

## Revisión de las Investigaciones con base en el Estudio de las Pinturas para Moldes en la Industria de la Fundición

---

Las pinturas para moldes son sustancias de muy diversa naturaleza, utilizadas para recubrir las superficies de los moldes que estarán en íntimo contacto con el metal fundido y que buscan la sanidad completa de la pieza. La presente revisión hace énfasis en el papel que tiene la pintura como regulador térmico en los moldes metálicos y describe los parámetros que deben tenerse en cuenta para la correcta caracterización.

---

**ALVARO MORALES**  
Ingeniero Metalúrgico, Ph. D.  
Profesor Asociado  
Departamento de Mecánica de Sólidos y Materiales  
División de Ingeniería - Universidad del Valle

### PINTURAS PARA MOLDES

Las pinturas para moldes son sustancias de muy diversa naturaleza, utilizadas para recubrir aquellas superficies que estarán en contacto íntimo con el metal fundido y cumplen funciones que dependen de los materiales colados, sean éstos aleaciones ligeras, latones, fundiciones grises o aceros. Su aplicación se extiende a todas las variedades de moldes: de arena, metálicos para colada por gravedad o por inyección a presión, así como también a los corazones que conforman las cavidades internas de las piezas fundidas.

### DIVISIONES DE LAS PINTURAS

En general las pinturas utilizadas en fundición se pueden dividir, según el papel que desempeñen, en dos distintas agrupaciones:

- a) Las que sirven para controlar el Régimen Térmico<sup>1</sup> y la interacción con el metal líquido<sup>2</sup>.
- b) Las que se utilizan para modificar las estructuras de solidificación mediante acciones físico-químicas o de aleación superficial.

Este último tema se tratará en una próxima publicación<sup>3</sup> por cuanto involucra los fenómenos de nucleación y solidificación de aleaciones.

El presente trabajo hace énfasis en el papel que tiene la pintura como regulador térmico, que busca la sanidad completa de la pieza cuando se cuele ésta en molde en arena o metálico.

### CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DE UNA PINTURA PARA MOLDES DE ARENA

En las pinturas para moldes de arena, cuando se cuelean metales de alto punto de fusión, la misión esencial es evitar la penetración del líquido a través de los granos, inhibir el proceso de vitrificación superficial, mejorar sensiblemente el acabado de las piezas y facilitar la limpieza de las mismas<sup>4,5,6,7,8</sup>.

El fenómeno de penetración del líquido, a través de los espacios vacíos, se debe al efecto combinado de la presión metalostática, las fuerzas de capilaridad, la tensión superficial del metal, el tamaño de grano de arena y el ángulo mojado. Además, la oxidación del metal favorece la reacción química con el material del molde. Los métodos normales de aplicación de estas pinturas son por proyección con pisto-

la<sup>9</sup>, pintados con brocha o por inmersión<sup>10</sup>. Los untos o pinturas para moldes de arena, en general, vienen en forma cremosa para evitar al máximo la decantación y deben diluirse en el momento de su aplicación en aguas no calcáreas, pues las aguas duras atentan contra su buen desempeño.

Responden a los siguientes tipos<sup>11</sup>:

- Cremas grafitadas aplicables por inmersión, pincel o con pistola de proyección.

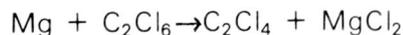
Cremas con base en  $F_2O$  para aleaciones de cobre y se deben estufar entre 200 y 240°C.

- Cremas con base en harina de zircón para grandes piezas de acero y fundición.
- Pinturas flambeantes que se caracterizan por su presentación en forma de polvo muy fino diluido en alcohol del tipo isopropílico. Se utiliza por proyección de pistola sobre la superficie y luego se somete a la acción de la llama. Con esta operación se deja una capa exenta de humedad y de muy buenas propiedades frente a la acción del metal líquido.
- Cremas silíceas destinadas a proteger las superficies de los noyos. Las cremas silíceas pueden ser de dos tipos: a) Penetrantes, que consolidan la superficie del molde o del noyo en una profundidad de 3 mm y esta penetración es función de la tasa de dilución y de la permeabilidad de la arena, y, b) Recubrientes, destinadas a soportar la erosión durante la colada, además de no ser mojadas por el metal líquido. En general son thixotrópicas, lo que representa una gran ventaja.
- Pinturas negras de mejor conductividad térmica y en las que se pueden distinguir:

- Las bituminosas no volátiles: Se les conoce como pinturas negras en contraposición a las refractarias, llamadas blancas. Un caso particular lo constituye el negro de humo que se obtiene mediante el depósito de los residuos carbonosos, resultantes de la combustión incompleta de hidrocarburos tipo acetileno<sup>12,13</sup>.
- Las volátiles: Fabricadas a partir de aceites minerales y compuestos orgánicos, que tienen la propiedad de crear dentro del molde una atmósfera reductora con lo cual se minimiza la oxidación del metal. Se volatiliza al ponerse en contacto con el metal fundido<sup>14</sup>. Se incluyen en esta clasificación las que experimentan descomposición a la temperatura de colada. Tal es el caso de las pinturas a base de  $Na_4$ ,  $P_2$ ,  $CaCO_3$ ,  $CO_3Pb$ ,  $ZnCO_3$ , y el  $C_2Cl_6$ .

El hexacloroetano es el único dentro de los cloruros que no es higroscópico y ha sido empleado en fundición durante mucho tiempo<sup>12,15</sup>. La temperatura de sublimación es de 185°C y tiene particular interés cuando se cueñan aleaciones de Al-Mg.

La literatura consigna esta reacción:



en donde el tetracloroetano gaseoso  $C_2Cl_4$  frena el flujo calórico y el  $MgCl_2$  reduce la fricción entre el metal y la superficie del molde.

## CARACTERISTICAS DE UNA PINTURA PARA MOLDES METALICOS

Aun cuando el interés de este tema no escapa a ningún entendido en fundición que trabaje en moldeo en coquilla o en inyección a presión, el problema de las pinturas no se evoca, sino muy raramente en la literatura técnica<sup>16</sup>. Su tratamiento se hace difícil: de una parte, porque se trata exclusivamente de productos de casas comerciales cuyas composiciones no son divulgadas por los fabricantes y, de otra, por el hecho de que las funciones de las pinturas son múltiples, complejas, a menudo contradictorias y siempre mal definidas.

## FUNCIONES DE LAS PINTURAS EN LOS MOLDES METALICOS

En este caso la misión de las pinturas es:

- Protegerlos del ataque fisicoquímico del metal colado.
- Controlar de alguna manera la solidificación al actuar sobre el régimen de extracción calórica.
- Poseer resistencia a la acción mecánica, hidráulica y térmica durante la colada, llenado y solidificación.
- Ser económica y de fácil aplicación.
- Servir de lubricante en el sentido de facilitar el desprendimiento de la pieza ya solidificada. Esta cualidad es tanto más importante cuanto más profundas sean las cavidades del molde y menores los ángulos de salida.

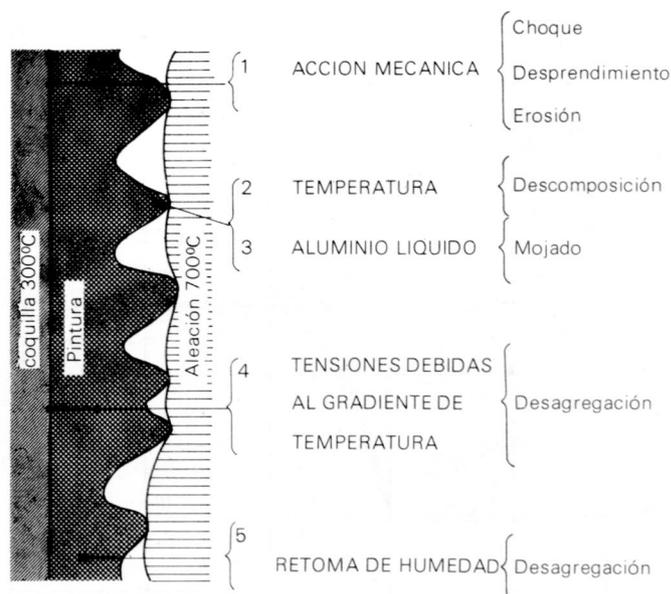


FIGURA 1. Acciones a las que se encuentra sometida la capa de pintura para moldes.

- vi) Eliminar el efecto de temple en las aleaciones susceptibles a este fenómeno. (Fundición gris de pequeño espesor)<sup>17,18</sup>.
- vii) Evitar zonas de solidificación prematura.
- viii) Minimizar los gradientes térmicos en el seno del molde, limitando una excesiva fatiga y el peligro de ruptura.
- ix) Eliminar la tendencia al alabeo en el molde, consecuencia natural de las sollicitaciones térmicas cíclicas.
- x) Si la pintura se volatiliza a la temperatura de trabajo, los gases que se puedan generar no deben representar peligro alguno para la salud del operario.

La figura 1 permite reconocer algunos de estos aspectos.

Las rupturas superficiales de los moldes metálicos

resultan de los esfuerzos de dilatación presentes en los momentos de la colada del metal.

Existe un abrupto calentamiento superficial del molde<sup>19</sup> antes de que se suceda un avance significativo del calor en su seno. Esta capa de unos pocos milímetros se dilata más que cualquier otra y, al no tener una dilatación libre, genera tensiones muy grandes, proporcionales a los gradientes de temperatura presentes en el sistema.

Los máximos valores de las tensiones se obtienen en el momento de la colada y los mínimos luego del desmoldeo. Si la fatiga es elevada se observan pequeñas fisuras situadas, preferentemente, en los ángulos vivos (zonas de enorme concentración de esfuerzos) y pueden propagarse rápidamente a lo largo de la superficie haciéndose cada vez más anchas y profundas. Por consiguiente, la preparación de las pinturas debe adecuarse al régimen térmico del sistema como para que no se sobrepase un determinado salto de temperatura  $\Delta T$  y se elimine así el choque térmico anormal que puede llegar, en ocasiones, a producir la ruptura del molde, incluso desde las primeras coladas.

### COMPORTAMIENTO TERMICO DE LOS MOLDES METALICOS

Los moldes metálicos suelen ser hechos en aluminio<sup>20</sup>, en acero, en fundiciones grises aleadas, en fundiciones grises corrientes refrigeradas por agua, etc.

En el trabajo estos materiales están sujetos a violentos choques térmicos, es decir, durante la

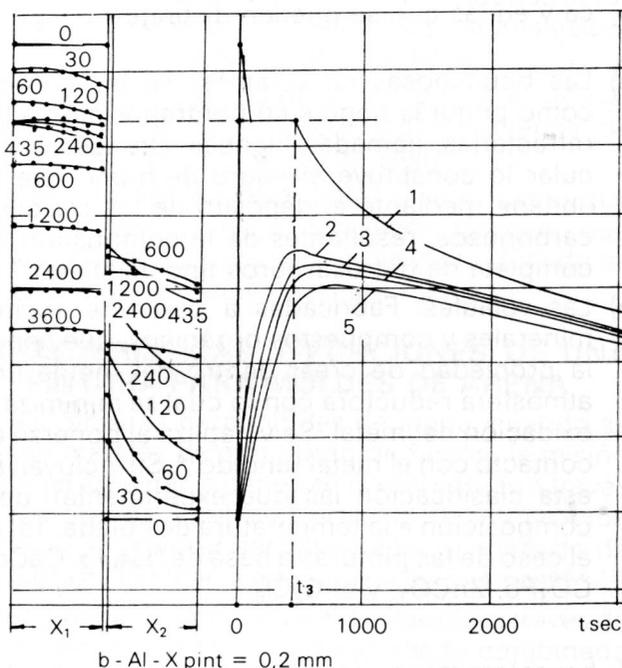
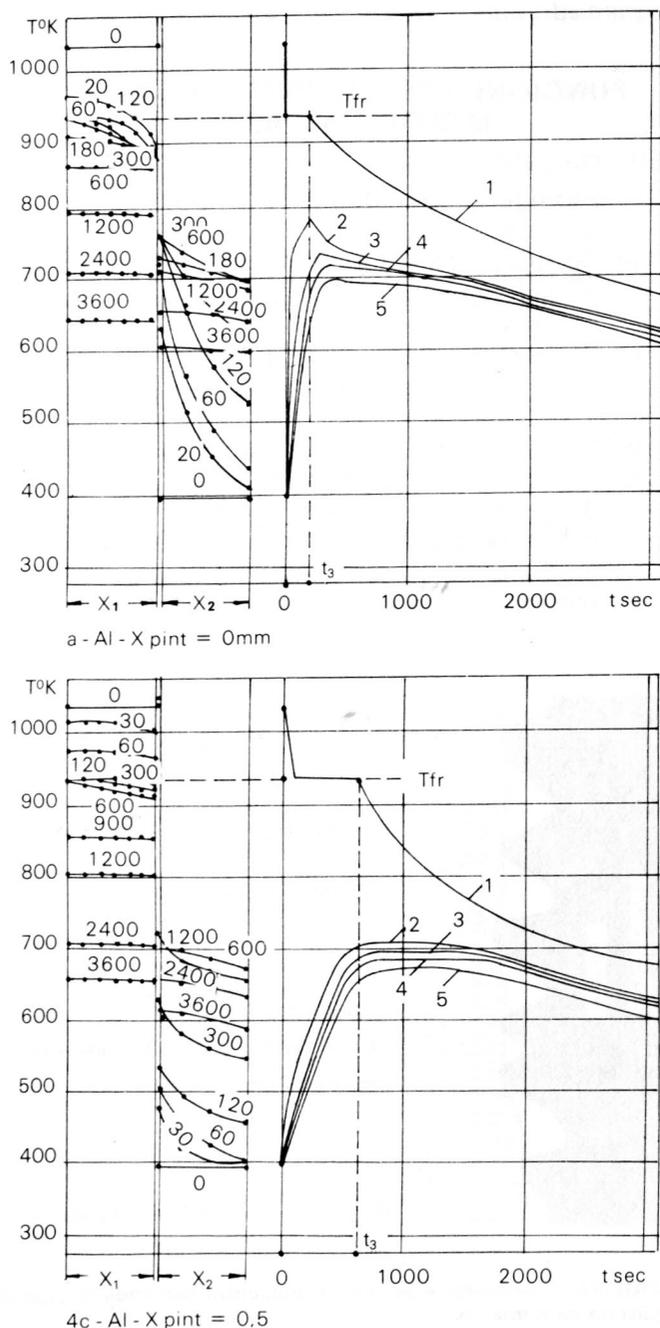
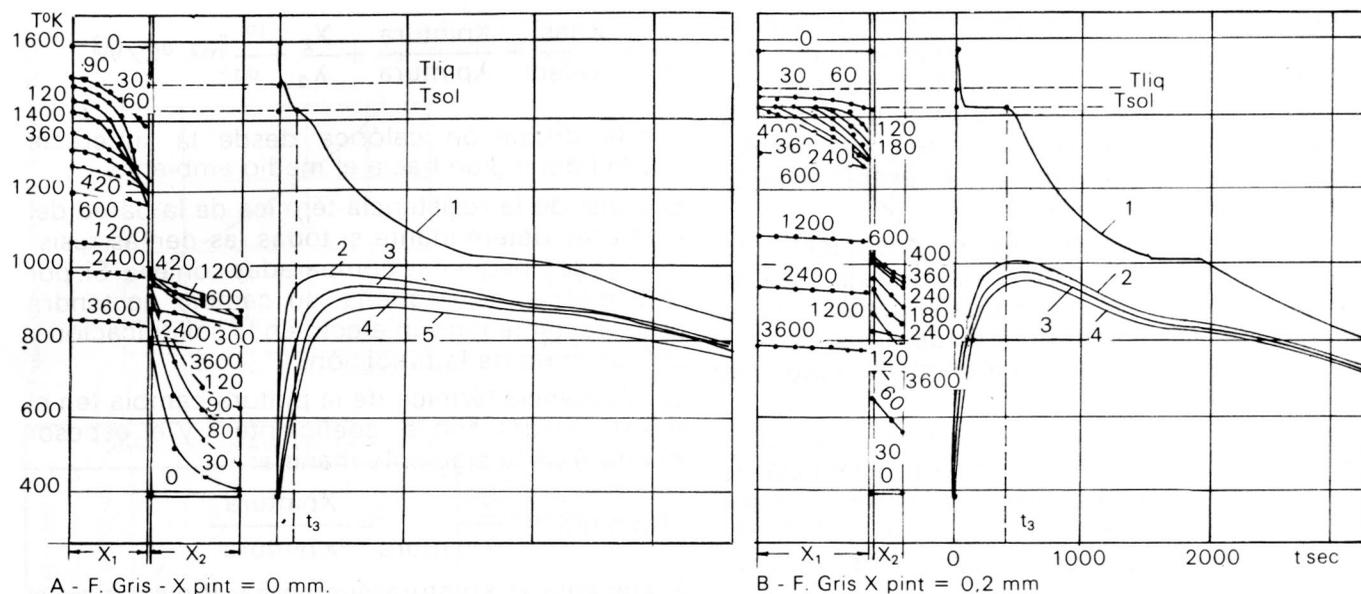


FIGURA 2. Distribución de Temperatura de 1 placa de Aluminio (100 x 300 x 300 mm) colada en molde de Fundición gris. Los números de las curvas de la izquierda indican tiempo en segundos. En las de la derecha la curva 1 corresponde a la parte central de la pieza solidificada; las curvas 2-5 a varios puntos de la sección recta del espesor del molde. (2 - interna, 5 - superficie externa).



**FIGURA 3.** Distribución de temperaturas de 1 placa de F. Gris (80x300x300 mm) colada en un molde de F. Gris. Los números de las curvas de la izquierda indican tiempo en segundos; en las de la derecha la curva 1 corresponde a la parte central de la pieza solidificada; las curvas 2 - 5 a varios puntos de la sección recta del espesor del molde. (2 interna, - 5 superficie externa).

colada del metal y la solidificación de la pieza, y por tanto sufren las dilataciones propias de la elevación de temperatura.

Su dilatación térmica es continua, excepción hecha cuando ocurren transformaciones de fase<sup>21</sup>. Por ejemplo, la curva de dilatación de una fundición gris en función de la temperatura al comienzo es continua y en la transición de la red cristalográfica BCC a la FCC se presente un cambio brusco en la red entre 730 y 780°C. Las temperaturas de transformación dependen de la composición de la fundición, así como de la rapidez con la que se realiza el calentamiento y el enfriamiento. El silicio para este tipo de material tiene la propiedad de elevar la temperatura de transición.

Por tanto, es conveniente trabajar con los moldes metálicos en temperaturas máximas comprendidas entre 300 y 350°C. Esta regulación térmica debe echar mano de dos factores esenciales, según la cadencia de producción: a) Por enfriamiento forzado de la coquilla (agua, aire, etc.) y b) por el uso de pinturas que al regular el cambio brusco de calor eliminan la fatiga térmica del molde y prolongan su vida útil.

### LA PINTURA COMO REGULADORA DEL REGIMEN TERMICO

Durante la colada de un metal en molde metálico (coquilla), la pintura aplicada en él, cumple el papel esencial de disminuir la velocidad de transmisión de calor en el sistema metal-molde, sin detrimento de las ventajas que presenta dicho método. Se debe determinar su conductividad térmica como uno de los criterios para evaluar la calidad de las mismas<sup>20</sup>.

Veinik<sup>21</sup> establece que la pintura aplicada en la superficie interna de los moldes es el factor más importante que regula la solidificación de la pieza. La capa de pintura tiene una resistencia térmica mucho mayor que la del molde metálico y, por tanto, se utiliza para regular adecuadamente la velocidad de solidificación en un factor de diez o más veces.

En las Figuras 2 y 3 se presentan las gráficas de dos piezas fundidas en forma de placas: a) En aluminio (Fig. 2) de dimensiones 100 x 300 x 300 mm y b) En fundición gris 80 x 300 x 300 y vertidas en moldes metálicos de fundición gris (Fig. 3).

Los resultados experimentales muestran que el cambio en el espesor de la pintura aplicada, de 0 a 1 mm, hizo aumentar el tiempo de solidificación de las placas de aluminio y fundición gris en 5 y 4,4 veces, respectivamente.

Hay que anotar que la pintura tiene un efecto

determinante sólo en el período inicial del enfriamiento (remoción del sobrecalentamiento y solidificación del metal), que es cuando la cantidad de calor cedida por el metal al molde está gobernada por la pintura, pero tiene un efecto considerablemente menor sobre la velocidad en el enfriamiento de la pieza ya solidificada.

Se debe al hecho de que el coeficiente de transferencia de calor ( $\beta$  pintura) de esta capa es normalmente mucho mayor que el coeficiente de difusión de la temperatura  $\alpha_3$  de la superficie externa del molde (con un enfriamiento natural al aire ambiental)

En consecuencia, la diferencia de temperaturas entre la pieza y el molde rápidamente disminuye de acuerdo con la magnitud  $\beta$  pintura, y el enfriamiento posterior del sistema metal-molde está entonces limitado por el valor  $\alpha_3$  de acuerdo con la magnitud de este coeficiente.

Por tanto, entre mayor masa tenga el molde, más rápidamente y a temperaturas más bajas aparece este efecto. Con un incremento de  $\alpha_3$  por ejemplo, utilizando un enfriamiento forzado con aire o agua en movimiento, el efecto disminuye o desaparece prácticamente.

La gráfica en la Figura 2 muestra las curvas características de la rata de cambio en temperatura de la parte central de una placa de 80 mm de una fundición gris ya solidificada, en función de varios espesores de pintura.

Las pendientes suaves de las curvas indican el efecto despreciable que tiene el espesor de pintura  $X_{pintura}$  en la velocidad de enfriamiento de las piezas sólidas.

La diferencia en las ratas de enfriamiento decrecen con la temperatura.

### COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LA PINTURA

El coeficiente de transferencia de calor  $\beta$  para molde pintado es aproximadamente:

$$\beta_{pintura} = \frac{\lambda_{pintura}}{X_{pintura}} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

En donde  $\lambda_{pintura}$  = es el coeficiente de conductividad térmica de la pintura  $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  y  $X_{pintura}$  = es su espesor.

Pero la velocidad de solidificación de un metal depende de la resistencia térmica global en la superficie de la pieza y cuya magnitud es  $R_1 = \frac{1}{\alpha_1}$  ( $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$ ), en donde  $\alpha_1$  es el coeficiente de la difusión de la temperatura.

La resistencia térmica global comprende las de los óxidos, la de la capa de pintura, el gap de aire o gas y la de la pared del molde y la resistencia a la disipación del calor desde la superficie externa del molde.

$$R_1 = R_{gas} + R_{pintura} + R_{molde} + R_3 \text{ irradiación}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{X_{gas}}{\lambda_{efect}} + \frac{X_{pintura}}{\lambda_{pintura}} + \frac{X_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_3} \text{ [m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}]$$

$\alpha_3$  = la disipación calórica desde la superficie externa del molde hacia el medio ambiente.

El papel de la resistencia térmica de la pared del molde es determinante si todas las demás resistencias son pequeñas comparadas con ella. Si, por el contrario, es pequeña, su cambio no tendrá prácticamente ningún efecto en la solidificación y enfriamiento de la fundición.

La resistencia térmica de la pintura cambia (en el mismo grado) con el coeficiente  $\lambda$  y el espesor  $X_{pintura}$  de la siguiente manera:

$$R_{pintura} = \frac{1}{\alpha_{pintura}} = \frac{X_{pintura}}{\lambda_{pintura}}$$

R aumenta si  $X_{pintura}$  aumenta y R disminuye si  $\lambda_{pintura}$  aumenta.

Como los espesores no deben ser muy grandes, por problemas prácticos de aplicación, es importante conocer qué posibilidades existen en la selección de los valores de  $\lambda_{pintura}$ . Estos valores pueden diferir de 3 a 4 veces dependiendo de los diferentes tipos. Por ejemplo:

- Grafito coloidal, bentonita-agua, etc.  $\lambda_p = 0,465 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Carbonato de Ca finamente dividido, silicato de Na, agua  $\lambda_p = 0,120 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Esto significa que en función de la constitución física de la pintura, de su mayor o menor capacidad de transmitir el calor, se pueden diseñar los parámetros operativos. Los materiales constitutivos de la pintura se aplican dispersos en agua o en un medio líquido adecuado.

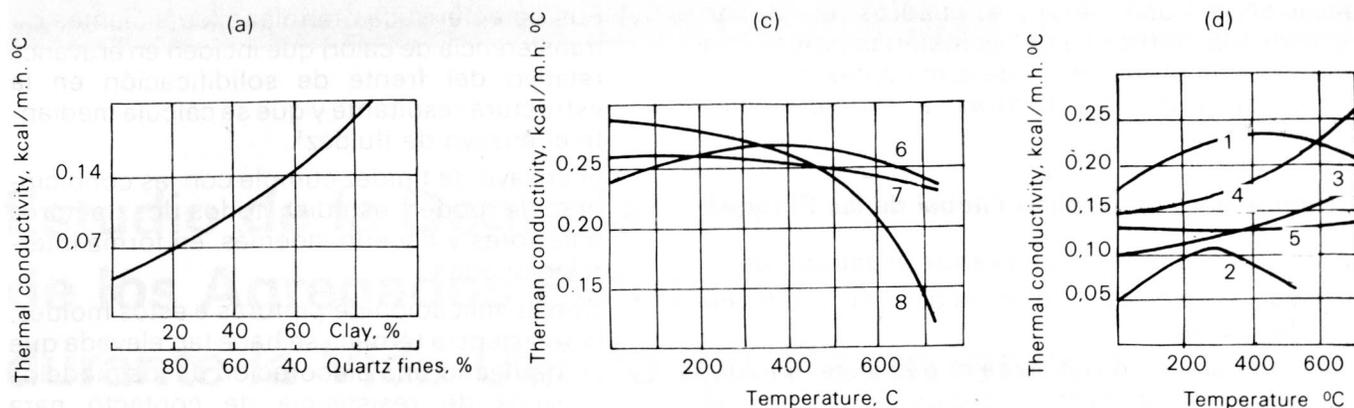
La tabla siguiente da algunas conductividades típicas de materiales usados en fundición<sup>1</sup>.

Material N°	Nombre	Conductividad $\lambda$ (W/m <sup>2</sup> °C)
1	Grafito	0,46
2	Cuarzo pulverizado	0,17
3	Asbesto calcinado	0,17
4	Silicato de sodio	0,14
5	Chamota pulverizada	0,14
6	Arcilla refractaria	0,12

Es claro que, además de determinar  $\lambda_{pintura}$ , se deben conocer las propiedades en servicio: Adhesión al molde, fácil remoción de la pieza solidificada, etc.

### FACTORES QUE INFLUENCIAN LA CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LA PINTURA DE LOS MOLDES METALICOS<sup>22</sup>

Los datos experimentales indican que la conductividad térmica de las pinturas de los moldes es siempre menor que la de los materiales originales de la pintura.



COMPOSICION EN % DE MEZCLAS PARA PINTURAS											
CURVAS DE LAS FIGS. 2-3	FINOS DE CUARZO	ARCILLA	SILICATO DE Na.	CHAMOTA	KMnO <sub>4</sub>	NEGRO DE HUMO	AGUA	APLICACION POR PLASMA			CONDUCTIVIDAD TERMICA PROMEDIO (100-700°C) Kcal./m.h.°C
								ZrO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	
1	20	20	20	-	0.2	40	1.32	-	-	-	0.209
2	20	5	20	-	0.2	-	54.8	-	-	-	0.07
3			20	-	0.2	-	54.8	-	-	-	0.124
4	5	20	20	-	0.2	-	54.8	-	-	-	0.198
5	20		16	4.6	0.2	-	55.2	-	-	-	0.141
6	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	0.256
7	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	0.256
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	0.219

Los coeficientes estándar de conductividad térmica  $\lambda$ , para la alúmina  $Al_2O_3$  es de 0,58 kcal/m.h.°C, 0,25 para  $SiO_2$ , 1,12 para  $ZrO_2$  y 0,249 para  $TiO_2$ , mientras que los de las pinturas basadas en estos materiales nunca acusan valores superiores a 0,256 kcal/m.h.°C.

La explicación probable es que las burbujas de aire atrapadas y las pinturas mismas se expanden por la evolución del vapor de agua cuando se calientan. La curva de la Figura 6a muestra que si el contenido de arcilla o material aglutinante se incrementa, así mismo lo hace el valor de la conductividad.

El poder protector de una pintura depende obviamente de su contenido de materiales de baja conductividad. La conductividad depende de la temperatura y de la composición y las dos variables deben ser consideradas juntas. Cuando la temperatura se eleva  $\lambda$  disminuye para la mayoría de las mezclas, así como para las sustancias unicomponentes. Las formulaciones complejas en las pinturas resultan también en formación de estructuras complejas, las que a su vez se reflejan en los distintos valores de  $\lambda$ . Figura 4b.

Antes de colar la pieza los moldes se precalientan de 150 a 450°C y esto afecta la pintura tanto como lo hace la temperatura de colada. Cada propiedad física y mecánica de la pintura se altera con la elevación de la temperatura. Se ha podido establecer que los valores de  $\lambda$  para pinturas a base de

(b)

FIGURA 4.

cuarzo y arcilla con componentes líquidos crecen cuando aumenta la temperatura (Figura 4a) mientras que la realizada por plasma (finos de óxidos de zirconio, alúmina, etc. que son componentes sólidos), disminuyen con ellas. (Véase Figura 4a).

Para las pinturas líquidas ligadas con arcilla la  $\lambda$  se incrementa con la temperatura porque la arcilla ligante sufre una contracción mayor y la pintura llega a ser más abierta. Al calentarse las partículas sólidas separadas comienzan ellas a expandirse hasta que se ponen en contacto una con otra, de tal manera que  $\lambda$  crece (Figura 4a). Si hay poca arcilla, los poros no se llenan al expandirse las partículas sólidas en el tiempo en el que se llega a la temperatura de 300°C, y  $\lambda$  entonces disminuye en la forma normal.

Es posible entonces formular mezclas en forma tal que  $\lambda$  comenzara a decrecer después de que se llegara a cierta temperatura.

La expansión térmica aumenta el espaciado atómico y hace que las pinturas realizadas por el método del plasma, apreciablemente más densas que las pinturas líquidas, acusen valores de  $\lambda$  que disminuyen cuando la temperatura se eleva. (Figura 4c). La porosidad puede reducir significativamente la conductividad térmica de las pinturas hechas con materiales de altos valores intrínsecos de conductividad. El gran mérito de la pintura aplicada por plasma (de un solo componente) sobre las líquidas es el de que sus valores de  $\lambda$  siempre disminuyen cuando la temperatura se eleva.

## METODOLOGIA DE INVESTIGACION DE LAS PINTURAS PARA FUNDICION

Se puede hacer una correcta caracterización de las pinturas con el empleo de muy poca masa o volumen de materias primas, circunstancia que hace extrapolable a escala industrial los resultados de laboratorio.

El problema es escoger las propiedades más importantes que se esperan según los parámetros de fabricación y estudiar sus nexos. Tulousov<sup>23</sup> ha

desarrollado una serie de cuadros en donde relaciona la naturaleza de las materias primas con una serie de propiedades determinantes del comportamiento de las pinturas y enumera tales propiedades.

### Crterios para un Análisis Global de las Pinturas

Un análisis completo comprende el estudio de:

- i) Las propiedades intrínsecas y su modo de aplicación.
- ii) La interacción dinámica con el metal líquido: mediante un sencillo dispositivo es posible observar los fenómenos interfaciales metal-pintura a través de placas delgadas de cuarzo o pirex según sea la temperatura de colada. Resulta sencillo reconocer el origen de defectos atribuibles específicamente a la pintura<sup>2</sup>.
- iii) La valoración de los benefactores en la calidad superficial o acabado de las piezas<sup>7</sup>.

- iv) Sus características térmicas (coeficientes de transferencia de calor) que inciden en el avance relativo del frente de solidificación en la estructura resultante y que se calcula mediante el ensayo de fluidez<sup>1</sup>.

El ensayo de fluidez cumple con las condiciones de poder estudiar todos los factores anteriores y hacerlo, además, en forma interrelacionada.

Con la aplicación de pinturas a estos moldes, la resistencia térmica se hace tan elevada que se ha hecho una elaboración de los modelos clásicos de resistencia de contacto para aplicárselos a la fluidez y contar con una valiosa herramienta para medir los valores de coeficiencia de transferencia de calor<sup>24 25 26</sup>.

Por esta razón, para conocer en forma rápida los parámetros térmicos en cada tipo de pintura, es preciso realizar ensayos sistemáticos de fluidez.

### BIBLIOGRAFIA

1. A. Veinik, Thermodynamics for the Foundry man. McLaren and Son Ltd., 1968.
2. D. R. Thornton, An investigation on the functions of ingot mould dressings, JISI, July 1956, pp. 301-315.
3. A. Morales, "Las Pinturas de molde en las Aleaciones Superficiales", próximo a publicarse.
4. M. J. Colas y X. Virolle, Enduits pour les coutées en sable silicoargileux, CTIF Fonderie 162, Juillet 1959, p. 298.
5. D. Shirey y D. C. Williams, Observations on factors affecting moldmetal interfacial penetration phenomena, Transactions AFS, Vol. 76, 1968, pp. 661-674.
6. J. M. Svoboda y G. H. Geiger, Mechanism of metal penetration in Foundry moulds. AFS, Vol. 77, 1969, pp. 281-2-3.
7. Cast surface evaluation for roughness standards. Eldon Swing AFS Transactions, Vol. 67, 1959, p.300.
8. Poteyages pour les moules en Fonderie D'Acier. Traduction Fonderie 182, Mars 1961, CTIF.
9. M. Douzy, Tenue des poteyages pour la coulée en coquilles des alliages légers, Fonderie 228, Février 1965.
10. Poteyages de coquilles pour le moulage du latiton, Fonderie N° 114, Juillet 1955, pp. 4616-4617.
11. Doittau, Produits, Fonderies, Products Divers Corbeil, Essones.
12. G. Stroganov y S. L. Natapov, Dusting moulds, with hexachloroethane, Russian casting production, March 1971, p. 127.
13. Etudes de Coquilles, Temperatures d'emploi, Fonderie 135, April 1957, pp. 167-168.
14. L. Atchison y V. Kondic, The casting of non ferrous ingots, pp. 151-156-299, McDonald Evans Editor.
15. M. C. Flemings, C. Taylor, Aluminium alloys fluidity. Fluidity tripped with a new mold coating, AFS, Vol. 67, 1959, pp. 496-508.
16. Charles Reynolds, Thermal behaviour of Dies and Permanent molds, Transactions AFS 1964, Vol 72, pp. 342-347.
17. S. Parent, Coulée en coquilles des fontes, Simonin et Jean Parisien B 4221 Fonderie 331 Février 1974, p. 75.
18. Evolution technique de la Fonderie sous pression, Jean Parisien Ci II Fonderie 329, Dic. 1973.
19. Victor Paschkis, Transient Heat Flow, AFS, Heat Transfer Committee, pp. 100-103, Transactions, AFS 56-41.
20. J. M. Muller, Mise au point des Poteyages et Problemes de Transmision de la Chaleur dans la coulée en coquille d'Aluminium, Fonderie, Juillet 1965, pp. 292-293.
21. Fundición, p.44, Revista Sulzer gráfica N° 4065 ó 204.
22. G. N. Tuluzov y N. M. Martinenko, Factors affecting the thermal conductivity of die facings, Russian casting production, pp. 86-87.
23. G. N. Tuluzov, Selection of die coatings, Russian casting, p. 83, marzo 1973.
24. A. R. Rabinovich, Initial metal-mold heat exchange, Russian casting production, pp. 276-279, 1966.
25. Alvaro Morales, "Efecto de la Naturaleza de la Superficie de Molde sobre la Transferencia Calórica en el sistema Metal-Molde y las estructuras resultantes", Universidad del Rosario CNEA, Argentina Bs.As., 1975, p. 81.
26. M. Prates de Campos Filho y H. Biloni, Variables que condicionan la naturaleza de la zona chill de los lingotes, Matallurgical Transactions, Vol. 3, 1972, 1501.