



Cortesía: PPG Protective & Marine Coatings

## ► Protección de metales a altas temperaturas

M.Sc. Ph.D. Julián A. Restrepo R.\*

**Recubrimientos para mantener caliente lo caliente y frío lo frío.**

*Las piezas y las estructuras metálicas están expuestas a diferentes temperaturas externas que influyen negativamente en su desempeño. Para contrarrestar este fenómeno existen alternativas en pinturas, con formulaciones específicas de acuerdo a cada necesidad.*

La temperatura tiene un efecto perjudicial en el desempeño de los equipos, elementos y estructuras metálicas: al exponer un metal o aleación metálica al calor disminuyen tanto su resistencia como su vida útil. Cuando los metales se calientan se dilatan y se expanden. Incluso, si la temperatura alcanza el punto de fusión ( $T_f$ ), la pieza puede fundirse.

Igualmente, cuando el metal es afectado por el frío extremo, este se contrae y se encoge y, en algunos casos, se cristaliza. Además, es probable que la dureza y la fragilidad del material aumenten, lo que también incrementa el riesgo de ruptura.

Cuanto menor sea el punto de fusión de un metal mayor será el efecto de la temperatura sobre este.

Así, los metales con una temperatura de fusión baja como el estaño ( $T_f = 232^\circ\text{C}$ ) y el plomo ( $T_f = 327^\circ\text{C}$ ) son más afectados por el calor y el frío que el tungsteno (también conocido como wolframio, el metal con el punto de fusión más alto ( $T_f = 3422^\circ\text{C}$ )).

Con el fin de preservar las propiedades mecánicas de los componentes y las estructuras metálicas, conforme se producen variaciones de temperatura que pudiesen afectarlos, es importante que los profesionales del metal conozcan los efectos de las temperaturas en los metales y establezcan planes de protección para controlarlos.

El siguiente artículo explica el efecto de la temperatura en las superficies metálicas y el papel que juegan las pinturas y los recubrimientos desarrollados para proteger las piezas contra dichos efectos.



Cortesía: PPG Protective & Marine Coatings

*Los cambios cíclicos de temperatura tienen efectos negativos en las estructuras, piezas y componentes metálicos, acelerando la corrosión y la fatiga térmica y favoreciendo la aparición de deformaciones y microfracturas en los materiales.*

### Efectos de la temperatura en los metales

Existen dos mecanismos físicos de falla relacionados con el aumento de la temperatura del metal: a) la termofluencia, en donde el metal soporta una carga constante, y se produce una deformación dúctil de este; y, b) la fatiga térmica, en la que los cambios cíclicos de temperatura (aumento y disminución de esta), favorecen la aparición de roturas internas en el metal (deformaciones y microfracturas).<sup>1</sup>

Así mismo, al aumentar la temperatura de los metales, se produce un efecto químico por el cual también se acelera la velocidad de diversos procesos de corrosión metálica: reacciones químicas y electroquímicas y procesos de difusión; los cuales pueden acelerarse, aún más, cuando suceden en ambientes industriales que pueden contener compuestos sulfurosos, nitrosos y otros agentes ácidos, lo que favorece la corrosión metálica.

También es importante mencionar el efecto de los ambientes marinos en las piezas metálicas, ya que a nivel del mar y en el océano se pueden presentar incrementos de la temperatura que deterioran las estructuras que se encuentren en estas zonas, además de que este ambiente se caracteriza por la presencia de compuestos clorados, los que favorecen particularmente la corrosión.

En efecto, el cambio de temperatura en el océano es un factor que contribuye a la corrosión de las embarcaciones y, por ende, a la pérdida de dinero en la industria naval, ya que estas deben cruzar las diferentes corrientes marinas (cálidas y frías), entre el norte y el sur, debido a la disposición geográfica de los continentes.

El efecto combinado de las altas temperaturas y la presencia de corrosión puede conllevar a que se presente el fenómeno denominado agrietamiento por corrosión por esfuerzo.

El efecto negativo de la temperatura marina en los metales no sólo es producido por las altas temperaturas, sino también por las bajas temperaturas, ya que allí hay presencia de constituyentes gaseosos propios de la atmósfera, disueltos en la capa de humedad sobre la superficie metálica, lo que ocasiona que la temperatura de congelación del agua descienda por debajo de los  $0^\circ\text{C}$ , de manera que se pueden tener velocidades significativas de corrosión a  $-5^\circ\text{C}$ .

### La temperatura en el acero

Las propiedades mecánicas del acero varían gradualmente conforme aumenta su temperatura. Así, el acero pierde gradualmente su resistencia a partir de los  $300^\circ\text{C}$ , hasta alcanzar aproximadamente el 60% de su resistencia inicial a los  $550^\circ\text{C}$ .

Es por esto que las estructuras de acero deben protegerse de la acción del calor extremo. El tiempo que demora un material en aumentar su temperatura depende de su conductividad térmica. El acero es un material conductor, por lo que recibe un mayor flujo de calor que eleva su temperatura.

Otro fenómeno a considerar, a altas temperaturas, es el hecho de que muchos elementos metálicos se encuentran aislados para evitar la pérdida de calor (por ejemplo: en calderas y tuberías de agua caliente o vapor), en estas condiciones se puede presentar un fenómeno conocido como corrosión bajo aislamiento (CUI, por sus siglas en inglés), la cual puede llegar a ser un grave problema, ya que debido a que la corrosión se encuentra bajo el aislamiento, no es fácilmente observable y se puede generar un grave deterioro de la superficie metálica.

No sólo el calor afecta el acero, también lo hace el frío. Para entender el efecto de las bajas temperaturas en el acero, cabe recordar el hundimiento, en 1912, del famoso RMS Titanic3.

Actualmente se acepta, entre otras causas, que debido a la baja temperatura del agua, el acero del casco del transatlántico perdió sus propiedades y se tornó sumamente frágil ("teoría del acero frágil"), lo que explica el hecho de que el casco del barco se rompiera con relativa facilidad al chocar con un iceberg.



## El papel de los recubrimientos HTC

La solución de la industria de pinturas y recubrimientos para la protección de los metales al calor y el frío extremo se conoce como pinturas para altas temperaturas (en inglés, *High Temperature Coatings*, HTC o *High Temperature Protective Coatings*, HTPC), las cuales se aplican sobre diversos elementos, componentes y estructuras metálicas, para protegerlas del efecto de la temperatura a que pudiesen verse sometidos, y su función principal es salvar vidas, proteger la propiedad y minimizar las pérdidas en las edificaciones y componentes metálicos.

Básicamente, funcionan como un aislante para disminuir el efecto externo de las temperaturas sobre el metal.

Estos recubrimientos, no deben confundirse con las pinturas ignífugas, que están diseñadas especialmente para proteger las estructuras en caso de incendios. Ya que aquí no se habla de la presencia de fuego, sino del efecto continuo o intermitente de la temperatura sobre las piezas metálicas, que, por su aplicación y su uso, estarán sometidas a condiciones de altas o muy bajas temperaturas; tal como estructuras, equipos y elementos metálicos empleados principalmente en el sector petroquímico y las refinerías.

Estos recubrimientos también se utilizan para la protección de los tanques, las tuberías, el exterior de calderas, los hornos, los reactores, los secadores, las columnas de destilación, los caños de escapes, las chimeneas y todo equipamiento con procesos calientes o sujetos a operar a altas o bajas temperaturas.

Además, se aplica en los sectores alimenticio y de bebidas, para la protección de hornos, equipos de lavado en caliente, cuartos fríos y cavas. En la industria cementera y siderúrgica. También en el mantenimiento industrial general de: calderas, tuberías de vapor/agua caliente, reemplazo de sistemas de lana mineral + carcasa de aluminio, entre otros.

La función de estos recubrimientos involucra la protección del metal:

- Contra el efecto de altas temperaturas en uso continuo, a temperaturas de 650°C, y con capacidad de resistir picos de temperatura de hasta 760°C.
- Contra los cambios bruscos de temperatura sin afectarse.
- Para la protección del metal contra la corrosión.
- Para evitar la corrosión bajo aislamiento (CUI).
- En aplicaciones criogénicas. Protección de los equipos criogénicos en operación continua o cíclica desde -185°C a 538°C.

- Resistencia a los choques térmicos (cambios bruscos de temperatura) y ciclos térmicos durante el servicio intermitente (húmedo, seco y con vapor).

En el mercado hay algunos ejemplos de este tipo de recubrimientos, como el PPG HI-TEMP 1027™ de PPG Protective & Marine Coatings<sup>4-5</sup>, (a base de una matriz multiporimérica inerte), el cual provee ventajas adicionales tal como permitir su aplicación directa sobre óxido muy adherido en situaciones de mantenimiento y reparación; protege eficientemente contra la corrosión, incluso aplicado bajo sistemas de aislamiento tradicionales (lana mineral + aluminio); provee un alto espesor, con alto contenido de sólidos y bajo nivel de COVs (compuestos orgánicos volátiles) y presenta un bajo nivel de cloruros lixiviables, sulfuros y haluros, lo que permite prevenir, de manera importante, el agrietamiento del acero inoxidable por la corrosión causada por el esfuerzo. Así mismo, permite la aplicación de un recubrimiento final en una amplia gama de colores.

También el mercado ofrece el PPG HI-TEMP 707HB™<sup>6</sup>, un recubrimiento aislante base acuosa, cuya función principal es el "aislamiento térmico" (mantiene caliente lo caliente y frío lo frío) y soporta temperaturas de operación de hasta 170°C.

## Preparación de la superficie

Al igual que otros recubrimientos, para lograr la efectividad de las protecciones HTC, las superficies y piezas metálicas deben ser preparadas adecuadamente antes de la aplicación de la pintura. A continuación se dan algunas recomendaciones al respecto:

- ✓ *Superficies sin aislamiento:* es conveniente limpiar con chorro abrasivo en seco conforme a la norma SSPC-SP 6, "Limpieza a chorro comercial" (Sa 2), con un perfil de 1,0 a 2,0 mils (25 a 50 micras).

Cuando la limpieza con chorro abrasivo no es una opción, es aceptable utilizar los siguientes métodos:

Fotos: superiorcoatingsolutions.com



A la izquierda se puede observar una tubería que transporta agua caliente completamente afectada por la corrosión, acelerada por el efecto de la alta temperatura. A la derecha, la tubería ha sido protegida con un recubrimiento HTC.



Somos una **ESCUELA DE SOLDADURA** con 12 años de trayectoria en la formación de soldadores calificados y en la prestación de servicios empresariales relacionados con la ingeniería de la soldadura.

CAPACÍTESE CON LOS MEJORES INSTRUCTORES

Carrera 80A No. 78 - 07 Tel. 461 3896 Cl. 314 473 7989 - 42

ferrieutectic@hotmail.com www.cursosdesoldadura.com.co

f ferrieutectic escuela de soldadura



Foto www.motorship.com



Se recomienda aplicar las pinturas HTC por rociado (pistola pulverizadora); se puede usar una pistola convencional o sin aire, tipo air-less, según las instrucciones de dilución del producto. Aunque, cuando no es posible el uso de la pistola, se puede aplicar con brocha o rodillo.

- ✓ SSPC-SP 15: limpieza con herramientas eléctricas a grado comercial, con un perfil mínimo de 1,0 mils (25 micras).
- ✓ SSPC-SP 12: preparación de la superficie y limpieza de metales con agua a alta presión antes del repinte", para cumplir los requisitos de la definición visual de WJ-3, "limpieza minuciosa.
- ✓ SSPC-SP 3: limpieza con herramientas eléctricas (St 3) o norma SSPC-SP 2 y limpieza con herramientas manuales (St 2).
- ✓ *Superficies con aislamiento:* es importante limpiar con chorro abrasivo en seco conforme a la norma SSPC-SP 6, limpieza a chorro comercial (Sa 2) o superior, con un perfil de 1,0 a 2,0 mils (25 a 50 micras).  
Cuando la limpieza con chorro abrasivo no es una opción, es aceptable utilizar los siguientes métodos:
- ✓ SSPC-SP 15: limpieza con herramientas eléctricas de grado comercial", con un perfil mínimo de 1,0 mils (25 micras).
- ✓ SSPC-SP 12: preparación de la superficie y limpieza de metales por chorro de agua antes de aplicar la segunda capa, para cumplir los requisitos de la definición visual de WJ-2; limpieza muy minuciosa o sustancial. Se debe usar agua potable y quitar todo el recubrimiento existente, salvo por el zinc inorgánico añejo o una pintura HTC previamente existente.
- ✓ Limpiar con herramienta eléctrica o manual para quitar todo resto de recubrimiento, salvo por el zinc inorgánico añejo o una pintura HTC previamente existente

# Alesta®

## Powder Coatings

Recubrimientos en polvo Hechos para un alto desempeño





Foto: www.graco.com



Las pinturas HTC se pueden aplicar sobre las superficies a temperatura ambiente o calientes con una temperatura del metal de hasta 316°C, lo que elimina la necesidad de realizar costosas paradas de mantenimiento. La vida útil de estos recubrimientos es de dos años.

## Aplicación

Estos recubrimientos, se pueden aplicar directamente sobre superficies a temperatura ambiente o caliente, con una temperatura del metal de hasta 316 °C, lo que elimina la necesidad de realizar costosas paradas de mantenimiento (reparación en caliente). No requieren termocurado para lograr una alta resistencia anticorrosiva y tienen alta estabilidad de colores de acabado a altas temperaturas.

A la hora de aplicar el producto hay que distinguir los diferentes tipos de alistamiento superficial y el material a recubrir. A continuación se mencionan algunos puntos clave de la aplicación.

### Con y sin aislamiento

- **Acero al carbono/acero inoxidable:** se puede aplicar directamente al acero, caliente o a temperatura ambiente, dos capas con un espesor de película seca del sistema (EPS) de 5 a 6 mils (125 a 150 micras) y un EPS total de 10 a 12 mils (250 a 300 micras). Se puede aplicar una tercera capa opcional con un EPS de 5 a 6 mils (125 a 150 micras); con un EPS total de 15 a 18 mils (375 a 450 micras).

### Imprimación / recubrimiento final sin aislamiento

- **Acero al carbono/acero inoxidable:** se debe aplicar directamente al acero, caliente o a temperatura ambiente, una capa de imprimación - PPG HI-TEMP 1027™ - una capa con un DFT de 5 a 6 mils (125 a 150 micras). Para los recubrimientos de acabado con color PPG HI-TEMP es importante consultar la ficha técnica apropiada de los recubrimientos de acabado.
  - a. Aplicación a temperatura ambiente: PPG HI-TEMP 500VS o PPG HI-TEMP 1000VS.
  - b. Aplicación en caliente: PPG HI-TEMP 500VHA o PPG HI-TEMP 1000VHA.

### Para protección criogénica – aplicación con y sin aislamiento

- **Acero inoxidable a temperatura ambiente:** Aplicar PPG HI-TEMP 1027,
  - a. Para una temperatura de servicio menor a 100-400°F (73-204°C): 2 capas con un EPS de 5 a 6 mils (125 a 150 micras) por capa; un EPS total de 10 a 12 mils (250 a 300 micras).
  - b. Para una temperatura de servicio menor a 300-1000 °F (185-538 °C): 1 capa con un EPS de 5 a 6 mils (125 a 150 micras) – no se debe superar un EPS total de 8 mils (200 micras).

Dichas recomendaciones también aplican al momento de proteger materiales no ferrosos, en los que, por el efecto de la temperatura, se presentan fenómenos de termo-corrosión.

Tanto para los aceros al carbono e inoxidable, como para los metales no ferrosos el rendimiento de esta pintura es de 19 m<sup>2</sup>/ galón, a un espesor de 125 micras. ▲

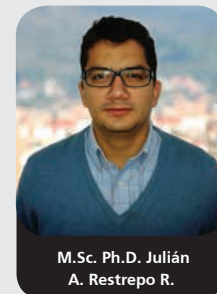
### Citas

- 1) [metfusion.wordpress.com/2013/08/20/fatiga-termica/](http://metfusion.wordpress.com/2013/08/20/fatiga-termica/)
- 2) [ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn107.html](http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn107.html)
- 3) [es.wikipedia.org/wiki/RMS\\_Titanic](http://es.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic)
- 4) Hi-Temp Coatings Technology, Product line. Christian Zupicich, corporate information.
- 5) Hi-Temp Coatings Technology, Application guide: PPG HI-TEMP 1027™
- 6) Hi-Temp Coatings Technology, Application guide: PPG HI-TEMP 707HB™

## AUTOR

Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), con Maestría y Doctorado en Química Verde de la Universitat Jaume I (Castellón de la Plana, España). Cuenta con una experiencia de más de diez años en el sector de pinturas y recubrimientos, en donde ha laborado en diferentes compañías colombianas (Prolac Ltda., Macrocom Ltda., Colombiana de Caolines S.A., Pinturas Sapolin, Invesa S.A., Insucolor Ltda.), en diferentes áreas (producción, investigación y desarrollo, control de procesos, control de calidad, comercial). Así mismo, ha participado como conferencista en diversos eventos nacionales e internacionales, y ha colaborado con diversas revistas, con publicaciones científicas y técnicas. Actualmente, trabaja como Gerente Técnico PMC (Protective & Marine Coatings) en la División Técnica de PPG Industries Colombia.

[julian.restrepo@ppg.com](mailto:julian.restrepo@ppg.com)



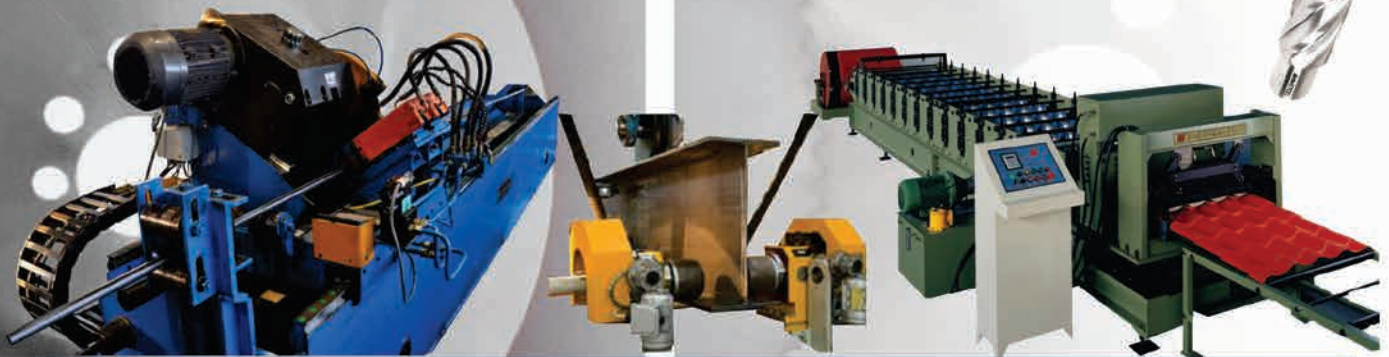
M.Sc. Ph.D. Julián  
A. Restrepo R.

[www.solosierras.com](http://www.solosierras.com)



STARK  
[www.starktools.com](http://www.starktools.com)

IMPORTADORES DIRECTOS



## PRODUCTOS

### MAQUINARIA CORTE DE ACERO TIPO

Sierra Cinta ,Circular.  
Cortadora Volante Línea De Tubería.  
Línea Corte Longitudinal (Slitter).  
Línea Corte Transversal (Leveler).  
Taladros Magnéticos.

### MAQUINARIA PARA PRODUCCIÓN

Perfiles, Tubería, Paneles Para Piso y Techo,  
Paneles Sandwich, Tejas Todo Tipo De Formas,  
Vigas H, Columnas De Acero.

### MAQUINARIA PARA

Rolar (Curvar) Tubos, Perfiles, Placas De Acero.

## SERVICIOS

### Afilado y Rectificado

Sierra Circular HSS, Tungsteno.  
Cuchillas Corte De Papel, Madera y Acero.  
Brocas Anulares.  
Piezas En Tungsteno.

**CONTAMOS CON MAQUINARIA  
DE ÚLTIMA GENERACIÓN  
TECNOLOGÍA EUROPEA CNC**



[ventas@solosierras.com](mailto:ventas@solosierras.com)

**PRINCIPAL:** PBX: (571) 360 39 78  
Cra. 26 N° 12B - 26 Bogotá, Colombia Sur América

**SUCURSAL:** PBX: (572) 438 79 02  
Calle 35 N° 1 - 10 Cali Valle, Colombia Sur América