

2. Procesos de Recubrimiento y Tratamiento de Superficies

GalvInfoNote

2.5

Control de la Masa (Peso) de Recubrimiento para los Productos de Planchas Galvanizadas en Continuo por Inmersión en Caliente

Rev. 0 Jan-07

Introducción

Los productos de planchas galvanizadas por inmersión en caliente son fabricados para alcanzar estándares exactos de espesor de recubrimiento. Es el espesor del recubrimiento lo que determina su vida para cualquier aplicación dada, aun cuando la práctica normal sea especificar y fabricar una masa de recubrimiento (Sistema Internacional) o un peso de recubrimiento (sistema libra-pulgada) por unidad de área. La razón para esto fue tratada en *GalvInfoNote 1.1*. Dado que la densidad del zinc es bien conocida, es sencillo calcular el espesor del recubrimiento galvanizado una vez que se haya determinado la masa (peso) del recubrimiento. Este artículo explica cómo se controla la masa o el peso del recubrimiento.

Comportamiento frente a la Corrosión

Queda bien establecido que, en la mayoría de los ambientes, la velocidad de corrosión de un recubrimiento galvanizado es aproximadamente lineal. El doble de espesor de recubrimiento da aproximadamente el doble de vida útil al producto antes del inicio de la corrosión del acero. Por ejemplo, si un recubrimiento de 25.4 micrómetros o 1 mil (0.001 pulgadas) de espesor provee una vida útil de 20 años en un ambiente rural, un recubrimiento de 50.8 micrómetros o dos 2 mils (0.002 pulgadas) de espesor duraría aproximadamente 40 años antes del inicio de la corrosión de la plancha de acero. Esta relación – **vida útil de un producto en función lineal con el espesor del recubrimiento** - es relevante para casi todas las aplicaciones de acero galvanizado. Por lo tanto, es importante, que:

1. el cliente determine y ordene la masa (peso) de recubrimiento necesario para la aplicación deseada, y
2. el fabricante de la plancha galvanizada produzca el espesor de recubrimiento uniformemente correcto a través de todo el ancho de la plancha y en ambas superficies.

Para el cliente, es importante que las siguientes preguntas se sean contestadas:

1. ¿Cuál es la velocidad de corrosión en un ambiente en el que el producto será utilizado?
2. ¿Cuál es la vida deseada del producto?

Las respuestas dictarán qué masa (peso) de recubrimiento se requiere. Para información adicional de referencia sobre cómo seleccionar la masa (peso) de recubrimiento apropiada, ver *GalvInfoNote 1.6*.

Controlando la Masa (Peso) de Recubrimiento durante el Proceso

Las líneas modernas de recubrimiento son muy capaces de controlar el espesor del recubrimiento para alcanzar las necesidades del usuario final. Como se anotó en *GalvInfoNote 2.1*, estas líneas operan a altas velocidades -tan rápido como 600 pies/minuto y más altas. A estas velocidades, se requiere de un equipo muy especializado para asegurarse de que se aplica el espesor de recubrimiento correcto a la plancha. La Figura 1 muestra un esquema general de equipo de baño, y línea de paso para la plancha enrollada, en una moderna línea de recubrimiento por inmersión en caliente

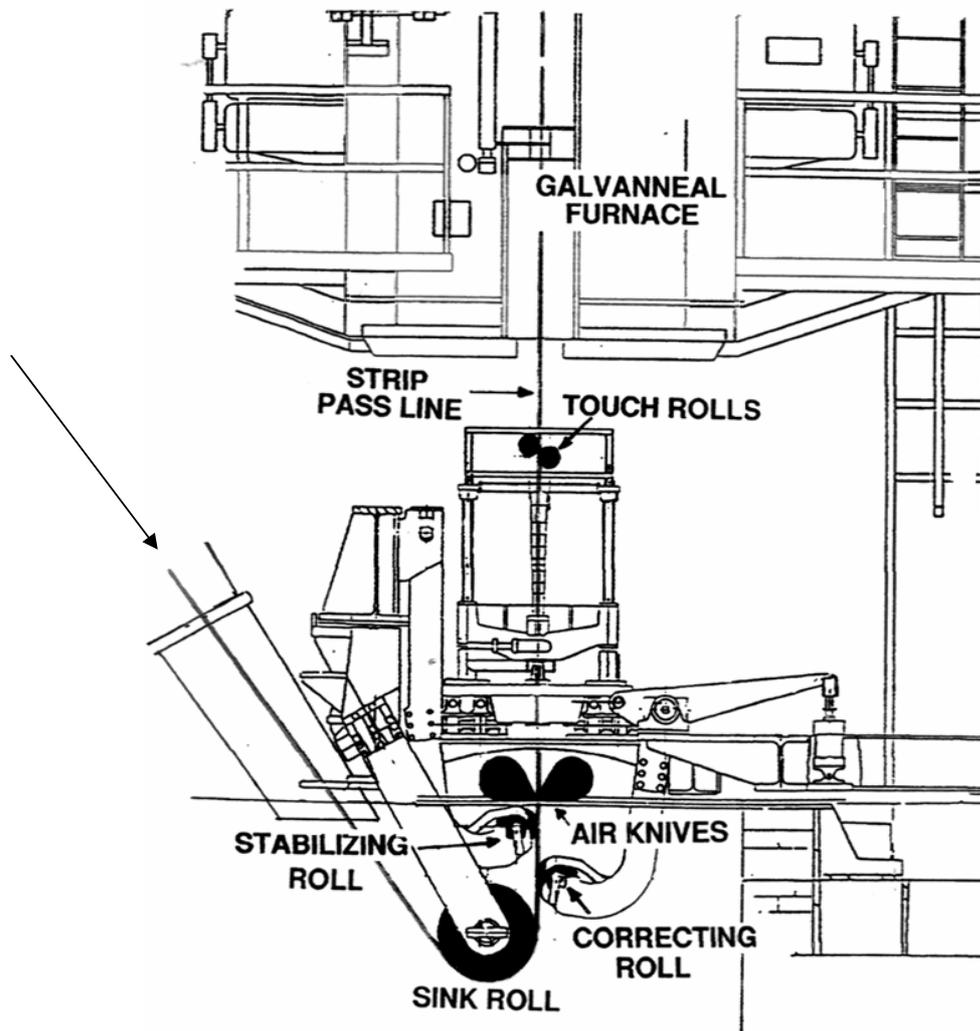


Figura 1: Disposición general del equipo de baño de recubrimiento en una operación continua de recubrimiento por inmersión en caliente

En esta disposición, la plancha sale del baño a altas velocidades, y conforme sale, arrastra más zinc que el necesario para el recubrimiento. A mayor velocidad de la línea, más zinc es arrastrado del baño. El espesor del zinc en la plancha es entonces controlado utilizando "cuchillos de aire" para limpiar el exceso de zinc, mientras se permite que la cantidad deseada pase a través de los cuchillos.

Los cuchillos típicos de aire emplean ráfagas de gas de baja presión / alto volumen (en la mayoría de los casos, aire, pero a veces también nitrógeno) que golpean contra las superficies del acero. El aire presurizado es generado por sopladores. El aire fluye del soplador a través de tubos hasta una posición paralela y adyacente a la plancha enrollada. Es entonces cuando se le permite escapar a través de una abertura u orificio diseñado y fabricado con precisión que se coloca aproximadamente a ½ pulgada o menos de la plancha enrollada en movimiento. La tobera de aire resultante actúa como un cuchillo, quitando el exceso de zinc fundido y forzándolo de vuelta en la dirección de la superficie del baño de recubrimiento. La relación presión/volumen es el principal parámetro de control, aunque también son controlados la elevación por sobre el baño, la distancia a la plancha enrollada, el ángulo de los cuchillos y la profundidad en éste.

Los sistemas de control automático de la masa (peso) de recubrimiento que utilizan tecnología de inteligencia artificial han sido instalados en muchas líneas para producir espesor consistente de recubrimiento con una baja desviación estándar. El grado de control requerido depende del espesor que esté siendo aplicado. Cuanto más delgado el recubrimiento se requiere mayor control. Como se muestra en la Figura 1, el fabricante puede hacer uso de un conjunto de pequeños rollos localizados inmediatamente debajo de la superficie del baño de zinc para mantener la plancha uniformemente distante de cada orificio del cuchillo. Este arreglo, o uno similar, es muy importante para obtener el espesor uniforme deseado en el recubrimiento a ambos lados de la plancha. La Figura 2 es un esquema transversal de la operación de un cuchillo de aire. Además de aplanar la plancha o plancha enrollada, esta tecnología también es utilizada cuando se recubren cables o tubos.

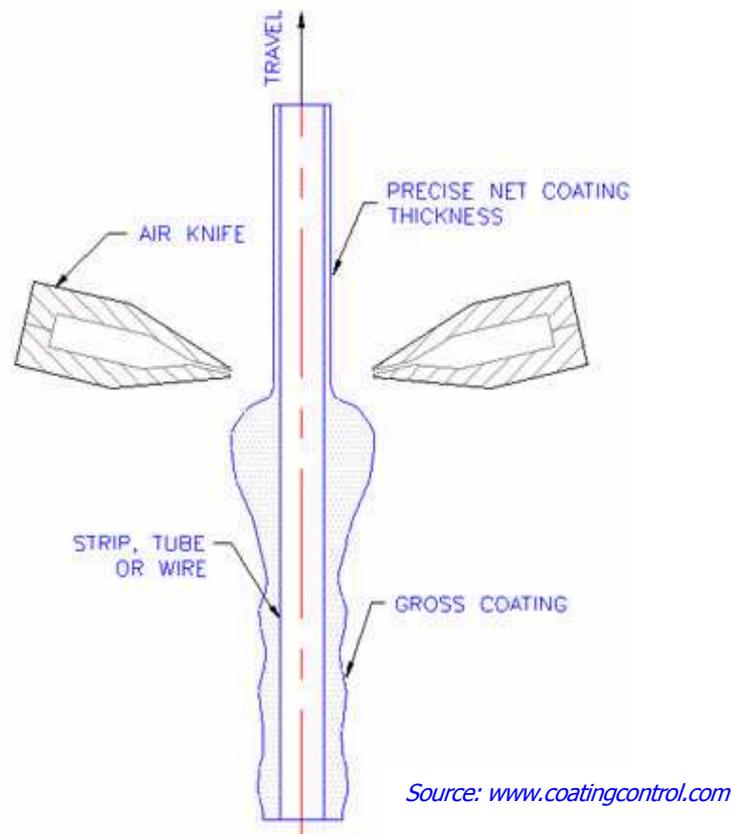


Figura 2: Esquema de la operación de un cuchillo de aire

Rango de la Masa (Pesos) de Recubrimiento en Planchas Galvanizadas

Existen límites al espesor de recubrimiento mínimo y máximo que pueden ser aplicados en los productos de planchas galvanizadas en continuo.

Espesor Mínimo del Recubrimiento

El espesor mínimo del recubrimiento está limitado primeramente por la cantidad de aire (presión y volumen) que resulta práctico usar durante la fabricación. A medida que la presión de aire y el volumen son incrementados, o la distancia entre la plancha enrollada y el cuchillo es reducida, el espesor del

recubrimiento se reducirá. La velocidad de reducción en el espesor del recubrimiento a medida que los parámetros del cuchillo son ajustados se convierte en limitante cuando el espesor del recubrimiento baja de aproximadamente a 6 micrómetros (0.00025 pulgadas). Éste no es un número absoluto ya que el diseño de los cuchillos de aire y la velocidad del proceso rigen al menor espesor de recubrimiento que puede ser alcanzado. Si la presión y volumen de aire se incrementan más, o los cuchillos son colocados muy cerca de la plancha enrollada, el zinc exhibe una tendencia a enfriarse a la altura de los cuchillos de aire. Si esto ocurre, ya no hay, obviamente, ninguna acción de "limpieza".

La velocidad de la plancha al salir del baño de recubrimiento tiene una gran influencia en el volumen de zinc que se necesita limpiar. A mayor velocidad de la plancha, mayor será la presión de aire y volumen necesario para obtener un espesor de recubrimiento específico, por lo tanto, el recubrimiento más delgado, posiblemente se encuentra influenciado por la velocidad de la línea. Ya que las velocidades de procesamiento usadas en las líneas de recubrimiento son usualmente dictadas por el diseño del horno de recocido, es común que las planchas de calibre delgado sean procesadas a altas velocidades y que las planchas de calibre grueso sean procesadas a velocidades menores. Es razonable esperar que los recubrimientos más delgados sean posibles en una plancha enrollada de mayor calibre. Esto es cierto excepto por un factor de compensación. Como se explica en *GalvInfoNote 2.4*, la plancha y el metal de recubrimiento reaccionan para formar una plancha de aleación durante el tiempo en que la plancha se encuentra sumergida en el baño de recubrimiento en caliente. Esta capa de aleación es sólida y no puede ser limpiada por los cuchillos de aire. Cuanto más tiempo se encuentre sumergida la plancha en el baño, más gruesa será la capa de aleación. Por lo tanto, las planchas de calibre pesado, al ser procesadas a menores velocidades, son sumergidas en el baño de recubrimiento más tiempo que las planchas de calibre ligero, y por lo general tienen una capa de aleación más gruesa. Ya que la capa de aleación es una parte del espesor total de recubrimiento final, no es necesariamente cierta que una plancha de calibre pesado pueda ser recubierta con el recubrimiento más delgado.

Espesor Máximo de Recubrimiento

El espesor máximo de recubrimiento se encuentra limitado por un número de factores, pero uno es claramente la cantidad de zinc que puede ser "arrastrada" del baño. Ya que éste se encuentra regida por la tensión superficial del zinc líquido, la cantidad de zinc que es arrastrada a bajas velocidades es menor que en altas velocidades. Así, es difícil alcanzar un recubrimiento grueso en una plancha de calibre pesado. **Recuerde, las planchas de calibre pesado son normalmente procesadas a menores velocidades en las líneas por las limitaciones del horno de recocido.** Ya que la plancha de calibre pesado es con frecuencia un producto que se espera esté en servicio sin problemas de corrosión durante muchos años (una tubería de acero corrugado, por ejemplo), el producto necesita tener un recubrimiento grueso. Para lograr esto, los productores de planchas galvanizadas aplican prácticas especiales a las planchas de calibre pesado para lograr recubrimientos más gruesos. Una de tales prácticas es incrementar la rugosidad de la superficie del sustrato de acero. En una superficie más rugosa se arrastra más zinc a cualquier velocidad, y provee mayor "poder de agarre" para evitar que el zinc líquido se escurra de la plancha antes que se enfríe.

Además de estar limitada por la cantidad de zinc que es arrastrada del baño de recubrimiento, hay otra limitación práctica. Si el recubrimiento es demasiado grueso después de pasar por los cuchillos de aire hacia el rollo superior sobre el crisol o paila de recubrimiento, el metal de recubrimiento fundido tiende a "hundirse" simplemente por la gravedad. El recubrimiento inmediatamente adyacente a la superficie del acero es "mantenido" en su sitio por la tensión superficial entre el recubrimiento fundido y la capa sólida de aleación en la plancha de acero lisa o rugosa. Asimismo, la superficie exterior del recubrimiento fundido tiene una "sólida" pero muy delgada capa de óxido. Esta capa de óxido intenta sostener el recubrimiento fundido en posición hasta que se haya solidificado completamente. Sin embargo, a medida que la capa de metal fundido se incrementa, hay una tendencia para que el recubrimiento "atravesase" la capa de óxido, y como resultado, puede ocurrir un hundimiento local. Esto produce un recubrimiento de espesor no

uniforme en la superficie de la plancha, uno que puede ser antiestético así como afectar el tiempo antes que comience la corrosión de la plancha de acero. **El recubrimiento necesita ser uniformemente grueso para evitar un inicio localizado y disperejo de óxidos de color rojo.**

El máximo espesor práctico depende de muchas cosas específicas de la línea de recubrimiento particular, pero siendo realista, los recubrimientos mayores a aproximadamente de 50.8 micrones o 2 mils (0.002 pulgadas) con frecuencia tienen recubrimientos pandeados.

Designaciones de Recubrimientos según ASTM

Especificaciones tales como A 653/A 653M, la norma ASTM que cubre el galvanizado continuo por inmersión en caliente de los productos de acero, toman en cuenta las limitaciones que fueron discutidas en las secciones previas sobre el espesor mínimo y máximo de recubrimiento. La Tabla 1 al final de este artículo contiene las designaciones que son reconocidas en la A 653/A 653M.

En la Tabla 1, el espesor máximo de recubrimiento, G360 y G300, pueden ser aplicados a las planchas más gruesas (para la mayoría de los productores, aproximadamente 1,5 mm o 0.060 pulgadas y más pesadas), y la tendencia a desarrollar recubrimientos pandeados, así de gruesos es alta. De hecho, las designaciones G115 (Z350) y mayores, por lo general, tienen un espesor mínimo de plancha sobre el que pueden ser aplicados. Esta limitación varía según el productor y se explica en la siguiente sección.

En el otro extremo del rango, el recubrimiento más delgado, G01, no tiene un espesor mínimo especificado. Esta designación reconoce claramente que hay un límite físico al espesor mínimo de recubrimiento alcanzable. Aun un recubrimiento G30 de aproximadamente 7 micrómetros (0.0003 pulgadas) de espesor está más allá de la designación más delgada alcanzable sobre algunas líneas de recubrimiento al procesar las planchas a altas velocidades.

Capacidad del Productor

La discusión anterior resalta la importancia de determinar el espesor de recubrimiento específico necesario para una aplicación en particular. También muestra que hay algunas limitaciones muy definidas al recubrimiento más grueso y más delgado alcanzable por el proceso continuo por inmersión en caliente.

Cada línea de producción continua por inmersión en caliente tiene capacidades específicas con respecto al recubrimiento más grueso y más delgado que pueden aplicarse uniformemente. Estas limitaciones dependen de algunas características muy específicas de la línea, incluyendo:

- la velocidad de procesamiento para cualquier combinación de espesor y anchura de plancha específica,
- el diseño del equipo de los cuchillos de aire, y
- la capacidad de la compañía fabricante del acero de controlar el acabado de la superficie del acero (rugosidad de la superficie) para el acero que ingresa. Una superficie de acero rugosa es necesaria para los recubrimientos más gruesos, pero tal superficie no es posible en las planchas delgadas que requieren una superficie relativamente más lisa.

Es por éstas y otras razones que los productores tienen límites muy específicos con respecto a su capacidad mínima y máxima de masa (peso) de recubrimiento para cada una de sus líneas de recubrimiento. Por lo general, estos límites de capacidad han sido desarrollados sobre la base de la experiencia, y tienen en cuenta las necesidades de la comunidad de usuarios finales con respecto la uniformidad de espesor de recubrimiento y la apariencia del mismo. Temas como el comportamiento ante el conformado, la soldadura y el comportamiento frente a la corrosión son todos muy dependientes de la aplicación de un recubrimiento de espesor uniforme. Para averiguar qué masas (pesos) de recubrimiento son producidos en función al espesor de la plancha, es necesario ponerse en contacto con el productor de galvanizados que se piensa contratar.

Otros Tipos de Recubrimientos por Inmersión en Caliente

Los otros tipos de productos de acero recubierto por inmersión en caliente en un proceso continuo tienen limitaciones muy parecidas a los recubrimientos galvanizados con respecto al espesor del recubrimiento. El rango de capacidades es algo diferente por las diferencias en la densidad y viscosidad de la aleación de recubrimiento líquido específico, pero cada tipo de producto -los recubrimientos de aluminio puro, los recubrimientos de 5% aluminio a 11% silicio, los recubrimientos de 55% aluminio y zinc, y los recubrimientos de 95% zinc y aluminio- tienen atributos metálicos de recubrimiento que hacen el rango de recubrimientos de masa (peso) comercialmente disponibles una ventana muy específica definida. Si su aplicación involucra uno de estos otros productos, reconozca que aún es importante tener un recubrimiento uniformemente grueso, y que el rango comercialmente disponible de masa (peso) recubrimiento ha sido establecido teniendo en cuenta muchos de los mismo parámetros discutidos aquí.

Las piezas galvanizadas por lotes son hechas de una manera muy diferente que los productos de acero galvanizado en continuo, y, como resultado, el rango comercialmente disponible de espesores de recubrimiento es muy diferente que los productos de acero. Recubrimientos mucho más gruesos pueden ser aplicados mediante el proceso discontinuo o por lotes. Para las partes galvanizadas en lotes, el tiempo de inmersión -el tiempo que la pieza es sumergida en el baño fundido del recubrimiento- es mucho más largo que el de la plancha galvanizada en continuo. El fabricante toma ventaja de esto para permitir que la capa de aleación crezca bastante gruesa, si se desea. Dado que la capa de aleación provee buena protección galvánica a la pieza de acero, éste es un componente vital de la línea de recubrimiento. Así, los objetos tales como las torres de transmisión pueden ser galvanizadas por lotes para proveer recubrimientos suficientemente gruesos para durar más de 50 años sin mantenimiento.

Tabla 1: Designaciones de Recubrimientos para los Productos de Acero Galvanizados por Inmersión en Caliente*

Unidades	Designación del Recubrimiento	Recubrimiento Mínimo**
		Peso (oz/ft ²)
Pulgada-Libra	G01	No hay mínimo
	G30	0.30
	G40	0.40
	G60	0.60
	G90	0.90
	G115	1.15
	G140	1.40
	G165	1.65
	G185	1.85
	G210	2.10
	G235	2.35
	G300	3.00
	G360	3.60
		Masa (g/m ²)
SI (Métrico)	Z001	No hay mínimo
	Z90	90
	Z120	120
	Z180	180
	Z275	275
	Z350	350
	Z450	450
	Z500	500
	Z550	550
	Z600	600
	Z700	700
	Z900	900
	Z1100	1100

* Fuente: ASTM Annual Book of Standards Volume 01.06

**La masa (peso) mínima de recubrimiento total por ambos lados de la plancha, promedio de ensayos por triplicado. Refiérase a la Especificación ASTM A 653/A 653M para requerimientos adicionales pertinentes a los requerimientos de ensayos individuales o simples y por lado.

Resumen

La vida útil de las planchas galvanizadas está en función directa al espesor del recubrimiento. Para determinar qué masa (peso) de recubrimiento solicitar u ordenar, el cliente necesita saber tanto el tiempo de vida deseado para el producto, así como la velocidad de corrosión del medio al que estará expuesta. Las líneas de recubrimiento modernas tienen excelente capacidad para controlar el espesor de todos los recubrimientos por inmersión en caliente de zinc y aleaciones de zinc. Para los productos de galvanizado en continuo por inmersión en caliente, la masa de recubrimiento oscila entre Z001 a Z1100 (pesos entre G01 y G360). Mediante el proceso de galvanizado discontinuo o por lotes se pueden aplicar recubrimientos aún más gruesos.

Copyright © 2007 – ILZRO

Renuncia de responsabilidad:

Los artículos, reportes de investigación y datos técnicos se proveen únicamente con fines informativos. Aunque quienes los publican intentan proveer información precisa y actual, la Organización Internacional de Investigación del Zinc y el Plomo no garantiza los resultados de la investigación o información reportada en esta comunicación y renuncia a cualquier responsabilidad por daños que surjan de confiar en los resultados de las investigaciones u otra información contenida en esta comunicación, incluyendo, sin limitación, daños incidentales o consecuencias.