

## 2. Procesos de Recubrimiento y Tratamiento de Superficies

# GalvInfoNote

# El Proceso Continuo de Recubrimiento por Inmersión en Caliente para Productos de Planchas de Acero

## 2.1

Rev 0 Jan-07

### Introducción

En la actualidad el proceso continuo de recubrimiento por inmersión en caliente para productos de planchas de acero es ampliamente utilizado y empleado en todos los rincones del mundo. Fue originalmente desarrollado hace más de cincuenta años para galvanizar (recubrir con zinc). Ahora también se le utiliza para aplicar otros metales a las planchas de acero y los primeros practicantes difícilmente reconocerían las líneas de recubrimiento de hoy en día. Se ha vuelto una operación muy sofisticada, técnicamente avanzada, facilitada por la disponibilidad de avanzados sistemas de control eléctrico-mecánicos computarizados. Originalmente, el producto fue utilizado para aplicaciones que no exigían un acabado de alta calidad o un alto grado de conformabilidad. Actualmente, las industrias consumidoras están utilizando productos recubiertos por inmersión en caliente para las aplicaciones más exigentes; objetos como el capó, defensas y puertas de un automóvil. Estas aplicaciones no sólo requieren una excelente calidad de la superficie, sino que también exigen un alto grado de conformabilidad. La plancha recubierta por inmersión en caliente se produce en espesores que varían entre 0,25 y 4,30 mm (0.010 y 1.70 pulgadas) y anchos hasta 1830 mm (72 pulgadas).

### El Proceso - Principio Básico

Como el nombre implica, el recubrimiento continuo por inmersión en caliente involucra la aplicación de un recubrimiento fundido sobre la superficie de las planchas de acero en un proceso que no se detiene. La plancha de acero es pasada como una banda continua a través de un baño de metal fundido a velocidades de hasta 600 pies por minuto. En el baño de metal fundido, la plancha de acero enrollada reacciona (se alea) con el metal fundido para formar el recubrimiento sobre la superficie de la plancha enrollada. Conforme la plancha enrollada emerge del baño de fundido, arrastra el metal líquido en exceso, tal como cuando un objeto es retirado rápidamente de un contenedor de agua. El espesor de recubrimiento es controlado utilizando un proceso de limpieza mediante un chorro de aire y se expresa usualmente como la masa (peso) de recubrimiento por unidad de área, que se permite que permanezca en la superficie de la plancha enrollada.

#### ¿Cuánto recubrimiento es necesario?

Los recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente pueden ser aplicados a niveles bajos que varían entre 90 g/m<sup>2</sup> (0.30 oz/ft<sup>2</sup>) y niveles altos como 600 g/m<sup>2</sup> (2.00 oz/ft<sup>2</sup>). La cantidad de recubrimiento requerido dependerá de la aplicación. Los recubrimientos galvanizados proveen suficiente protección contra la corrosión para aplicaciones en las que la velocidad de corrosión es baja (equipos eléctricos en interiores, paneles interiores de paredes, equipo para computadoras, etc.). Recubrimientos gruesos pueden ser utilizados para aplicaciones en las que la velocidad de corrosión es alta y es necesario un tiempo prolongado de vida en servicio (ambientes marinos y aplicaciones bajo tierra). Para una discusión más detallada de la terminología de la masa o peso de recubrimiento, ver GalvInfoNote 1.1

Consideraciones similares relacionadas con la corrosividad para su aplicación necesitan ser realizadas para los otros tipos de recubrimientos por inmersión en caliente. En todos los casos, se recomienda tener presente la palabra de prevención. El espesor de un recubrimiento puede afectar otras propiedades del producto de planchas de acero recubiertas; así, todos los requerimientos para su aplicación necesitan considerarse al seleccionar una masa o peso de recubrimiento específico. Por ejemplo, ¿acaso las partes fabricadas necesitan una gran cantidad de conformabilidad? Esto podría limitar el espesor del recubrimiento para evitar pérdida de adherencia del recubrimiento. ¿Se necesita soldadura por puntos? Esto podría limitar el espesor máximo de recubrimiento para una aplicación dada. Para mayor información sobre cómo seleccionar una masa o peso de recubrimiento, ver GalvInfoNotes 1.6 y 3.1.

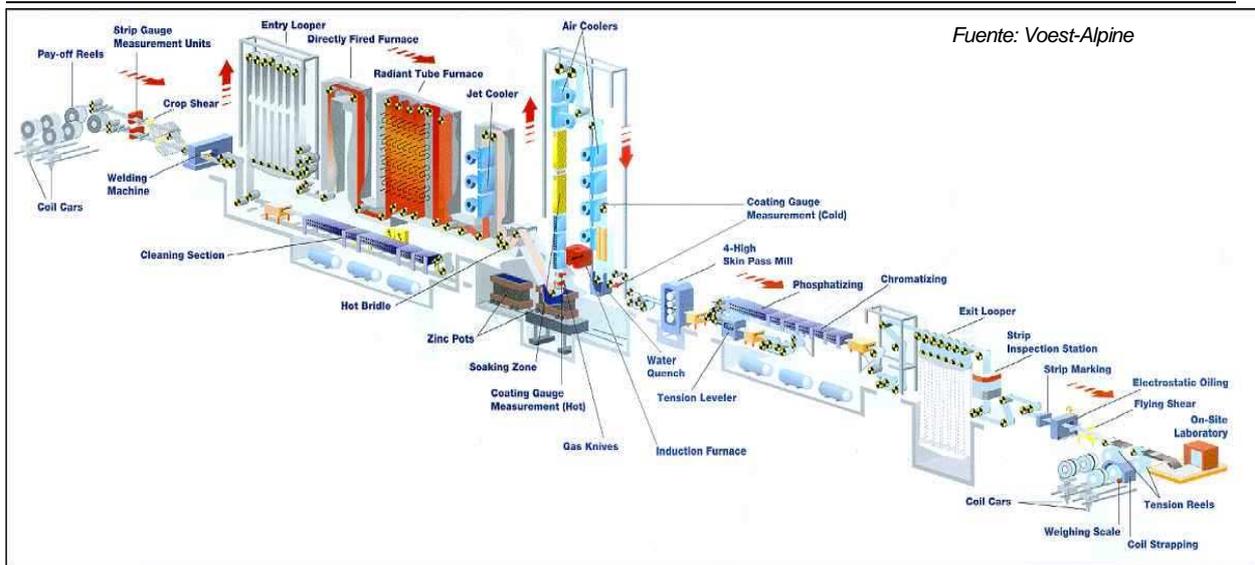
---

## Los Detalles del Proceso

Las líneas de recubrimiento por inmersión en caliente en un proceso continuo consisten en una serie de etapas, las cuales pueden incluir las siguientes operaciones secuenciales:

- Un soldador en el extremo inicial para unir el borde final de un rollo con el borde inicial del rollo siguiente para permitir que el proceso sea continuo
- Una sección de limpieza alcalina para remover el aceite del rollo, el polvo, y las partículas de hierro (contaminantes de la superficie provenientes del proceso de reducción en frío) que están en la superficie de la plancha
- Un horno de recocido que es utilizado para calentar el acero a altas temperaturas para impartir las propiedades mecánicas deseadas (resistencia y conformabilidad) a la plancha de acero
- Un baño de metal fundido del recubrimiento para ser aplicado a la superficie de acero
- Cuchillas de aire para limpiar el exceso de metal del recubrimiento y obtener la masa (peso) de recubrimiento requerido
- Un horno *Galvanneal* para producir un recubrimiento de zinc y hierro
- Una sección de enfriamiento para enfriar la plancha enrollada y solidificar el recubrimiento conforme emerge del baño
- Un laminador de temple para impartir el acabado deseado a la superficie de acero recubierto
- Un nivelador de tensión para aplanar la plancha enrollada y alcanzar los requerimientos del uso final
- Una sección de tratamiento para aplicar una limpieza, en base a agua, al recubrimiento para prevenir manchas que pudieran formarse en la superficie recubierta durante el almacenamiento, cuando la humedad se encuentre presente (por condensación y/o por infiltración de agua originada por un embarque o almacenamiento inadecuados)
- Una sección aceitadora utilizada con mayor frecuencia para aplicar un aceite con un inhibidor de corrosión; a veces, para aplicar un aceite conformador
- Un rebobinador para enrollar el rollo terminado de acero que ahora tiene:
  - la resistencia y conformabilidad deseadas
  - un recubrimiento adherente, resistente a la corrosión
  - el acabado deseado en la superficie
  - un alto nivel de planitud
  - un tratamiento químico y/o de aceites para ayudar a prevenir la degradación de la apariencia de la plancha recubierta

A continuación se presenta un esquema de una línea de recubrimiento por inmersión en caliente.



En la mayoría de casos, el acero de entrada es una plancha "completamente dura" que proviene directamente de un laminador en frío. El laminador en frío es utilizado para disminuir el espesor de una plancha enrollada decapada en caliente al espesor deseado. El proceso de laminado en frío hace al acero muy duro y con conformabilidad limitada. Para planchas con espesor más gruesos, el producto puede ser introducido a una línea de recubrimiento directamente después del laminado en caliente. En todo caso, la plancha es desenrollada y soldada al extremo final del rollo que se encuentra delante de él en la línea de procesamiento. Entonces es limpiado en una unidad de proceso que normalmente utiliza un líquido alcalino combinado con escobillado, enjuagado y secado. De la sección de limpieza, la plancha enrollada pasa al horno de calentamiento (recocido) para suavizar la plancha enrollada completamente dura e impartir la resistencia y conformabilidad deseada al acero.

En el horno de recocido, la plancha enrollada se mantiene bajo una atmósfera reductora de gas para remover cualquier vestigio de óxido en la superficie del acero. La atmósfera de gas está compuesta de hidrógeno y nitrógeno. Este paso de reducción de óxido (el óxido de hierro se convierte en hierro al reaccionar con el hidrógeno), es muy importante para obtener el humedecimiento<sup>1</sup> de la superficie del acero durante el corto tiempo que será sumergido en el baño de recubrimiento.

El extremo de salida del horno se conecta directamente al baño de recubrimiento fundido mediante una "tobera" para evitar que cualquier aire re-oxide la plancha enrollada de acero calentada antes de reaccionar y alearse con el metal fundido del recubrimiento. En el baño de recubrimiento, la plancha enrollada pasa alrededor de un rollo sumergido y luego sale del baño en dirección vertical. En el punto de salida, un conjunto de cuchillos de aire (por lo general, de aire altamente presurizado), limpian el exceso de metal fundido del recubrimiento, dejando atrás un espesor cuidadosamente controlado del recubrimiento.

El recubrimiento es luego enfriado para permitir al metal congelarse en la superficie del acero. El congelamiento del recubrimiento, o solidificación, tiene que ser lograda antes que la plancha enrollada contacte otro rollo para evitar que transfiera el recubrimiento a ese rollo. Para lograr esto, las líneas de procesamiento de recubrimiento por lo general tienen una alta torre sobre el baño de recubrimiento, tal vez tan alta como 200 pies en algunas de las líneas más nuevas.

<sup>1</sup> Humedecimiento es el término que se utiliza para definir la reacción entre la superficie del acero y el metal fundido del recubrimiento. Esta reacción es muy importante para obtener un cubrimiento completo del recubrimiento y una buena adherencia entre el recubrimiento y el acero.

El *Galvanneal* se produce al galvanizar y recalentar la plancha recubierta sobre los cuchillos de limpieza para alear el zinc con el hierro del acero. Para una descripción detallada del proceso de cómo producir planchas galvannealeadas, ver *GalvInfoNote 1.3*

Después de enfriar casi hasta temperatura ambiente, la plancha enrollada es alimentada al extremo de salida del equipo -laminador de temple, nivelador de tensión, sección de tratamiento químico, aceitadora, y luego es re-enrollado a un mandril de salida.

La plancha enrollada continua es esquilada en la soldadura que fue hecha en el extremo de inicio de la línea para remover la soldadura, así como para preservar la identidad entre rollo y rollo.

No todas las líneas de recubrimiento por inmersión en caliente tienen todas las etapas del proceso descrito. Por ejemplo, algunas no incluyen la etapa de limpieza acuosa y confían en una limpieza de "flama" en el extremo de entrada del horno de recocido. Otros pueden no tener un laminador de temple; el enrollamiento de temple no es necesario, y quizá no sea deseado para algunas aplicaciones de productos recubiertos vía inmersión en caliente.

## Proceso Alternativo (Recubrimiento con Fundentes)

Hay otro proceso de inmersión en caliente que se utiliza en algunas partes del mundo, incluyendo los Estados Unidos, el cual involucra un acercamiento significativamente diferente. En este proceso, llamado el proceso recubrimiento con fundente, el acero es recocido delante de la línea de recubrimiento en una operación separada, sea por recocido en lotes o recocido continuo. Así, la línea de recubrimiento no tiene el gran horno de fundición continuo que fue mencionado anteriormente. En el proceso de recubrimiento con fundente, el acero se limpia para eliminar grasas, polvo, etc., y luego se decapa para quitar la delgada capa de óxido que se encuentra presente en la superficie de acero. Después de enjuagar, el acero se pasa a una solución del fundente para aplicar un recubrimiento de fundente sobre todas las áreas de la superficie del acero.

Cuando las planchas enrolladas recubiertas con fundente entran al baño de recubrimiento, la reacción química del fundente se comporta de manera similar al desempeño de los fundentes utilizados para soldadura; esto es, las reacciones del fundente ayudan a obtener un "humedecimiento" rápido del recubrimiento fundido sobre la superficie del acero. Recuerde que la reacción de humedecimiento es requerida para obtener una cobertura completa del recubrimiento fundido, y un buen enlace entre el recubrimiento y el acero.

El resto del proceso de recubrimiento con fundente es esencialmente el mismo que el usado en el proceso descrito arriba para las líneas que tienen hornos de fundición en línea.

Algunas referencias al proceso de recubrimiento con fundente le llaman proceso en "frío" en contraste con el término "caliente" usado para definir las líneas que tienen hornos de fundición en línea.

El número de líneas "calientes" excede ampliamente al número de líneas en "frío".

Para una descripción más completa del proceso de recubrimiento con fundente, ver *GalvInfoNote 2.7*.

## Resumen

El proceso de inmersión en caliente para planchas de acero es utilizado hoy en día para hacer una variedad de productos con recubrimiento por inmersión en caliente, por ejemplo, siete recubrimientos de metales de diferentes. Estos recubrimientos incluyen:

- Galvanizar (zinc)
- Recubrimiento *Galvanneal* (aleación de zinc/8 -10% hierro)
- Dos aleaciones de zinc y aluminio
  - aleación de 55% aluminio/45% zinc
  - aleación de 95% zinc/5% aluminio
- Aleación de zinc, aluminio y magnesio
- Dos aleaciones en base a aluminio
  - aleación de aluminio/5 -11% sílice
  - aluminio puro
- Recubrimiento *Terne* (aleación de plomo/3 -15% estaño)

Hasta el año 2006, en América del Norte existían aproximadamente 90 líneas de inmersión en caliente. Con excepción de la línea de zinc-aluminio-magnesio, cada una de estas líneas tiene capacidad para aplicar una o más de los recubrimientos mencionados anteriormente.

Para mayores detalles sobre la descripción de los recubrimientos antes mencionados, ver *GalvInfoNote 1.2.*

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.

---