



**JESUS M<sup>a</sup> HERRERA  
EM BID**

*Ingeniero Industrial. Jefe del Servicio de Seguridad del Gabinete Técnico Provincial de Guipúzcoa. Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo.*

# RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SECTOR

Sabemos que es ingente la cantidad de productos en los cuales se emplea, para su acabado, un revestimiento en cualquiera de sus modalidades que más tarde explicaremos.

Los revestimientos son la etapa final de muchos productos y constituyen un conjunto homogéneo, que comportan soluciones prácticas y originales en cuanto al control fundamental de la corrosión de los elementos y las interpretaciones adecuadas de los ensayos de corrosión.

manera que la estructura del metal quede bastante homogénea.

Se entiende por tratamiento de superficie toda modificación estructural y superficial de las superficies. La modificación de la estructura se extiende más al espesor de la misma que a su homogeneidad y viene caracterizada por:

- Un efecto térmico: tratamiento térmico de superficie
- La difusión de un metal o un metaloide: tratamiento de aporte
- La formación de un compuesto nuevo: tratamiento de conversión.



## FASES DE PRODUCCION

### DESCRIPCION DE PROCESOS

Se entiende por revestimiento metálico a todo lecho de metal esparcido sobre una superficie, de

Según la norma MFA 91-010, existe un nomenclator a base de símbolos químicos y cifras, factible de utilizarse internacionalmente.

- Para los revestimientos metálicos, la notación comprende el símbolo químico seguido del espesor evaluado en micras.

Circunstancialmente se puede indicar, entre paréntesis, el proceso, bien sea por medio de un nombre o por un número convencional en cifras romanas con los siguientes significados:

- Baños Electrolíticos
- Baños Químicos
- Recubrimiento por Inmersión en metales fundidos

- Recubrimiento por Anodizado
- Recubrimiento por metalización a pistola.

Vamos a dar un somero resumen de cada proceso.

### Recubrimientos Electrolíticos

Los más utilizados son los de Ni, Cr, Cu, Zn, Cd, Sn, Pb, Ag y Au. Por electrolisis se depositan igualmente aleaciones: Cu-Zn (Latón); Cu-Sn; Sn-Ni; Sn-Zn, etc...

También se emplea para obtener una protección adecuada contra la corrosión mediante la utilización de las propiedades metálicas de ciertos metales. Así se utilizan el cromo y el níquel en las técnicas denominadas de cromo duro y níquel grueso.

Se distinguen diversas gamas de espesores según sea el metal base, acero, aleación de Cu y aleación de Zn.

Sobre el acero se deposita una colada de Ni o de una aleación de Cu y Ni de espesores equivalentes. Sobre el Zn se deposita obligatoriamente una primera capa de Cu, de espesor igual por lo menos a  $8 \mu$ . El baño de Cu aplicado siempre sobre el Ni se trata separadamente en la norma anteriormente mencionada.

La norma francesa preconiza las clasificaciones siguientes, en las que las cifras nos indican los espesores en micras:

## CUADRO 1

Baños de Ni y Ni-Cu sobre acero:

Ni	50	Ni	Cu	50
Ni	40	Ni	Cu	40
Ni	30	Ni	Cu	30
Ni	20	Ni	Cu	20
Ni	10	Ni	Cu	10

Es preciso indicar que se estima indispensable tener, al menos, un espesor de  $10 \mu$  de Ni o de Ni-Cu para proteger adecuadamente al acero.

## CUADRO 2

Baños electrolíticos de Ni sobre Cu y aleaciones de Cu:

Ni 20  
Ni 10  
Ni 5

Baños electrolíticos de Ni-Cu sobre Zn y aleaciones de Zn:

Ni Cu 50  
Ni Cu 40    Ni Cu 20  
Ni Cu 30    Ni Cu 15

Baños electrolíticos de Cr sobre Ni:

Cr 1            Cr 0,25  
Cr 0,5

Recubrimientos por inmersión en baños de metal fundido

El revestimiento de galvanización en caliente, obtenido por inmersión del metal base en un baño de Zn fundido, se caracteriza por el concepto de espesor



máximo: masa de metal por unidad de superficie recubierta.

La unidad para medir el espesor máximo es el gramo por  $\text{dm}^2$  ( $\text{gr}/\text{dm}^2$ ): 1  $\text{gr}/\text{dm}^2$  de Zn corresponde aproximadamente a un espesor de  $14\mu$ . Se utiliza también como unidad el  $\text{gr}/\text{m}^2$ .

### Anodización

Los baños de óxidos están clasificados según sus espesores (5, 10, 15,  $20\mu$ ). Existe una clasificación según la naturaleza del metal tratado:

En un primer grupo figuran, el Al de diferentes purezas y las aleaciones caracterizadas por la ausencia de Cu como aportación voluntaria.

En un segundo grupo figuran, las aleaciones de Al caracterizadas por la presencia del Cu como elemento constituyente de la aleación.

### Revestimiento por metalización a pistola

Las aplicaciones más corrientes son para recubrimientos de Zn, Al, Pb, Sn, Cu, Ni, aceros especiales, etc...

Los revestimientos de metalización a pistola se caracterizan por su espesor evaluado en micras.

- Por el Zn: Zn 40; Zn 80; Zn 120; Zn 200
- Por el Al: Al 120; Al 200; Al 300
- Por el Pb: Pb 300; Pb 500; Pb 1000.

## ANÁLISIS DE RIESGOS EN LAS TÉCNICAS DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES METÁLICOS

### RIESGOS EN RECUBRIMIENTOS ELECTROLÍTICOS

Muchas de las sustancias utilizadas en los procesos de recubrimiento electrolítico, incluyendo los diversos pretratamientos, son tóxicos si se ingieren. Además, algunas de ellas son corrosivas para la piel y membranas mucosas, otras originan dermatitis y otras son tóxicas si se inhalan sus vapores o vahos.

#### Acido Crómico

La disolución de ácido crómico en contacto con la piel, puede causar dermatitis o ulceración localizada, según se produzcan grietas o no.

Durante el depósito electrolítico del Cr, el hidrógeno liberado en el cátodo, da lugar a grandes cantidades de vahos rojizo-marones que contienen una lata proporción de ácido crómico. Estos vahos generalmente atacan la membrana mucosa de la nariz, causando eventualmente perforación del tabique nasal.

#### Soluciones de Níquel

Si se permite que las soluciones de Ni permanezcan sobre la piel de las manos y de los brazos, pueden absorberse a través de los cortes y abrasiones o a través de los poros dilatados, causando una dermatitis molesta e irritante, denominada "Picor de Níquel". El manipulador descuidado puede hacerse sensible al Ni y esta sensibilización, una vez adquirida, es generalmente permanente.

### Cianuros

Si se ingieren, los cianuros son extremadamente tóxicos, pero un riesgo mucho mayor es la formación del metal ácido cianhídrico por contacto del cianuro sólido o su disolución con ácidos. Debe tenerse gran cuidado en el almacenamiento de cianuros y de ácidos, de modo que nunca puedan entrar en contacto unos con los otros. Los cianuros también pueden causar dermatitis si se permite que permanezcan en contacto con la piel.



### Ácidos y Alcalis fuertes

Todas estas sustancias tienen una acción corrosiva directa sobre la piel, causando serias quemaduras. En especial, las salpicaduras a los ojos, pueden ser muy dolorosas y originan la pérdida de la visión.

### Disolventes Desengrasantes

El tricloroetileno es el disolvente desengrasante más común. Todos los disolventes utilizados para este propósito tienen poderosa acción desengrasante sobre la piel y pueden causar dermatitis y otras infecciones.

Existen también otros riesgos, como son:

- Los contactos directos debidos a instalaciones defectuosas.
- Los contactos indirectos debidos al fallo del aislamiento de las máquinas.
- Las caídas al mismo nivel debido a la humedad de los suelos.
- Los riesgos de caídas de objetos, debidos a la corrosión de las instalaciones, por los vapores desprendidos, con las consiguientes roturas y desprendimientos.

### RIESGOS EN OPERACIONES DE INMERSION EN BAÑOS DE METAL FUNDIDO

Los más importantes son los siguientes:

- Las quemaduras, debidas a las salpicaduras del metal fundido.
- Las caídas, debidas a la poca altura sobre el nivel del suelo de las cubas más bajas.

### RIESGOS EN OPERACIONES DE ANODIZADO

Son similares a los producidos en la técnica de recubrimientos electrolíticos.

## RIESGOS EN OPERACIONES DE METALIZACION A PISTOLA

Los principales riesgos asociados con este proceso son los de incendios, explosiones y quemaduras que ocurren durante el almacenamiento, montaje y funcionamiento, pero hay también un cierto riesgo limitado para la salud, al cual el operario está expuesto.

### Incendio y explosión

La generación del acetileno, la compresión de acetileno aire o gas ciudad y el almacenamiento de botellas de oxígeno, acetileno o propano, lleva consigo riesgos de incendio y explosión y deben tomarse las medidas necesarias para disponer de instalaciones de almacenaje separadas, refrigeradas y bien ventiladas para cada gas. Existe también un peligro de explosión de gas dentro del mismo proceso, si se producen fugas de gas combustible, especialmente si la fuga ocurre en un espacio cerrado.

El diseño práctico de las pistolas de rociado, ha sido la causa sospechada de explosiones de gas en este proceso. Muchas pistolas de rociado se dotan de una válvula de macho cómico que controla el suministro de los tres gases (gas combustible, oxígeno y aire) a la tobera. En ausencia de precauciones pueden producirse escapes de gas combustible a los pasos del aire comprimido o de oxígeno cuando la válvula de macho cómico se cierra y las válvulas principales se abren, y esto puede producir una explosión cuando el soplete se vuelve a encender.

### RIESGOS ESPECIALES

En este apartado vamos a analizar los riesgos que se pueden dar en el almacenamiento de materiales y en la descarga de las bombonas de ácido sulfúrico.

Los riesgos más acusados en el almacén son:

- Caída de objetos
- Rotura de eslingas
- Salida de la carga (transporte)
- Desplome de apilamientos de mercancía
- Descarga de las bombonas de ácido sulfúrico.

El riesgo más acusado en esta operación es la salpicadura y contactos con materiales corrosivos y caústicos, debidos a la rotura de bombonas defectuosas o de los cierres de las bombonas.

Como medida a adoptar, la descarga del camión se efectuará con sumo cuidado, utilizando carretillas para el traslado de las bombonas.

### PREVENCION

#### PREVENCION EN RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS

##### Acido crómico

El único modo efectivo de prevenir la formación de úlceras nasales, es evitar que el vaho de ácido crómico penetre en la atmósfera del local de trabajo. Esto puede conseguirse captando los vahos por medio de una ventilación de evacuación. Alternativamente, la evolución de salpicaduras puede controlarse con el uso de amortiguadores químicos, que activan reduciendo la tensión superficial del líquido o formando una gruesa capa de espuma sobre la superficie del mismo.

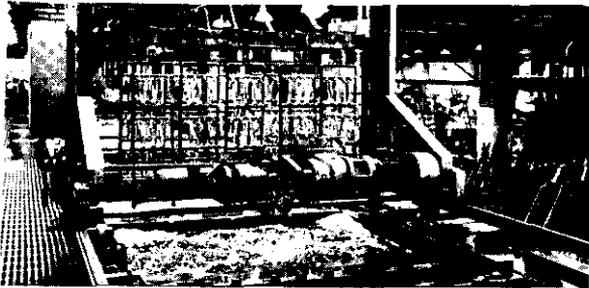
La ventilación de evacuación se aplica, generalmente, a través de ranuras montadas juntamente encima de cada borde lateral del baño. Las dimensiones y el funcionamiento del sistema completo de evacuación debe diseñarse cuidadosamente para asegurar que el flujo de aire sea adecuado y uniforme sobre la entera longitud del baño.

El flujo de aire lineal a través de la ranura, generalmente oscila, por razones prácticas, entre 300 y 900 m/min.

El control completo de las salpicaduras no se alcanzará a no ser que el flujo de aire sea, por lo menos, 35 y, preferiblemente, 45 m<sup>3</sup>/min. por metro cuadrado de superficie de baño y que la superficie del baño se encuentre, por lo menos, 20 cm. por debajo del nivel de la ranura. Aún en estas condiciones, es difícil controlar las salpicaduras de un baño de más de 70 cm. de ancho. Deben de existir adecuadas entradas de aire en el local de trabajo, pero deben evitarse las corrientes en los baños.



Las precauciones personales que han de adoptarse en el recubrimiento de cromo dan buen resultado, en general, para cualquier líquido que pueda originar dermatitis o que produzca una acción corrosiva en la piel.



El reconocimiento médico, previo al empleo de manos, brazos y nariz, puede eliminar, a veces, a personas que son muy sensibles a la acción de los productos químicos sobre la piel.

Debe utilizarse siempre protección de manos, delantales y protección de pies, preferiblemente botas. Todo ello impermeable cuando hay posibilidad de contacto con el líquido. La parte inferior del delantal impermeable debe de llegar por debajo de la parte superior de las botas, de modo que el líquido no se deslice por el interior de las botas. En general, cualquier sustancia corrosiva que penetre en el interior de la ropa protectora tendrá, a menudo, una mayor influencia sobre la piel, debido a encontrarse muy próxima a la misma. En tales ocasiones, la ropa debe quitarse inmediatamente y lavarse. Cualquier sustancia que salpique sobre la piel debe eliminarse, lavándose inmediatamente.

Para los operarios de los baños de cromo es útil, a menudo, usar una crema consistente en una parte de lanolina y tres partes de cera parafina blanda, para aplicarla dentro de la nariz al comienzo de cada jornada de trabajo.

#### **Soluciones de níquel**

Si se permite que las soluciones de níquel permanezcan sobre la piel de las manos y de los brazos, pueden absorberse a través de los cortes y abrasiones o a través de los poros dilatados, causando una dermatitis molesta e irritante conocida como "Picor de Níquel". El manipulador descuidado puede hacerse sensible al níquel y esta sensibilización, una vez adquirida, es generalmente permanente.

#### **Cianuros**

Si se ingieren, los cianuros son extremadamente tóxicos, pero un riesgo mucho mayor es la formación del mortal ácido cianhídrico por contacto del cianuro sólido o su disolución con ácidos. Debe tenerse gran cuidado en el almacenamiento de cianuros y ácidos, de modo que nunca puedan entrar en contacto unos con otros. Los cianuros también pueden causar dermatitis si se permite que permanezcan en contacto con la piel.

#### **Ácidos y Alcalis fuertes**

Todas estas sustancias tienen una acción corro-

siva directa sobre la piel, causando serias quemaduras. En especial, las salpicaduras a los ojos pueden ser muy dolorosas y originan la pérdida de la visión.

Cuando se manejan y transvasan ácidos y álcalis de un contenedor a otro, es preferible utilizar una bomba o sifón, accionado a mano, de material adecuadamente resistente. Cualquier transporte manual de tales sustancias debe realizarse en contenedores que no tengan derrames. Debe utilizarse ropa completamente protectora, es decir, protección de ojos y cara, guantes o manoplas impermeables, delantales y botas.

Debe tenerse gran cuidado cuando se diluyan ácidos caústicos sólidos en agua, en especial ácido sulfúrico, cuando se disuelvan ácidos caústicos sólidos en agua y cuando se disuelvan álcalis caústicos en forma de soluciones concentradas.

El calor generado en la solución o mezcla, es a veces tan grande que puede producir ebullición local con erupción de la sustancia corrosiva.

Cualquier baño que tenga soluciones ácidas o álcalis que produzcan salpicaduras o que trabajen encima de 60° C, puede tener que equiparse con ventilación de evacuación.

#### **Disolventes desengrasantes**

El tricloroetileno es el disolvente desengrasante más común. Todos los disolventes utilizados para este propósito tienen una poderosa acción desengrasante sobre la piel y pueden causar dermatitis y otras infecciones. Por tanto, debe tenerse cuidado cuando se manejan, y los disolventes nunca se deben usar para limpieza de la suciedad y de la grasa de las manos u otras partes del cuerpo. Las cremas protectoras son, a veces, eficaces, pero el verdadero método de prevención es evitar el contacto con la piel.

#### **PREVENCIÓN EN OPERACIONES DE INMERSIÓN EN BAÑOS DE METAL FUNDIDO**

La explosión o incendio se corrige utilizando instalaciones eléctricas antideflagrantes y almacenando disolventes en tanques exteriores.

Para evitar los contactos con sustancias corrosivas, los operarios utilizarán prendas de protección adecuadas para manos, brazos, ojos, cara y tronco.

Para evitar las quemaduras, los operarios utilizarán: caretas, guantes, mandil, manguitos y ropa protectora adecuada de piernas y pies.

Para evitar las caídas, la manipulación de las piezas se realizará mediante aparatos de elevación y transporte. Además, se instalará un zócalo de unos 15 cm. alrededor de la cuba.

#### **PREVENCIÓN EN LAS OPERACIONES DE ANODIZADO**

Las medidas a tomar son análogas a las empleadas para recubrimientos electrolíticos.

#### **PREVENCIÓN EN LAS OPERACIONES DE METALIZACIÓN**

Para garantizar la operación segura del equipo

de metalización, debe tomarse cierto número de precauciones básicas. Las mangueras de oxígeno, acetileno y aire comprimido deben ser de diferentes colores, identificables de algún otro modo para distinguir unas de otras. No deben ser innecesariamente largas. Las fugas deben de repararse enseguida, no sólo para evitar pérdidas de gas, sino para eliminar una fuente de peligro. Todas las tuberías, accesorios y mangueras deben de examinarse antes de ser utilizados, en cuanto a suciedades, fugas y desgastes y las conexiones de las mangueras deben inspeccionarse regularmente. Las mangueras en uso deben de protegerse de las chispas volantes, escorias calientes y otros objetos calientes, así como de la grasa y el aceite, y las mangueras que no estén en uso, deben almacenarse en sitio refrigerado. Si tiene lugar un fogonazo y se quema la manguera, la sección quemada debe descartarse. Las mangueras y tuberías deben soplarse siempre antes de conectarse a la pistola de rociado y reguladores.

La pistola de metalizado debe dotarse del mezclador correcto, el cual debe roscarse firmemente. Para encender el soplete debe utilizarse un encendedor por fricción, llama auxiliar estacionaria, etc..., en lugar de cerillas. Cuando se está encendiendo una pistola al extremo, debe dirigirse de modo que nadie se quemara cuando el gas se inflama. La pistola debe ponerse en el suelo hasta que los gases han sido completamente cortados. Cuando la llama se extingue, el gas combustible y las válvulas deben cerrarse en el orden recomendado por el fabricante.

Los polvos finos de un cierto número de metales, cuando están suspendidos en el aire, pueden originar explosiones.

Para evitar acumulación de polvo en los locales de trabajo y para reducir el riesgo de explosión, se recomiendan ciertas precauciones. Cuando el tamaño de los artículos a recubrir no es demasiado grande, la operación de metalización se debe llevar a cabo en una cabina de rociado o celda, proporcionando el mayor aislamiento posible y dotándose de una ventilación de evacuación eficaz. La cabina de rociado en el local de trabajo debe de estar cerca de una pared exterior de modo que pueda utilizarse un conducto corto de evacuación para transportar el polvo desde el lugar de rociado hasta la planta de sedimentación de polvo y situada fuera del local de trabajo.

El polvo transportado por este sistema de ventilación, puede recogerse en un depurador por vía húmeda, o bien en un extractor ciclónico seco. La planta de sedimentación debe de estar dotada del desahogo contra explosiones. Un colector de polvo no debe

servir a un gran número de unidades de rociado.

Idealmente debería haber un colector para cada unidad de rociado. Un colector asociado con un proceso de metalización, no debe utilizarse para recoger el polvo de cualquier otro proceso.

Cuando se recubren artículos que son demasiado grandes para acomodarlos en una cabina de rociado, la operación se realiza, a veces, a la intemperie. Cuando se realiza bajo protección contra las inclemencias del tiempo, el cobertizo para rociado debe ser una estructura abierta por un lado, diseñada para disponer del mayor acceso posible al aire libre, y debe tenerse especial cuidado en la limpieza de suelo, paredes, instalaciones, etc..., con objeto de impedir que el polvo se acumule.

Las operaciones de metalización no deben permitirse en o cerca de locales que contengan vapores, líquidos o polvos inflamables y deben eliminarse todos los riesgos de explosión o incendios.

Los suelos de madera deben de mantenerse limpios y preferiblemente cubiertos de metal u otro material no combustible, para evitar que el metal o escoria caliente caiga a través de las grietas en el suelo o en los fosos de las máquinas herramientas.

Si se deben metalizar varios artículos que no pueden acomodarse en las cabinas de rociado, puede ser necesario tener que dotar a los trabajadores de equipo protector respiratorio en forma de máscara de aire a presión.

Las quemaduras por gotas de metal fundido son una continua fuente de riesgo para los operarios. Las personas que trabajan con pistolas de metalización deben dotarse, por tanto, de la protección adecuada de brazos y manos, así como de los ojos y de la cara.

En el metalizado por vacío, es esencial asegurarse de que las empaquetaduras de la campana de vacío se mantienen en buenas condiciones a prueba de fugas y que la bomba vacuómetros y el aislamiento del sistema de calefacción eléctrica, son inspeccionados con regularidad y mantenidos correctamente.

## PREVENCION EN OPERACIONES ESPECIALES

Las medidas a adoptar para estas operaciones son:

- Mantenimiento preventivo
- Cuidar al máximo el orden y la limpieza
- Guantes y calzado de seguridad, para evitar los accidentes producidos por el manejo de materiales
- El traslado de las bombonas de ácido sulfúrico, se hará con sumo cuidado y por medio de carretillas.

\* \* \*

## BIBLIOGRAFIA

CAUCHETIER, J.: "La metallisation par projection". Centre d'Enseignement de la Lutte contre la Corrosion 1964.

VALLAUD, A.: (1963) "La sécurité et L'hygiène dans les travaux de revêtements métalliques". Note IMS núm. 345-33-63. Cahiers des notes et documents NO 33.9.

ORLOWSKY, P et CAUCHETIER, J.: "Protección par proyección au pistolet Dunod 1961". Rapports de

la 6. Conférence Internationale de Metallisation. París, Septembre 1970, Institut de Soudure.

KRETSCHMAR: "Metall, Keramik und Plastspritzen" (Proyección de metal, de cerámica y de plástico) VEB - Verlag TECHIK.

STEFFENS, H.D. et DITTRICH, M.: "Molybdän als Spritzwerkstoff de proyección" Schweissen und Schmelde, 1973.

"Enciclopedia de Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo". Ministerio de Trabajo. Madrid, 1975.