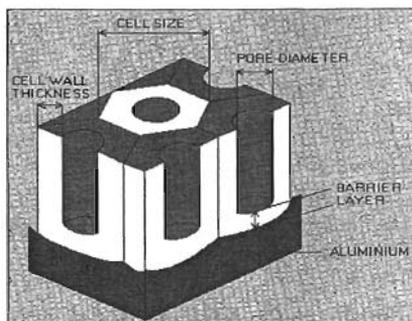


Figura 10. Representación esquemática de la coloración de una capa de óxido por proceso electrolytico.

Traducción de la tabla:

Pore diameter = Diámetro del poro

Cell wall thickness = Espesor de la pared de la celdilla

Cell size: Tamaño de la celdilla

Barrier layer = Capa barrera

Aluminium = aluminio (Cortesía de "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V., Depto. de control de calidad).

En la coloración electrolítica se depositan los iones metálicos en el fondo de los poros de la capa de óxido, con preferencia en la forma metálica (ver figuras 9, 9.1 y 10). El tono de color depende de la distribución del metal en la capa.

Coloración anódica, una etapa

Con este método (y corriente continua) se consiguen capas de óxido coloreadas por vía directa, con una coloración propia sólida a la luz. Esta coloración de la capa depende del electrolito, que consiste en ácidos orgánicos con adiciones de ácido sulfúrico, y de la composición de la aleación. El magnesio, como elemento de adición a la aleación, provoca un aumento de la intensidad de la coloración parda, en tanto que contenidos de manganeso provocan ennegrecimiento. Los tonos de color se extienden desde el bronce claro al oscuro, o desde el gris claro al oscuro. Las capas de óxido obtenidas son más duras y resistentes a la abrasión que las obtenidas por el proceso GS y GSX.

2.2.10 Procesos especiales de anodizado

Estos procesos trabajan preferentemente con corriente continua y electrolitos basándose en ácido crómico, oxálico o sulfúrico. Las capas de óxido originadas son básicamente translúcidas, de aspecto lechoso u opacas. El anodizado con ácido crómico se utiliza preferentemente en la industria aeronáutica.

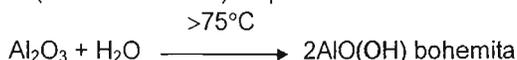
Anodizado duro

Representa una variante especial de la oxidación anódica. Se consiguen capas de óxido especialmente duras y resistentes al desgaste, con fines técnicos. Los espesores de capa se hallan, según el material, en un dominio comprendido entre 25 y 150 μm . Para las disposiciones técnicas normales hasta 30 y 80 μm . No se establecen exigencias sobre el aspecto de estas capas de óxido, coloreadas en su mayor parte en tonos grises a pardos.

Las capas de óxido duras se pueden obtener en las aleaciones de aluminio utilizando electrolitos adecuados así como condiciones especiales de trabajo. Notas características de este proceso son la baja temperatura del electrolito y la elevada densidad de corriente. Debido a la baja temperatura, el calor que se origina durante el anodizado se elimina rápidamente y se disminuye sustancialmente la redisolución de la capa de óxido mediante aditivos al baño (ácidos o sales orgánicas). De acuerdo con el incremento del espesor de la capa, se eleva también la tensión eléctrica en el anodizado. Como electrolito se utiliza ácido sulfúrico y/o disoluciones de ácido oxálico.

Compactación de capas de óxido obtenidas anódicamente

La capa de óxido obtenida anódicamente es microporosa. Alcanza su estabilidad óptima mediante un tratamiento de compactación, que provoca el cierre de los poros. La compactación de las piezas anodizadas tiene lugar en agua hirviendo, totalmente desalinizada, a temperaturas superiores a 96 °C o en vapor saturado, por encima de 98 °C. Como tiempo de compactación puede establecerse en principio, unos 3 minutos por micra de espesor de capa de óxido. La capa de óxido se hidrata durante el proceso de compactación, con lo cual se transforma el óxido en bohemita. Este proceso va ligado a un aumento de volumen y conduce al deseado cierre de poros. La capacidad de adsorción de la capa de óxido hacia elementos extraños (como colorantes) se pierde.



La compactación bien realizada de la capa de óxido obtenida anódicamente, es de gran importancia para su estabilidad, independientemente de que sean capas de óxido incoloras o coloreadas. Para la compactación de capas de óxido, coloreadas por adsorción se utilizan también disoluciones de acetato de níquel para atajar una posible eflorescencia del colorante. Se ha demostrado que incluso realizando largos lavados en agua fría corriente no se puede impedir el arrastre de restos de ácidos del baño de anodizado. Sin embargo, se lava adicionalmente, después del lavado en frío, con agua a una temperatura entre 50 y 60 °C, se consigue un mejor efecto de lavado. De este modo se puede mantener constante con más facilidad el valor del pH (5.5 a 6.5) si se utilizan la compactación con agua caliente, en la compactación con vapor se evita el que aparezcan "chorros", como consecuencia de trazas de ácido que puedan existir. La calidad del agua tiene influencia decisiva sobre la calidad de la compactación. Los fosfatos, silicatos y fluoruros influyen sobre el proceso de compactación.

En el proceso de compactación tiene lugar, de ordinaria, la formación de sedimentos en la superficie, que se designan como sedimentos de compactación son un inconveniente porque sobre todo en las capas de óxido coloreadas, pues influyen sobre el aspecto decorativo externo. Por ello se ha desarrollado, para la compactación por agua caliente, algunos aditivos, llamados obstaculizadores de sedimentos, que impiden de modo eficaz la formación de sedimentos, siempre que exista un cuidadoso control del baño. Pero, si a pesar de ello surgieran, la formación de capa de compactación se debe eliminar abrasivamente con piedra pómez en polvo, cosa que tiene lugar, en general, cuando se realiza la compactación por vapor. La compactación de la capa de óxido obtenida anódicamente continúa bajo la acción atmosférica. Este efecto de envejecimiento lo presentan también las capas de óxido compactadas en la forma habitual, con 3 min/ μm , el cual se puede valorar midiendo la admitancia, según la normatividad respectiva.

Causas de defectos en capas de óxido obtenidas por anodizado

Sin contar los posibles errores en el uso de los materiales y los pedidos equivocados, pueden aparecer defectos, al anodizar, por las causas siguientes:

Formación de manchas, franjas y nubes debido a

- Utilización de herramientas para doblar o estirar no idóneas.
- Calentamientos locales durante la conformación en caliente, la soldadura homogénea, el esmerilado o el pulido.
- Un pulido previo defectuoso; utilización de pastas de pulir inadecuadas.
- Desengrase insuficiente.
- Grasas quemadas.

En las piezas de fundición pueden aparecer durante el anodizado poros, inclusiones de escoria, arena y grafito, así como nidos de óxidos.

También se provoca un tipo de defecto que surge con frecuencia y se le designa como corrosión previa, como consecuencia de la acción del vapor de agua condensado en el transporte o a causa de un mal almacenaje.

Limpieza de piezas anodizadas

Con el tiempo aparecen también, en las piezas de construcción de aluminio anodizado, suciedad, como sucede en general con todos los materiales utilizados en la construcción. Por esta razón se deben limpiar de vez en cuando las piezas decorativas de construcción. No se han establecido de modo general, los intervalos de tiempo que deben mediar entre cada dos limpiezas, ya que depende del lugar, y de las exigencias que se impongan sobre el aspecto decorativo de las piezas.

2.2.11 Recubrimiento del aluminio

Para necesidades concretas se recubre el aluminio, en muchos casos, con capas de metal o de plástico. De esta manera se mejoran la acción protectora contra la corrosión y el aspecto o se obtienen mejoras desde el punto de vista técnico.

Con ayuda del decapado de contacto se depositan por vía química otros metales sobre el aluminio. En este caso se aprovecha la propiedad del aluminio de desplazar a los metales más nobles de sus disoluciones salinas. Esta reacción se halla influenciada por el tiempo, la temperatura y la composición de la solución. Las capas depositadas tienen, en su mayoría, sólo unos cuantos μm de espesor, por lo que las resistencias mecánica y química solamente son aceptables para exigencias que no sean altas.

Niquelado sin corriente (químico)

En el niquelado sin corriente (químico), para aplicaciones predominantemente técnicas, se depositan, por reducción química, aleaciones de níquel sobre aluminio, a partir de una solución de níquel ácida o alcalina. Como reductor sirve, por ejemplo, hiposulfito en el caso de los procedimientos que actúan con carácter ácido y que se conocen como Kanigen y Durni-coat; en el procedimiento alcalino. Nibodur, utiliza hidruro de boro. La aleación de níquel y fósforo depositada en el proceso del hiposulfito contiene aproximadamente 7-10% de fósforo; la aleación de níquel y boro del proceso Nibodur, contiene, aproximadamente, del 4 al 5% de boro. El niquelado químico se puede realizar, después de un tratamiento superficial adecuado, directamente o después de una activación. Los recubrimientos de níquel obtenidos químicamente presentan un espesor de capa muy uniforme, independientemente de la forma geométrica del material base. La velocidad de depósito alcanza hasta 20 $\mu\text{m/h}$.

Los baños alcalinos y ácidos trabajan a temperaturas de 95 a 100°C. Los precipitados reducidos de níquel, sin uso de corriente, se hallan libres de poros y su dureza alcanza 450 HV. Se puede elevar, por tratamiento térmico posterior (400 °C/21 h), a causa de precipitación con dispersión, a un valor por encima de 1000 HV. Pero a la vez, aparece, en los materiales endurecidos y agrios, un recocido de ablandamiento.

Galvanizado

El aluminio se puede recubrir con todos los metales que se depositan galvánicamente (electrolíticamente) (por ejemplo, cobrear, niquelear, cromar, cincarse, estañar, latonar, platear y dorar). Se requieren capas intermedias de otros metales en el caso en que no sea posible obtener un recubrimiento directo. Antes de galvanizar debe eliminarse, por un tratamiento superficial previo, la capa de óxido natural existente sobre la superficie del aluminio, debido a que si no, los precipitados metálicos adherentes no se producen. El tratamiento superficial previo requerido para el recubrimiento metálico incluye la limpieza y el desengrase, el decapado y activado de la superficie en baños decapantes especiales (cincato o estannato). El éxito del galvanizado depende decisivamente del tratamiento previo superficial.

2.2.12 Tratamientos previos

Limpieza, desengrase

Después del tratamiento superficial mecánico, se disuelven los restos de suciedad y grasa que hayan quedado (por ejemplo pasta de esmerilar o pulir) con disolventes orgánicos, por ejemplo, percloroetileno. La limpieza y el desengrase se rigen por el tipo de suciedad y forma que tenga el objeto a galvanizar.

Decapado

El decapado se realiza en dos etapas, alcalina y ácida. Forman excepción las aleaciones de aluminio de elevado contenido en magnesio, en las que es positivo y conveniente la eliminación del magnesio de la superficie mediante un decapado ácido adicional, preferente. Después de cada decapado debe efectuarse un lavado a fondo. El decapado alcalino se realiza preferentemente a temperaturas de 40 a 60 °C con soluciones que contienen lejía de sosa y además inhibidores y estabilizadores. Después del decapado alcalino es necesario efectuar un tratamiento de inmersión en disolución de ácido nítrico, a temperatura ambiente, para eliminar las partículas de metales pesados (constituyentes de aleación) no disueltas que se hallan sobre la superficie.

Tratamiento con decapantes especiales

El tratamiento con decapantes especiales, designado también como activación, elimina la película de óxido natural que se forma espontáneamente sobre la superficie de aluminio y provoca la formación, por precipitado de una delgada capa intermedia metálica y conductora. De esta manera se evita la formación de una nueva oxidación superficial. La obtención química de esta capa intermedia, previa a un depósito metálico, galvánico se realiza, casi siempre, según los procedimientos del cincato o estannatos. El proceso de cincato se prefiere, principalmente, en el galvanizado industrial. El del estannato ha dado buenos resultados con fines decorativos.

Para el proceso de cincato alcalino, es importante que el precipitado de zinc no se forme con excesiva rapidez, pues de lo contrario su estructura es cristalina gruesa y no presenta fuerte adherencia. Por eso se utilizan soluciones decapantes que contienen sales complejas y dan una capa de grano fino uniforme. La temperatura del decapante no debe sobrepasar los 25 °C. El precipitado de zinc se forma en un intervalo de 30 a 60 segundos. Resulta ventajoso disolver el primer precipitado de zinc, por inmersión en disolución de ácido nítrico y, después de un lavado a fondo con agua corriente, realizar un nuevo tratamiento en el baño de cincato.

El proceso con estannato alcalino es semejante al del cincato en cuanto a su proceso, excepto que el tratamiento con estannato tiene lugar en dos etapas. En primer lugar, se deposita en el baño de estannato una película muy delgada de estaño sobre la superficie del aluminio. En la segunda, realizada inmediatamente, se deposita electrolíticamente en un baño de bronce (por ejemplo, en el proceso Alstan), una capa del mismo. La inmersión de la pieza en el baño de bronce se realiza sin necesidad de lavado intermedio y se efectúa con corriente, con objeto de impedir la disolución de la película de estaño. En 5 minutos, aproximadamente, se deposita una capa de bronce de 1 a 2 μm . También se puede tratar la superficie con un baño decapante de cloruro férrico, en especial, cuando se deben conseguir precipitados de níquel o hierro. Un decapado de cadmio se puede

utilizar como tratamiento previo para el caso de que se haya de realizar, a continuación un cobreado.

Cobreado

Se realiza cuando se han de unir piezas de aluminio mediante soldadura blanda. Sirve también como capa intermedia entre níquel y cromo y, más raramente, para recubrimientos decorativos de cobre. Las piezas a cobrear se cuelgan, utilizando corriente eléctrica, con objeto de que se produzca un depósito inmediato. Se trabaja con una cierta intensidad de corriente para conseguir un rápido recubrimiento del objeto a galvanizar, luego disminuye; el objeto permanece en el baño de cobre hasta que alcance el espesor de capa deseado. Cuando se desean capas de cobre especialmente gruesas se puede realizar un cobreado posterior en un baño de cobre de alto rendimiento. Los recubrimientos de cobre se pueden pulir hasta conseguir un elevado brillo.

Niquelado

Se efectúa preferentemente con fines decorativos. De ordinario se utiliza níquel brillante; las combinaciones con níquel semibrillante mejoran la protección frente a la corrosión.

El aluminio cobreado se puede niquelar en un sencillo baño de níquel de Watt (composición: 240 g/l de sulfato de níquel, 20 g/l de cloruro de níquel, 20 g/l ácido bórico). Con este baño se trabaja, a temperatura ambiente, con una densidad de corriente de 1 a 3 A/dm². En caso que se deseen recubrimientos brillantes se recomienda utilizar un baño de níquel brillante. Los valores del pH en este baño oscilan entre 5 y 6. Los recubrimientos de níquel se pueden pulir después. (ver la hoja de instrucción de operación T26)

Cromado

Sirve para fines decorativos así como industriales. Para usos decorativos se croma ordinariamente después de niquelar, en tanto que para fines industriales se croma directamente cuando se precisa gran dureza y resistencia al desgaste (pistones, cilindros, etc.)

El cromado brillante se realiza después del cobreado y del niquelado. Las piezas que han de poseer elevado brillo se croman con una densidad de corriente de 10 A/dm², a temperaturas de 45 a 55 °C y 3 a 5 minutos (espesor máximo de capa 5 µm). Las piezas de cromado brillante no se pulen después.

En electrolitos especiales, se depositan capas de cromo microscópicas y con grietas también microscópicas, con una elevada protección anticorrosiva. A causa del elevado número de grietas, se obtiene, en el cromado con grietas microscópicas, una corrosión orientada y uniforme de la capa intermedia, a través

de una relación favorable entre la superficie de níquel y cromo. La corrosión no penetra hacia el interior y no alcanza al metal base.

El cromado negro encuentra aplicación, preferentemente, con fines decorativos. Se consiguen tonos uniformes, de color negro, como consecuencia del depósito simultáneo de óxidos de cromo, en los electrolitos libres de sulfato. El aspecto de estas capas depende del metal base y del tratamiento previo. El tratamiento posterior se realiza con aceites y lacas, con objeto de que las capas sean más adherentes y estables a la corrosión.

El cromado duro, con espesores de capa de 20 a 250 μm , sirve exclusivamente para fines industriales, en los que se trata de conseguir elevada dureza y resistencia al desgaste (ejemplos de aplicación: industria textil (hilos, carriles calefactores, rodillos tensores), construcción de maquinaria en general y construcción aeronáutica).

Otros recubrimientos galvánicos

El cincado es ventajoso en piezas solicitadas a fricción y en las que no se puede utilizar lubricantes.

El estañado de las superficies de los cojinetes disminuye la resistencia al rozamiento y permite uniones con soldadura heterogénea (por ejemplo, en electrotecnia).

El latonado proporciona una buena adherencia en el vulcanizado de la goma sobre el aluminio.

El plateado se realiza, principalmente, para fines electrotécnicos, con objeto de disminuir la resistencia de paso a las uniones o para elevar la conductividad superficial de las piezas conductoras.

El dorado se usa con fines decorativos (monturas de gafas), así como en electrotecnia (contacto de interruptores).

Tratamiento previo al lacado

La capa de óxido natural causa perturbaciones en el recubrimiento plástico, del mismo modo que sucede con todos los demás procedimientos de recubrimientos por capa. Antes del recubrimiento se debe realizar, por ello un cuidadoso tratamiento superficial, mediante desengrasado, decapado y cromatado (según norma DIN 50 939), o en su caso y como sustitutivo, aplicar una imprimación (Wash-Pfimer) basándose en cromato de zinc. Mediante este procedimiento se crea una base adherente necesaria, la cual posee, al mismo tiempo, capacidad protectora frente a la corrosión. Debido a que los plásticos no son impermeables a la difusión del vapor de agua, si no existe la capa cromatada intermedia, puede

producirse una reacción vapor de agua /aluminio con el resultado que el recubrimiento se levante (formación de burbujas). Las superficies de aluminio tratadas correctamente forman la base fundamental para un recubrimiento, por capas, cualitativamente perfecto.

- **Limpieza, desengrase**

La limpieza a fondo y el desengrasado de las superficies de aluminio, así como la eliminación total de productos de corrosión que pudieran existir, surgidos como consecuencia de un almacenamiento inadecuado y que pueden producir corrosión por contacto, es de importancia decisiva para la adherencia de un lacado o pintura.

Según sea el grado de suciedad, engrase, aceitado y efluorescencias, se deben elegir los procedimientos adecuados por separado o combinados unos con otros. Las suciedades grandes deben eliminarse mecánicamente antes del tratamiento.

- **Decapado**

Mediante él se elimina la capa de óxido natural del aluminio con espesor irregular. Supone una condición previa para la oxidación química posterior.

- **Rugosidad**

Se consigue el mejoramiento de la adherencia de la laca por aumento de la superficie, especialmente por procedimientos mecánicos, mediante fijado, esmerilado, cepillado y proyección de abrasivo, o químicos mediante decapado.

- **Oxidación química**

Los procesos de oxidación química se realizan como tratamiento previo en la mayoría de los procedimientos de lacado realizados industrialmente. Las capas superficiales que así se originan son capilarmente activas y proporcionan una base excelente para la adherencia. Para las aplicaciones de laca clara existen procesos de cromatado transparente que producen capas no coloreadas de cromatado. Para el empaquetamiento de alimentos solo son adecuados los procedimientos que proporcionan capas libres de cromatos, por ejemplo, capas de cromatado verde, que no contienen cromo VI.

2.3 Variables de operación

Los principales parámetros que se deben mantener bajo control para que el proceso de anodizado sea correcto son:

- pH: Puesto que al aluminio durante el proceso de anodizado hasta la etapa de sellado se le da un acabado específico, ello implica que en las tinas que

el proceso lleva, debe haber un estricto control sobre el pH, de no hacerlo, simplemente el acabado no será el óptimo (por ejemplo, la falta de presencia del ion níquel y fluoruro en la tina de sellado provoca una mala hidratación del poro, problemas en la superficie del metal ante la corrosión, etc.).

- **Temperatura:** Este es otro parámetro importante principalmente en los anodizados y electrocolores, la presencia de una temperatura alta provoca una diseminación del poro. En los sellados en frío la temperatura es fundamental para la hidratación del poro. En los matizados una temperatura alta provoca sales de aluminatos en las partes estrechas de los perfiles.
- **Densidad de corriente:** Equivale a la corriente que fluye por un conductor de sección transversal (que es el material de aluminio). Este parámetro es de vital importancia en el proceso de anodizado, si consideramos que de acuerdo a la corriente suministrada, tendremos un área de perfiles anodizados, esto sugiere que en el proceso debe establecerse el número de perfiles a anodizar y de acuerdo a ello, suministrar la corriente requerida para que el proceso sea adecuado.
- **Concentración de producto químico:** Para garantizar que tanto el tratamiento previo, como los enjuagues y demás fases del proceso sean correctos es indispensable vigilar la concentración; el consumo de producto químico a concentraciones altas aumenta la productividad. A concentraciones bajas disminuye la productividad y se merma la calidad.

2.4 Condiciones de operación

De acuerdo al proceso que sigue "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V., dentro de la línea uno del proceso de anodizado, se cuenta con 26 tinas, mientras que la línea dos, opera con 19 tinas, de acuerdo al acabado que desea el cliente, es la secuencia del mismo, en la siguiente tabla (12), se especifican las condiciones de operación de acuerdo con dicha secuencia.

| No. DE TINA | FUNCION | ACABADO NATURAL / MATE | ACABADO CHAMPAGNE | ACABADO BRONCE | ACABADO NEGRO | ACABADO DORADO |
|--------------|--------------|--|--|---|---|--|
| 1 | Desengrase | Temperatura ambiente Concentración de aditivo (Aluprop 76): 50 g/l | Concentración de Aluprop 76: 50 g/l | Idem acabado champagne | Idem acabado bronce | Temperatura: 50-70 °C Tiempo de permanencia: 15 min. |
| 2 | Enjuague | Agua de red (temperatura ambiente) | Idem acabado natural | Idem acabado natural | Idem acabado natural | Idem anteriores acabados |
| 3 y 4 | Matizado | Temperatura : 55-60 °C (tina 4) Concentración de sosa: 60-70 g/l Tiempo de permanencia: 2.5-3 min. | Temperatura : 40-45 °C (tina 3) Concentración Idem acabado natural | Idem temperatura para cada tina, Idem concent. Ambas tinas | Idem temperatura para cada tina, Idem concent. Ambas tinas | Idem temperatura para cada tina, Idem concent. Ambas tinas |
| 5,6 y 7 | Enjuague | Agua de red (temperatura ambiente) | Idem acabado natural | Idem acabado anterior | Idem acabado anterior | Idem acabado anterior |
| 8 y 9 | Decapado | Temp. Ambiente Concent. H ₂ SO ₄ : 170-180 g/l Tiempo de permanencia: 10-15 min. Tina 8 y 30-60 seg. Tina 9 | Idem acabado natural | Idem acabado anterior | Idem acabado anterior | Idem acabado anterior |
| 10 | Enjuague | Idem tinas 5,6,7 | Idem tinas 5,6,7 | Idem tinas 5,6,7 | Idem tinas 5,6,7 | Idem tinas 5,6,7 |
| 11,12,13, 14 | Anodizado | Concentración H ₂ SO ₄ : 190-200 g/l Volts: 15-20 por carga Amperes: 150/m ² Temperatura: 22 °C ± 1°C Tiempo de permanencia: 23 min | Idem acabado natural Tiempo de permanencia: 30 min | Idem acabado natural Tiempo de permanencia: 30 min | Tiempo de permanencia: 35 min. | Tiempo de permanencia: 20 min. |
| 15,16,17 | Enjuague | Agua de red (tinas 15,16); agua desionizada tina 17 Temp. ambiente | Idem acabado natural | Idem acabado natural | Idem acabado natural | Idem acabado natural |
| 18 | Electrocolor | Temp. 20-22 °C Concentración: Estaño: 17.5-18 g/l ácido sulfúrico: 15-16 g/l | Temp. 20-22 + Tiempo de permanencia: 60 seg. Idem demás parámetros que natural | Temp. 20-22 °C Tiempo de p.: 6-6.5 min. Idem demás parámetros que natural | Temp. 20-22 °C Tiempo de p.: 20-25 min. Idem demás parámetros que natural | |
| 19 | Enjuague | Agua desionizada (Temp. ambiente) | Idem acabado natural | Idem acabado anterior | Idem acabado anterior | Idem acabado anterior |
| 20 | Electrocolor | Concentración: Estaño: 17.5-18 g/l H ₂ SO ₄ : 15-16 g/l | | | Tiempo de permanencia: 12-18 min. | |
| 21,22,23 | Enjuague | Agua desionizada Temp.: 22 °C ± 1°C | Agua desionizada Temp. ambiente | Idem acabado champagne | Idem acabado anterior | Idem acabado anterior |

| No. DE TINA | FUNCIÓN | ACABADO NATURAL / MATE | ACABADO CHAMPAGNE | ACABADO BRONCE | ACABADO NEGRO | ACABADO DORADO |
|-------------|----------|---|--|---|--|---|
| 25 | Enjuague | Agua desionizada Temperatura: 55-60 °C | | | Temperatura: 55 °C | Idem acabado natural |
| 26 | Sellado | Concentración: Friofrix 85: 4.5-5.5 g/l Friofrix SF/2: 400-800 ppm Tiempo de permanencia: 10-12 min. Temp.: 28-32 °C PH: 5.8-6.5 | Tiempo de residencia: 12-15 min. Ídem concent. Que en natural. Ídem Temp. que en natural. Ídem pH que natural | Ídem temperatura anterior y parámetros de acabado natural | Tiempo de residencia: 15-18 min. Ídem otros parámetros que en natural | Ídem tiempo de residencia que en natural. Ídem otros parámetros que en natural |

Tabla 12. Condiciones de operación, línea uno anodizado.

2.5 Secuencia del proceso y diagrama de bloques

El proceso que sigue "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V., inicia con la recepción de materia prima en lo que se denomina "billet", una vez recibido y verificado el material, es llevado a tres prensas en los cuales al material se le da forma adecuada para seguir las etapas posteriores del proceso. De aquí, el material pasa a selección y estiba. Una parte del material es conducido al APSA (almacén de producto sin anodizar). Otra parte es llevada al enrraque (aquí el material es sujetado con argollas y se le da tratamiento previo a los perfiles, definido en la hoja de instrucción de operación ER-01)., y otra parte pasa a las gratadora, en donde el material es tratado mecánicamente mediante gratas para rayado uniforme. Una vez terminado este gratado, son llevadas a las líneas de anodizado (línea uno y línea dos). El presente trabajo (como ya se mencionó) se dedica exclusivamente a la línea uno de anodizado. En el siguiente capítulo se detalla este proceso. Posteriormente el material es desenrracado (definido en la hoja de instrucción de operación DR-01)., y mandado una parte al APT (almacén de producto terminado), otra al área de embarques, y otra más a herrajes. Finalmente es llevado al cliente (ver figura 11). Todo el proceso cuenta con la supervisión de auditores de calidad, quienes aseguran que el acabado final del material será el óptimo.

2.6 Instructivos de operación

Los instructivos de operación son sumamente útiles para conocer los equipos a operar (se muestran fotos de ellos), y la manera de hacerlo. Se han colocado por el orden de operación, que es el siguiente: gratado, enrraque, desengrase, enjuagues, matizado, anodizado, electrocolor, sellado y desenrraque. Con estas hojas se pretende disminuir los riesgos de accidente por ignorancia y también familiarizar al personal de nuevo ingreso, o personal que deba cubrir el cargo de algún operador en determinado momento, además define las responsabilidades que deben tener no solo los operadores, sino quienes están a cargo de ellos.

1. OBJETIVO:

Definir la metodología de operación del proceso de gratado.

2. ALCANCE:

El presente instructivo aplica a materiales que se gratan en acabado 4, 11, 17 y 18, así como a la operación del equipo de gratado.

3. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES:

3.1 Gerente de Anodizado.

- 3.1.1 Revisar y actualizar el presente documento.
- 3.1.2 Proporcionar los recursos necesarios para la correcta aplicación de este documento
- 3.1.3 Capacitar continuamente al personal involucrado en la aplicación de este documento.

3.2 Ingeniero de Procesos.

- 3.2.1 Elaborar, implementar y mantener el presente documento.
- 3.2.2 Optimizar las operaciones descritas en este documento.
- 3.2.3 Participar activamente en la capacitación del personal involucrado en la aplicación de este documento.

3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.

- 3.3.1 Verificar la aplicación correcta del presente documento.
- 3.3.2 Tomar acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento.
- 3.3.3 Aplicar los criterios de aceptación y rechazo definidos en este documento.

3.4. Matizador.

- 3.4.1 Aplicar correctamente lo descrito en presente documento.
- 3.4.2 Mantener los registros definidos en este documento.
- 3.4.3 Participar activamente en la detección-solución de problemas que se presenten en la aplicación de este documento.
- 3.4.4 presenten en la aplicación de este documento.

| | | |
|--|--|---|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACION</p> | <p>RESPONSABLE: Gratador OPERACIÓN: Gratado No. OPERACIÓN GR-01</p> |
| <p>4. DESARROLLO</p> <p>4.1 Gratador y ayudante de gratador trasporta canasta de material de APSA al área de gratado.</p> <p>4.2 Si la máquina se encuentra apagada, gratador pone en marcha con el interruptor rojo STOP-EMERGENCIA girando en sentido contrario a las manecillas del reloj (se bota el interruptor).</p> <p>4.3 Gratador oprime botón blanco START-ENGINES (la maquina comienza a funcionar).</p> <p>4.4 Gratador ajusta la velocidad de gratado según plan de control con el ajuste SPEED CONTROL, de la siguiente manera:</p> <p>4.4.1 Gratador aumenta la velocidad girando el ajuste en sentido a manecillas del reloj.</p> <p>4.4.2 Gratador disminuye velocidad girando en sentido contrario a manecillas del reloj.</p> <p>4.5 Gratador ajusta la altura de la maquina, de acuerdo al tipo de material, de la siguiente forma:</p> <p>4.5.1 Para subir la maquina, gratador oprime el botón blanco UP.</p> <p>4.5.2 Para bajar la maquina gratador oprime botón blanco DOWN.</p> <p>4.6 Gratador ajusta los cepillos de la siguiente manera:</p> <p>4.6.1 Gratador alinea los cepillos superiores con la perilla negra que se encuentra ubicada debajo del tablero principal de la siguiente forma:</p> <p>4.6.1.1 Para subir los cepillos girar la perilla en sentido a las manecillas del reloj.</p> <p>4.6.1.2 Para bajar los cepillos girar la perilla en sentido contrario a las manecillas del reloj.</p> <p>4.6.2 Gratador alinea los cepillos inferiores con perilla color negro que se encuentra debajo de la entrada de material de la siguiente manera:</p> | | |

4.6.2.1 Para subir los cepillos, gratador gira la perilla en sentido contrario a las manecillas del reloj.

4.6.2.2 Para bajar los cepillos, gratador gira en sentido a las manecillas del reloj.

4.6 Gratador y ayudante de gratador transportan material a la mesa de rodillos de entrada de la maquina.

4.5.1 Gratador y ayudante de gratador introducen el material en la máquina, deslizándolo a través de los rodillos.

NOTA: Para el caso de las claves 6617 (duela lisa) y 11128 (duela de 5 ondas) antes de entrar a la maquina se acuestan en tubos quedando este debajo del perfil y la superficie expuesta del material en la parte superior quedando libre para ser gratado únicamente por los cepillos superiores de la máquina.

4.6 Gratador y ayudante de gratador inspeccionan material gratado de acuerdo al catalogo de gratado (visualmente).

4.7 Si el material a gratar tiene dos superficies expuesta (como el caso de perfiles huecos), gratador y ayudante de gratador transportan material a las bases de estiba que se colocan a un lado de la entrada de la maquina y repiten los pasos 4.6 al 4.8.

4.8 Si el material tiene solo una superficie expuesta gratar, gratador y ayudante de gratador transportan el material a las bases de estiba de producto para enrraque ya que la gratadora tiene cepillos en la parte inferior como superior.

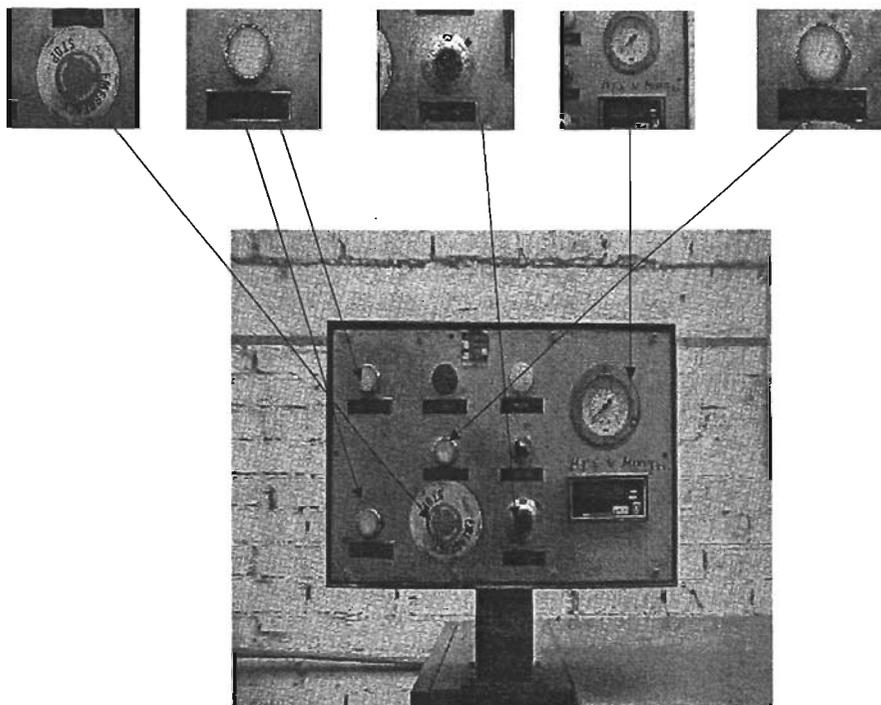
4.9 Gratador apunta el número de piezas gratadas en el FAC-01.

5 GLOSARIO

No se considera necesario en este Documento.

4 ANEXOS.

DISTRIBUCIÓN DE BOTONES EN EL TABLERO DE CONTROL



Ajuste de
Cepillos

1. OBJETIVO:

Aplicar la metodología de operación del proceso de enrraque.

2.- ALCANCE:

El presente instructivo aplica a materiales en acabado 4(Champagne), 11(Natural), 17(Negro), 18(Bronce), 22(Oro) y en Línea 1 y 2 del Área de Anodizado desde que se transporta el material a enrraque hasta la habilitación final del puente para desengrase o decapado.

3.- ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES:

3.1 Gerente de Anodizado. Revisar y actualizar el presente documento. Proporcionar los recursos necesarios para la aplicación correcta de este documento.

- Capacitar continuamente al personal encargado de aplicar la operación este documento.

3.2 Ingeniero de Procesos.

- Elaborar, implementar y mantener el presente documento.
- Optimizar las actividades descritas en este documento.
- Participar activamente en la capacitación del personal implicado en la aplicación de este documento.

3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.

- Verificar la aplicación del presente instructivo.
- Tomar las acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento.
- Aplicar los criterios de aceptación y rechazo descritas en este documento.

3.4 Enrracador y ayudante de enrracador.

- Aplicar correctamente cada uno de los pasos descritos en el presente documento.
- Mantener los registros definidos en este documento.
- Participar activamente en la detección-solución de problemas presentados durante la aplicación de este documento.

4. DESARROLLO

4.1 Enrracador habilita los puentes verificando el material que se va ha enrracar y determina el número de bastones que se van a utilizar, el número de perfiles por puente y la distancia entre perfil para obtener un acabado superficial adecuado, etc. de acuerdo al muestrario de enrraque.

4.2 Enrracador y ayudante de enrracador mantienen fijo el perno con una llave de mecánico la cabeza de este y con otra llave igual aprieta la tuerca girándola en sentido a las manecillas del reloj, dejando los bastones de uno de los extremos del puente flojos (lo anterior se hace para ajustar el contacto del perfil en el bastón al finalizar y evitar que la punta del material quede separado o muy salido del bastón, ver fig. 1).

4.3 Enrracador y ayudante de enrracador transportan perfiles de la estiba de material gratado a enrraque o directamente de la canasta de material sin anodizar (se considera material directo al material de la canasta que no pasa por el proceso de gratado; ya que es material difícil de gratar por la geometría del mismo). (Ver catálogo de enrraque) al área de enrraque .

4.4 Enrracador apoya el material en las bases (polinés) con cuidado para evitar que estos se maltraten.

NOTA: Los pasos 4.3 y 4.4 pueden llevarse acabo primero que el 4.1.

4.5 Enrracador y ayudante de enrracador habilitan las argollas de la siguiente manera:

4.5.1 Enrracador y ayudante de enrracador separan las argollas del recipiente donde se almacenan estas (ver fig. 1).

4.5.2 Enrracador y ayudante de enrracador cierran las argollas haciendo presión con las dos manos (ver fig. 2).

4.5.3 Enrracador y ayudante de enrracador acomodan las argollas listas para comenzar a utilizarlas

4.6 Para comenzar a enrracar el material, enrracador y ayudante de enrracador debe aplicar el muestrario de enrraque de acuerdo al acabado y a la línea donde se esta operando de la siguiente forma:

| | | |
|--|--|---|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Enrracador OPERACIÓN: Enrraque No. OPERACIÓN: ER-01</p> |
| <p>4.6.1 Para materiales de contacto directo en acabados 4 (Champagne), 17(Negro) y 18(Bronce):</p> <p>4.6.1.1 Enrracador y ayudante de enrracador apoyan el perfil en el bastón.</p> <p>4.6.1.2 Enrracador y ayudante de enrracador presionan con la argolla apoyando una punta de esta en el bastón y jala la otra punta hasta tener contacto con el perfil asegurando una buena presión del perfil en el bastón (ver fig. 3).</p> <p>4.6.2 Para materiales de contacto directo en acabados 11(Natural) y 80 (lacado) y 22 (Oro):</p> <p>4.6.2.2 Enrracador y ayudante de enrracador apoyan los perfiles en el bastón uno del lado derecho y el otro del lado izquierdo (ver fig. 4) de acuerdo al catálogo de enrraque.</p> <p>4.6.2.3 Enrracador y ayudante de enrracador presionan una punta de la argolla en uno de los perfiles y estira la otra punta hasta que esta se apoye en el otro perfil o en el bastón procurando que la argolla quede sujeta con suficiente presión, lo cual asegurara buen contacto (ver fig. 5).</p> <p>4.6.3 Para materiales ligeros (definidos en el catálogo de enrraque en cualquier acabado) se sigue de acuerdo a lo siguiente:</p> <p>4.6.3.2 Enrracador y ayudante de enrracador apoyan los perfiles colocando uno del lado derecho y otro de lado izquierdo del bastón.</p> <p>4.6.3.3 Enrracador y ayudante de enrracador oprimen ligeramente ambos perfiles (a una distancia no mayor a 50 centímetros del bastón) con una mano.</p> <p>4.6.3.4 Enrracador y ayudante de enrracador enganchan con la otra mano los perfiles con la argolla.</p> <p>4.6.3.5 Enrracador y ayudante de enrracador recorren ligeramente la argolla hacia la dirección donde se encuentra el bastón (esto se hace para que los perfiles queden perfectamente sujetos al bastón).</p> <p>NOTA: En cualquier punto del 4.6 si la argolla se afloja (no hace buen contacto) Enrracador o ayudante de enrracador la retira con cuidado para evitar rayar el material y se coloca una nueva.</p> | | |

- 4.7 Cuando enrracador y ayudante de enrracador terminan el acomodo de perfiles en el bastón, ajustan los bastones que dejaron flojos nivelándolos con la punta de los perfiles (cuando sea necesario) continuando el enrraque en este extremo aplicando los pasos descritos en el punto 4.6.
- 4.8 Enrracador y ayudante de enrracador aprietan el par de bastones que dejaron flojos colocando una llave de mecánico fija en la cabeza del perno y apretando con otra llave la tuerca hasta que esta ya no pueda girar (ver fig. 6). El enrracador y apunta el numero de piezas en el FGA 752-02/A.

5 GLOSARIO.

No se considera necesario en este documento.

6 ANEXO



Figura 1



Figura 2



Figura 3

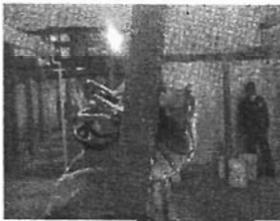


Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8

| | | |
|---|--|---|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: ANODIZADO</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Matizador OPERACIÓN: Desengrase No. OPERACIÓN: T-01</p> |
| <p>1. OBJETIVO: Aplicar la metodología de operación de las tinas desengrase en línea 1 del área de anodizado.</p> <p>2. ALCANCE: El presente instructivo aplica a tina de desengrase en línea 1 (tina 1) y línea 2 (tina 1) en acabado 4, 11, 17, 18, 22 y 80.</p> <p>3. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES:</p> <p>3.1 Gerente de Anodizado.</p> <p>3.1.1 Revisar y actualizar el presente documento. 3.1.2 Proporcionar los recursos necesarios para la correcta aplicación de este documento. 3.1.3 Capacitar continuamente al personal involucrado en la aplicación de este documento.</p> <p>3.2 Ingeniero de Procesos.</p> <p>3.2.1 Elaborar, implementar y mantener el presente documento. 3.2.2 Optimizar las operaciones descritas en este documento. 3.2.3 Participar activamente en la capacitación del personal involucrado en la aplicación de este documento.</p> <p>3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.</p> <p>3.3.1 Verificar la aplicación correcta del presente documento. 3.3.2 Tomar acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento. 3.3.3 Aplicar los criterios de aceptación y rechazo definidos en este documento.</p> <p>3.4. Matizador.</p> <p>3.4.1 Aplicar correctamente lo descrito en presente documento. 3.4.2 Mantener los registros definidos en este documento. 3.4.3 Participar activamente en la detección-solución de problemas que se presenten en la aplicación de este documento.</p> | | |

4. DESARROLLO:

- 4.1 Matizador verifica las condiciones de operación en tina de desengrase y corrobora estas con plan de control.
- 4.2 Matizador recoge el puente con perfiles de la zona de enraque y la transporta a la tina de desengrase de la siguiente manera:
- 4.2.1 Matizador transporta el polipasto a la zona de enraque desplazando con ayuda de los botones hasta el lugar donde se encuentra el puente; dejando ligeramente a un lado de las orejas del puente los ganchos del soporte de la cadena del polipasto de tal manera que las orejas y los ganchos se encuentren a la misma altura (ver fig. 1).
- 4.2.2 Matizador engancha la carga depositando los ganchos dentro de las orejas del puente.
- 4.2.3 Matizador levanta la carga con el botón UP hasta que la parte inferior de esta haya desplazado totalmente el nivel de las tinas (ver fig. 2).
- 4.2.4 Matizador desplaza la carga hasta la tina desengrase con el botón REVERSE centrando la carga en la tina (ver fig. 3).
- 4.2.5 Matizador sumerge la carga en la tina de desengrase oprimiendo el botón DOWN de la botonera de la grúa apoyándose con el cordón del puente (para evitar que la carga tenga movimientos bruscos que ocasionen que el material se dañe) hasta apoyar los extremos del puente en la tina (ver fig. 4).
- 4.3 Cuando el tiempo de inmersión se haya cumplido, matizador retira la carga de la tina de desengrase siguiendo el mismo procedimiento de los puntos 4.2.1 al 4.2.4 solo que la zona de enraque equivale a la tina de desengrase y esta a la tina de enjuague (fig. 5).
- 4.4 Matizador enjuaga la carga de acuerdo al instructivo de enjuague en tina 2 de línea 1 o la tina 2 de línea 2 (fig. 6)
- 4.5 De acuerdo al acabado matizador deposita la carga en el proceso siguiente de acuerdo a lo siguiente:

- 4.5.1 Si la carga esta destinada a acabado 4, 11, 18 u 80 (línea 1 o línea 2) matizador la lleva al proceso de matizado.
- 4.5.2 Si la carga esta destinada para acabado 22 (línea 1) matizador enjuaga en tina 10, aplicando el instructivo de enjuague, para el proceso de anodizado.

5 GLOSARIO.

No se considera necesario para este documento.

6 ANEXOS.

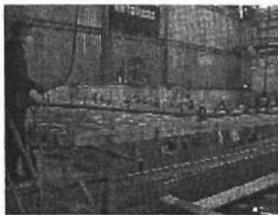


Figura. 1.

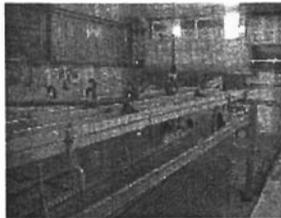


Figura. 2.

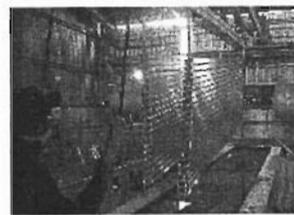


Figura. 3



Figura. 4.



Figura. 5.



Figura. 6

Extrusiones Metálicas
S.A. de C.V.
AREA: Anodizado

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACION

RESPONSABLE: Matizador
OPERACIÓN: Enjuague
No. OPERACIÓN: T-2,5,6,
7,10,15,16,17,19,21, 22,23, 25

1. OBJETIVO:

Definir la metodología de operación de enjuague en el área de anodizado.

2. ALCANCE:

El presente documento aplica a todo material en acabado 4,11, 17, 18, 22 y 80 en las tinas de enjuague en línea 1 y línea 2 del área de anodizado.

3. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES:

3.1 Gerente de Anodizado

- 3.1.1 Revisar y actualizar el presente documento proporcionar los recursos necesarios para la aplicación correcta de este documento.
- 3.1.2 Capacitar continuamente al personal encargado de aplicar la operación este documento.

3.2 Ingeniero de Procesos.

- 3.2.1 Elaborar, implementar y mantener el presente documento
- 3.2.2 Optimizar las actividades descritas en este documento.
- 3.2.3 Participar activamente en la capacitación del personal implicado en la aplicación de este documento.

3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.

- 3.3.1 Verificar la aplicación del presente instructivo.
- 3.3.2 Tomar las acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento.
- 3.3.3 Aplicar los criterios de aceptación y rechazo descritas en este documento.

3.4 Responsable de Enjuague

- 3.4.1 Aplicar correctamente cada uno de los pasos descritos en el presente documento.
- 3.4.2 Mantener los registros definidos en este documento.
- 3.4.4 Participar activamente en la detección-solución de problemas presentados

| | | |
|---|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Matizador OPERACIÓN: Enjuague No. OPERACIÓN: T-2,5, 6, 7, 10, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 25</p> |
| <p>4. DESARROLLO.</p> <p>4.1 Responsable de enjuague coloca la carga en la tina de enjuague correspondiente de la siguiente manera:</p> <p>4.1.1 Responsable de enjuague centra la carga en la tina con el botón REVERSE para desplazar hacia delante y con el botón FORWARD para atrás.</p> <p>4.1.2 Responsable de enjuague introduce la carga en la tina manteniendo oprimido el botón DOWN del control del polipasto inclinándola ligeramente con el cordón del puente y agitándola (ver fig. 1) hasta que los perfiles estén totalmente sumergidos en la tina (ver fig. 2).</p> <p>4.2 Responsable de enjuague retira la carga de la tina dependiendo la función que tiene esta como sigue:</p> <p>4.2.1 Cuando en la tina se inspecciona material:</p> <p>4.2.1.1 Responsable de enjuague levanta la carga con el botón UP inclinándola con el cordón del soporte del polipasto (para escurrir el agua que queda atrapada en los perfiles) y agitándola (para facilitar el enjuague) hasta que los perfiles estén totalmente fuera de la tina.</p> <p>4.2.1.2 Responsable de enjuague revisa visualmente la carga y retira los perfiles que pudieron quedar mal o con problemas de enraque.</p> <p>4.2.2 Cuando la tina solo es un enjuague común:</p> <p>4.2.2.1 Responsable de enjuague levanta la carga manteniendo oprimido el botón UP del control del polipasto inclinándola con el cordón del soporte del puente de la cadena del polipasto(para escurrir el agua que queda atrapada en los perfiles) y agitándola (ver fig. 2) hasta que la parte baja del puente rebasa el nivel de la tina (ver fig. 3).</p> <p>4.2.2.2 Responsable de enjuague desplaza la carga hacia la siguiente fase del proceso.</p> | | |

5 GLOSARIO.

No se considera necesario en este documento.

6 ANEXOS.

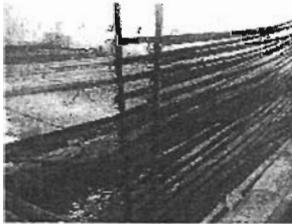


Fig. 1. Introducir carga en Tina de enjuague

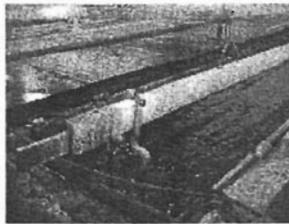


Fig. 2. Introducir carga en Tina de enjuague hasta que los perfiles se hayan sumergido totalmente

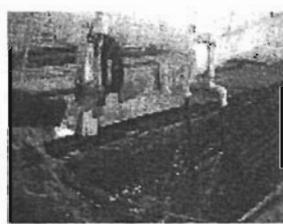


Fig. 3. Retirar Carga agitándola y escurriéndola en la Tina de Enjuague



Fig. 4. Levantar la carga hasta que la parte baja del puente se encuentre por encima del nivel de las Tinas y transportarla al siguiente Proceso.

1. OBJETIVO:

Definir la metodología de operación de matizado en el área de anodizado.

2. ALCANCE:

El presente documento aplica a todo material en acabado 4, 11, 17, 18 y 80 en las tinas 3 y 4 de línea 1 y tina 3 de línea 2 del área de anodizado.

3. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES:

3.1 Gerente de Anodizado.

- ◆ Revisar y actualizar el presente documento.
- ◆ Proporcionar los recursos necesarios para la correcta aplicación de este documento.
- ◆ Capacitar continuamente al personal involucrado en la aplicación de este documento.

3.2 Ingeniero de Procesos.

- ◆ Elaborar, implementar y mantener el presente documento.
- ◆ Optimizar las operaciones descritas en este documento.
- ◆ Participar activamente en la capacitación del personal involucrado en la aplicación de este documento.

3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.

- ◆ Verificar la aplicación correcta del presente documento.
- ◆ Tomar acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento.
- ◆ Aplicar los criterios de aceptación y rechazo definidos en este documento.

3.4 Matizador.

- ◆ Aplicar correctamente lo descrito en presente documento.
- ◆ Mantener los registros definidos en este documento.
- ◆ Participar activamente en la detección-solución de problemas que se presenten en la aplicación de este documento.

| | | |
|---|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Matizador OPERACIÓN: Matizado No. OPERACIÓN: T-3,4 línea uno</p> |
| <p>4. DESARROLLO:</p> <p>4.1 Matizador verifica las condiciones de la tina de matizado y corrobora contra IGA-752-05 registrándolas en el FGA-752-03/A.</p> <p>4.2 Matizador transporta la carga de la tina de enjuague a la tina de matizado de acuerdo a los siguientes pasos:</p> <p>4.2.1 Matizador coloca los ganchos del soporte del puente de la cadena del polipasto en las orejas del puente.</p> <p>4.2.2 Matizador levanta la carga manteniendo oprimido el botón UP de la botonera de control del polipasto, inclinando la carga apoyándose con el cordón del soporte de la cadena de la grúa (se hace con el fin de escurrir la carga al máximo y evitar arrastres a la tina de matizado), hasta que la parte baja del puente se encuentre por encima del nivel de las tinas.</p> <p>4.2.3 Matizador suelta el botón UP y mantiene en el aire unos cuantos segundos inclinada la carga.</p> <p>4.2.4 Matizador desplaza la carga con los botones REVERSE hacia delante o con el botón FORWARD para atrás hasta llegar a la tina de matizado (ver fig. 1).</p> <p>4.2.5 Matizador baja la carga manteniendo oprimido el botón DOWN (de tal manera que la parte baja del puente no choque con las paredes de la tina o con alguna carga que se encuentre en operación), hasta que los extremos del puente se apoyen totalmente en la tina (ver fig. 2).</p> <p>4.3 Matizador toma el tiempo desde el momento en que la carga entra hasta que sale de la tina de matizado (ver fig. 3).</p> <p>4.4 Matizador retira la carga de la tina con el botón UP del control del polipasto, inclinandola con el cordón del soporte del puente de la cadena de la grúa (con el fin de escurrirla al máximo, evitar arrastres y disminuir la concentración de la tina), hasta que la parte inferior del puente este por encima del nivel de las tinas (ver fig. 4).</p> | | |

4.5 Matizador desplaza la carga manteniendo oprimido el botón REVERSE del control del polipasto hasta la tina de enjuague.

4.6 Matizador enjuaga la carga de acuerdo al IGA-752-16 (ver fig. 5) en las tinas correspondientes a línea 1 (tinas 5, 6, 7 y 10) ó Línea 2 (tinan 4, 5 y 6) inspeccionando el grado de matizado de acuerdo al IGA-752-18 (ver fig. 6).

4.7 Matizador transporta la carga a las tinas de anodizado, previa neutralización en las tinas 8 y 9 .

GLOSARIO

No se considera necesario en este documento.

ANEXOS.



Fig. 1. Introducir carga a tina de matizado



Fig. 2. Bajar carga hasta apoyar los extremos del puente en la tina



Fig. 3. Tina en operación

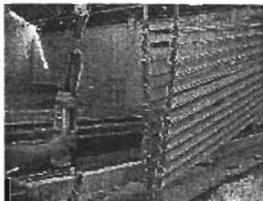


Fig. 4. Retirar la carga de la tina de matizado



Fig. 5. Enjuagar carga



Fig. 6. Inspeccionar matizado

| | | |
|--|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Anodizador OPERACIÓN: Anodizado No. OPERACIÓN: T-11,12,13 Y 14</p> |
| <p>1. OBJETIVO: Aplicar la metodología de operación de las tinas de anodizado en línea 1 del área de anodizado.</p> <p>2. ALCANCE: El presente procedimiento aplica a tinas 11, 12, 13 y 14 de línea 1 del área de anodizado.</p> <p>3. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES:</p> <p>3.1 Gerente de Anodizado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Revisar y actualizar el presente documento. ◆ Proporcionar los recursos necesarios para la aplicación correcta de este documento. ◆ Capacitar continuamente al personal encargado de aplicar la operación este documento. <p>3.2 Ingeniero de Procesos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar, Implementar y mantener el presente documento. • Optimizar las actividades descritas en este documento. • Participar activamente en la capacitación del personal implicado en la aplicación de este documento. <p>3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Verificar la aplicación del presente instructivo. ◆ Tomar las acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento. ◆ Aplicar los criterios de aceptación y rechazo descritas en este documento. <p>3.4 Anodizador.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Aplicar correctamente cada uno de los pasos descritos en el presente documento. ◆ Mantener los registros definidos en este documento. ◆ Participar activamente en la detección-solución de problemas presentados durante la aplicación de este documento. | | |

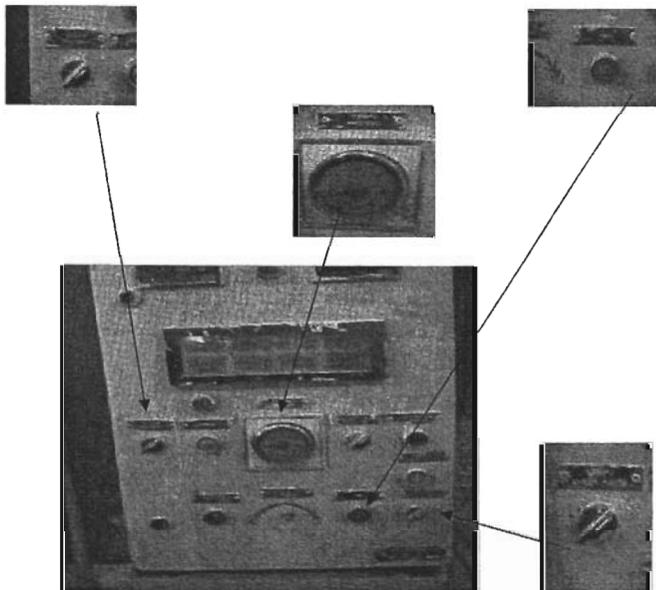
| | | |
|--|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Anodizador OPERACIÓN: Anodizado No. OPERACIÓN: T-11,12,13 y 14</p> |
| <p>4. DESARROLLO:</p> <p>4.2 Anodizador verifica la temperatura de las tinas 11,12,13 y/o 14 y corrobora de acuerdo al plan de control anotando las condiciones en el FA-752-11-01.</p> <p>4.3 Anodizador introduce la carga a la tina 11,12,13 ó 14 de la siguiente forma:</p> <p>4.3.1 Coloca el soporte del puente de la grúa en el gancho del puente.</p> <p>4.3.2 Levanta el puente con el botón UP de la botonera de la grúa hasta que la parte inferior de este se encuentre totalmente por encima del nivel de las tinas.</p> <p>4.3.3 Desplaza la grúa hacia al frente con el botón hasta la tina 11,12,13 ó 14.</p> <p>4.3.4 Centra el puente en la tina y bajarlo con el botón DOWN hasta que los extremos del puente descansen en las cabezas del ánodo.</p> <p>4.3.5 Anodizador retira los ganchos del puente (para evitar cualquier corto circuito en el equipo).</p> <p>4.4 Si el tablero se encuentra apagado encenderlo con el interruptor TENSION MANIOBRA girando en el sentido de las manecillas del reloj (ver fig. de Tablero).</p> <p>4.5 Anodizador ajusta el tiempo de inmersión con el TIEMPO DE PROGRAMA (ver fig. de tablero), de la siguiente manera:</p> <p>4.5.1 Anodizador gira en sentido de manecillas de reloj para aumentar tiempo de inmersión.</p> <p>4.5.2 Anodizador gira en sentido contrario a manecillas de reloj para disminuir tiempo de inmersión.</p> <p>NOTA: En la mirilla se encuentra rotulado una aguja blanca como indicador, en donde se coloque indica el tiempo de inmersión.</p> <p>4.6 Anodizador pone en marcha la operación oprimiendo el botón verde MARCHA (ver fig. de tablero).</p> | | |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Anodizador OPERACIÓN: Anodizado No. OPERACIÓN: T-11,12,13 y 14</p> |
| <p>4.7 Anodizador ajusta condiciones de amperaje de acuerdo a plan de control con el REGULADOR DE INTENSIDAD (ver fig. de Tablero) de la siguiente manera:</p> <p>4.7.1 Para la tina 9, anodizador gira en sentido a las manecillas del reloj el regulador para aumentar la corriente y en sentido contrario para disminuirla.</p> <p>4.7.2 Para la tina 10, anodizador gira en sentido contrario a las manecillas del reloj para aumentar la corriente y para disminuir la corriente en sentido a las manecillas del reloj.</p> <p>4.8 Cuando el tiempo ha concluido suena la alarma de terminado y anodizador interrumpe la operación oprimiendo el botón rojo PARO (ver fig. de tablero).</p> <p>4.9 Anodizador retira el puente de la tina aplicando los puntos 4.2.1 y 4.2.2.</p> <p>4.10 Para dar tiempo de corrección existen dos formas de hacerlo:</p> <p>4.10.1 Anodizador introduce la carga a la tina aplicando los puntos 4.2.4 al 4.2.2 y en el 4.4 anodizador ajusta solo el tiempo de corrección.</p> <p>4.10.2 Si la tina se encuentra en operación y la aguja roja ya se desplazo, anodizador pasa el INTERRUPTOR TIEMPO de AUTO a MANUAL y de MANUAL a AUTO (ver fig. de tablero) rápidamente, con lo cual la aguja roja regresa nuevamente a la aguja graduada blanca de la mirilla, iniciándose así de nuevo el ciclo de tiempo de inmersión.</p> <p>NOTA: Para la siguiente carga en el punto 4.4, anodizador ajusta el tiempo de inmersión el cual es igual al tiempo programado mas el tiempo de corrección.</p> <p>4.11 Anodizador retira la carga colocando nuevamente los ganchos del soporte de la cadena en las orejas del puente.</p> <p>4.12 Anodizador levanta la carga manteniendo oprimido el botón UP del control del polipasto hasta que la parte baja del puente se encuentre por encima del nivel de las tinas.</p> <p>4.12 Anodizador transporta la carga al enjuague en tinas correspondientes de acuerdo al DGA-752-02 aplicando el IGA-752-16.</p> | | |

5 GLOSARIO.

Np se considera necesario en este documento.

6 ANEXOS.



Tablero de control de tinas de anodizado.



Manejo de Grúa

1. OBJETIVO:

Definir la metodología de operación de electrocolor en el área de anodizado.

2. ALCANCE:

El presente documento aplica a todo material en acabado 4, 17 y 18 en las tinas de electrocolor en línea 1 del área de anodizado, desde los enjuagues de anodizado hasta su disposición a sellado.

3. RESPONSABILIDADES:

3.1 Gerente de Anodizado.

- 3.1.1 Revisar y actualizar el presente documento.
- 3.1.2 Proporcionar los recursos necesarios para la correcta aplicación de este documento.
- 3.1.3 Capacitar continuamente al personal involucrado en la aplicación de este documento.

3.2 Ingeniero de Procesos.

- 3.2.1 Elaborar, implementar y mantener el presente documento.
- 3.2.2 Optimizar las operaciones descritas en este documento.
- 3.2.3 Participar activamente en la capacitación del personal involucrado en la aplicación de este documento.

3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.

- 3.3.1 Verificar la aplicación correcta del presente documento.
- 3.3.2 Tomar acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento.
- 3.3.3 Aplicar los criterios de aceptación y rechazo definidos en este documento.

3.4 Pintor.

- 3.4.1 Aplicar correctamente lo descrito en presente documento.
- 3.4.2 Mantener los registros definidos en este documento.
- 3.4.3 Participar activamente en la detección-solución de problemas que se presenten en la aplicación de este documento.

4. DESARROLLO:

- 4.1 Pintor toma la temperatura de las tinas de electrocolor con termómetro de mercurio y corrobora esta con el plan de control.
- 4.2 Pintor si las condiciones de temperatura son la establecidas, transporta la carga proveniente de enjuague de anodizado a la tina de electrocolor.
- 4.3 Pintor introduce la carga manteniendo oprimido el botón DOWN de control del polipasto hasta que los extremos del puente descancen las cabezas del ánodo (ver fig. 1).
- 4.4 Pintor retira los ganchos del soporte del puente de la cadena del polipasto (para evitar corto circuito en el equipo y evitar accidentes).
- 4.5 Pintor enciende el equipo oprimiendo el botón verde MARCHA (el equipo entra en primera fase, en unos cuantos segundos el equipo entra en tiempo de espera y posteriormente entra en segunda fase), donde el equipo comenzará a electocolorear el material. Ver fig. de equipo).
- 4.6 Pintor ajusta tiempo de inmersión de acuerdo al plan de control para el acabado que esta destinado el material de la siguiente forma:
- 4.6.1 Pintor selecciona la escala en la cual se va a manejar tiempo (indicador de numeros rojos); si el acabado es 4 ó 18 ajusta la escala en segundos y para acabado 17 en minutos.
- 4.6.2 Pintor programa el tiempo oprimiendo los botones x100, x10, x1, x0.1, los cuales indican las unidades de tiempo (ejemplo el digito 3 en x100 en escala segundos equivale a 300 segundos y en escala minutos equivale a 300 minutos. Ver fig. de equipo).
- 4.7 Cuando el tiempo programado haya transcurrido, se escucha la alarma de termino y pintor oprime el botón rojo PARO para terminar el ciclo (ver fig de equipo).
- 4.8 Pintor retira la carga enganchandola nuevamente al puente (ver fig. 2).
- 4.9 Pintor levanta la carga de la tina de electrocolor manteniendo oprimido el botón UP del control del polipasto inclinandola con la ayuda del cordon del soporte del puente para dejar escurrirla hasta que la parte baja del puente este por encima del nivel de las tinas (ver fig. 4).

| | | |
|---|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Pintor OPERACIÓN: Electrocolor No. OPERACIÓN: T-18, 20</p> |
| <p>4.10 Pintor mantiene unos cuantos segundos en el aire la carga y posteriormente la desplaza a la tina de enjuague con la ayuda del control del polipasto (fig. 5).</p> <p>3.1 Pintor enjuaga la carga en las tinas correspondientes de acuerdo al IGA-752-16.</p> <p>3.2 Pintor inspecciona el tono de acuerdo al IGA-752-18 (ver fig. 7) procediendo como sigue:</p> <p>3.2.3 Si el tono esta más claro al de la muestra valorada:</p> <p>3.2.3.1 Pintor si el tono esta más claro al de la muestra valorada, transporta la carga nuevamente a la tina de electrocolor.</p> <p>3.2.3.2 Pintor introduce la carga en la tina de electrocolor manteniendo oprimido el botón DOWN hasta que los extremos del puente descansan las cabezas del ánodo (ver fig. 1).</p> <p>3.2.3.3 Pintor retira los ganchos del puente.</p> <p>3.2.3.4 Pintor da tiempo de corrección oprimiendo el botón verde MARCHA y posteriormente el botón verde PRUEBA (ver fig. de equipo).</p> <p>3.2.3.5 Pintor selecciona la escala de trabajo minutos o segundos en el tablero de numeros verdes siguiendo los mismos pasos del 4.6.1 al 4.6.2 de este instructivo (ver fig. de equipo).</p> <p>3.2.3.6 Cuando termina el tiempo suena la alarma de tiempo terminado y pintor oprime el botón amarillo PARO PARCIAL (ver fig. de equipo).</p> <p>3.2.3.7 Pintor aplica los pasos 4.8 al 4.9 de este documento.</p> <p>3.2.3.8 Pintor reinspecciona el tono de acuerdo al IGA-753-18 (ver fig. 7).</p> <p>3.2.3.9 Si el material sigue estando bajo en tono repite los pasos descritos en el punto 4.12.1.</p> <p>3.2.4 Si el Material cumple con el tono de la muestra valorada, pintor transporta la carga a la tina de sellado (ver fig 7).</p> | | |

5 GLOSARIO.

No se considera necesario en este documento.

6 ANEXOS.



Fig. 1. posición del puente en la tina de electrocolor



Fig. 2. Enganchar puente



Fig. 3. Escurrir carga.

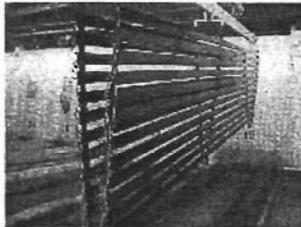


Fig. 4. Levantar la carga



Fig. 5. Transportar carga a enjuague

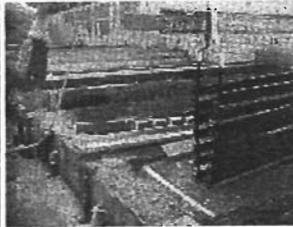


Fig. 6. Enjuagar carga



Figura 7. Verificar la carga



Figura 8. Idem a fig. 7

1. OBJETIVO:

Definir la metodología de operación del proceso de sellado en el área de anodizado.

2. ALCANCE:

El presente documento aplica a materiales en acabado 4, 11, 17, 18 y 22 en tina 26 de línea 1 y tina 18 en línea 2 del área de anodizado.

3. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES:

3.1 Gerente de Anodizado.

- 3.1.1 Revisar y actualizar el presente documento.
- 3.1.2 Proporcionar los recursos necesarios para la aplicación correcta de este documento.
- 3.1.3 Capacitar continuamente al personal encargado de aplicar la operación este documento.

3.2 Ingeniero de Procesos.

- 3.2.1 Elaborar, implementar y mantener el presente documento.
- 3.2.2 Optimizar las actividades descritas en este documento.
- 3.2.3 Participar activamente en la capacitación del personal implicado en la aplicación de este documento.

3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.

- 3.3.1 Verificar la aplicación del presente instructivo.
- 3.3.2 Tomar las acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento.
- 3.3.3 Aplicar los criterios de aceptación y rechazo descritas en este documento.

3.4 Responsable de Sellado.

- 3.4.1 Aplicar correctamente cada uno de los pasos descritos en el presente documento.
- 3.4.2 Mantener los registros definidos en este documento.

| | | |
|--|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Pintor OPERACIÓN: Sellado No. OPERACIÓN: T- 26</p> |
| <p>4. DESARROLLO</p> <p>4.1 responsable de sellado verifica las condiciones de operación de la tina de sellado y corrobora estas con las establecidas en el plan de control.</p> <p>4.2 Responsable de sellado registra las condiciones en el FGA752-04/A.</p> <p>4.3 Responsable de sellado transporta la carga de la zona de enjuague de anodizado (acabado 11) o de enjuagues de electrocolor o color por inmersión (acabados 4, 17, 18 ó 22) siguiendo el siguiente procedimiento:</p> <p>4.3.1 Responsable de sellado retira la carga de enjuague colocando los ganchos del soporte del puente de la cadena de la grúa y los coloca en las orejas del puente apoyándose con el botón DOWN para bajar la carga o con el botón UP para subirla (ver figura 1).</p> <p>4.3.2 Responsable de sellado levanta la carga manteniendo oprimido el botón UP de la botonera de control del polipasto inclinándola ligeramente con la ayuda del cordón del soporte del puente de la cadena del polipasto hasta que la parte baja del puente este totalmente por encima del nivel de la tina (ver fig. 1).</p> <p>4.3.3 Responsable de sellado desplaza la carga hacia la tina de sellado manteniendo oprimido el botón REVERSE de la botonera de control del polipasto.</p> <p>4.3.4 Responsable de sellado introduce la carga manteniendo oprimido el botón DOWN de la botonera de control del polipasto inclinándola con la ayuda del cordón del soporte del puente de la cadena de la grúa (para que el aire contenido en los perfiles sea liberado (ver fig. 2), hasta que los extremos del puente se apoyen en la tina de sellado (ver fig. 3).</p> <p>4.4 Responsable de sellado toma el tiempo de inmersión desde el momento en introdujo la carga hasta el momento en que la retira de acuerdo al plan de control.</p> <p>4.5 Cuando el tiempo ha transcurrido, responsable de sellado retira la carga de la tina introduciendo los ganchos del soporte del puente de la cadena de la grúa en las orejas del puente (ver fig. 4).</p> | | |

- 4.6 Responsable de sellado levanta la carga manteniendo oprimido el botón UP de la botonera de control del polipasto de la grúa, hasta que el puente este por encima del nivel de la tina.
- 4.7 Responsable de sellado desplaza la carga al enjuague de sellado manteniendo oprimido el botón REVERSE para la línea 2 y con el botón FORWARD para línea 1 (ver fig. 5).
- 4.8 Responsable de sellado enjuaga la carga de acuerdo al IGA-752-16 (ver fig. 6).
- 4.9 Responsable de sellado desplaza la carga manteniendo oprimido el botón REVERSE de la botonera del control del polipasto de la grúa hasta la zona de escurrimiento (ver fig. 7).
- 4.10 Responsable de sellado baja la carga manteniendo oprimido el botón DOWN de la botonera del polipasto hasta que los extremos del puente descansen en los soportes de las bases de la zona de escurrimiento (ver fig 8).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

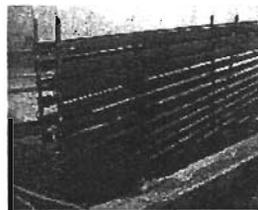


Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

1. OBJETIVO:

Definir la metodología de operación de matizado en el área de anodizado.

2. ALCANCE:

El presente documento aplica a todo material en acabado en cualquier acabado anodizado en línea 1 y línea 2 del área de anodizado.

3. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES:

3.1 Gerente de Anodizado.

- 3.1.1 Revisar y actualizar el presente documento.
- 3.1.2 Proporcionar los recursos necesarios para la correcta aplicación de este documento.
- 3.1.3 Capacitar continuamente al personal involucrado en la aplicación de este documento.

3.2 Ingeniero de Procesos.

- 3.2.1 Elaborar, implementar y mantener el presente documento.
- 3.2.2 Optimizar las operaciones descritas en este documento.
- 3.2.3 Participar activamente en la capacitación del personal involucrado en la aplicación de este documento.

3.3 Auditor de Calidad y Supervisor.

- 3.3.1 Verificar la aplicación correcta del presente documento.
- 3.3.2 Tomar acciones correctivas y preventivas para la aplicación correcta de este documento.
- 3.3.3 Aplicar los criterios de aceptación y rechazo definidos en este documento.

3.4 Desenrracador y Ayudante de Desenrracador.

- 3.4.1 Aplicar correctamente lo descrito en el presente documento.
- 3.4.2 Mantener los registros definidos en este documento.
- 3.4.3 Participar activamente en la detección-solución de problemas que se presenten en la aplicación de este documento.

| | | |
|---|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Desenrracador OPERACIÓN: Desenrraque Nº OPERACIÓN: DR.01</p> |
| <p>4. DESARROLLO:</p> <p>4.1 Desenrracador y ayudante de desenrracador verifican que el material a desenrracar no presente defectos de acuerdo al IGA-752-18.</p> <p>4.2 Si el material es conforme, desenrracador y ayudante de desenrracador proceden a bajar el material de acuerdo al siguiente procedimiento:</p> <p>4.2.1 Materiales de contacto indirecto al bastón:</p> <p>4.2.1.1 Desenrracador y ayudante de desenrracador aprietan ligeramente los perfiles con la mano.</p> <p>4.2.1.2 Desenrracador Y ayudante de desenrracador retiran las argollas desplazándolas con la otra mano en sentido contrario al bastón.</p> <p>Nota: El desenrraque comienza de abajo hacia arriba y las argollas se retiran de uno de los extremos y en medio de la carga primero, para posteriormente retirar las argollas del lado que hace falta.</p> <p>4.2.2 Materiales de contacto directo al bastón:</p> <p>4.2.2.1 Desenrracador y ayudante de desenrracador retiran las argollas con la ayuda del <i>retirador de argollas</i>. (Fig. 1).</p> <p>4.2.2.2 Desenrracador y ayudante de desenrracador reciben el material apoyándolos en el brazo que queda libre.</p> <p>4.3 Desenrracador y ayudante de desenrracador transportan los perfiles a la mesa de desenrraque.(Fig. 2).</p> <p>4.4 Desenrracador y ayudante de desenrracador al terminar de bajar el material (máximo 3 cargas en ambas líneas), ensamblan los perfiles de acuerdo a la norma de empaque listos para empacarse.</p> <p>4.5 Desenrracador y ayudante de desenrracador transportan los perfiles ensamblados a la empacadora. (Fig. 3)</p> <p>4.6 Desenrracador empaca el material haciéndolo pasar por la empacadora manteniendo oprimido con el pie el interruptor de encendido en la línea 1 o oprimiendo con la mano el interruptor de encendido en línea 2, asegurando que los paquetes estén cubiertos por el plástico.(Fig. 4).</p> | | |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. AREA: Anodizado</p> | <p>HOJA DE INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN</p> | <p>RESPONSABLE: Desenrracador OPERACIÓN: Desenrraque No OPERACIÓN: DR.01</p> |
| <p>4.7 Desenrracador y ayudante de desenrracador transportan los paquetes a la canasta verificando que los paquetes por cama y por canasta cumplan con la norma de empaque correspondiente asegurando que entre cama y cama se coloque cartón.(Fig. 5)</p> <p>4.8 Cuando la canasta se complete, desenrracador y ayudante de desenrracador la transportan a la zona de embarque a APT (Almacén de Producto Terminado).</p> <p>Nota1 : Antes de estibar el material empacado se debe habilitar la canasta, colocando cartón (entero o en fracciones, pero que cubra totalmente) en los extremos y en la base. Se puede usar cinta canela o alguna otra cinta para adherirla a la canasta (esto se hace para que el material no sufra fricción en el transporte o en manejo interno o externo a la planta).</p> <p>Nota 2: Si el material esta destinado a herrajes o lacado el material no se empaca, en el caso de herrajes se amarra o empacan los extremos del material ensamblado y para lacado se estiba directamente en la canasta la cual no es necesario habilitarla, transportando material a las zonas correspondientes.</p> <p>4.9 Desenrracador anota los perfiles empacados en el FGA-752-05.</p> | | |

5 GLOSARIO.

No se considera necesario en este documento.

6 ANEXOS.



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6

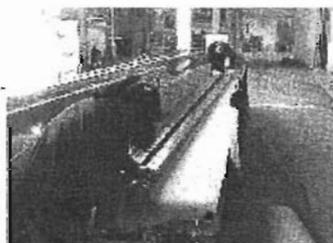


Figura 7

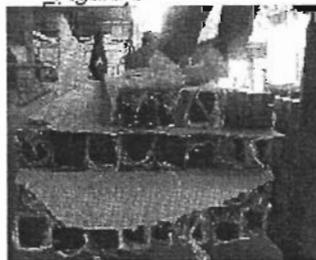


Figura 8

2.7 Preparación de soluciones (reactivos y catalizadores) y condiciones de seguridad

La importancia de la preparación de soluciones es imprescindible para el tratamiento adecuado de los perfiles de aluminio, en cada fase del proceso es muy conveniente establecer los parámetros más estrictos para estimular los buenos hábitos entre el personal que se relaciona directamente con los equipos del proceso. Es característico que el personal (especialmente el sindicalizado) opera el equipo a modo propio, si a ello sumamos la falta de un documento que les ayude no solo a saber cómo manejar los diversos reactivos, sino para que conozcan la funcionalidad de operar bajo tales características el resultado no puede ser mejor.

A continuación se muestra en las siguientes hojas, la preparación de soluciones, ya sean reactivos o catalizadores, así como las condiciones seguras para hacerlo (es decir, el uso de bata, goggles, zapatos especiales, etc). Es importante establecer con el personal de la planta un ambiente de respeto hacia su seguridad, en el que sientan confianza al momento de preparar y sobre todo de adicionar reactivos o catalizadores, cuando el personal tiene el pleno conocimiento de que su seguridad es lo más importante y cuando logra crear la conciencia de cómo y porqué se deben preparar y adicionar las soluciones de determinada forma se reafirma la reciprocidad para ellos con la empresa y viceversa. Muchas de las marcas o registros internacionales que busca una empresa (certificación ISO, Qualanod, etc.), inician con esta etapa, en el que los ingenieros y el personal a su cargo logran plantear estos sencillos propósitos para llevar a cabo con éxito las operaciones que aseguran también el rendimiento y la productividad de la planta.

Es importante señalar que las plantas de proceso, además de contar con su laboratorio de análisis (mismo donde se preparan las soluciones, debe (o debería) contar con un laboratorio de investigación y desarrollo, pues beneficia mucho a la planta. "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V. cuenta con este laboratorio, además de hacer un muestreo constantemente sus procesos.

La innovación tecnológica implica la adopción de nuevas tecnologías que mejoran la competitividad, pero también fija objetivos claros que fomentan la creatividad; y por supuesto se debe tratar de adelantar a las necesidades del cliente. Esta innovación también representa el mejor uso de los recursos que se tienen, y también motiva al cambio de procesos de trabajo que lleven a la mejora de la competitividad, y se crean incentivos claros que ayudan a formar grupos de trabajo exitosos.

| | | |
|---|-------------------------------------|--|
| Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. | HOJA DE ANÁLISIS QUIMICO | CARACTERÍSTICA: Aluprop -76 FUNCION : Desengrase alcalino |
| <p>Para el caso del desengrase alcalino, se emplea un producto en polvo llamado "Aluprop 76", que tiene un aspecto blanco y es fácil de disolver en agua templada; este polvo está exento de sosa cáustica, silicatos y boratos, además sus tensioactivos son biodegradables.</p> <p>La función de este polvo es eliminar pastas de pulir sobre perfiles de aluminio y también muy eficaz para emulsionar aceites de corte, minerales o vegetales. El Aluprop 76 contiene en su formulación inhibidores de ataque para mantener el aspecto brillante del aluminio.</p> <p>CONDICIONES DE TRABAJO</p> <p>Concentración: 50-60 g/l de Aluprop 76, según suciedades y temperaturas. tiempo de tratamiento: 5-15 min. según temperatura y concentración empleada. Una agitación por aire puede reducir el tiempo de tratamiento y mejorar el efecto de limpieza. Temperatura: 55-65 °C según suciedades.</p> <p>CONTROL DEL BAÑO</p> <p>Se toma una alícuota de 50 ml baño de desengrase, se adicionan 100 ml de agua y unas gotas de indicador naranja de metilo. Se valora con ácido clorhídrico 1N hasta cambio de coloración de amarillo a anaranjado.</p> <p style="text-align: center;">Volumen consumido = A ml A X 2.2 = g/l Aluprop 76</p> | | |

Extrusiones Metálicas
S.A. de C.V.

HOJA DE ANÁLISIS QUIMICO

CARACTERÍSTICA: Alsat
195-LV
FUNCION: Aditivo

Para el matizado del aluminio se utiliza un producto líquido denominado alsat 195 LV, el cual se maneja junto con sosa cáustica. Este producto presenta en su composición una mezcla de productos que permite una larga vida a los baños de matizado, consiguiendo un aspecto de grano fino en el satinado; el alsat 195 LV permite mantener altas concentraciones de aluminio disuelto sin provocar problemas de precipitación, debido a su gran poder complejante.

CONDICIONES DE TRABAJO

El montaje del baño nuevo se efectúa de acuerdo a la siguiente composición:

50 g/l de sosa cáustica

15 g/l de alsat 195 LV

REGENERACIÓN

La regeneración de mantenimiento se efectuará adicionando por cada 100 Kg de sosa cáustica 15-20 Kg alsat 195 LV. Se recomienda mantener los baños de matizado entre 55-65 °C a fin de lograr un buen aspecto del satinado; en cuanto al tiempo de tratamiento, se recomienda mantener un tiempo de inmersión en el baño de satinado entre 10-15 minutos.

| | | |
|--|-------------------------------------|---|
| Extrusiones Metálicas S.A. de C.V. | HOJA DE ANÁLISIS QUIMICO | CARACTERÍSTICA: Alsat 195 LV. sosa y aluminio FUNCION: Matizado |
| <p>ANÁLISIS DE SOSA CAUSTICA Y ALUMINIO</p> <p>Reactivos necesarios: Ácido clorhídrico 1N Solución fluoruro potásico 50 % Solución indicador fenolftaleína</p> <p>Tomar 5 ml del baño de matizado filtrado, añadir 100 ml de agua destilada y unas gotas del indicador fenolftaleína, valorar con ácido clorhídrico 1N hasta que cambie el color de rosa a incoloro:</p> <p>Volumen consumido = A ml</p> <p>Análisis de sosa cáustica y aluminio</p> <p>Añadir 40 ml de fluoruro potásico al 50% y valorar de nuevo hasta que se vuelva incoloro:</p> <p style="text-align: center;">Volumen consumido en la segunda valoración = B ml</p> <p>Entonces:</p> <p style="text-align: center;">$(3A - B) \times 2.66 = \text{g/l de sosa cáustica}$</p> <p style="text-align: center;">$B \times 1.8 = \text{g/l de aluminio}$</p> | | |

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE ALSAT 195 LV

Reactivos necesarios

1. Solución de hierro (II), 0.1N (Fe(II) 0.1N)

Esta solución se prepara pesando 27.8 g. de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) o partir de 39.2 g. de sal de Mohr (hierro (II) y amonio sulfato) $(\text{SO}_4)_2\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, disolviéndolo en 100 ml de agua desionizada con 2 ml de ácido sulfúrico concentrado. La solución se lleva hasta un litro empleando ácido sulfúrico al 50%.

2. Solución de dicromato potásico 0.1N

Esta solución se prepara pesando 4.9 g. de dicromato potásico se afora hasta 1 litro de agua desionizada.

3. Ácido sulfúrico concentrado.

4. Indicador ferroína: Se prepara tomando 100 ml de ácido sulfúrico 1N (0.5 mol/l), se pesan 0.56 g. de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) y pesar 1.19 g. de 1-10 fenantrolina 1-hidrato.

Método analítico

Se toma una muestra de 2 ml del baño filtrado y se introduce en un matraz erlenmeyer. Se añaden 100 ml de agua, 50 ml de dicromato potásico 0.1N y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se calienta hasta ebullición manteniéndolo así durante 10 minutos (utilizar piedras para regular la ebullición y evitar proyecciones). Se enfría y se añaden 4 ó 5 gotas de indicador ferroína y se valora con la solución de Fe(II) 0.1N hasta cambio de color de gris / rojizo.

Determinación del factor de la solución de Fe(II)

Es necesario antes de cada determinación conocer el factor de la solución de Fe (II) según el siguiente análisis:

Tomar 10 ml de solución de dicromato potásico 0.1N y adicionarlo en un erlenmeyer. Añadir 50 ml de ácido sulfúrico al 25% y 10 gotas de indicador ferroína. Valorar con la solución de Fe (II) preparada hasta cambio de color (consumo de Fe(II) = V ml)

$$\text{Factor } f = 10/V$$

La valoración del análisis en blanco se efectúa según el método analítico B sustituyendo la muestra del baño por 5 ml de agua. Haciendo el resto del proceso en idénticas condiciones que las especificadas.

Cálculos

$$(A - B) \times f \times X \times 2.33 = \text{g/l alsat 195 LV}$$

A = ml solución de Fe(II) consumidos en un análisis en blanco.

B = ml solución de Fe(II) consumidos por la muestra del baño.

F = factor de la solución de Fe(II).

| g/l de componente | Concentración g/l de aluminio | | | |
|-------------------|-------------------------------|-----------|------------|-------------|
| | 0-40 g/l | 40-80 g/l | 80-100 g/l | 100-140 g/l |
| g/l sosa cáustica | 50-60 | 60-70 | 70-85 | 85-100 |
| g/l alsat 195 LV | 15-18 | 18-25 | 25-30 | 30-40 |

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ACIDO NITRICO

Se toman 10 ml del baño y se introducen en un matraz erlenmeyer de 300 c.c.; se le adicionan 40 ml de agua desionizada. A esta disolución se añaden 10 gotas del indicador fenolftaleína y se efectúa la valoración con hidróxido de sodio 1N hasta que cambie de color incoloro a rosa.

$$\text{Consumo ml de hidróxido de sodio 1N} = \text{valor A}$$

$$A \times 6.3 = \text{g/l de ácido nítrico (o si se multiplica por 0.63 = \%)}$$

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO

Se toman 5 ml del baño y se introducen en un erlenmeyer, se añaden 40 ml de agua desionizada; a esta solución se añaden 4 ó 5 gotas de indicador fenolftaleína, y se valora con hidróxido de sodio 1N hasta el cambio de color incoloro a rosa.

$$\text{Consumo ml de hidróxido de sodio 1N} = \text{valor A}$$

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ACIDO SULFURICO

Se toman 5 ml del baño y después de introducirlo en un erlenmeyer se añaden 40 ml de agua desionizada; se añade a la solución una cucharada de fluoruro de sodio (y/o potasio) y 4 ó 5 gotas de fenolftaleína, y se valora con hidróxido de sodio hasta el cambio de color incoloro a rosa.

Consumo ml de hidróxido de sodio 1N = valor B

$B \times 9.8 = \text{g/l de ácido sulfúrico}$

$(A - B) \times 1.8 = \text{g/l de aluminio}$

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SALES

Para hacer esta determinación se toman 10 ml del baño y se colocan en un matraz erlenmeyer de 300 c.c., se diluyen con 40 ml de ácido sulfúrico al 25% y 40 ml de agua desionizada; se adiciona aproximadamente 20 ml de solución de almidón, y luego se valora con la solución de yodo 0.1N hasta que se note cambio de color de incoloro a azul.

Consumo ml de yodo 0.1N $\times 1.07 = \text{g/l de sulfato de estaño}$

NOTAS:

- La concentración debe mantenerse entre 14-16 g/l de sulfato de estaño
- No debe agitarse el matraz erlenmeyer al hacer la valoración

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ACIDEZ CON POTENCIÓMETRO

Se toman 50 ml del baño y se introducen en un matraz erlenmeyer de 300 c.c. y se adiciona agua desionizada; una vez ajustado el potenciómetro con las soluciones tampón pH 7 y 2 respectivamente, se introduce el electrodo en el erlenmeyer asegurándose que la membrana del electrodo está totalmente sumergida en la disolución.

Extrusiones Metálicas
S.A. de C.V.

HOJA DE ANÁLISIS QUIMICO

CARACTERÍSTICA: Alsat 195
LV, sosa y aluminio
FUNCION: Matizado

Dado que las medidas de pH durante la valoración tardan en estabilizarse es necesario realizar la valoración con agitación magnética; se valora con hidróxido de sodio 1N hasta llegar a un pH de 2.1.

Consumo ml de hidróxido de sodio 1N X 0.98 = g/l de ácido sulfúrico

NOTA:

- La concentración debe mantenerse entre 14-16 g/l de ácido sulfúrico

SULFATO DE ESTAÑO SÓLIDO

Denominado "ALSAN", este producto se obtiene mediante disolución electrolítica del estaño metal 99.9 % en ácido sulfúrico Q.P.¹⁶

El producto obtenido tiene gran pureza, lo que permite su utilización en los baños de coloración electrolítica. Se trata de un polvo blanco que se envasa en bidones de 25 kilogramos.

COMPOSICIÓN:

| COMPONENTE | % |
|-------------------|---------|
| SnSO ₄ | 98-99.5 |
| Sn ⁴⁺ | 0.3 |
| Ni | 0.003 |
| Fe | 0.020 |
| Na | 0.004 |
| Zn | 0.051 |
| Pb | 0.025 |
| Cu | 0.012 |

NOTA:

- Para evitar una oxidación del producto por el aire con humedad, se aconseja tener cerrados los bidones de sulfato de estaño

ANÁLISIS

En un matraz erlenmeyer de 300 ml se añaden 50 ml de una solución de ácido sulfúrico al 25 % y 100 ml de agua destilada y 50 ml de yodo 0.1N. En una báscula de precisión se pesan aproximadamente de 0.3 a 0.4 gramos de sulfato de estaño (II).

Esta muestra se añade al erlenmeyer anteriormente preparado, se agita hasta disolución completa y se valora el exceso de yodo con tiosulfato de sodio 0.1N; cuando la disolución esté débilmente amarilla se añaden 2 ml de solución de indicador almidón y se termina la valoración hasta el cambio de color de azul a incoloro.

¹⁶ Q.P. = Químicamente puro.

Ml de tiosulfato consumidos = A

$$\frac{(50 - A) \times 1.074}{\text{gramos pesados}} = \% \text{ de SnSO}_4$$

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ACIDEZ POTENCIOMETRICAMENTE

1. Se toman 25 ml del baño y se introducen a un matraz erlenmeyer, y se diluye con agua desionizada hasta 200 ml.
2. Una vez ajustado el potenciómetro con las soluciones tampón de pH 7 y 4 respectivamente (o con tampón 7 si es de un solo ajuste) se introduce el electrodo en el erlenmeyer asegurándose que la membrana del electrodo esté totalmente sumergida en la disolución. Dado que las medidas del pH a lo largo de la valoración tardan en estabilizarse es necesario realizar la valoración con agitación magnética.
3. Se valora con hidróxido de sodio 1N tomando lecturas de pH para cada ml de hidróxido de sodio adicionado. No es necesario tomar los valores iniciales, se debe anotar los mililitros enteros y pH a partir de un pH superior a 1.8.
4. Establecer la siguiente tabla:

| ml NaOH adicionado | pH | ΔpH | $\Delta(\Delta\text{pH})$ |
|--------------------|-----|-------------------|----------------------------------|
| 4 | 1.8 | | |
| | | 0.1 | |
| 5 | 1.9 | | 0.1 |
| | | 0.2 | |
| V1 → 6 | 2.1 | | 0.8 $\Delta(\Delta\text{pH})_1$ |
| | | 1.0 | |
| V2 → 7 | 3.1 | | -0.9 $\Delta(\Delta\text{pH})_2$ |
| | | 0.1 | |
| 8 | 3.2 | | |

Donde ΔpH es la diferencia de pH entre dos adiciones sucesivas y $\Delta(\Delta\text{pH})$ es la diferencia entre cada dos valores de ΔpH .

Cuando el pH oscila entre 3 se obtiene un gran salto de pH con la adición de 1 ml de la solución de NaOH y a continuación llegará un momento en que la valoración de pH deja de ser tan brusca, cuando esto pase, se deben anotar los últimos valores y detener la valoración.

Al efectuar los cálculos se observará un cambio de signo en el $\Delta(\Delta\text{pH})$ que corresponde al punto final de la valoración que indica que el volumen consumido se encuentra entre los dos valores correspondientes al cambio de signo (6-7 ml)

$$V = \frac{\Delta(\Delta\text{pH})_1}{\Delta(\Delta\text{pH})_1 + \Delta(\Delta\text{pH})_2} + V_1$$

Donde $\Delta(\Delta\text{pH})_1$ y $\Delta(\Delta\text{pH})_2$ corresponden al último valor positivo y el primero negativo respectivamente, ambos en valor absoluto.

Por ejemplo:

$$V = \frac{0.8}{0.8+0.9} + 6.0 = 6.6 \text{ ml}$$

Para el cálculo de acidez del baño rojo burdeos:

$$V \text{ (ml)} \times 1.96 = \text{g/l acidez del baño rojo burdeos}$$

$$6.6 \text{ ml} \times 1.96 = 12.9 \text{ g/l de ácido sulfúrico}$$

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ACIDEZ POTENCIOMETRICAMENTE

1. Se toman 25 ml del baño y se colocan en un matraz erlenmeyer, se diluye con agua desionizada hasta 200 ml
2. Una vez ajustado el potenciómetro con las soluciones tampón de pH 7 y 4 respectivamente (o con tampón 7 si es de un solo ajuste) se introduce el electrodo en el erlenmeyer asegurándose que la membrana del electrodo esté totalmente sumergida en la disolución. Dado que las medidas del pH a lo largo de la valoración tardan en estabilizarse, es imprescindible realizar la valoración con agitación magnética.

3. Se valora con hidróxido de sodio 1N tomando lecturas de pH **para** cada ml de hidróxido de sodio adicionado. No es necesario tomar los valores iniciales, anotar los mililitros enteros y pH a partir de un pH superior a 2.0

4. Establecer la sig. Tabla:

| ml NaOH adicionado | pH | Δ pH | $\Delta(\Delta$ pH) |
|-----------------------|-----|-------------|---------------------------------------|
| 4 | 1.8 | | |
| | | 0.1 | |
| 5 | 1.9 | | 0.1 |
| | | 0.2 | |
| V1 → 6 | 2.1 | | 0.8 $\Delta(\Delta$ pH) ₁ |
| | | 1.0 | |
| V2 → 7 | 3.1 | | -0.9 $\Delta(\Delta$ pH) ₂ |
| | | 0.1 | |
| 8 | 3.2 | | |

Donde Δ pH es la diferencia de pH entre dos adiciones sucesivas y $\Delta(\Delta$ pH) es la diferencia entre cada dos valores de Δ pH.

Cuando el pH oscila entre 3 se obtiene un gran salto de pH con la adición de 1 ml de la solución de NaOH y a continuación llegará un momento en que la valoración de pH deja de ser tan brusca, cuando esto pase, se deben anotar los últimos valores y detener la valoración.

Al efectuar los cálculos se observará un cambio de signo en el $\Delta(\Delta$ pH) que corresponde al punto final de la valoración que indica que el volumen consumido se encuentra entre los dos valores correspondientes al cambio de signo (6-7 ml)

$$V = \frac{\Delta(\Delta\text{pH})_1}{\Delta(\Delta\text{pH})_1 + \Delta(\Delta\text{pH})_2} + V1$$

Donde $\Delta(\Delta$ pH)₁ y $\Delta(\Delta$ pH)₂ corresponden al último valor positivo y el primero negativo respectivamente, ambos en valor absoluto.

Extrusiones Metálicas
S.A. de C.V.

HOJA DE ANÁLISIS QUÍMICO

CARACTERÍSTICA: Sulfato de
estaño
FUNCION: Coloreado

Por ejemplo:

$$V = \frac{0.8}{0.8+0.9} + 6.0 = 6.6 \text{ ml}$$

Para el cálculo de acidez del baño oro:

$$V \text{ (ml)} \times 1.96 = \text{g/l acidez del baño oro}$$

$$6.6 \text{ m} \times 1.96 = 12.9 \text{ g/l de ácido sulfúrico}$$

FRIOFRIX 85 – FRIOFRIX SF

Se trata de un producto sólido (el friofrix 85) de aspecto pulverulento, que disuelto en agua desionizada se utiliza para la formación de baños de sellado por impregnación "sellado en frío". Con este producto se logra una protección con excelente resistencia química manteniendo el aspecto decorativo de la capa anódica.

FORMACIÓN DEL BAÑO

Llenar el tanque con 2/3 de un volumen total con agua desionizada. Se disuelve en pequeñas porciones la cantidad de friofrix 85 necesaria para el volumen total, siendo más fácil la disolución si se realiza en agua templada (30 °C). Finalmente completar con agua hasta el volumen total.

FRIOFRIX 85 para formación de baño = 5 g/l

La concentración de sales debe encontrarse entre 3.5 – 5.7 g/l de FRIOFRIX 85

CONDICIONES DE TRABAJO

Se aconseja una filtración permanente de los baños para evitar la formación de polvo sobre los perfiles. El polvo se presenta especialmente cuando los arrastres de aluminio y calcio de los enjuagues anteriores son altos. Es necesario efectuar un buen enjuague posteriormente al proceso del sellado con agua caliente a pH = 5 – 7; las condiciones operativas del baño de sellado deben ser controladas regularmente para asegurar un perfecto mantenimiento de la calidad en la producción.

Deben mantenerse los siguientes parámetros:

| | |
|-----------------------|---|
| pH del baño | 5.8 – 6.5 |
| Contenido FRIOFRIX 85 | 3.5 – 5.7 g/l |
| Iones fluoruro libres | 400 – 800 ppm |
| Temperatura | 28 – 30 °C |
| Tiempo | 12 – 16 minutos, según espesores de capa anódica |

REGENERACIONES

Las correcciones del pH se efectúan con ácido acético o amoníaco (bajar o subir el pH).

Las medidas de control de pH se efectuarán con pH-Metro, debiendo controlar regularmente los electrodos de pH, ya que la membrana de vidrio puede ser atacada por los fluoruros presentes.

La concentración en puntos de sales se efectúa con el mismo producto FRIOFRIX 85 según análisis.

Envase: Bidones de 25 Kg

Para garantizar un perfecto sellado es necesario realizar un mantenimiento diario tanto de sales FRIOFRIX 85 como de iones fluoruro con el producto líquido FRIOFRIX SF, dado que el consumo de iones níquel y fluoruro no es correlativo, variando el consumo de éste último según instalaciones y arrastres aportados.

OBSERVACIONES ESPECIALES

Para cumplir la normativa estipulada por Qualanod es indispensable realizar un envejecimiento acelerado del proceso del sellado en frío. Este tratamiento debe efectuarse según las recomendaciones de Qualanod en una solución de $(\text{NiSO}_4 - 7 \text{H}_2\text{O})$ con 5-10 g/l a una temperatura de 60 °C y en tiempos de 0.8 – 1.2 min/ μm . Una vez efectuado, las piezas tratadas pueden ser sometidas a los ensayos de calidad de sellado según normas: ISO 2143 (gota de colorante), e ISO 3210 (inmersión fosfocrómica).

METODOS DE ANÁLISIS

1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES

Con una pipeta tomar 50 ml del baño de sellado en frío en un erlenmeyer de 250 ml; adicionar 40 ml de amoníaco y un poco de indicador murexida.

Se valora con EDTA 0.1 M hasta cambio de color violeta:

ml contenido = V

g/l FRIOFRIX 85 = V X 0.38

2. DETERMINACIÓN CONTENIDO DE FLUORUROS LIBRES

Esta determinación se lleva a cabo por un método potenciométrico con un electrodo sensible a los iones fluoruro. Es necesario realizar una curva de calibrado con patrones de concentración conocida de fluoruro en el rango de la medida a efectuar.

FRIOFRIX SF/2

Se trata de un aditivo para el mantenimiento de iones fluoruro en los baños de sellado en frío para capas anódicas del aluminio y sus aleaciones.

CONDICIONES OPTIMAS DE TRABAJO BAÑO S.F.

El proceso de sellado en frío se realiza manteniendo las sig. condiciones:

- pH = 5.8 – 6.2
- Pts. Sales = 3.5 – 5 g/l DE FRIOFRIX 85
- Flúor libre = 400 – 800 ppm
- Temperatura = 25 - 32°C
- Tiempo de tratamiento = 0.8 – 1.2 min/ μ m

La corrección del contenido de fluoruros se realiza con el producto FRIOFRIX SF/2 que contiene 220.000 ppm de fluoruros libres. No es necesario reajuste de pH del baño al regenerarlo en fluoruros ya que el producto se suministra neutralizado en el rango de pH de trabajo del baño (5.5 – 6.5).

OBSERVACIONES ESPECIALES:

Para evitar la acumulación de polvo, que puede adherirse a los perfiles y perjudicar la calidad de sellado, aconsejamos una permanente filtración del baño. Es necesario un enjuague posterior con agua corriente neutra, para eliminar los restos de líquido de sellado, para después sumergirlo en agua desionizada a 60°C para reducir el tiempo de sellado total o agua con sales de níquel tal como indican las directrices de la marca de calidad EWAA/EURAS.

Si es necesario reajustar el pH del baño a las condiciones óptimas de trabajo, éste se lleva a cabo con ácido acético o amoniaco (para reducir o aumentar pH). El tiempo de envejecimiento puede reducirse por secado con aire caliente o inmersión en agua caliente.

PREPARACIÓN PATRONES FLUORURO LIBRE

| | | |
|----------|--------------|----------|
| NaF | pm = 42 | |
| 1000 ppm | 2.2 g. NaF/l | (aforar) |
| 500 ppm | 1.1 g NaF/l | (aforar) |

**PATRONES FLUORURO TOTAL
TISAB IV**

1. 115 g. tartrato de sodio
2. 121 g. trisidroxi-metilamino-metano
3. Aproximadamente 300 ml agua desionizada
4. 42 ml HCl (c)
5. Calentar hasta que se disuelva, dejar enfriar y aforar a 500 ml

PREPARACIÓN PATRONES FLUORURO TOTAL

1. Tomar 50 ml (con una pipeta) patrón 995.4 ppm (1000 ppm) F- libre + 50 ml (pipeta) TISAB IV
2. Tomar 50 ml (pipeta) patrón 497.7 ppm (500 ppm) F-libre + 50 ml (pipeta) TISAB IV
3. Muestras baños: (VASO SECO)
Tomar 25 ml muestra baño de sellado + 25 ml TISAB IV (pipeta)

NOTAS:

Patrones 0.1 mol/l y 0.01 mol/l en flúor para equipos automáticos que se tengan que introducir los patrones de concentración molar.

2.1 g. NaF en 500 cc = PATRON DE 0.1 mol/l



100 ml (pipeta) aforar 1000 cc = PATRON DE 0.01 mol/l

ANÁLISIS FLUORURO LIBRE

1. Enjuagar los electrodos con agua desionizada y secar
2. Se sumergen ambos en la disolución patrón No. 1 (aprox. 500 ppm) y conectar el potenciómetro la escala de mv. Anotar el valor medido A, una vez que se haya estabilizado.
3. Se enjuagan los electrodos con agua desionizada y se secan. Luego se sumergen en la disolución No. 2 (aprox. 1000 ppm) y se toma la lectura B, una vez que se haya estabilizado el valor.
4. Enjuagar, secar e introducir los electrodos en la muestra del baño de sellado en frío, tomar la medida C una vez estabilizada.

**CALCULOS
MEDIDAS TOMADAS**

| | |
|----------------------|--------------|
| X ppm (patrón No. 1) | Valor A (mV) |
| Y ppm (patrón No. 2) | Valor B (mV) |
| Z ppm (muestra SF) | Valor C (mV) |

La medida del potencial de la disolución (mV) es una función logarítmica de la concentración del ion al cual corresponde el electrodo de medida en nuestro caso de iones fluoruro, según la sig. ecuación:

$$E = \text{cte.} - m \log (F^-)$$

Ecuación que corresponde a la representación de una recta donde:

$$\begin{aligned} E &= \text{potencial (mV)} \\ m &= \text{pendiente de la recta} \\ \log (F^-) &= \text{logaritmo de la concentración de ion fluoruro} \end{aligned}$$

Se puede representar en una gráfica los sig. datos:

| COORDENADA X (log ppm) | COORDENADA Y (mV) |
|-------------------------------|--------------------------|
| log X ppm | A |
| log Y ppm | B |
| log Z ppm | C |

Donde los ppm Z es un valor desconocido, correspondiente a la concentración de ion fluoruro de la muestra del baño. Este valor lo calculamos, llevando a la recta que une los dos puntos de la gráfica de los patrones No. 1 y 2 el valor C de la muestra del baño y tomando sobre el eje de las X el valor de la lectura de la muestra (log ppm Z). Calcular el antilogaritmo (10^Z) y el resultado serán las ppm de fluoruro libre de la muestra de sellado en frío.

REGENERACIÓN

El baño debe mantenerse entre 400 y 800 ppm, cuando se encuentra bajo el nivel, se debe adicionar 25 Kg de FRIOFRIX SF por cada 5.000 litros de baño.

NOTA:

- La pendiente de la recta debe encontrarse entre los valores -54 y -59 para que el calibrado sea correcto.

Extrusiones Metálicas
S.A. de C.V.

**HOJA DE ANÁLISIS
QUÍMICO**

CARACTERÍSTICA: Frioфриx
FUNCION: Sellado

CALCULO DE LA PENDIENTE:

$$(B - A)$$

$$\log Y (\text{No. 2}) - \log X (\text{No. 1})$$

La lectura de mV para la muestra del baño "C" se lleva a la recta de la gráfica y se determina el log (F-) para la muestra (valor M).

El contenido de fluoruros = $10^M = Z$ ppm F-

CAPITULO 3

3. DIAGRAMAS Y PLANOS DEL PROCESO DE ANODIZADO

3.1 Descripción del proceso línea uno

El proceso inicia recibiendo en canastas el aluminio extruido en forma de perfiles, en sus dos modalidades de medida (6.10 m. Y 4.60 m respectivamente); posteriormente del límite de batería (gratado; algunos perfiles no se pueden gratar, debido a su forma geométrica), se lleva el perfil a la zona de enraque, donde se llena la carga (la carga es un tendido de perfiles, sujetos con argollas sobre bastones los que a su vez son atornillados a un puente), manteniendo la cantidad de m² requeridos para cada clave (se utilizan alrededor de 300 claves, entendiéndose por clave la forma geométrica final del perfil, por ejemplo una chambrana de 3" cuya clave es 7518, y una duela ondulada 11128), luego con una grúa de polipasto (capacidad 1 ton) se engancha el puente. Para una mejor visión se separa el proceso en tres etapas.

- **Etapa 1:** pretratamiento anódico (para acabados natural, champagne, bronce, negro y oro).

Se consideran dos opciones: que el perfil lleve mucha grasa (que puede provenir del maquinado y/o de las sierras de corte); o que el perfil contenga óxido y grafito (de las mesas de extrusión). En el primer caso, se lleva la carga a la tina 1, la cual contiene desengrasante alcalino (Aluprop 76; se prepara la solución y se adiciona con cubetas) con una concentración de 50-60 g/l y agua de red; con un tiempo de permanencia de la carga de 5-15 min (dependiendo de la grasa acumulada). El pH debe mantenerse en 12, y la temperatura entre 55-65° C. Esta temperatura se controla mediante una resistencia y un interruptor; después la carga pasa a la tina 2¹⁷ (a través de la grúa; esta se encarga de sujetar y transportar los perfiles a cada tina), cuya función es enjuagar; a temperatura ambiente, con un tiempo de permanencia de 1 min.

En el siguiente caso (perfiles que llevan óxido y grafito), se lleva la carga a las tinas 8 y 9, las cuales son desoxidantes. Contienen agua de red y ácido sulfúrico al 98%, a temperatura ambiente, con una concentración de ácido de 170-180 g/l, con un tiempo de permanencia de 10-15 min., el pH oscila alrededor de 3. Posteriormente la carga pasa a la tina 10, para su enjuague, con agua de red a temperatura ambiente, con un pH de 6.

Para ambos casos, las cargas pasan a las tinas de matizado 3 y 4, las cuales contienen agua de red, sosa al 50%, un aditivo para lodos (ALSAT 195 LV), con las siguientes condiciones: Temperaturas de 55-60°C (acabado natural); para los otros acabados de 40-45°C, la cual se controla con un serpentín de aire caliente; concentración de sosa de 60-70 g/l y 15 g/l de alsat 195 LV (para 50 g/l de sosa), el tiempo de permanencia varía

¹⁷ NOTA: Todas las tinas de enjuague cuentan con un rebosadero en la parte frontal al drenaje, para mantenerlas limpias (esto es, agua que fluye de abajo, arrastrando la suciedad hacia arriba).

según el acabado (para natural de 8-10 min; champagne; bronce y negro: 2.5-3 min, el pH oscila alrededor de 12.5-13. Luego la carga pasa a las tinas 5,6 y 7 las cuales actúan como enjuague con un tiempo de permanencia de 1 min. cada una, con agua de red a temperatura ambiente, finalmente pasa a la tina 10 que contiene los enjuagues de los desoxidados con el fin de neutralizar el pH. El tiempo de permanencia depende del tiempo que dura el anodizado.

- **Etapas 2: anodizado**

Las tinas de anodizado (11,12,13 y 14) funcionan como una celda electrolítica de oxidación controlada. Cada tina contiene agua de red, ácido sulfúrico al 98%, con una concentración de 190-200 g/l. Se debe mantener una concentración de aluminio de 1-15 g/l a 22 ± 1 °C. La temperatura es controlada mediante un servicio auxiliar (sistema de enfriamiento). El tiempo de permanencia para acabado champagne y bronce es de 23 min. obteniendo un micraje de 10-12; para acabado negro es de 35 min., obteniendo un micraje de 16-18 y para el natural y oro de 30 min. con un micraje de 6-8. Con un rectificador trifásico de 12000 A y un voltaje de 440/220 se aplica un amperaje de 8000 A para alcanzar una densidad de corriente de 1.5 A/dm^2 . y un voltaje de 15-20 volts por carga.

La sobrecarga de voltaje que puede tener la tina, ya sea por la cantidad de ácido, residuos de la reacción que saturan las barras de los cátodos y/o desprendimientos de argollas provocando falsos contactos con las cabezas de los mismos provocan que los trisistores y iodos de los rectificadores se quemen y provoquen un tiempo muerto de aproximadamente 15 min y también lo provocan las cabezas de los ánodos sucios y cátodos con cobre (oxidados). Los programas de mantenimiento correctivo se llevan con una austeridad de refacciones, lo cual da como resultado tiempos muertos dobles de lo esperado, por lo cual se propone usar una estandarización de fallas.

- **Etapas 3: color y sellado**

Luego del anodizado, la carga pasa a las tinas 15,16 y 17 de enjuague con agua de red, con un tiempo de permanencia de 1 min. (de no considerar este tiempo, se corre el riesgo de que el volumen del poro del material se deforme); después de este enjuague, la carga pasa a las tinas 18 y 20, las cuales colorean electrolíticamente en dos etapas: En la primera se suministra corriente continua, y en la segunda corriente alterna, utilizando un rectificador para tal fin. Las condiciones son: agua desmineralizada con menos de $30 \mu\text{S/cm}^{18}$; ácido sulfúrico con una concentración de 15-16 g/l; una concentración de sulfato de estaño de 17.5-18 g/l; preparando la

¹⁸ $\mu\text{S/cm}$ = microsiemens por centímetro, es un parámetro de conductividad.

solución y adicionando con botes; aditivo color 35-40 g/l; que se adiciona de la misma forma trabajando con una temperatura de 20-22 °C, dicha temperatura se controlan con un sistema de enfriamiento. El voltaje aplicado será de 12-20 volts, y un amperaje de 50-80 amperios/m². El tiempo de permanencia será según el color: acabado champagne: 12-18 seg., bronce: 5-6 min; y acabado negro: 16-20 min. Se traslada a las tinas de enjuague 19,21 y22, que contienen agua desmineralizada¹⁹ a temperatura ambiente.

Para obtener acabados en oro, de las tinas de enjuague después del anodizado se traslada la carga a la tina 24 la cual se colorea por inmersión y contiene agua desionizada, ferroxalato de amonio a una concentración de 35-45 g/l con un pH de 4.5-5.5, con una temperatura de 50-55 °C; se adiciona en bridones de 50 kg, esta temperatura es controlada por resistencias. El tiempo de inmersión es de 4-6 min., con agitación de aire seco para no sedimentar fierro. Posteriormente pasa a la tina 23 de enjuague, con agua desionizada a temperatura ambiente, con un tiempo de permanencia de 1 min.

Posteriormente, independientemente del acabado, se pasa la carga a la tina 26 donde se produce el sellado, que contiene acetato de níquel (FRIOFRIX 85), que se suministra en bridones de 50 kg; con una concentración de 3.5-5 g/l y fluoruro de sodio (FRIOFRIX SF/2), con una concentración de 400-800 ppm (y que se administra en bridones de 25 kg), manejando un pH de 5.8-6.5, una temperatura de 28-31 °C, la cual se controla mediante resistencias, con tiempos de inmersión de 10-12 min para acabado natural y oro; y de 12-15 min para acabados champagne y bronce; y de 15-18 min para acabado negro. Para pH muy altos (6 ó 7) se utiliza ácido acético; y para pH bajos (4 ó menos), hidróxido de amonio. Estas son medidas para controlar el pH. Posteriormente se traslada la carga a la tina 25 de enjuague, que contiene agua desmineralizada a una temperatura de 55-60 °C, después pasa la carga a la tina 26 de sellado, donde sucede un choque térmico, por lo cual se le llama "sellado en frío". Finalmente pasa la carga a la zona de escurrimiento y secado y posteriormente a desenraque y empaque, hacia el almacén de producto terminado (APT.)

¹⁹ El agua desmineralizada se abastece con un sistema auxiliar de circuito cerrado.

3.2 Diagrama de flujo de proceso

Este diagrama nos indica la secuencia lógica del proceso de anodizado, de línea uno, así como las características de las líneas y capacidades de los servicios que se suministran.

En esta línea se dan acabados en color natural (11), bronce (18), negro (17), champagne (4), oro (22) y champagne claro (03)

Los acabados se dan en perfiles de aluminio para ventanas, puertas, fachadas y herrajes. Su capacidad es de 400,000 m² al mes.

Los números en paréntesis son los códigos de color utilizados en la empresa.

Para consultar este plano, ver anexo 1.

3.3 Balance de masa y energía

| LINEA CARACTERISTICA | 1 | 4 | 5 | 11 | 14 | 18 | 19 | 24 | 25 | 26 | 27 | 29 | 30 | 31 |
|----------------------|--------------------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ALUMINIO | 500 m ² | | | | | | | | | | | | | |
| ALUPROP | | 50 g/l | | | | | | | | | | | | |
| AGUA DE RED | | | 40 l/min | | | | | 40 l/min |
| SOSA LIQ. (50%) | | | | 50% V/V | 50% V/V | | | | | | | | | |
| LODOS | | | | | | 1000 Kg | 1000 Kg | | | | | | | |
| TEMPERATURA | | | | | | 25°C | 25°C | Amb. | A. | A. | A. | A. | A. | A. |

| LINEA CARACTERISTICA | 9 | 15 | 44 | 39 | 40 | 46 | 59 | 60 | 77 | 47 | 57 | 67 |
|----------------------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|--------------|-----------|
| AGUA DE TRATAMIENTO | 40 l/min | 40 l/min | 40 l/min | | | | | | | | | |
| pH | 10 | 10 | 6 | | | | | | | | | |
| ACIDO SULFURICO | | | | 98% V/V | | | |
| RECTIFICADOR | | | | | | | | | | 8000 Amperes | 8000 Amperes | 8000 Amp. |

| LINEA CARACTERISTICA | 54 | 52 | 64 | 62 | 74 | 72 | 82 | 80 | 48 | 68 | 85 | 89 | 98 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|
| SOLUCION DE ACIDO SULF. | 15% V/V | | | | | |
| TEMPERATURA | 24°C | 21°C | 24°C | 21°C | 24°C | 21°C | 24°C | 21°C | Amb. | Amb. | | | |
| AGUA DE RED | | | | | | | | | 40 g/l | 40 g/l | 40 g/l | | |
| AGUA DE TRATAMIENTO | | | | | | | | | | | | 40 g/l | |
| AGUA DESMINERALIZADA | | | | | | | | | | | | | 30 μs/cm |
| pH | | | | | | | | | | | | | 7 |

3.3 Balance de masa y energía (continuación)

| LÍNEA CARACTERÍSTICA | 108 | 111 | 97 | 96 | 101 | 112 | 113 | 114 | 99 | 100 | 115 | 116 | 109 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-----------|------------|---------------------|-----------|------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| AGUA DESMINERALIZADA | 30 µs/cm | 30 µs/cm | | | | | | | | | | | |
| Ph | 7 | 7 | | | | | | | | | | | |
| SULFATO DE ESTAÑO | | | 17 g/l | | | 17 g/l | | | | | | | |
| ACIDO SULF. | | | | 98% V/V | | | 98% V/V | | | | | | |
| RECTIFICADOR | | | | | 5000 Amper es | | | 5000 Amper es | | | | | |
| ADITIVO COLOR | | | | | | | | | 25 Kg | | 25 Kg | | |
| ELCOSAN 2000 L | | | | | | | | | | 50 Kg | | 50 Kg | |
| AGUA AL EQUIPO DESMINERALIZADOR | | | | | | | | | | | | | 100 µs/c m |

| LÍNEA CARACTERÍSTICA | 123 | 134 | 139 | 143 | 135 | 144 | 145 | 127 | 141 | 149 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------|--------------------|
| AGUA DESMINERALIZADA | 30 µs/cm | 30 µs/cm | 30 µs/cm | 30 µs/cm | | | | | | |
| FERROXALATO DE AMONIO | | | | | 45 g/l | | | | | |
| FRIOFRIX 85 | | | | | | 4.5 g/l | | | | |
| FRIOFRIX SF-2 | | | | | | | 800 ppm | | | |
| PH | | | | | 4.5 | 6 | 6 | 4 | 6 | |
| TEMPERATURA | | | | | 65°C | Amb. | Amb. | | 60°C | 30°C |
| AGUA AL EQUIPO DESMINERALIZADOR | | | | | | | | 700 µs/cm | 150 µs/cm | |
| ALUMINIO CON ACABADO | | | | | | | | | | 490 m ² |

3.4 Plan de control del proceso

El plan de control es un formato que identifica las operaciones que se llevan dentro del proceso, dando los parámetros a controlar, las especificaciones máximas y mínimas además de identificar los responsables de realizar el control, la frecuencia, el método así como el plan de acción y los diferentes registros de control.

| PLAN DE CONTROL DEL AREA DE ANODIZADO | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|--|
| | | ELABORO INGENIERO DE PROCESOS | | | | | | COPIA CONTROLADA PARA | | | | Hoja 1de1 | | | |
| | | REVISO COORDINADOR DE AREA | | | | | | | | | | CALIDAD GCIA DE PLANTA COORDINADOR AREA O MAQUINA | | | |
| | | APROBACION CALIDAD | | | | | | | | | | Fecha de emision diciembre del 2004 | | | |
| No. | Etac. | Operacion | Materia prima | parametro | Unidad de medida | especificación | | | Responsable de inspeccion | Frecuencia de inspeccion | metodologia de inspeccion | Instrumento de inspeccion | Forma de registro | Plan de reaccion | observaciones |
| | | | | | | Min. | Op. | Max. | | | | | | | |
| 1 | Acabados Natural, Bronce, Champaña y Negro. | Gratado | Perfiles Arquitectónicos | Catálogo de defectos | N/A | catalogo | | | Gratador | Cada clave | visual | N/A | FAC-01 | Retrabajar | material no gratado,matizar de 8 a10 minutos |
| 2 | | Enraque | | Catálogo de defectos de extrusion | N/A | catalogo | | | Enraizador y supervisor | Cada puente | | | FAC-02 | Separar material no conformes | |
| 3 | | Desengrase | | Concentración de aluprop | gr./l | 40 | 50 | 60 | Laboratorista | 1 vez /dia | Marcha analit | Equipo de laboratorio | FAC-08 | Ajustar conc. | |
| 4 | | | | Temperatura | °C | 55 | 60 | 65 | Matizador | Cada 3 cargas | Variables | termometro | FAC-03 | Retrabajar | |
| 5 | | Tiempo de inmersión | | minutos | 10 | 15 | 20 | Cada carga | | cronometro | | Retrabajar | | | |
| 6 | | matizado | | Conc. sosa | Gr/l | 50 | 60 | 70 | Laboratorista | 1 vez por dia | Marcha analit. | Equipo de laboratorio | FAC-08 | ajustar conc. | |
| 7 | | | | Conc. alvat | | 0 | 50 | 50 | | | | | | pergarr/drenar | |
| 8 | | | | temperatura | °C | 45 | 55 | 60 | Matizador | Cada 3 cargas | Variables | termometro | FAC-03 | ajustar temp | |
| 9 | | | | Tiempo de inmersión | minutos | 5 | 8 | 10 | | Cada carga | | cronometro | Ajustar tiempo | | |
| 10 | | | | Conc. de sulfúrico | Gr/l | 180 | 190 | 200 | laboratorista | 1 vez por dia | Marcha analit. | Equipo de laboratorio | FAC-08 | ajustar conc. | |
| 11 | | | | Conc. de aluminio | Gr/l | 0 | 5 | 12 | | | | | | purgar baño | |
| 12 | | | | temperatura | °C | 20 | 21 | 22 | Anodizador | Cada carga | Variables | termometro | FAC-04 | ajustar temp | |
| 13 | | | | amperaje | Amperios/m2 | 140 | 150 | 170 | | | | ajustar param. | | | |
| 14 | | | | voltage | Voltage/carga | 17 | 19 | 20 | Anodizador | Cada carga | Variables | Amp. tablero | FAC-04 | ajustar voltage | |
| 15 | | | | | Natural | 30 | | | | | | ajustar densidad de corriente | | | |
| 16 | | | | Bronce y champagne negro | 23 | | | Anodizador | Cada carga | Variables | Cronometro en tablero | FAC-04 | ajustar densidad de corriente | | |
| 17 | | | | negro | 35 | | | | | | ajustar parametros | | | | |
| 18 | | electrodos | | Conc. oxalato | Gr/l | 13 | 17 | 18 | laboratorista | vez por dia | Marcha analit | Equipo de laboratorio | FAC-08 | ajustar conc. | |
| 19 | | | | Conc. sulfúrico | Gr/l | 14 | 16 | 18 | | | | | | De alta importancia retrabajar | |
| 20 | | | | temperatura | °C | 19 | 21 | 23 | pintar | Cada 3 cargas | Variables | termometro | FAC-05 | Ajustar temp. | |
| 21 | | | | amperaje | Amperios/m2 | 50 | 70 | 80 | | ajustar densidad de corriente | | | | | |
| 22 | | | | voltage | Voltage/carga | 12 | 18 | 20 | pintar | Cada carga | Variables | Vol. tablero | FAC-05 | ajustar tiempos | |
| 23 | | | | | Bronce | 5 | 5,5 | 6 | | | | Ajustarse al grado de color , | | | |
| 24 | | | | | Negro | 16 | 18 | 20 | pintar | Cada carga | Variables | Cronometro en tablero | FAC-05 | ajustar conc. | |
| 25 | | | | | champagne | 0,1 | 0,15 | 0,18 | | | | ajustar conc. | | | |
| 26 | | | | | Color factor L. | Coordenadas/abonado | 26 | 27 | 28 | laboratorista | por dia | Marcha analit | Equipo de laboratorio | FAC-08 | ajustar conc. |
| 27 | | | | | | 22 | 23 | 24 | ajustar conc. | | | | | | |
| 28 | | | | | 72 | 73 | 74 | laboratorista | per dia | Marcha analit | Equipo de laboratorio | FAC-08 | ajustar conc. | | |
| 29 | | | | | 3,5 | 4,5 | 5 | | ajustar conc. | | | | | | |
| 30 | | | | | 400 | 600 | 800 | pintor | 1 vez por turno | Variables | potenciometro | FA C-05 | Ajustar pH | | |
| 31 | | | 5,8 | 6 | 6,5 | ajustar temp | | | | | | | | | |
| 32 | | | 28 | 30 | 31 | pintor | Cada carga | Variables | termometro | FA C-05 | Ajustar tiempo | | | | |
| 33 | | | 10 | 12 | 15 | | ajustar tiempo | | | | | | | | |
| 34 | | | Apariencia del acabado | N/A | Catal defectos de anodizado | | | laboratorista | Cada carga | atributos | visual | FAC-06 | Separar material. | | |
| 35 | | | empaque | N/A | Norma de empaque | | | laboratorista | Cada paquete | | | | Retrabajar pequeños según norma | | |

3.5 Diagrama de tubería e instrumentación

Este diagrama indica las capacidades y características de las líneas de proceso, así como la capacidad de los equipos y algunas propuestas dadas en el proceso para el mantenimiento de los equipos.

La información de este diagrama se encuentra en el anexo 1.

3.6 Plano de localización general

Este plano nos ayuda a identificar los equipos dentro de la planta, a planear futuros desarrollos y a desarrollar proyectos de riesgo, zonas de evacuación, etc.

Ver el anexo 1, para consultar este plano.

CAPITULO 4

4. CONTROL DE CALIDAD EN EL ANODIZADO

4.1 Normas que aplican

| TIPO DE NORMA | RUBRO |
|--------------------------|---|
| A.S.T.M. 457-67 | Standard method for measurement of impedance of anodic coating on aluminium |
| A.S.T.M. B 368-85 | Standard method for cooper-accelerated acetic acid-solt (fog) testing (Cass test) |
| A.S.T.M. B 117-90 | Standard test-method of solt spray (fog) testing |
| A.S.T.M. B 457-67 (1980) | Standard method for measurement of impedance of anodic coating on aluminium |
| A.S.T.M. B 580-79 (1989) | Standard specification for anodic oxide coating on aluminium |
| A.S.T.M. B 136-84 | Standard method for measurement of stain resistance of anodic coating on aluminium |
| A.S.T.M. B 137-89 | Standard test method for measurement of mass of coating on anodically coated aluminium |
| A.S.T.M. B 244-79 | Standard method for measurement of thickness of anodic coating on aluminium and of other monoconductive coating on nonmagnetic basis metals with Eddy-current instruments |
| N.O.M. -H-96-1984 | Recubrimientos metálicos inorgánicos- medición de espesores-reglas y definiciones |
| N.O.M.-W-134-1985 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- tratamientos superficiales- oxidación anódica- reflectancia espectacular 45° de reflectancia total- clauda de imagen |
| N.O.M.-W-133-1985 | Metales no ferrosos- recubrimientos metálicos- atomización salinas de ácido acético- método de prueba |
| N.O.M.-W-132-1985 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones. Anodización - resistencia de los recubrimientos de óxidos anódicos por deformación por agrietamiento- método de prueba |
| N.O.M.-W-128-1983 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones. Anodizado (oxidación anódica)- aislamiento por medición del potencial de ruptura- método de prueba |
| N.O.M.-W116-1983 | Metales no ferrosos- espesor de recubrimiento- método de prueba |
| N.O.M.-W-119-1982 | Aluminio y sus aleaciones- anodizado- determinación del espesor y recubrimientos de óxido anódico. Mediciones no destructivas por el microscopio |
| N.O.M.-W-125-1983 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- continuidad de los recubrimientos de óxido anódico delgados- sulfato de cobre- método de prueba |
| N.O.M.-W-127-1984 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- recubrimientos con óxido anódico coloreados- resistencia a la decoloración a la luz ultravioleta- método de prueba |
| N.O.M.-W-137-1984 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- anodizado- índice de desgaste y resistencia al desgaste- medición con aparato de prueba o base de una rueda abrasiva- método de prueba |
| N.O.M.-W-136-1985 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- anodizado- índice de desgaste y resistencia al desgaste- medición con aparato de prueba basándose en boquilla abrasiva- método de prueba |
| N.O.M.-W-139-1986 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- anodización- mediciones de las características reflectivas de la superficie de aluminio (Goniófotómetro simplificado o normal) |
| N.O.M.-W-140-1986 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- anodización- evaluación de la uniformidad de apariencia de los terminados anódicos arquitectónicos, reflectancia difusa y brillo espectacular- método de prueba |
| N.O.M.-W-141-1986 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- recubrimientos metálicos, medición del espesor de capa- disolución anódica- método de prueba coulombimétrico |

Tabla 13: Normatividad aplicable.

| TIPO DE NORMA | RUBRO |
|----------------------------|---|
| N.O.M.-H-95-1984 | Recubrimientos metálicos- cobre- atomización acelerada con ácido acético- método de prueba |
| N.O.M.-W-138-1986 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- anodización- recubrimientos de óxido anódico en aluminio- especificaciones generales |
| N.O.M.-W-122-1983 | Productos de metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- pérdida de masa por acción de aluminio anodizado- método de prueba |
| N.O.M.-W-118-1983 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- efectos de oxidación y decoloración en anodizados- método de prueba |
| N.O.M.-W-115-1983 | Metales no ferrosos- aluminio y sus aleaciones- pérdida del poder de absorción de los recubrimientos de óxido anódico- método de prueba |
| N.O.M.-W-117-1982 | Recubrimientos no conductivos sobre bases metálicas no magnéticas- mediciones de espesor de recubrimiento- método de corriente HEDÍ |
| N.M.X.-W-119-1994 S.C.F.I. | Aluminio y sus aleaciones- anodizado- determinación del espesor de recubrimientos de óxido-anódico, mediciones no destructivas por el microscopio |

Tabla 14.

Por supuesto, existen muchas normas que rigen el tratamiento de los perfiles de aluminio, especialmente los de acabado arquitectónico, pero no solo en el sentido del tratamiento, sino otras (que aplican a la industria, en materia de seguridad e higiene), he aquí algunas de las más comunes, de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (S.T.P.S.), otras contenidas en la Ley General de Protección al ambiente (LEGEPA), y otras editadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

| TIPO DE NORMA | CARACTERÍSTICA | CLASIFICACION No. |
|-----------------------------------|---|---------------------------|
| ECOLÓGICA | Emissiones a la atmósfera * Análisis de combustión de gases 1-2 | N.O.M. 085-SEMARNAT-1994 |
| ECOLÓGICA | Aguas residuales | N.O.M. 002-SEMARNAT-1996 |
| ECOLÓGICA | Suelo y subsuelo L-1 (piso) | LEGEPA-1991 |
| | | N.O.M. 052-SEMARNAT-1993 |
| ECOLÓGICA | Residuos no peligrosos | LGPGIR |
| SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO | Condiciones generales de seguridad e higiene en el trabajo | N.O.M. 001-S.T.P.S.-1994 |
| S.T.P.S. | Grado de incendio de riesgo | N.O.M. 002-S.T.P.S.-2000 |
| S.T.P.S. | Riesgos Químicos | N.O.M. 005-S.T.P.S.-1993 |
| S.T.P.S. | Estiba y desestiba de material | N.O.M. 006-S.T.P.S.-1998 |
| S.T.P.S. | Medio ambiente laboral | N.O.M. 010-S.T.P.S.-1993 |
| S.T.P.S. | Ruido laboral | N.O.M. 011-S.T.P.S.-1993 |
| S.T.P.S. | Equipo de protección personal | N.O.M. 007-S.T.P.S.-2002 |
| S.T.P.S. | Código de colores de tubería y señalización | N.O.M. -026-S.T.P.S.-1998 |
| S.T.P.S. | Identificación de sustancias químicas peligrosas | N.O.M. 018-S.T.P.S.-2000 |

Tabla 15 (continuación, normas en general aplicables).

4.2 Resumen de la norma Qualanod

Debido a que la calidad en el anodizado es tan importante (ya que los mercados arquitectónicos son cada vez más exigentes) Qualanod (que es propietario de la marca EWAA/EURAS: Asociación Europea de Anodizadores/ Asociación Europea del Aluminio Transformado, respectivamente), ha editado las directrices concernientes a mantener una calidad óptima en los procesos de acabado de los perfiles arquitectónicos para el aluminio anodizado (Qualanod, o calidad en el anodizado), siendo sus recomendaciones más importantes, las siguientes:

4.2.1 Elección del aluminio

El aluminio y sus aleaciones más corrientes utilizadas para la anodización de piezas destinadas a la arquitectura comprenden al aluminio 99.5, las aleaciones de AlMgSi y AlMgSiMn (para perfiles extruídos). Estas aleaciones dan distintos aspectos después de la anodización. Para procedimientos de anodización especiales (como anodización autocolorante) se pueden utilizar aleaciones especiales correspondientes (puede ser aluminio de alta pureza para acabados muy brillantes, etc.).

1. Limpieza y mantenimiento.

Un programa simple de mantenimiento periódico, basado sobre una apreciación de la atmósfera local, es susceptible de conferir a los elementos de construcción anodizados una longevidad máxima.

2. Aparatos prescritos para el control de calidad.

- Medida del espesor

Para la medida del espesor deben ser utilizados, como mínimo, dos aparatos cuyo principio de medida esté basado en corrientes de Foucault (ISOMETER, PERMASCOPE, DERMITRON o aparatos equivalentes), o uno de ellos y un microscopio de corte óptico.

- Ensayo de sellado

Es obligatorio:

- Disponer de un aparato para medir la admitancia de la película anódica.
- Disponer de material suficiente para efectuar el control de referencia (balanza de precisión, etc.).

3. Exigencias mínimas para los equipos de talleres de anodización.

3.1 Cubas

- Materiales y revestimientos

Los materiales y/o revestimientos de las cubas (o tinas) deben ser escogidos a fin de evitar toda contaminación de las soluciones.

4. Capacidad y equipos de las cubas.

La capacidad de las cubas de electrólisis debe estar en justa proporción con el número de amperios disponibles a fin de que la densidad de corriente necesaria pueda aplicarse y la temperatura prescrita pueda ser mantenida.

5. Refrigeración del electrolito.

5.1 Capacidad del sistema de refrigeración

La capacidad del sistema de refrigeración utilizado debe permitir evacuar la totalidad de las calorías desprendidas durante la oxidación, a la potencia máxima de la instalación eléctrica y a la velocidad a la que se producen. El número de calorías producidas durante la oxidación normal es aproximadamente:

$$0.86 \times \text{amperios} \times (\text{voltios} + 3) = \text{kilocalorías por hora}$$

Para el cálculo de la potencia necesaria es preciso, igualmente, tener en cuenta las condiciones desfavorables del ambiente.

6. Agitación del electrolito.

Es esencial una fuerte agitación del electrolito, tanto para obtener una temperatura homogénea en el baño como para evacuar las calorías producidas en la película anódica durante el proceso de oxidación.

La agitación por aire es esencial, con un nivel mínimo de 5 metros cúbicos/ hora/ metro cuadrado de superficie al baño; el valor recomendable es de 12 metros cúbicos/ hora/ metro cuadrado de superficie de baño.

El aire debe crear un movimiento regular del electrolito en toda la superficie del baño, preferentemente gracias a un volumen importante de aire impulsado a baja presión mejor que con un compresor. Si se utiliza un compresor, la dimensión de los tubos y de los orificios de agitación debe ajustarse de manera que cree un movimiento regular.

El inspector examinará si las temperaturas medidas en las zonas de oxidación en cargas completas, no varían en más de 2 grados centígrados.

7. Colocación de la carga.

La carga debe dispersarse sobre los bastidores de manera que se minimice la variación del espesor de la película anódica. Una carga colocada de forma demasiado compacta o numerosas capas sin cátodos intermedios traerán como consecuencia una elevación de la variación del espesor de la capa anódica. Se recomienda la utilización de sistemas con cátodo central entre las capas de la carga.

8. Procedimientos de anodización.

En este punto se dan las directrices (composición, concentración, temperatura, densidad, etc.) para aplicar el anodizado de manera óptima:

8.1 Electrolito de ácido sulfúrico

Concentración de ácido sulfúrico libre no sobrepasará de 200 g/l, regulación a MAS MENOS 10 g/l del valor elegido.

Contenido de Al = No sobrepasará de 20 g/l, regulación preferentemente en el intervalo 5-15 g/l.

Contenido de cloruros = No sobrepasará de 100 mg/l

8.2 Densidad de corriente

Para el anodizado sulfúrico la densidad de corriente media deberá ser entre 1.2 y 2.0 A/dm².

9. Sellado por hidratación (o sellado en frío).

Temperatura: al menos 96 grados centígrados, 10 minutos después de la introducción de la carga a sellar.

Fosfatos, fluoruros y silicatos perjudican al sellado.

10. Sellado en agua caliente con productos de adición.

El aditivo empleado y sus condiciones de utilización deben ser precisados por escrito y el correspondiente documento presentado al inspector para que pueda verificar la buena aplicación.

El sellado así obtenido debe ser suficiente para permitir al aluminio anodizado satisfacer las exigencias de los ensayos respectivos.

11. Controles para obtener la marca de calidad EWAA/EURAS.

Los controles se efectúan a petición de la empresa, pero sin aviso previo. En el taller debe estar siempre un responsable; cuando se detiene la producción deberá informarse a tiempo al poseedor de la licencia general.

Para obtener la marca de calidad es necesario superar dos controles de productos acabados, una vez superados se concede la marca de calidad; obviamente las instalaciones deben tener un estricto control, ya que de ello depende igualmente el obtener la licencia; de lo contrario la empresa candidata es informada de que la marca de calidad no puede serle concedida y que durante un periodo de seis meses, no puede volver a solicitar la marca de calidad.

12. Después de la atribución de la marca de calidad EWAA/EURAS a una empresa, ésta debe ser controlada anualmente dos veces como mínimo y cinco como máximo. Los controles se realizarán sin previo aviso y comprende ensayos de pérdida de peso en cada taller de anodización, espesores de capa y otros ensayos referentes al sellado, todo ello sirve para confirmar la marca de calidad, de lo contrario se da la oportunidad de otro ensayo en un plazo de un mes, y en caso de no aprobar el control, se vuelve a restringir la empresa durante seis meses.

4.3 Formatos de control de calidad

Los formatos de control de calidad, ayudan al autocontrol del proceso y por supuesto contribuye en el círculo de mejora de la calidad y por lo tanto cubre los requisitos de ISO-9000, igualmente para QUALANOD. Siempre será importante controlar los procesos con ayuda de formatos que cada planta llegue a establecer, y llevar estos registros a gráficos que representen el comportamiento real del proceso, y que ayuden a mejorarlo. A continuación se muestran algunos de ellos (no están llenos por confidencialidad de la planta), para apreciar el control que se tiene.

FECHA:

REGISTRO DE PERFILES EN GRATADORA

| SUPERVISOR GRATADOR | TURNOS | CLAVE | ACABADO | ORDEN DE PRODUCCION | PIEZAS RECIBIDAS | PIEZAS GRATADAS | PIEZAS RECHAZADAS | DEFECTO |
|---------------------|--------|-------|---------|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|---------|
| | 1 | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

FECHA:

AUDITORÍA AL PRODUCTO EN LÍNEA DE ANODIZADO

| TURNO | AUDITOR SUPERVISOR | CLAVE | ORDEN DE PRODUCCIÓN | ACABADO | CAPA ANÓDICA | FACTOR L | SELLADO | OBSERVACIONES |
|-------|-----------------------|-------|------------------------|---------|--------------|----------|---------|---------------|
| 1° | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 2° | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 3° | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Condiciones de Tinajas de Anodizado

FECHA: _____

HORA: _____

FAC-08

| LINEA 1 DE ANODIZADO | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|------------------------|--------|----------------------|-----|-------------|----------------|----------|-----------------------------|----------------|---|
| Tina | Función | Insumo | Optimo | Especificación (g/l) | | REAL | vol. de titul. | Status | Ajuste (kg) | Ajuste (lit) | ACTUALMENTE TINA: |
| | | | (g/l) | Min | Max | (g/l) | ml | | | | |
| 1 | Limpieza | Alupop 76 | 50 | 40 | 60 | 44 | 20 | en rango | 61,68 | no se requiere | en operación |
| 3 | Matizado | SOSA (A) | 77,5 | 70 | 85 | 84,954 | 4,66 | FUERA | 478,72804 | 319,8186933 | en operación |
| | | Aisat 195 Lv | 27,5 | 25 | 30 | 15,95141935 | | FUERA | 170,3260787 | 228,9681049 | en operación |
| | | ALUMINIO (B) | 90 | 80 | 100 | 95,4 | 10,6 | en rango | no se requiere | no se requiere | en operación |
| 4 | Matizado | SOSA (A) | 92,5 | 85 | 100 | 26,320 | 4,52 | FUERA | 938,99928 | 626,0891667 | en operación |
| | | Aisat 195 Lv | 35 | 30 | 40 | 33,8355402 | | FUERA | 355,8754032 | 474,233871 | en operación |
| | | ALUMINIO (B) | 120 | 100 | 140 | 102,6 | 11,4 | en rango | no se requiere | no se requiere | en operación |
| 8 | Decapado | ACIDO SULFURICO | 180 | 160 | 200 | 112,7 | | FUERA | 697 | 389,1 | en operación |
| 9 | Decapado | ACIDO SULFURICO | 180 | 160 | 200 | 107,8 | | FUERA | 737 | 417,5 | en operación |
| 11 | Anodizado | ACIDO SULFURICO (B) | 190 | 180 | 200 | 196,6 | 6,8 | FUERA | 357,552 | 202,7 | en operación |
| | | Aluminio Máximo (A) | 8 | 0 | 12 | 9,45 | 8,9 | en rango | no requiere | no se requiere | en operación |
| 12 | Anodizado | ACIDO SULFURICO (B) | 190 | 180 | 200 | 164,35 | 5,9 | FUERA | 694,476 | 393,7 | en operación |
| | | Aluminio Máximo (A) | 8 | 0 | 12 | 10,8 | 8,3 | en rango | no requiere | no se requiere | en operación |
| 13 | Anodizado | ACIDO SULFURICO (B) | 190 | 180 | 200 | 186,2 | 7,6 | en rango | 58,064 | 32,9 | en operación |
| | | Aluminio Máximo (A) | 8 | 0 | 12 | 11,7 | 10,2 | en rango | no requiere | no se requiere | en operación |
| 14 | Anodizado | ACIDO SULFURICO (B) | 190 | 180 | 200 | 176,4 | 7,2 | FUERA | 207,808 | 117,8 | en operación |
| | | Aluminio Máximo (A) | 8 | 0 | 12 | 9,9 | 9,4 | en rango | no requiere | no se requiere | en operación |
| 18 | Electrocolor | SULFATO DE ESTANO | 17,5 | 17 | 18 | 17,0742 | 10,2 | en rango | 5,489046 | no se requiere | en operación |
| | | ACIDO SULFURICO | 16,5 | 15 | 16 | 14,504 | 14,8 | FUERA | 28,68852 | 14,6 | en operación |
| 20 | Electrocolor | SULFATO DE ESTANO | 17,5 | 17 | 18 | 18,1487 | 7,7 | FUERA | por arriba de concentración | no se requiere | en operación |
| | | ACIDO SULFURICO | 16,5 | 15 | 16 | 14,406 | 14,7 | FUERA | 17,20106 | 15,4 | en operación |
| 24 | Coloreado por inmersión | Ferrocianato de Amonio | 40 | 35 | 45 | 0 | 0 | FUERA | 393,2 | no se requiere | fuera de operación, ajuste para nuevo nivel |
| | | pH | 4,5 | 3,8 | 5,5 | 4,8 | 4,8 | en rango | bajar pH | no se requiere | en operación |
| 26 | Sellado | Friofix-85 | 4,5 | 3,5 | 5,5 | 4,028 | 10,6 | en rango | 8,34968 | no se requiere | en operación |
| | | pH | 5,8 | 5 | 6,5 | 6,83 | 6,83 | FUERA | bajar pH | no se requiere | en operación |
| | | Friofix-SF72 | 800 | 400 | 800 | | | 25,0 | | | |

| LINEA 2 DE ANODIZADO | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|---------------------|--------|----------------------|-----|-------|----------------|----------|-----------------------------|----------------|-------------------|
| Tina | Función | Insumo | Optimo | Especificación (g/l) | | REAL | vol. de titul. | Status | Ajuste (kg) | Ajuste (lit) | ACTUALMENTE TINA: |
| | | | (g/l) | Min | Max | (g/l) | ml | | | | |
| 1 | Limpieza | Alupop 76 | 50 | 40 | 60 | 44 | 20 | en rango | 94,176 | no se requiere | en operación |
| 3 | Matizado | SOSA (A) | 77,5 | 70 | 85 | 77,14 | 5,6 | en rango | 14,112 | no se requiere | en operación |
| | | Aisat 195 Lv | 27,5 | 25 | 30 | 27,37 | | en rango | 5,007483871 | 6,765212803 | en operación |
| | | ALUMINIO (B) | 90 | 80 | 100 | 99 | 11 | en rango | no se requiere | no se requiere | en operación |
| 8 | Decapado | ACIDO SULFURICO | 180 | 160 | 200 | 245 | 10 | FUERA | por arriba de concentración | no se requiere | en operación |
| 10 | Anodizado | ACIDO SULFURICO (B) | 190 | 180 | 200 | 181,3 | 7,4 | en rango | 171,39 | 82,6 | en operación |
| | | Aluminio Máximo (A) | 8 | 0 | 12 | 16,3 | 10,8 | FUERA | después de baño | no se requiere | en operación |
| 11 | Anodizado | ACIDO SULFURICO (B) | 190 | 180 | 200 | 142,1 | 5,8 | FUERA | 943,83 | 453,5 | en operación |
| | | Aluminio Máximo (A) | 8 | 0 | 14 | 3,6 | 6,6 | en rango | no requiere | no se requiere | en operación |
| 13 | Sellado | Friofix-85 | 4,5 | 3,5 | 5,5 | 4,521 | 11,9 | en rango | no lo requiere | no se requiere | en operación |
| | | pH | 5,8 | 5 | 6,5 | 6,14 | 6,74 | FUERA | bajar pH | no se requiere | en operación |

OBSERVACIONES: _____

ELABORÓ: _____

RECIBIÓ: _____

147

NOMBRE Y FIRMA _____

CAPITULO 5

5.CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL PROCESO

Para que una planta funcione integralmente, es necesario que tenga las condiciones de seguridad adecuadas, nunca será exagerado considerar además del equipo fundamental (extinguidores, duchas, líneas de seguridad etc.) capacitar al personal con cursos de primeros auxilios, ya que los accidentes suelen ocurrir rápidamente y es necesario la atención inmediata antes de que lleguen los paramédicos.

También es necesario tener presente "la prevención", si bien es cierto que los accidentes "pasan", pues más lo es el hecho de que muchos pueden evitarse si se siguen las normas pertinentes para manejar sustancias químicas, equipos, etc. Se debe influir definitivamente en la conciencia y prudencia del personal que está en contacto directo con estos factores de accidentes, a fin de evitarlos en la medida de lo posible (como en el hecho que el personal use las protecciones de ojos, manos, así como uniformes especiales, con el fin de protegerse).

Los primeros auxilios sirven, como ya se ha mencionado, para actuar inmediatamente en caso de algún percance (quemaduras, cortadas, desmayos, estados de shock, ataques epilépticos, descargas eléctricas, intoxicación por sustancias químicas, paros cardiacos, etc.) Por ello es muy importante realizar una valoración inicial, pues muchas veces, incluso después que ha ocurrido un accidente puede persistir el peligro que lo originó.

5.1 Normas de seguridad que aplican en el proceso

Normas de seguridad en los tratamientos superficiales químicos

En el manejo de productos químicos peligrosos o perjudiciales para la salud se han de tener en cuenta:

- Las instrucciones de las autoridades, especialmente las ordenadas sobre materias peligrosas y las estipulaciones válidas en cada caso.
- Las formas sobre prevención de accidentes.

También en el manejo de productos químicos que no están obligados a llevar indicación especial se debe recomendar precaución, para evitar, por ejemplo, el contacto con la piel.

Se debe cuidar que haya una ventilación suficiente de las áreas. En el trabajo se deben llevar guantes de goma y gafas protectoras, sobre todo cuando se manejan disoluciones de ácido fluorhídrico. Se recomienda utilizar vestimenta de trabajo adecuada, por ejemplo, zapatos y delantales de plástico o goma. En los procesos

químicos en que exista desprendimiento de hidrógeno, por ejemplo en el decapado, se debe evitar cualquier llama abierta. Los vapores y gases que se desprenden durante el abrillantado deben extraerse por completo.

5.2 Hoja de seguridad de productos químicos

| PRODUCTO | CORROSIVO | REACTIVO | EXPLOSIVO | TOXICO | FLAMABLE | BIOL. INFECCIOSO | INFORMACION TOXICOLOGICA | PROTECCION PERSONAL | PRIMEROS AUXILIOS | SIMBOLOGIA |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---------------------|--|----------------------------|-------------------|---|--|--|------------|
| Alkal 195 lv | Es un gel de consistencia espesa. | En contacto con acidos fuertes ocasiona liberación de hidrogeno por reacción con algunos metales como el aluminio. | No presenta riesgo. | Tiene un contacto con los ojos, que irrita y se irrita con los ojos. | Ningún riesgo. | No es infeccioso. | Produce un irritante leve respiratorio con los ojos, irritación que puede ser leve por inhalación. | Protegerse en su manipulación, con guantes y equipo adecuado para protegerse de líquidos. | En caso de contacto con la piel lavar inmediatamente con abundante agua fresca durante unos minutos que los ojos lavar con abundante agua abundante. Lavar inmediatamente los ojos con abundante agua durante unos minutos. | Xn |
| Friofix sf/2 | | En contacto con ácidos fuertes ocasiona liberación de hidrogeno por reacción con algunos metales como el aluminio. | No es más riesgo. | Tiene un contacto con los ojos, que irrita y se irrita con los ojos. | No es inflamable. | No es infeccioso. | Tiene un riesgo leve respiratorio para ojos y piel. | Protegerse al usar los ojos de seguridad. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. | T |
| Friofix 85 | | En contacto con ácidos fuertes ocasiona liberación de hidrogeno por reacción con algunos metales como el aluminio. | No es más riesgo. | Tiene un contacto con los ojos, que irrita y se irrita con los ojos. | No es inflamable. | No es infeccioso. | Hay irritación leve en los ojos y en la piel. | Utilizar guantes protectores, mascarilla y gafas. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | Evitar contacto con la piel y los ojos. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | |
| Sulfato de estanio sólido. | | En contacto con ácidos fuertes ocasiona liberación de hidrogeno por reacción con algunos metales como el aluminio. | Ningún riesgo. | Producto irritante. | No es inflamable. | No es infeccioso. | Tiene un contacto con los ojos, que irrita y se irrita con los ojos. | Protegerse de la inhalación. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | Evitar contacto con la piel y los ojos. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | |
| Elcosan 2000 I | | No se presenta ningún riesgo por reacción con ácidos fuertes y otros oxidantes. | Ningún riesgo. | Tiene un contacto con los ojos, que irrita y se irrita con los ojos. | No es inflamable. | No es infeccioso. | Puede producir irritación en los ojos por efecto de la acción del producto. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | Utilizar guantes protectores y gafas de seguridad. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. | C |
| Aditivo color | | Ningún producto de descomposición por reacción con ácidos fuertes y otros oxidantes. | Ningún riesgo. | No es más riesgo. | Flamable a menos de 100°C. | No es infeccioso. | No irritante. Tiene un riesgo leve respiratorio para los ojos y la piel. | Usar guantes y gafas protectoras y mascarilla al producirse con el producto. | En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. | |
| Aluprop 76 | | Agente oxidante, oxidante fuerte con ácidos fuertes. | Ningún riesgo. | No es más riesgo. | No es inflamable. | No es infeccioso. | Al contacto con los ojos y la piel produce un efecto irritante. | Utilizar guantes protectores y gafas de seguridad. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. | Xn |
| Acido sulfúrico | | Reacciona violentamente con el agua generando calor. Con la mayoría de los metales ocasiona liberación de hidrogeno por reacción con algunos metales como el aluminio. | No es más riesgo. | En la mayoría de los casos se irrita y se irrita con los ojos. | No es inflamable. | No es infeccioso. | Produce un efecto irritante en los ojos y la piel. | Utilizar guantes protectores, mascarilla y gafas. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. | |
| Sosa cáustica | | Reacciona violentamente con el agua generando calor. Con la mayoría de los metales ocasiona liberación de hidrogeno por reacción con algunos metales como el aluminio. | No es más riesgo. | En la mayoría de los casos se irrita y se irrita con los ojos. | No es inflamable. | No es infeccioso. | Produce un efecto irritante en los ojos y la piel. | Utilizar guantes protectores, mascarilla y gafas. Evitar que los ojos entren en contacto con el producto. | En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. En caso de contacto con la piel lavar con abundante agua fresca durante unos minutos. | |

5.3 Tabla CRETIB

El manejo de este tipo de tablas es esencial para la identificación de materiales peligrosos que se manejan en el área de anodizado, cumpliendo así con un punto de la norma ISO-14000. Recordemos el significado de CRETIB: C: Corrosivo; R: Reactivo; E: Explosivo; T: Tóxico; I: Inflamable; B: Biológico infeccioso. (Ver pág. 150 y tabla 16)

| MATERIAL PELIGROSO | RIESGO A LA SALUD | INFAMABILIDAD | REACTIVIDAD | RIESGOS ESPECIALES |
|-----------------------|-------------------|---------------|-------------|--------------------|
| ACIDO ACETICO | 3 | 0 | 0 | 0 |
| ACIDO CLORHIDRICO | 3 | 0 | 2 | CORROSIVO 4 |
| ACIDO OXALICO | 4 | 0 | 0 | 0 |
| ACIDO SULFURICO | 3 | 0 | 2 | CORROSIVO 4 |
| ALSAT 195 LV | 4 | 0 | 2 | 0 |
| ADITIVO COLOR | 4 | 2 | 0 | 0 |
| ELCOSAN 2000L | 4 | 0 | 0 | 0 |
| SOSA CAUSTICA LIQUIDA | 4 | 0 | 2 | CORROSIVO4 |
| SULFATO DE ESTAÑO | 3 | 1 | 0 | 0 |
| ALUPROP 76 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| FERROXALATO DE AMONIO | 3 | 0 | 0 | 0 |
| FRIOFRIX 85 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| FRIOFRIX SF/2 | 4 | 0 | 2 | 0 |
| HODROXIDO DE AMONIO | 3 | 1 | 1 | 0 |
| PEROXIDO DE HODROGENO | 3 | 1 | 0 | 0 |
| SULFATO FERROSO | 1 | 0 | 1 | 0 |
| AGUA DE RED | 2 | 0 | 0 | 0 |
| AGUA DESMINERALIZADA | 2 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 16.

5.4 Manejo de primeros auxilios

Como parte la valoración inicial hay que hacer seguro el lugar del accidente, debiendo cuidar nuestra propia seguridad y la de los accidentados. Si hubiera algún peligro, alejarlo de nosotros y del accidentado, y sólo si ello fuera posible, alejar al accidentado del peligro (para ello hay que conocer las técnicas de traslado).

5.4.1 Valoración primaria

- Valorar el estado de conciencia. Se debe hablar con la víctima, sacudirle los hombros o pellizcarle con suavidad para determinar si está consciente o no. Si la víctima responde a nuestros estímulos (habla, se queja o se mueve), cuestionarle sobre qué sucedió, buscar signos de hemorragia, shock, y llevar a cabo la exploración secundaria en busca de posibles lesiones.
- Valoración del paciente (A, B, C). Es muy importante liberar la vía aérea:
 - Lengua
 - Dentadura
 - Vómito
 - Comida
 - Dientes
 - Sangre
 - Saliva

A. AIRE. Apertura de la vía aérea

B. VENTILACIÓN. ¿Respira el lesionado?

- Ver si el pecho sube y baja
- Oír si sale el aire
- Sentir al aire en la mejilla

Si la persona respira, se le coloca en la posición lateral de seguridad para evitar que la lengua obstruya el paso del aire y si existen vómitos, secreciones, salgan al exterior y no pasen a vía aérea.

Si la persona no respira proceder a la respiración artificial²⁰.

C. CIRCULACIÓN. ¿Late el corazón del lesionado?. Buscar el pulso carotídeo. Hay que localizar en la cara anterior del cuello (con la cabeza en hiperextensión) la "manzana" del accidentado y deslizar los dedos índice y medio varios

²⁰ Más adelante se explica paso a paso.

centímetros hacia abajo; es ahí donde notaremos los latidos de la arteria carótida. Mantener esa posición durante 5-10 segundos.

Si no tiene pulso carotídeo, su corazón ha dejado de bombear sangre, y por lo tanto hay que iniciar inmediatamente el bombeo artificial mediante el masaje cardiaco externo y dar R.C.P. (reanimación cardiopulmonar).

Alertar a los servicios de socorro (servicio médico de la planta, caseta de vigilancia y recursos humanos) y permanecer con el accidentado. NO ABANDONARLO. Enviar alguien más a pedir ayuda.

5.4.2 Valoración secundaria

- Examen físico (heridas, quemaduras, contusiones).
- Signos vitales: frecuencia respiratoria (18-28 X '); frecuencia cardiaca (60-80 X '); presión arterial (120/80 mm Hg); reflejos pupilares (movimientos).

Cuando se refleja luz sobre el ojo, las pupilas se "hacen chiquitas" y cuando no reciben luz se agrandan.

Lo que no se debe hacer con un lesionado

- No dar primeros auxilios a menos que sepa que hacer.
- No mueva al accidentado si no es absolutamente necesario.
- No permita que el accidentado que ha recibido respiración artificial se levante inmediatamente.
- No dé a tomar nada al lesionado si está inconsciente.
- No deje que el lesionado vea su lesión si esta es grave.
- No permita que los curiosos se aglomeren alrededor del lesionado.

Los siguientes cuadros muestran cómo actuar específicamente en caso de: hemorragias, quemaduras, estados de shock, intoxicaciones, problemas con el calor y obstrucciones de vías aéreas.

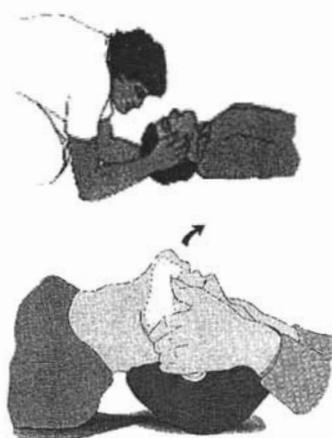


Fig. 11: Procedimiento para Abrir la vía aérea o hiperextensión.

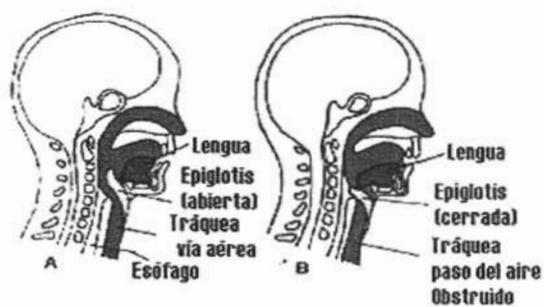


Fig. 12: Tráquea no obstruida y obstruida, respectivamente.



Fig. 13: Esquema para atender al herido.

5.4.3 Hemorragias

Una hemorragia es la salida de sangre por sus causas naturales:

- Arterial: Sangre brillante, fluye intermitente
- Venosa: Sangre oscura, fluye como llave
- Capilar: Rojo brillante, fluye constante, lento y escaso.

Puede tener varias causas:

- Escoriaciones: Pérdida de la piel, de manera superficial (raspones)
- Herida cortante: Producida por un objeto punzante
- Herida contusa: Producida por golpe con un objeto

Las hemorragias, dependiendo del grado o causa, se pueden detener, pero algunas pueden necesitar sutura, o en el caso de la incrustación de cuerpos parecería que lo normal es retirarlos, pero algunos de esos cuerpos incrustados actúan como "corchos", de forma que si se retiran, pueden causar más daños. La tabla 17 contiene los procedimientos pertinentes tanto de estos como de otros casos.



Fig. 14: Tipos de hemorragia.

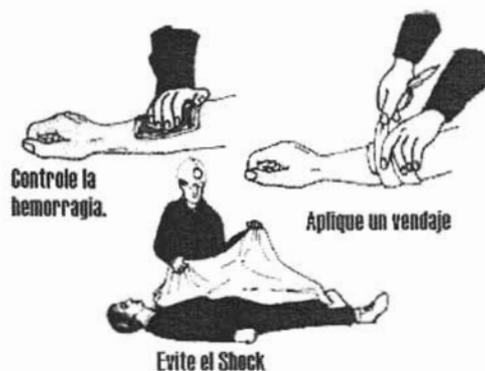


Fig. 15: Pasos a seguir cuando la persona está consciente.



Fig. 16: Pasos a seguir cuando hay hemorragia arterial.

| CONDICION | TRATAMIENTO | NO HACER |
|-----------------------------------|---|---|
| Herida en mano | Preparar el material: gasas, agua oxigenada, un antiséptico, curitas, etc. Lavarse las manos. Si la herida sangra poco se deja fluir la sangre unos instantes; si sangra abundantemente se presiona directamente sobre la herida. Limpiar las heridas con agua y jabón, AGUA OXIGENADA A CHORRO. | No usar alcohol. No utilizar algodón, pañuelos o servilletas de papel; desprenden pelusas y se deshilachan fácilmente, por lo que se adhieren a los bordes de la herida, hay peligro de infección. |
| Herida con objetos incrustados | No retirar cuerpos incrustados. Tapar o dejar al aire según la posibilidad de infección. Curarla cada 24/48 horas para descartar infección. Verificar que el paciente tenga la vacuna del tétanos. Si la herida necesita puntos de sutura o tiene un aspecto muy sucio, feo o irregular, se limitará a limpiarla, cubrirla con apósitos limpios y sujetar éstos; acudir al servicio médico o donde indique R.H. | Los mismos que en herida en mano; además el yodo, la lejía y otros son potentes desinfectantes, pero queman los bordes de la herida, también evitar los polvos o pomadas que contengan antibióticos, pues el paciente puede ser alérgico. |
| Sangrado por la nariz (epistaxis) | Apretar las alas (la zona blanda) contra el tabique nasal con los dedos índice y pulgar al mismo tiempo que se inclina la cabeza hacia delante pidiéndole al paciente que respire por la boca. | No poner al paciente con la cabeza hacia atrás, para que no trague sangre. |
| Hemorragia por arma de fuego | Verificar la presencia de orificios de entrada y salida; amputación (en este caso trasladar la pieza perdida) | No mover al herido, mantener al herido tapado, tratar de tranquilizarlo. Llevarlo inmediatamente a un hospital |
| Hemorragias internas | Cubrir a la víctima y mantenerla recostada, con las piernas ligeramente elevadas. | No administrar nada por vía oral. |

Tabla 17 Qué hacer en caso de heridas.

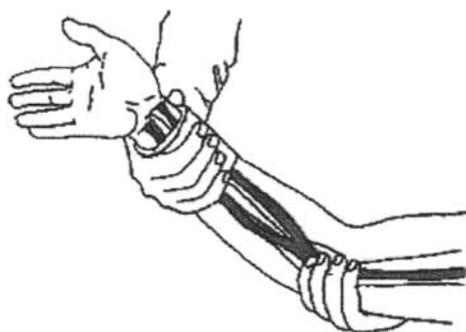


Fig. 17: Técnica de elevación y presión indirecta sobre la arteria

5.4.4 Quemaduras

Son un tipo de lesión bastante frecuente. El trauma producido no sólo destruye la capa protectora (la piel), sino que además causa alteraciones en otros órganos y sistemas.

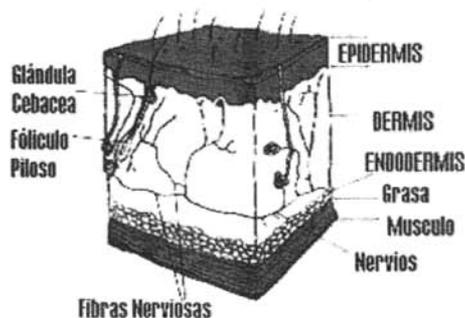


Fig. 18: Capas de la piel.

Las quemaduras se clasifican en tres grados:

- Primer grado: Se caracteriza por eritema (enrojecimiento), dolor y edema (inflamación). Daña la epidermis.
- Segundo grado: Se caracteriza por destrucción de la piel superficial, ampollas, dolor intenso (daña la epidermis y la dermis o capa siguiente).
- Tercer grado: Hay destrucción de la piel, la superficie se torna dura y de color amarillento o negro, se puede ver en algunos casos el hueso (este tipo de quemadura llega hasta el músculo, destruyendo todas las capas de piel).

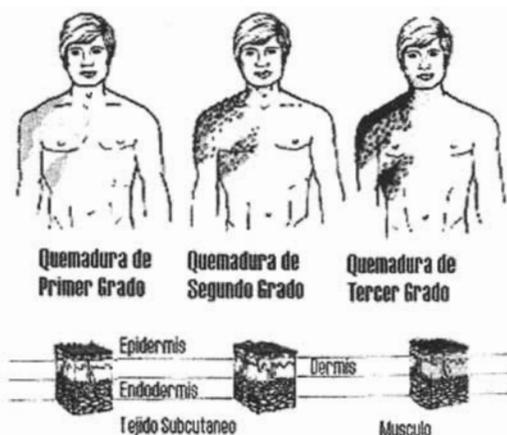


Fig. 19. Quemaduras

Tratamiento en quemaduras

- El primer paso es limpiar la zona con benzal o jabón quirúrgico.
- Colocar gasas húmedas.
- Reventar las ampollas (cuidado, las manos deben estar limpias).
- Evitar el contacto entre superficies lastimadas.
- Las quemaduras requieren siempre de la supervisión de un profesional de la salud.

Cuando una quemadura es por energía eléctrica, se retira a la persona del lugar de contacto; se identifica el tipo de lesión de acuerdo al color (rojo oscuro: segundo grado, negro: tercer grado con hueso quemado). Se cubre con una gasa estéril humedecida en agua para evitar que quede en contacto con el aire y disminuya el dolor, si tiene ampollas no romperlas porque pueden causar una infección. Si la persona está consciente se puede administrar un analgésico para calmar el dolor y evitar que caiga en estado de shock y dar a beber líquidos. En caso de paro respiratorio dar R.C.P. definido más adelante.

5.4.5 Luxaciones y/o fracturas

- Luxación: Salida del hueso de la articulación (hombro).
- Esguince: Hiperextensión de los ligamentos (tobillo).

- Fractura: Pérdida de la continuidad del hueso (fémur-pierna)

Tratamiento para luxaciones o fracturas

- Es importante inmovilizar la articulación con cartón, periódicos, ropa, o madera.
- Trasladar inmediatamente al herido al hospital.

5.4.6 Shock (o pérdida del conocimiento)

Es una situación en la que la persona afectada, pierde la capacidad de relacionarse con el mundo que le rodea, así, por ejemplo, no es posible despertarla (a diferencia de lo que sucede durante el sueño), hablándole o bien, mediante pellizcos, palmadas o sacudidas suaves. Además los reflejos protectores, como la tos, que nos permite respirar si nos atragantamos mientras dormimos, pueden no funcionar correctamente o incluso pueden no estar presentes.

5.4.7 Lipotimias

También denominados: desvanecimiento, desmayo, mareo; consiste en la pérdida del conocimiento de forma breve (dura unos segundos), debido a la disminución momentánea de la cantidad de sangre que llega al cerebro (órgano de solamente 300 gramos de peso, consume el 30% del oxígeno que transporta la sangre).

También son causantes de shock cualquier causa que impida que la sangre llegue al cerebro: accidentes vasculares, lipotimias; cualquier situación que dificulte o impida la entrada de oxígeno a los pulmones como atmósferas contaminadas, falta de oxígeno en el aire que respiramos o enfermedades como la epilepsia, la diabetes, etc.

5.4.8 Epilepsia

Fases de la epilepsia:

- Pérdida brusca del conocimiento y desplome del sujeto al suelo. Este permanecerá rígido durante unos segundos.
- Sacudidas musculares (convulsiones).

La tabla 14 muestra casos específicos sobre la epilepsia.

5.4.9 Intoxicaciones

La intoxicación es el conjunto de síntomas que se producen por un tóxico. Un tóxico es todo elemento o producto químico que, introducido en el organismo es capaz de producir lesiones o llevar incluso a la muerte.

En el organismo hay dos vías importantes de entrada para los tóxicos:

- Vía digestiva: Aparecen vómitos, diarrea, dolor abdominal.
- Vía inhalatoria: Aparecen alteraciones cardiorrespiratorias; dificultad respiratoria, parada cardiorrespiratoria, pérdida de conocimiento, convulsiones, quemaduras en labios, boca u ojos (lejía).

No hay que olvidar que estas intoxicaciones pueden ocurrir de forma involuntaria (los niños que no conocen los efectos nocivos) o de forma voluntaria (suicidio, conoce los efectos nocivos).

| CONDICION | TRATAMIENTO | NO HACER |
|--|---|---|
| La persona se siente aturdida. La piel sobre todo a nivel de la cara estará pálida. Pulso radial lento y débil. | Tomar pulso carótido si no lo percibimos en el radial | No permitir a los curiosos estar cerca, para que la víctima tenga suficiente aire. |
| Lipotimia | Colocar al paciente en posición horizontal para favorecer el aporte de sangre oxigenada a su organismo. | Como en el caso anterior |
| Epilepsia | Sentar al paciente con la cabeza entre las piernas. Tumbarle si se ha desmayado boca arriba y elevándole las piernas. Aflojar las prendas de vestir que le compriman el cuello, tórax o cintura. Que la víctima tenga suficiente aire. Si la respiración y el pulso son constantes poner en posición lateral de seguridad. Si no existen dar R.C.P. | No dar nada de comer ni de beber a una persona inconsciente. No permitir a los curiosos para que la víctima tenga suficiente aire. |
| Víctima con burbujas o espuma saliendo de su boca, debido a la intensa producción de saliva; puede morderse la lengua o parte interior de la boca; dura un minuto, recobra poco a poco el conocimiento pero se encuentra desorientado, confuso y aturdido. | Apartar los objetos de los alrededores. Colocar una almohadilla bajo la cabeza de la víctima. Aflojar las prendas ajustadas alrededor del cuello y la cintura. Cuando termine, tranquilizarla. Si es la primera crisis acudir a un centro médico. | No sujetar a la víctima, puede sufrir fracturas (tiene mucha fuerza). No curiosos. |

Tabla 18. Tratamiento y condiciones de la epilepsia, qué hacer y qué no hacer.

Tipos de intoxicaciones:

- Intoxicaciones alimenticias: Se produce por la ingesta de alimentos en mal estado. Es importante fijarse en la fecha de caducidad que llevan en los envases todos los alimentos.
- Intoxicaciones por monóxido de carbono: Las fuentes de intoxicación por monóxido de carbono son: el humo de los vehículos, humo y gases de incendios, calentadores en malas condiciones, sobre todo en lugares cerrados y con poca ventilación. Es muy característico el color rojo cereza de la piel de la víctima. LABIOS.

- Intoxicaciones por disolventes: Por productos que producen vapor, se suelen ingerir o inhalar, estos productos son: gasolina, pegamentos, ceras y disolventes.
- Intoxicaciones por corrosivos: Pueden ser ácidos o álcalis. Al ser ingeridos producen dolor en boca, garganta, cuello, tórax y abdomen. La piel de las mucosas afectadas por estos productos, como por ejemplo la sosa, se encuentran inflamadas. La víctima tiene dificultad para hablar y respirar, y en ocasiones tiene vómitos sanguinolentos.

La tabla 19 nos da ejemplos específicos de Intoxicación.

5.4.10 Problemas con el calor

El ser humano es capaz de vivir en condiciones climáticas tan extremas, como las que se dan en los trópicos y en zonas polares. El organismo debe mantenerse alrededor de 37 °C para el normal funcionamiento de sus procesos metabólicos. El rango de supervivencia se encuentra comprendido entre los 24 y 44 °C de temperatura corporal.

Tipos de problemas:

- Espasmos de calor: La causa exacta se desconoce, pero se ha comprobado que durante el ejercicio, la gran sudoración produce:
 - Alteración electrolítica (con pérdida de calor).
 - Deshidratación (por sudoración)
 - Espasmo muscular

En esta patología no existe ninguna alteración del mecanismo de termorregulación, manteniéndose la temperatura normal.

| CONDICION | TRATAMIENTO | NO HACER |
|--|---|---|
| Intoxicación alimenticia | Hacer que la víctima vomite, si no puede por si misma provocárselo, si la Ingestión ha sido reciente. Trasladar a la víctima al hospital. | |
| Monóxido de carbono | Sacar a la víctima del lugar y que esté al aire libre. Dar reanimación (en caso necesario). Trasladar a la víctima al hospital inmediatamente. | no curiosos. |
| Intoxicación por disolventes: somnolencia, alucinaciones, convulsiones, etc. | Dar reanimación (R.C.P) en caso necesario. Neutralizar el tóxico con agua albuminosa ²¹ . Trasladar a la víctima al hospital inmediatamente. | No provocar el vómito si el producto ha sido ingerido |
| Intoxicación por corrosivos | Reanimación en caso necesario. Dar de beber agua o leche (3-4 tazas). Trasladar el hospital de inmediato | No provocar vómito |

Tabla 19. Casos de intoxicación, y como actuar.

Agotamiento por calor

Se produce cuando el cuerpo pierde tanta cantidad de agua y electrolitos por el sudor, que se produce un pequeño shock. La víctima tiene la piel fría y húmeda, está mareada, tiene náuseas, dolor de cabeza (cefaleas), sed, calambres musculares, pulso rápido y temperatura algo elevada.²²

Golpe de calor

Se produce Cuando el cuerpo está sometido a más calor del que puede manejar. Los mecanismos de regulación están alterados (a diferencia de la fiebre en la cual están conservados). La temperatura interna aumenta por encima de los 38 °C afectando el sistema nervioso central y cardiovascular, llegando a producir incluso la muerte.

²¹ Diluir 6 claras de huevo en un litro de agua (o comprar carbón activado en farmacias)

²² Consultar la tabla 20 para ver casos y tratamientos específicos.

Esta situación se ve favorecida por determinados factores:

- Ambientales: Cuando exista temperatura alta, humedad, alta pérdida por radiación.
- Internos: Fiebre, esfuerzos musculares, exceso de ropa, alcohol, drogas.

La víctima presenta piel seca, enrojecida y caliente, se afecta el sistema nervioso central (SNC) produciendo alteraciones de la conducta que puede evolucionar al coma, taquicardia, vómitos, diarrea.

| CONDICION | TRATAMIENTO | NO HACER |
|--|--|--|
| Víctima con espasmos musculares (debido a mucho ejercicio) | Tumbar a la víctima lo más alejada del ambiente caluroso hasta que cesen los calambres. Suspender toda actividad física. Dar a beber agua con sal ²³ | Nunca dar más electrolitos, ya que la persona no carece de ellos, lo único que se ha producido es una mala distribución de éstos por el organismo. |
| Agotamiento por calor | Quitarle la ropa. Tumbarlo en un lugar fresco. Dar suero oral. Si pasados 30 minutos no se recupera y si le disminuye el nivel de conciencia, trasladarlo inmediatamente al hospital. | Como en el caso anterior. |
| Golpe de calor | Dar reanimación si es necesario Enfriar el cuerpo de la víctima (lugar fresco, quitarle la ropa, rociarlo con hielo o toallas húmedas, aplicándole masajes para que no se produzca una vasoconstricción por el frío y disminuya la pérdida de calor). Traslado inmediato al hospital | Como en el caso anterior. |

Tabla 20. Qué hacer en caso de afecciones por el calor.

²³ 500 gramos de sal en un litro de agua purificada o hervida.

5.4.11 Obstrucción de la vía aérea

Tipos de obstrucción:

- Obstrucción incompleta de la vía aérea: La persona puede toser, hablar, respirar con dificultad
- Obstrucción completa: La persona se encuentra inconsciente. La tabla 21 define la maniobra de Heimlich para actuar en este caso; contiene otros específicos.

5.4.12 Respiración artificial

Sirve para hacer llegar el oxígeno a los pulmones. Se debe saber que el aire que sale de nuestros pulmones en cada respiración, contiene aún una cantidad de oxígeno suficiente para una persona que ha dejado de respirar (aproximadamente 16% mientras que el ambiental contiene un 21% de oxígeno).

Si el aire no entra bien o no se eleva el pecho, comprobar que se está haciendo bien y que no hay cuerpos extraños que obstruyan la vía aérea.

Reanimación cardiopulmonar básica (R.C.P.)

La respiración y la circulación sanguínea son dos funciones vitales. En un intervalo aproximado de 3-5 minutos sin recibir oxígeno, las células del cerebro se pueden dañar irreversiblemente.

A partir del momento en que se detiene la respiración, el corazón puede continuar latiendo durante unos minutos (de 2 a 5), al cabo de los cuales, si no se ha reanudado la respiración (artificial o espontáneamente), el corazón se parará también, al verse afectado por la falta de oxígeno.

Los motivos por los que una persona deja de respirar son muy variados: asfixia, ahogamientos, atragantamiento, electrocución, sobredosis de drogas o medicamentos, inhalación de tóxicos, etc.

Técnica

- Buscar el borde inferior de las costillas, deslizar los dedos hasta el punto donde se unen las costillas con el esternón (apófisis xifoides), poner los dedos índice y anular.
- Colocar el talón de la otra mano, junto al dedo índice en la parte interior del esternón.

- Colocar la otra mano encima, de forma que solo se apoyen los talones y los dedos no toquen las costillas.

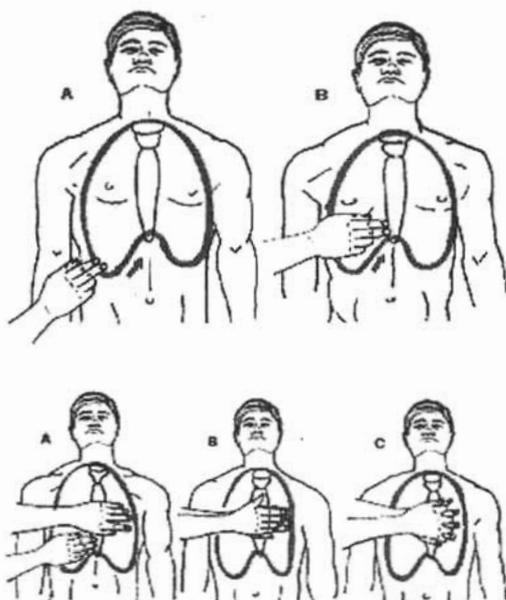


Fig. 20: Cómo localizar el esternón del herido.

- Comprima el pecho hacia abajo y con suavidad, repita el procedimiento como se explica más adelante. No retire sus manos del pecho de la víctima.



Fig. 21.

- Este procedimiento expulsa la sangre del corazón.

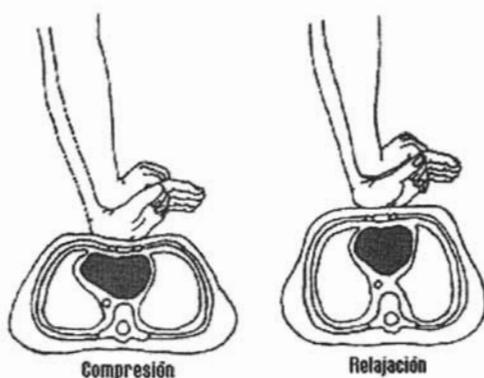


Fig. 22.

- Para un niño utilice únicamente una mano.
Para un bebé utilice solo los dedos índice y medio en el centro del pecho en medio de las tetillas.

En la siguiente tabla se dan procedimientos específicos para las condiciones de obstrucción de las vías respiratorias, incluidos sus tratamientos y lo que es inadecuado hacer.

| CONDICION | TRATAMIENTO | NO HACER |
|--|--|---|
| Obstrucción incompleta | Animar a toser a la víctima | Nunca dar golpes en la espalda, podría desplazar el cuerpo extraño más profundamente. |
| Obstrucción incompleta | Nos colocamos detrás de la víctima, que estará sentado o de pie; le "abrazaremos" colocando una de nuestras manos con el puño cerrado (el pulgar en contacto con el cuerpo) en la "boca del estómago" (medida del pulgar en vertical desde el apófisis xifoides hacia el ombligo) y la otra mano encima. Una vez así, presionaremos con fuerza hacia adentro (hacia nosotros) y hacia arriba al mismo tiempo, ejerciendo movimientos bruscos que repetiremos en series hasta que el objeto sea expulsado por la boca de la víctima. | No administrar nada por vía oral, no dar golpes en la espalda. |
| Obstrucción completa, víctima inconsciente | Tumbar al paciente en el suelo y ladear su cabeza. Colocarse a horcajadas sobre él. Colocar el puño de una mano entre el final de su esternón y su ombligo, apoyando la otra mano encima, manteniendo los brazos estirados. Realizar las compresiones de forma enérgica, hasta conseguir extraer el cuerpo extraño; si no se nota, cada 6-10 compresiones, revisar la boca del paciente por si estuviera dentro. Ver si el pecho de la víctima sube y baja. Oír que salga el aire. | Como en los casos anteriores |

Tabla 21. Casos específicos de obstrucción por vía aérea. Maniobra de Heimlich.

- Se debe de realizar la compresión con los brazos extendidos hundiéndolo el esternón de la víctima.
- Se debe dejar que regrese a su posición original.

Técnica con un solo reanimador(a):

- Dar dos insuflaciones (es introducir el aire del reanimador en la boca de la víctima) y 12 compresiones torácicas.
- Colocarse al lado izquierdo de la víctima.
- Si la víctima está inconsciente, colocarle la cabeza en hiperextensión.
- Si no está respirando espontáneamente, dar dos insuflaciones rápidamente, pero soltando el aire (del reanimador) de forma constante y sin brusquedad (porque si no pasaría parte a vía digestiva).
- Palpar el pulso carotídeo durante 5-10 segundos. Si está ausente, dar 12 compresiones en el tórax, luego dos insuflaciones rápidas y continuar alternando 12 compresiones con dos insuflaciones.
- Realizar el masaje externo para una frecuencia cardiaca de 100 latidos por minuto.
- Al cabo de un minuto, comprobar si existe pulso carotídeo (un minuto aproximadamente es un ciclo de 4 veces; 12 compresiones finalizando con 2 insuflaciones).

Técnica con dos reanimadores

- Dos insuflaciones (primera vez) seguido de 5 compresiones torácicas y luego una insuflación.
- Colocarse a ambos lados del paciente para cambiar de posición más rápidamente.
- El primer reanimador, que va a iniciar la ventilación, debe colocar la cabeza del paciente en hiperextensión.
- Realizar 2 insuflaciones pulmonares.
- Tratar de sentir el pulso.
- Si no hay pulso, el segundo reanimador comienza con el masaje cardiaco externo.
- El primer reanimador intercala una insuflación pulmonar rápida después de cada quinta compresión esternal, sin interrumpir la frecuencia de 100 compresiones por minuto a que se realiza el masaje cardiaco.

Botiquín de primeros auxilios

El botiquín de primeros auxilios es un recurso básico para las personas que prestan un primer auxilio, ya que en él se encuentran los elementos indispensables para dar atención satisfactoria a víctimas de un accidente o enfermedad repentina y en muchos casos pueden ser decisivos para salvar vidas .

"Su contenido cambia de acuerdo a las necesidades"

El botiquín de primeros auxilios debe estar en todo sitio donde haya concentración de personas.

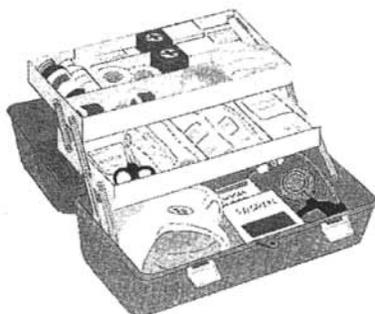


Fig. 23: Contenido básico del botiquín de primeros auxilios

Contenido del botiquín

Los elementos esenciales de un botiquín de primeros auxilios se pueden clasificar así:

- Antisépticos
- Material de curación
- Instrumental y elementos adicionales
- Medicamentos

Antisépticos

Los antisépticos son sustancias cuyo objetivo es la prevención de la infección evitando el crecimiento de los gérmenes que comúnmente están presente en toda lesión.

Cuando se presentan individualmente en sobres que contienen pañitos húmedos con pequeñas cantidades de solución, se facilita su transporte y manipulación.

YODOPOVIDONA

Povidona yodada germicida de acción rápida, se utiliza como jabón y solución para realizar la limpieza y desinfección de lesiones. Los nombres comerciales son:

- BACTRODERM
- ISODINE
- YOVIDONA
- WESCODYNE
- PREPODYNE

La Yodopovidona puede producir reacción alérgica, por lo que no se debe usar en pacientes con antecedentes alérgicos al yodo.

CLORHEXIDINA

Bactericida contra bacterias grampositivas y gramnegativas. útil en desinfección de quemaduras y heridas. Igualmente en la desinfección de material limpio. No debe aplicarse en personas que presentan hipersensibilidad a esta solución y en áreas extensas. Se presenta en sobres con toallitas impregnadas con solución de clorhexidina.

ALCOHOL AL 70%

Se usa para desinfectar termómetros clínicos, pinzas, tijeras u otro instrumental. También se usa para la limpieza de la piel, antes de la inyección. No es aconsejable utilizarlo en una herida por que irrita los tejidos.

SUERO FISIOLÓGICO O SOLUCIÓN SALINA NORMAL

Se utiliza para limpiar o lavar heridas y quemaduras, también como descongestionante nasal se presenta en bolsa por 50cc, 100cc, 250cc, 500cc o frasco gotero plástico por 30cc, en su reemplazo se puede utilizar Agua estéril.

JABÓN

De tocador, barra o líquido para el lavado de las manos, heridas y material.

MATERIAL DE CURACIÓN

El material de curación es indispensable en botiquín de primeros auxilios y se utiliza para:

- Controlar hemorragias, limpiar, cubrir heridas o quemaduras.
- Prevenir la contaminación e infección.

PRODUCTOS DE GASAS O RAYON/POLYESTER

Gasitas - gasas

Se sugieren aquellas que vienen en paquetes que contienen una o más gasitas estériles individuales (7.5 cm por 7.5 cm). Material suficiente para tratar una lesión solamente. Cada paquete se halla cerrado en cobertura estéril. Se utiliza para limpiar y cubrir heridas o detener hemorragias.

Compresas

Porción de gasa orillada cuadrada, estéril lo suficiente grande (38 a 40cm) para que se pueda extender más allá del borde de la herida o quemadura. También es útil para atender una hemorragia.

Apósitos

Almohadillas de gasas y algodón estéril, absorbente, vienen en varios tamaños.(13 x 8cms, 13 x 23 cm., 23 x 23cms) según la lesión a cubrir, para ojos se utilizan de 4cm x 6.5 cm.

Si no dispone de gasas individuales ni apósitos, elabórelas con la gasa que normalmente se consigue en paquetes. Teniendo la precaución de que todos los bordes queden al interior de tal manera que ninguna hebra quede en contacto con la herida.

VENDAS

Es indispensable que haya vendas en rollo y triangulares. Se recomienda incluir vendas elástica y de gasas de diferentes tamaños (1,2,3 pulgadas).

VENDAS ADHESIVAS

(tales como banditas - curitas), son útiles para cubrir heridas pequeñas.

APLICADORES

Se llaman también copitos, se utilizan para extraer cuerpos extraños en ojos, limpiar heridas donde no se puede hacer con gasa y aplicar 3 antisépticos en cavidades.

BAJALEGUAS

En primeros auxilios se utilizan para inmovilizar fracturas o luxaciones de los dedos de las manos.

ESPARADRAPO

Se utiliza para fijar gasas, apósitos, vendas y para afrontar los bordes de las heridas. Se dispone de esparadrapo de 1/2, 1, 2 yardas, preferiblemente hipoalérgico (micropore, transpore, leukofix).

ALGODON

Se utiliza para forrar tablilla o inmovilizadores, improvisar apósitos y desinfectar el instrumental, nunca se debe poner directamente sobre una herida abierta.

INSTRUMENTAL Y OTROS ELEMENTOS ADICIONALES

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Tapabocas y guantes desechables• Pinzas• Tijeras• Cuchillas• Navajas• Termómetro oral• Ganchos de nodriza• Lupa• Linterna• Libreta y lápiz• Caja de fósforos o encendedor• Lista de Teléfonos de emergencia• Gotero• Manual o folleto de primeros auxilios | <p>Otras cosas que le pueden ser útiles son:</p> <ul style="list-style-type: none">• Pañuelos desechables• Toallitas húmedas• Manta térmica• Bolsas de plástico• Vasos desechables• Cucharas• Aguja e hilo |
|---|--|

Tabla 22. Otros elementos recomendables para el botiquín.

MEDICAMENTOS

Analgésicos

El botiquín de primeros auxilios debe contener principalmente analgésicos, calmantes para aliviar el dolor causado por traumatismo y para evitar entrar en estado de shock, sin embargo no deben usarse indiscriminadamente porque por su acción puede ocultar la gravedad de su lesión.

Los principales analgésicos que se utilizan son el ácido acetilsalicílico y acetaminofen que en el mercado, puede encontrarse con diferentes nombres comerciales, estos también son antipiréticos (bajan la fiebre).

ACETAMINOFEN

analgésicos comercialmente llamado:
focus, dolex, apamide, trilum, winadol, compofen, tylenol.

Las precauciones que se deben tener para su administración son las siguientes:

- administrar siempre con agua, nunca con café, gaseosa o bebidas alcohólicas.
- No se debe administrar a personas con anemia, lesiones renales y hepáticas.

ACIDO ACETIL SALICILICO

Analgésico conocido comercialmente como: aspirina (adultos-niños), mejoral (adultos-niños), asawin (adultos-niños), bufferin, rhonal, ascriptin, son sustancias con capa entérica que evitan molestias a nivel gástrico.

para administrar estos analgésicos o calmantes se debe tener las siguientes precauciones:

- Administrar siempre con agua; nunca con café, gaseosa o bebidas alcohólicas.
- No administrar a personas con problemas gástricos (úlceras).
- No administrar a personas que sangran con facilidad (hemofílicos).
- No administrar durante el embarazo, ya que madre e hijo corren riesgo porque se afecta el mecanismo de coagulación.

- No administrar a personas con problemas renales.
- No administrar a personas con historia de alergia a este medicamento

SOBRES DE SUERO ORAL

Es indispensable tenerlos ya que, además de administrarse en casos de diarrea para evitar complicaciones de ésta, también resulta útil para administrar en casos de quemaduras, hemorragias o en cualquier situación que la víctima presenta deshidratación, evitando así que entre en shock.

ANTIHISTAMINICO

No debe ser un medicamento esencial en la en la dotación del botiquín. Los antihistamínicos están indicados para personas que presentan reacción alérgica grave a la picadura de insectos y que se encuentran distantes de un centro asistencial mientras se traslada para la atención médica.

Estos medicamentos tiene como efectos adversos, sedación, somnolencia, disminución de los reflejos. No debe mezclarse con licor porque produce mareo, descoordinación, visión borrosa, visión doble, nauseas, vomito, dolor de cabeza.

Están contraindicados cuando haya hipersensibilidad a los antihistamínicos, durante el embarazo y lactancia.

Se consigue en tabletas (antigripales, clorotrimetrón, fenegan, benadryl) y en crema para la picadura de insectos (caldryl).

BOTIQUIN PARA EMPRESAS

En estos botiquines la cantidad elementos estarán en relación con el número de personas que realizan actividades en estos lugares y con los riesgos ocupacionales.

Tanto las empresas como en los centros deportivos, la frecuencia de accidentes es alta; por ello, en estos sitios existe un lugar especial

para prestar primeros auxilios; generalmente son profesionales los encargados de este tipo de trabajo.

Por consiguiente en el botiquín hay otros medicamentos para atender enfermedades repentinas, que deben ser manejados exclusivamente por este personal.

Además de estos elementos indispensables, se recomienda que existan los siguientes:

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Camillas • Oxígeno • Equipo para sutura • Jeringas y agujas hipodérmicas • Férulas para la inmovilización de fracturas • Pinzas hemostáticas • Cuellos ortopédicos • Compresas frías y calientes o bolsa de agua caliente o bolsas con hielo • Succionador o perilla para extracción de secreciones • Cubeta para esterilizar instrumentos | <ul style="list-style-type: none"> • Sonda nasogástrica • Medicamentos para la atención de emergencia de estricto manejo medico • Estuche para la atención de accidente por picadura de animal ponzoñoso, según riego • Soluciones parenterales: <ul style="list-style-type: none"> • dextrosa al 5% en agua destilada • dextrosa al 5% en solución salina • ringer, solución salina al 0.9% • Equipo de venoclisis. • Pinza corta anillos |
|---|--|

Tabla 23. Elementos recomendables en el botiquín.

TRANSPORTE ADECUADO

El traslado innecesario de las víctimas de un accidente o de los enfermos graves es muy peligroso.

"Transporte con Seguridad"

Al trasladar un accidentado o un enfermo grave, se deberá garantizar que las lesiones no aumentarán, ni se le ocasionarán nuevas lesiones o se complicará su recuperación ya sea por movimientos innecesarios o transporte inadecuado.

Es mejor prestar la atención en el sitio del accidente, a menos que exista peligro inminente para la vida de la víctima o del auxiliador como en un incendio, peligro de explosión o derrumbe de un edificio.

Una vez que haya decidido cambiar de lugar a la víctima, considere tanto la seguridad de la víctima como la suya. También tenga en cuenta su propia capacidad, así como la presencia de otras personas que puedan ayudarlo.

METODOS PARA LEVANTAR A UNA PERSONA

Arrastre

Se utilizan cuando es necesario retirar una víctima del área del peligro, a una distancia no mayor de 10 metros y cuando el auxiliador se encuentra solo. No debe utilizarse cuando el terreno sea desigual o irregular (piedras, vidrios, escaleras).

- Coloque los brazos cruzados de la víctima sobre el tórax. Sitúese detrás de la cabeza y colóquele sus brazos por debajo de los hombros sosteniéndole con ellos el cuello y la cabeza.
- Arrástrela por el piso.
- Si la víctima tiene un abrigo o chaqueta, desabroche y jale de él hacia atrás de forma que la cabeza descansa sobre la prenda. Arrástrela por el piso, agarrando los extremos de la prenda de vestir (abrigo, chaqueta o camisa).

Si en el recinto hay acumulación de gas o humo, haga lo siguiente:

- Si la víctima está consciente y no puede movilizarse, arrodílese y pídale que pase los brazos alrededor de su cuello, entrelazando las manos.
- Si está inconsciente, sujétele las manos con una venda a la altura de las muñecas y realice el mismo procedimiento.
- Si la víctima es muy grande usted puede usar el arrastre de los pies, asegurándose que la cabeza de la víctima no se lesione con un terreno desigual o irregular.

Cargue de brazos

Cuando la víctima es de bajo peso.

- Pase un brazo por debajo de los muslos de la víctima.
- Colóquele el otro brazo alrededor del tronco, por encima de la cintura y levántela.

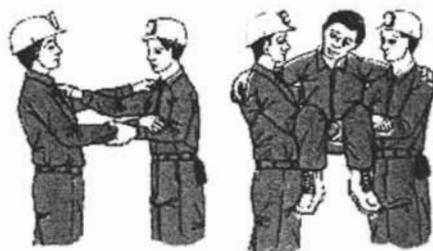


Fig. 24: Cargue de brazos con 2 auxiliares



Fig. 25: Cargue de brazos con 3 auxiliares

Con ayuda de una cobija o frazada

Para levantar un lesionado o enfermo con ayuda de una cobija o frazada se necesitan de 3 a 5 auxiliares. Se usa cuando no se cuenta con una camilla y la distancia a recorrer es corta. NO se debe usar este método si se sospecha lesiones en la columna vertebral.

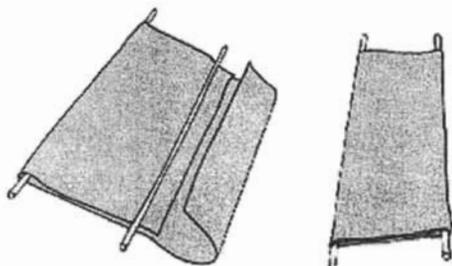


Fig. 26. Camilla

- Colocar la frazada o cobija doblada en acordeón a un lado de la víctima.
- Dos auxiliares se colocan arrodillados junto a la víctima y la acomodan de medio lado (uno de los auxiliares la sostiene de la cadera y las piernas, el otro de la espalda y la cabeza); el tercero acerca la cobija o frazada y la empuja de tal manera que le quede cerca de la espalda.
- Coloquen nuevamente la víctima acostada sobre la espalda y ubíquense para proceder a levantarla:

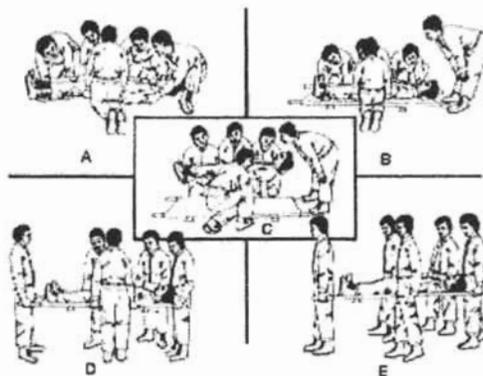


Fig. 27: Pasos para trasladar un herido.

Forma correcta de subir un lesionado a una camilla

- Cuatro auxiliares se colocan arrodillados al lado y lado de ésta: dos en la parte superior, toman la cobija o frazada a la altura de los hombros y de la cintura y de las piernas, y el quinto detrás de la cabeza.
- Jalen los extremos de la cobija para evitar que quede enrollada debajo de su cuerpo.
Enrollen los bordes de la cobija o frazada, rodeando el cuerpo de la víctima.
- A una orden, pónganse de pie y caminen lentamente de medio lado, iniciando la marcha con el pie que queda más cerca de los pies del lesionado.

COMO TRANSPORTAR UN LESIONADO CON AYUDA DE ELEMENTOS

Un lesionado puede ser transportado utilizando diferentes elementos como:

silla, camilla y vehículo; su uso depende de las lesiones que presenta, de la distancia y de los medios que se tengan para hacerlo.

Transporte en silla

Se usa cuando la persona está consciente y NO tiene lesiones severas, especialmente si es necesario bajar o subir escaleras. Debe tenerse la precaución de que el camino esté libre de obstáculos, para evitar que los auxiliares se resbalen. Para emplear este método de transporte se necesitan 2 auxiliares.

- Sentar a la víctima en la silla. Si no puede sentarse sin ayuda, hagan lo siguiente:
 - Cruce las piernas de la víctima, un auxiliar se pone de rodillas a la cabeza de la víctima.
 - Meta una mano bajo la nuca, la otra mano bajo los omoplatos.

- En un solo movimiento siente la víctima, acercándose contra ella o sosteniéndola con una pierna.
- Coloque un brazo por debajo de las axilas de la víctima tomando el brazo cerca de la muñeca.
- Con su otra mano tome de igual forma el otro brazo y entrecrúcelos apoyando la cabeza contra el auxiliador, sostenga el tronco de la víctima entre sus brazos.
- Póngase de pie con la espalda recta, haciendo el trabajo con las piernas, mientras el otro auxiliador le sostiene las piernas a la víctima.
- A una orden, levántense simultáneamente y coloquen la víctima en la silla.
- Asegúrenla en la silla, inclinen la silla hacia atrás, para que la espalda de la víctima quede contra el espaldar de la silla.
- A una orden, levanten simultáneamente la silla y caminen lentamente.

FORMAS DE IMPROVISAR UNA CAMILLA

Una camilla se puede improvisar de la siguiente manera:

- Consiga 2 o 3 Chaquetas o abrigos y 2 trozos de madera fuertes.
- Coloque las mangas de las prendas hacia adentro.
- Pase los trozos de madera a través de las mangas.
- Abotone o cierre la cremallera de las prendas.

Otra forma de improvisar una camilla es la siguiente:

- Consiga una frazada o cobija y dos trozos de madera fuertes.
- Extienda la cobija o frazada en el suelo.
- Divida la cobija imaginariamente en tres partes, coloque un trozo de madera en la primera división y doble la cobija.
- Coloque el otro trozo de madera a 15 cm del borde de la cobija y vuelva a doblarla.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La integración de documentos en este manual para la certificación de la planta en ISO-9000 es bastante completa. La actualización de diagramas es útil para el mantenimiento de la línea, con ello se pueden detectar fallas potenciales y prevé la reingeniería de la planta.
- Las condiciones inseguras provocan fallas en la operación por incapacidad; sin duda, los procedimientos descritos en este manual darán pauta para que el departamento de capacitación genere el programa de enseñanza, considerando al operador y otras personas que puedan cubrirlo en caso necesario.
- Este manual ofrece un método preciso de operación, el cual marca la responsabilidad de los operadores para evitar mermar el rendimiento y desempeño del personal.
- Se ha propuesto utilizar un sistema de agitación por flujo turbulento a lo largo de las tinas para el electrolito en las tinas de anodizado y desengrase, de acuerdo a la directriz ("Agitación del electrolito"), que marca la norma Qualanod, con objeto de mejorar la calidad en la película anódica, por medio de boquillas, administrando aire seco de planta.
- Se ha propuesto automatizar las adiciones de insumos por medio de un dosificador, de esta manera se evitarían pérdidas, ya que se garantiza la homogeneidad en las soluciones así como el adecuado suministro a las cubas.

CONCLUSIONES

El manual de operación aquí presentado no existía como un solo documento (estaba dispersa e incompleta), y será de gran importancia para la planta "Extrusiones Metálicas", S.A. de C.V. en varios aspectos:

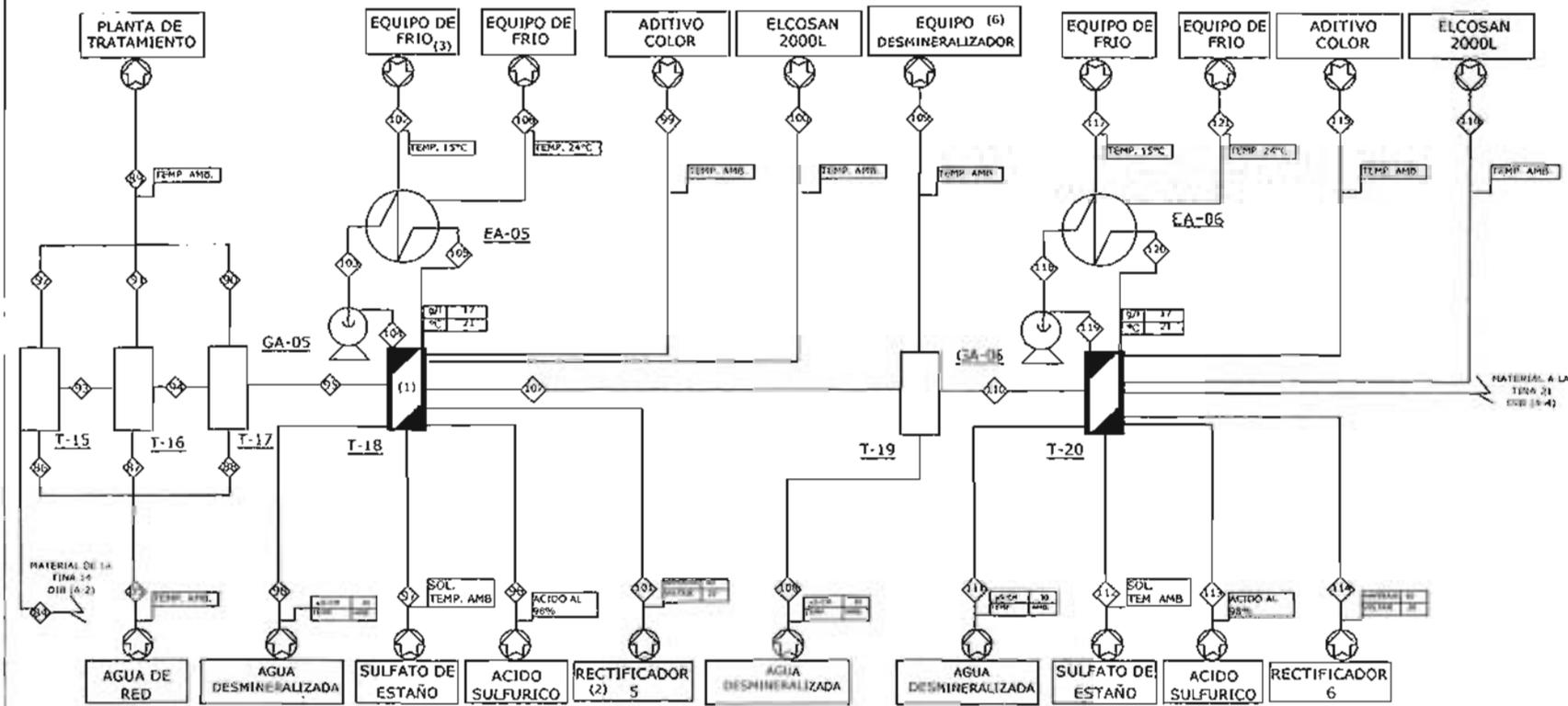
1. En el proceso de certificación ISO-9000, ya que cuenta con procedimientos específicos de operación y un plan de control.
2. En el proceso de certificación ISO-14000, porque cuenta con normas, hojas de seguridad e identificación de residuos peligrosos.
3. Cuenta con información amplia para capacitación del personal de nuevo ingreso o personal que deba cubrir un puesto superior en el ramo del tratamiento del aluminio.
4. Mantiene vigente la norma aplicada al anodizado (Qualanod)
5. Para mantenimiento el cual soportara sus procedimientos para su trabajo correctivo y preventivo (DTI y PLG) .
6. En Ingeniería de Procesos por los insumos alternos, que puedan generar un aumento en la productividad y disminución en costos.
7. Se pretende con ayuda de este documento, la pronta adquisición de la marca de calidad Qualanod para garantizar un anodizado óptimo y mantener la competitividad en el mercado que caracteriza a Extrusiones Metálicas, S.A. de C.V.

LISTA DE EQUIPO

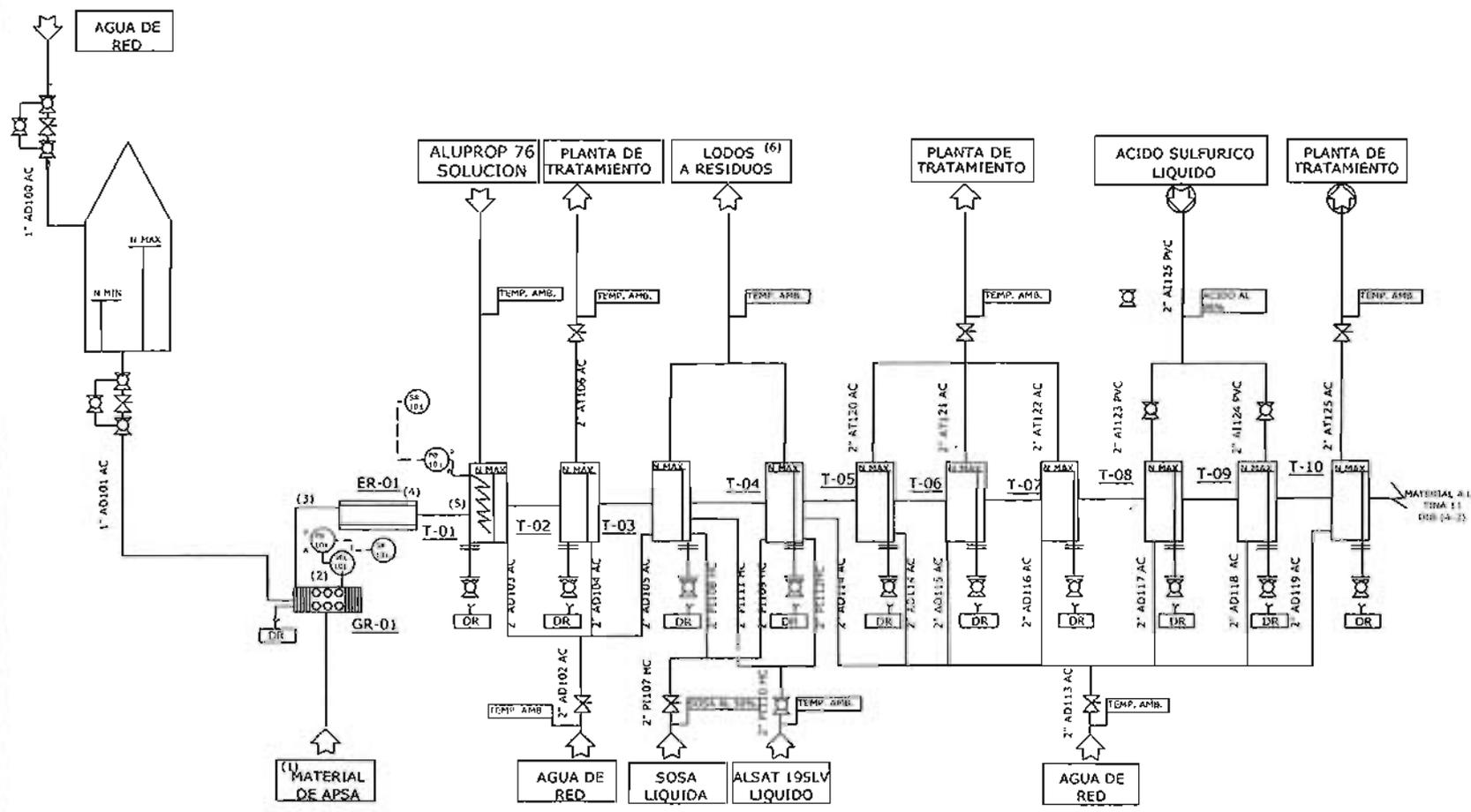
| CLAVE | SERVICIO | CARACTERISTICA |
|-------|--|----------------|
| T-15 | TINA DE ENJUAGUE | 16.3 M3 |
| T-16 | TINA DE ENJUAGUE | 16.3 M3 |
| T-17 | TINA DE ENJUAGUE | 16.3 M3 |
| T-18 | TINA DE ELECTROCOLOR | 13.58 M3 |
| T-19 | TINA DE ENJUAGUE | (4) |
| T-20 | TINA DE ELECTROCOLOR | (4) |
| EA-05 | INTERCAMBIADOR ACID. SULF. 5% | 0.5 KG/CM2 |
| EA-06 | INTERCAMBIADOR ACID. SULF. 5% | 0.5 KG/CM2 |
| GA-05 | BOMBA DE AGUA FRIA PARA EL INTERCAMBIADOR 05 | 1.3 HP |
| GA-06 | BOMBA DE AGUA FRIA PARA EL INTERCAMBIADOR 06 | 1.3 HP (5) |

NOTAS

- 1.- ESTAS TINAS DE ELECTROCOLOR TIENEN LOS CATODOS LATERALES.
- 2.- LOS RECTIFICADORES SON DE 500 Y 600 AMPERIOS, TRIFASICO DE 400 A 220 MARCA ARANAKOS MODELO 3211
- 3.- EL EQUIPO DE FRIO ES DE 75 TONELADAS DE FRIO CON CINCO COMPRESORES DE ENFRIAMIENTO, DE 440V, MARCA TRANE.
- 4.- EL INTERCAMBIADOR ES DE PLACAS, DE 1 PASO CON RELACION DE FLUJO DE 66.69 LB/HR, CON 27 PLATOS, MARCA VICARB.
- 5.- LAS BOMBAS SON VERTICALES DE 9.8AMP, A 440V, MARCA SIEMENS.
- 6.- EL EQUIPO DE DESMINERALIZACION TIENE UN CAUDAL DE 15000L/H A CONDUCTIVIDAD MENOR DE 25 MICROSIEMS Y CUENTA CON DOS COLUMNAS CATTÓN-ANIÓN, MARCA IMPRA IP700



| | | | | | | | |
|------|-------------|------|--------|------------|---|--|-----------------------------------|
| I | | | | | LINEA UNO DE ACABADO EN ANODIZADO TEXCOCO, ESTADO DE MEXICO | "A" EDICION | EXTRUSIONES METALICAS S.A. DE C.V |
| 0 | | | | | EN ESTA PLANTA SE HACEN ACABADOS EN BRONCE (18), NATURAL (19), NIQUEL (17) CHAMPAGNE (24) Y ORO (25), PARA ARQUITECTURA Y MUEBLES. | APROBADO | FECHA |
| REV. | DESCRIPCION | DIB. | DISEÑO | ING. PROC. | COORD. ANODIZ | DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL AREA DE ANODIZADO LINEA I | |
| | | | | | | No DIB. | A-3. |



LISTA DE EQUIPO

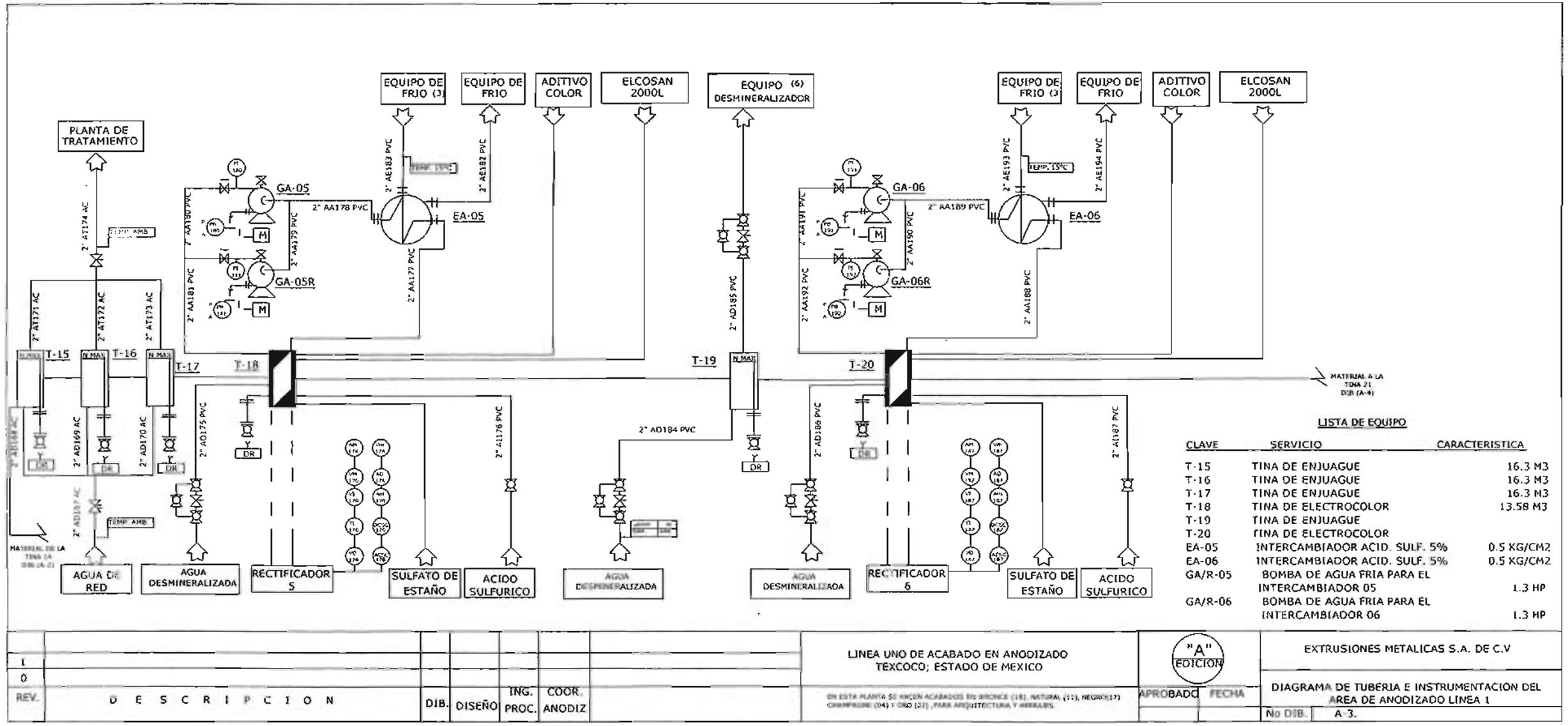
| CLAVE | SERVICIO | CARACTERISTICA |
|-------|----------|----------------|
|-------|----------|----------------|

| | | |
|-------|----------------------------------|----------|
| GR-01 | GRATADORA DE CEPILLOS CIRCULARES | |
| ER-01 | ENRAQUE DE PERFILES | M2 |
| T-01 | TINA LIMPIEZA ALCALINA | 13.45 M3 |
| T-02 | TINA DE ENJUAGUE | 11.37 M3 |
| T-03 | TINA DE MATIZADO | 16.3 M3 |
| T-04 | TINA DE MATIZADO | 16.71 M3 |
| T-05 | TINA DE ENJUAGUE | 11.27 M3 |
| T-06 | TINA DE ENJUAGUE | 11.27 M3 |
| T-07 | TINA DE ENJUAGUE | 11.27 M3 |
| T-08 | TINA DE DECAPADO | 11.27 M3 |
| T-09 | TINA DE DECAPADO | 16.3 M3 |
| T-10 | TINA DE ENJUAGUE | 16.3 M3 |

NOTAS

- 1.- EL MATERIAL ENTRA EN CANASTAS EN PROMEDIO DE 500M2. A.P.S.A. (ALMACEN DE PRODUCTO SIN ANODIZAR.)
- 2.- NO SE GRATAN LOS PERFILES MUY DELGADOS O CON GEOMETRIA DIFICIL.
- 3.- EL MATERIAL ES TRANSPORTADO MANUALMENTE.
- 4.- NORMALMENTE CON 36 PUENTES PARA PROCESO CONTINUO.
- 5.- ES TRANSPORTADO POR 4 POLIPASTOS DE 1.5 TONELADAS.
- 6.- LOS LODOS SEDIMENTADOS SON ENVIADOS A RESIDUOS PELIGROSOS.
- 7.- RESISTENCIA DE 3CM DE FRIO .

| | | | | | | | | |
|------|-------------|------|--------|---------------|------------------|--|----------------|--|
| 1 | | | | | | LINEA UNO DE ACABADO EN ANODIZADO TEXCOCO; ESTADO DE MEXICO | "A" EDICION | EXTRUSIONES METALICAS S.A. DE C.V |
| D | | | | | | | | |
| REV. | DESCRIPCION | DIB. | DISEÑO | ING. PROC. | COORD. ANODIZ | EN ESTA PLANTA SE HACEN ACABADOS EN BRONCE (18), NATURAL (11), NEGRO(17) CHROME(04) Y ORO (22), PARA ARQUITECTURA Y HERRAJES. | APROBADO | FECHA |
| | | | | | | | | DIAGRAMA DE TIRERIA E INSTRUMENTACION DEL AREA DE ANODIZADO LINEA 1 |
| | | | | | | | | No DIB. A-1. |



MATERIAL A LA TONA 21 DIB (A-4)

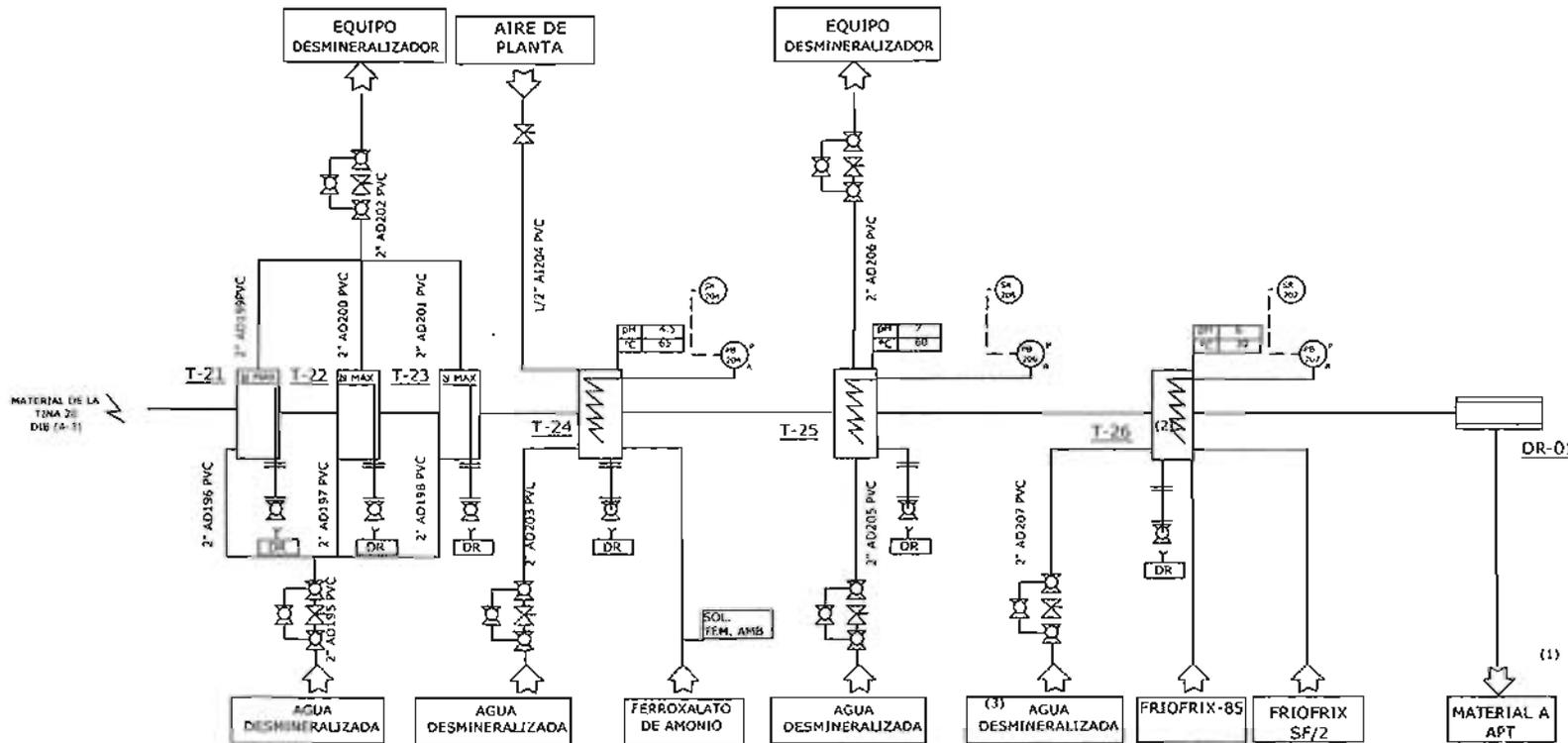
LISTA DE EQUIPO

| CLAVE | SERVICIO | CARACTERISTICA |
|---------|--|----------------|
| T-15 | TINA DE ENJUAGUE | 16.3 M3 |
| T-16 | TINA DE ENJUAGUE | 16.3 M3 |
| T-17 | TINA DE ENJUAGUE | 16.3 M3 |
| T-18 | TINA DE ELECTROCOLOR | 13.58 M3 |
| T-19 | TINA DE ENJUAGUE | |
| T-20 | TINA DE ELECTROCOLOR | |
| EA-05 | INTERCAMBIADOR ACID. SULF. 5% | 0.5 KG/CM2 |
| EA-06 | INTERCAMBIADOR ACID. SULF. 5% | 0.5 KG/CM2 |
| GA/R-05 | BOMBA DE AGUA FRIA PARA EL INTERCAMBIADOR 05 | 1.3 HP |
| GA/R-06 | BOMBA DE AGUA FRIA PARA EL INTERCAMBIADOR 06 | 1.3 HP |

| | | | | | | | | | |
|------|-------------|--|--|--|--------|---|---------------|---|-------|
| | | | | LINEA UNO DE ACABADO EN ANODIZADO TEXCOCO, ESTADO DE MEXICO | | <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;">"A"</div> EDICION | | EXTRUSIONES METALICAS S.A. DE C.V | |
| | | | | EN ESTA PLANTA SE INCIEN ACABADOS SIN BORNES (18), NATURAL (11), NEGRO(17) CHAMPONES (04) Y ORO (21), PARA ARQUITECTURA Y HERRAJES. | | | | APROBADO | |
| REV. | DESCRIPCION | | | DIB. | DISEÑO | ING. PROC. | COORD. ANODIZ | DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL AREA DE ANODIZADO LINEA 1 | |
| | | | | | | | | No DIB. | A. 3. |

LISTA DE EQUIPO

| CLAVE | SERVICIO | CARACTERISTICA |
|-------|---------------------------------|----------------|
| T-21 | TINA DE ENJUAGUE | 10.28 M3 |
| T-22 | TINA DE ENJUAGUE | 10.28 M3 |
| T-23 | TINA DE ENJUAGUE | 10.28 M3 |
| T-24 | TINA DE COLOREADO POR INMERSION | 10.28 M3 |
| T-25 | TINA DE ENJUAGUE | 10.28 M3 |
| T-26 | TINA DE SELLADO | 11.27 M3 |
| DR-01 | DESENRAQUE | |



NOTAS

- 1.- EL MATERIAL SALE EN CANASTAS EN PROMEDIO DE 500M2. A.P.T. (ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO.)
- 2.- RESISTENCIA DE 3CM DE FRIO .
- 3.- EL EQUIPO DE DESMINERALIZACION TIENE UN CAUDAL DE 15000L/H A CONDUCTIVIDAD MENOR DE 25 MICROSIEMS Y CUENTA CON DOS COLUMNAS CATION-ANION, MARCA IMPRA IP700

| | | | | | | | | |
|------|-------------|------|--------|---------------|------------------|--|----------------|--|
| 1 | | | | | | LINEA UNO DE ACABADO EN ANODIZADO TEXCOCO; ESTADO DE MEXICO | "A" EDICION | EXTRUSIONES METALICAS S.A DE C.V |
| 0 | | | | | | EN ESTA PLANTA SE HACEN ACABADOS EN BLENDE (15), NATURAL (11), NEGRO (7) CHAMPAGNE (84) Y DORO (23) PARA ARQUITECTURA Y HERRAJES. | APROBADO | FECHA |
| REV. | DESCRIPCION | DIB. | DISEÑO | ING. PROC. | COORD. ANODIZ | | | DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL AREA DE ANODIZADO LINEA 1 |
| | | | | | | | | No DIB. A-4. |

ANEXO 2. Preparación de Insumos Alternos

Aluprop 83

Otro producto usado para el desengrase es el denominado "Aluprop 83", el cual es también un polvo blanco, fácilmente soluble en agua caliente, especialmente elaborado para desengrasar el aluminio pulido, dada la presencia de inhibidores que permiten efectuar un desengrase perfecto sin alterar el brillo efectuado como pretratamiento. El Aluprop 83 está exento de cromatos, sus humectantes son biodegradables y permiten la utilización de una agitación por aire a temperaturas superiores a 55 °C.

CONDICIONES DE TRABAJO

- Concentración: 50-60 g/l
- Temperatura: 55-65 °C
- Tiempo de tratamiento: 5-15 minutos según la temperatura y concentración empleada.

Como en el caso anterior, una agitación por aire comprimido puede reducir el tiempo de tratamiento y mejorar la eliminación de pastas de pulir.

CONTROL DEL BAÑO

A 100 ml del baño en un erlenmeyer, se le adicionan 50 ml de agua destilada y 2-4 gotas de anaranjado de metilo. Después se valora con ácido clorhídrico 1N hasta que cambie de color amarillo a anaranjado.

ml consumidos de ácido clorhídrico 1N X 1.6 = g/l Aluprop 83

Aluprop 85/3

Se trata de otro polvo blanco, soluble en agua caliente, especialmente elaborado para desengrasar el aluminio pulido, con alto brillo, el pH de la disolución es débilmente alcalino y a su vez contiene inhibidores de corrosión que permiten efectuar un desengrase perfecto manteniendo el brillo efectuado como pretratamiento. Este producto está exento de cromatos, también tiene humectantes biodegradables y permiten la utilización de una agitación por aire a temperaturas superiores a 55 °C.

CONDICIONES DE TRABAJO

- Concentración: 50-60 g/l
- Temperatura: 55-65 °C
- Tiempo de tratamiento: 5-15 minutos según la temperatura y concentración empleada.

Como en el caso anterior, una agitación por aire comprimido puede reducir el tiempo de tratamiento y mejorar la eliminación de pastas de pulir.

CONTROL DEL BAÑO

Con una pipeta, tomar 100 ml del baño e introducirlo al erlenmeyer, se adicionan 55 c.c. de agua destilada y 2-4 gotas del mismo indicador manejado en los casos anteriores. Luego se valora con ácido clorhídrico 1N hasta que cambie el color de amarillo a rojo.

ml consumidos de ácido clorhídrico 1N X 2 = g/l Aluprop 85/3

ADITIVO RBS (PARA FORMACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROLITICO ROJO)

Este aditivo es un producto sólido, especialmente diseñado para la formación y mantenimiento del electrolito de coloración rojo. Su composición permite mantener estable la solución del electrolito consiguiendo además un alto poder de penetración en el proceso de coloración. Con el baño de coloración rojo puede obtenerse toda la gama de colores desde rosa-rojo-burdeos hasta el negro.

COMO MONTAR EL BAÑO

Se llenan $\frac{3}{4}$ partes del volumen total del tanque con agua desionizada, se adicionan 16 kg/m³ de ácido sulfúrico y finalmente 35 kg/m³ de aditivo RBS. Se completa con agua desionizada a volumen total.

CONDICIONES DE TRABAJO

El baño debe mantenerse en las siguientes concentraciones:

35-40 g/l de aditivo RBS y de 15-17 g/l de ácido sulfúrico.

El control del baño se realiza bajo las siguientes condiciones:

Temperatura: $\pm 1^\circ\text{C}$

El tiempo depende de la coloración deseada desde uno hasta 15 minutos.

NOTAS:

- Se debe asegurar un buen proceso de sellado de la capa anódica sobre el aluminio coloreado electrolíticamente con este baño
- Dada la inestabilidad que presentan las tonalidades muy claras, se aconseja efectuar una vez finalizada la coloración unos enjuagues e inmediatamente el proceso de sellado

METODO ANALÍTICO

Se toman 25 ml del baño y se introducen en un matraz erlenmeyer de 300 ml; se añade bicarbonato de sodio y se agita hasta la aparición de un precipitado, a continuación se añade gota a gota ácido acético hasta que desaparezca la turbidez. Luego se añade aproximadamente 0.5 g. de murexida, se agita y se valora inmediatamente con EDTA 0.1M hasta que cambie el color de amarillo-verdoso a azul puro.

Volumen consumido = A ml

g/l de aditivo RBS = $A \times 2.32$

NOTAS:

- Se debe mantener el baño con 35 g/l de aditivo RBS
- La acidez del baño rojo burdeos se analiza por valoración potenciométrica (como en la acidez del baño de oro).

ELCOSAN OP (SALES PARA COLORACIÓN ELECTROLÍTICA ORO)

ELCOSAN OP es un producto sólido diseñado para mantener el contenido de sales del baño de coloración electrolítica oro; lleva incorporado en su formulación sales especiales para mejorar la conductividad del electrolito así como su estabilidad.

CONDICIONES DE TRABAJO

Para un buen funcionamiento del baño de oro es aconsejable mantener en el intervalo de 4-8 pts. de sales según las condiciones de regeneración especificadas. Es importante mantener un control riguroso de la concentración de ácido sulfúrico en el baño, ésta se efectúa mediante valoración potenciométrica, para asegurar una uniformidad en la tonalidad obtenida en la producción.

ANÁLISIS

Con ayuda de una pipeta extraer 10 ml de solución de ácido oxálico 0.1N y colocarlo en un matraz erlenmeyer, añadir 50 ml de ácido sulfúrico al 25 % y calentar por encima de 60 °C; luego realizar la valoración adicionando como reactivo valorante el baño de oro a determinar, hasta que el color vire de transparente a color rosa débil.

ml del baño consumidos = A

31.61: A = pts. sales

Por cada punto a subir para mantener en el intervalo entre 4-8 pts. adicionar:

Kg ALCOSAN OP = pts. A subir X 2 X V

donde V es el volumen del baño expresado en m³.

OBSERVACIONES ESPECIALES:

- Para un buen funcionamiento del baño de oro, es conveniente revisar periódicamente el estado de los cátodos de acero, siendo además recomendable limpiezas periódicas de los mismos
- El producto ELCOSAN OP contiene materias oxidantes, por lo que se recomienda manejar con guantes protectores.
- Se recomienda realizar las adiciones de ELCOSAN OP al baño disolviéndolo previamente en porciones con agua caliente para asegurar una buena disolución y aprovechamiento del producto.

VOCABULARIO

- **Admitancia:** Es el recíproco de la impedancia en un circuito eléctrico. La unidad de admitancia es el mho; palabra que se formó al invertir el orden de la unidad de impedancia (ohm). Se emplea en el cálculo de circuitos en paralelo de corriente alterna. Su fórmula es:

$$I = EY$$

Donde:

I: Corriente

E: Voltaje en la impedancia

Y: Admitancia

- **Adsorción:** Propiedad de una interfaz entre dos fases inmiscibles (sólida, líquida o vapor) para atraer y concentrar componentes de alguna de ellas o de ambas, como una película interfacial adsorbida. La adsorción es una propiedad termodinámica básica de las interfases, que resulta de una discontinuidad en las fuerzas intermoleculares o interatómicas. Algunas definiciones para describir la adsorción son las siguientes: el adsorbente es el sólido o líquido que adsorbe; el adsorbato es el sólido, líquido o gas que es adsorbido en forma de moléculas, átomos o iones.
- **Agua desionizada:** También llamada agua desmineralizada. En este proceso (desionización) se pretende eliminar los iones presentes en el agua utilizando resinas de intercambio iónico catiónica y aniónica contenidas, respectivamente, en dos columnas.
- **Agua regia:** Mezcla de una parte por volumen de ácido nítrico concentrado y tres partes de ácido clorhídrico concentrado. Los alquimistas le dieron este nombre por su capacidad de disolver el platino y el oro. Ninguno de los dos ácidos puede disolver por sí solo esos metales nobles.
- **Amorfo:** Sin forma específica.
- **Anfótero:** Aquel que se comporta como base y como ácido.
- **Aniones:** Un anión es una partícula cargada negativamente.
- **Anisotropía:** de anisótropo –Cuerpo que ofrece distintas propiedades cuando se examina o ensaya en direcciones diferentes.
- **Ánodo:** Electrodo que va adquiriendo una carga positiva (potencial positivo).
- **Asépticas:** Libres de gérmenes infecciosos.

- **Billet:** Se le denomina así al área (de la planta "Extrusiones Metálicas", S.A., de C.V. en la que se recibe la materia prima (esto es, lingotes sin cortar).
- **Bruñido (metálico):** De bruñir (gratar) –Sacar lustre a un metal.
- **Cationes:** Partículas cargadas positivamente.
- **Cátodo:** Electrodo que va adquiriendo un potencial negativo.
- **Colada:** Sangría que se hace en los altos hornos para que salga el hierro fundido.
- **Coloide:** Cuerpo que, disgregado en un líquido, aparece como disuelto por la extremada pequeñez de sus partículas, pero que, a diferencia del cristaloides, no se difunde con su disolvente si tiene que atravesar ciertas láminas porosas.
- **Conductividad eléctrica:** En los metales, los electrones libres son los que transportan la corriente eléctrica. No están ligados a un átomo en particular, sino que se desplazan libremente a través del metal.
- **Conductividad térmica:** Es la razón del flujo de calor de estado estacionario (transferencia de calor por unidad de área por unidad de tiempo), a lo largo de una varilla larga, al gradiente de temperatura a lo largo de la misma. La conductividad térmica varía con amplitud y depende de la temperatura y de la pureza y estado físico de los sólidos, en particular a bajas temperaturas.
Basándose en la teoría cinética de los gases, la conductividad térmica puede escribirse como en la siguiente ecuación:

$$\kappa = (\text{constante}) \zeta v \lambda$$

Donde:

 - ζ = Calor específico por unidad de volumen
 - v = velocidad promedio de las partículas
 - λ = camino libre medio.
- **Corrientes alterna y continua:** La diferencia entre corriente continua y corriente alterna es que la primera siempre fluye en una dirección, mientras que la segunda invierte su sentido periódicamente. Para enviar una corriente continua por un circuito eléctrico, es necesaria una fuente capaz de desarrollar una fuerza electromotriz (fem) constante. Para este propósito, se usa una batería o un generador de corriente continua. Para enviar una corriente alterna por un circuito, por otra parte, se requiere una fuente capaz de invertir su fem. Para ello se usa un generador de corriente alterna.

- **Decapado:** Es el proceso por el cual se elimina la capa de óxido natural que tiene el aluminio, para preparar el material (aumentar sus cualidades).
- **Dentadas:** Que tiene dientes, o puntas parecidas a ellos.
- **Desenrraque:** Los perfiles de aluminio se desenrracan (es decir se bajan del apoyo sujetado por argollas que tienen, ya que una carga completa contiene alrededor de 18-50 perfiles de aluminio) al final del proceso.
- **Disgregar:** Separar o desunir las partes integrales de una cosa.
- **Disolución:** Dispersión homogénea de 2 o más especies moleculares o iónicas.
- **Disolvente:** Que tiene la capacidad de disolver o separar.
- **Efluorescencia:** Tipo de imperfección que presenta el material por un mal tratamiento o anodizado (aparecen manchas blanquecinas).
- **Electrólisis:** Descomposición química de un cuerpo, disuelto o fundido, producida por la electricidad.
- **Electrolito:** Cuerpo que se descompone en la electrólisis.
- **Electropositivo:** Que en la electrólisis, se dirige al polo negativo.
- **Emulsión:** Suspensión coloidal de un líquido en otro.
- **Enrraque:** El proceso de enrraque se refiere a la sujeción (a través de presión) con argollas de los perfiles en un puente (carga) la cual es sujeta al polipasto que se encarga de trasladar los perfiles a lo largo del proceso.
- **Equilibrio de fases:** Campo general de la física-química que trata de las diversas situaciones en las que dos o más fases (o estados de agregación) pueden coexistir en equilibrio termodinámico, de la naturaleza de las transiciones entre fases, y también de los efectos de la temperatura y de la presión en estos equilibrios.
- **Equilibrio dinámico:** Cuando un cuerpo o sistema se mueve a velocidad constante.
- **Erosión:** Desprendimiento y transporte de fragmentos y restos de rocas en la superficie de la tierra.

- **Esmerilado:** De esméril – Mezcla natural de corindón con magnetita o con hematita y espinela – Se usa como abrasivo y como material de pulido, para afilar o pulir.
- **Exfoliación:** (de exfoliar, dividir una cosa) en láminas o escamas. Propiedad.
- **Extrusión:** Es el proceso por el cual se cambia la forma del aluminio (que llega como lingote) a la forma de un perfil arquitectónico (por ejemplo). Para el caso del aluminio, esto se consigue con unos discos (llamados dados) con formas específicas, los cuales se calientan y se pasa el material a través de ellos, cambiando así la forma.
- **Ferromagnetismo:** Propiedad que presentan algunos metales, aleaciones y compuestos de transición (del grupo del hierro), tierras raras y elementos de la familia de los actínidos en los cuales, por debajo de cierta temperatura llamada temperatura de Curie, los momentos magnéticos atómicos tienden a alinearse en una dirección común. El ferromagnetismo se caracteriza por la atracción fuerte de un cuerpo magnético por otro.
La propiedad característica de un ferromagneto es que, por debajo de la temperatura de Curie, puede poseer una magnetización, espontánea en ausencia de un campo magnético aplicado. Bajo la aplicación de un campo magnético débil, la magnetización se incrementa con rapidez hasta un valor conocido por magnetización de saturación, el cual es, por lo general, una función de la temperatura.
- **Filiforme:** Que tiene forma o apariencia de hilo.
- **Granallado:** Metal reducido a granos menudos.
- **Gratado:** El proceso de gratado, se refiere a pulir la superficie del aluminio, ello con objeto de preparar el material a su posterior tratamiento (de hecho la gratadora es una máquina que tiene cepillos en la parte superior e inferior).
- **Intersticio:** Espacio pequeño que media entre dos cuerpos o entre dos partes de un mismo cuerpo, intervalo (espacio o distancia).
- **Lábiles:** de lábil –Que resbala fácilmente (frágil).
- **Lejía:** Agua que tiene en disolución álcalis o sales alcalinas, especialmente la que se usa para la colada.
- **Lodos:** Para el proceso de Extrusiones Metálicas, S.A. de C.V., los lodos son el resultado de la reacción química que ocurre entre el aluminio y el hidróxido de sodio (que se adiciona para neutralizar los perfiles que pasaron por ácido sulfúrico), y son aluminatos de sodio (NaAl_2).

- **Matizado:** Es un proceso en el cual el perfil obtiene un matiz (un aspecto de atributo), por medio de inmersión en sosa (a mayor tiempo de inmersión, mayor matizado).
- **Mordentado:** El mordentado es un tratamiento de la superficie aplicando soluciones alcalinas o ácidas.
- **Oscilante:** Moverse alternativamente un cuerpo a un lado y otro de su posición "de equilibrio determinada por un punto fijo o un eje". Variar o fluctuar dentro de ciertos límites determinadas manifestaciones o fenómenos: temperatura, etc.
- **Polarización:** (de la luz) Hace referencia a que la luz es un movimiento ondulatorio transversal en contraste con el movimiento ondulatorio longitudinal de las ondas sonoras. Esta diferencia de movimientos hace que la luz penetre de forma distinta en un cuerpo (en este caso el aluminio).
- **Potencial hidrógeno (pH):** Potencial hidrógeno, ayuda a medir el grado ácido o básico de una solución. A medida que el pH disminuye de 7 se vuelven ácidas, y a medida que aumentan, se vuelven más básicas.
- **Porcentaje en masa (% masa):** La composición en peso es probablemente la base más comúnmente usada y sirve para conocer las cantidades de disolvente y de soluto presentes en una disolución.
- **Presión osmótica:** La presión requerida sobre el lado de la solución para prevenir la ósmosis (es el transporte de masa de disolvente a través de una membrana semipermeable desde una solución diluida hacia una de mayor concentración).
- **Punto de rocío:** Temperatura en la cual el aire se satura cuando es enfriado sin adición de humedad o variación de presión. Si se continúa enfriando el aire, se observa la condensación del vapor de agua; la niebla y el rocío se forman de esta manera.
- **Reflectividad:** Reversibilidad de la luz.
- **Resistencia mecánica:** Resistencia de materiales – Rama de la mecánica aplicada que ocupa del comportamiento de los materiales bajo carga, de las relaciones entre las cargas aplicadas y las fuerzas resistentes internas, así como de las deformaciones asociadas con las mismas.
- **Segregación:** (De segregar, separar o apartar una cosa). Efecto de.

- **Sellado:** Es un proceso químico durante el cual el poro (del aluminio) es "cerrado" y sirve para proteger el material de la corrosión del medio y dar mayor durabilidad al acabado.
- **Separación de fases:** (fase: aspecto o apariencia). Una fase es una parte homogénea de un sistema, físicamente distinta, y que puede estar en cualquiera de los tres estados (gas, líquido o sólido). Así, dos líquidos inmiscibles, como la gasolina y el agua, están en el mismo estado, pero si se colocan en el mismo recipiente, serán fases separadas (cualquier sistema con más de una fase se llama heterogéneo).
- **Tampón:** Dispositivo que contiene un material absorbente.
- **Trefilado:** Tipo de tratamiento superficial del aluminio, equivale al gratado.

BIBLIOGRAFÍA

- O'M Bockris, John y K. N. Reddy Amulya, "Electroquímica moderna", ed. Reverté, S.A., Vol. 1 y 2, Barcelona, España, 1980.
- "Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión", Coordinador: González Fernández, José A., Consejo superior de investigaciones científicas, centro nacional de investigaciones metalúrgicas, Madrid, 1984.
- "Enciclopedia del aluminio", Barrant, Pierre; Gadeau, Robert, ediciones Urmo, volúmenes 1 al 6, Bilbao, España, 1969.
- "Manual del aluminio", Hufnagel, W., segunda edición, ed. Reverté, Barcelona, España, 1992.
- R. G. King, "Surface treatment and finishing of aluminium", ed. Pergamon Press, New York, U.S.A., 1988.
- Llorca, F., "Anodizado y coloración del aluminio", ed. Cedel, México, 1966.
- Hübner, W. Y C. T. Speiser, "Die praxis der anodischen oxidation des aluminiums".
- "The aluminium Extrusion Manual", The aluminium Association, Inc., Washington, D.C.
- "Standard specification for aluminium and aluminium-alloy extruded bars, rods, wire, profiles, and tubes", A.S.T.M.
- "Specifications for the quality label for anodic oxide coatings on wrought aluminium for architectural purposes" , European Qualanod; Aluminium Association and anodisers association, Octubre, 1999.
- "Manual de operación para el proceso de electrorecubrimiento de cojinetes bimetálicos y de aluminio", Romero, Álvaro, (proyecto de la Secretaría de la Defensa Nacional).
- "Guías empresariales, ventanas y perfiles", SECOFI, ed. Limusa, México, año 2000.
- "Diccionario ideológico Vox de la lengua española", primera edición, editorial Bibliograf, S.A., España, Marzo de 1995.

- "Enciclopedia McGraw-Hill de ciencia y tecnología", segunda edición, P. Parker, Sybil, ed. McGraw-Hill, volúmenes I al VI, México, 1992.
- [www.metalurgia+dos metais+ligas+ferro](http://www.metalurgia+dos+metais+ligas+ferro).
- www.extrusiones-metálicas.com.mx.
- Database development by the European Aluminium Association, E.A.A.
- "Diccionario de química y de productos químicos", G. Hawley, Gessner, editorial Omega, S.A., 1975, Barcelona, España.
- H. Ayres, Gilbert, "Análisis químico cuantitativo", editorial Oxford University Press, 2001, México.
- Bermejo Martínez, Francisco; "Química analítica general cuantitativa e instrumental", Vol. 1, sexta edición, editorial Paraninfo, 1991, Madrid, España.
- "Manual de instalación automática para reciclaje de enjuagues en agua desionizada", IPRA (Ingeniería de Procesos Automáticos, S.A.), 1993, Barcelona, España.
- B. Umland, Jean y M. Bellama, Jon; "Química general", tercera edición, editorial Thomson Learning, 2000, México.
- Atkins, Peter y Jones, Loretta; "Química, moléculas, materia, cambio", tercera edición, ediciones Omega, S.A., 1998, España.