

Obtención de ceras para el proceso de fundición a la cera perdida

José William Moreno Portillo
Ingeniero Mecánico
Médico Cirujano
Profesor Asociado
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

RESUMEN

En este trabajo se presenta la composición de tres ceras, relativamente económicas y de gran disponibilidad, que exhiben condiciones adecuadas para utilizarse en el proceso de MICROFUNDICION. Para definir las se estudió la influencia de los modelos de cera en cada una de las etapas del proceso y se planteó una serie de experimentos que evaluaron las características y propiedades más importantes, como punto de fusión, punto de ablandamiento, curva de enfriamiento, curva de flujo, expansión volumétrica, contracción lineal, resistencia, contenido de cenizas y penetración, entre otras.

OBTENCION DE CERAS PARA EL PROCESO DE FUNDICION A LA CERA PERDIDA

INTRODUCCION

Dentro de la línea de investigación de Biomecánica, que se lleva a cabo en el área de Diseño del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, se detectó la necesidad de obtener piezas en aleaciones ferrosas y no ferrosas con formas intrincadas cuya manera óptima de obtención es la microfundición. Dentro de este proceso, la obtención de modelos desechables es uno de los pasos principales; una de las

materias primas utilizadas en ellos, y que determina en gran parte la calidad y precisión de la microfundición, es la cera.

Investigado el mercado y las personas y entidades que prestan el servicio de fundición a la cera perdida, se pudo comprobar que en muchos casos las mezclas utilizadas para la obtención de ceras eran hechas de una manera empírica o, en su defecto, se utilizaban ceras importadas. Por lo anterior se decidió hacer un estudio de las características de los componentes de las ceras para fundición y proponer como resultado de este estudio una serie de mezclas de ceras (con sus propiedades) elaboradas con materia prima de fácil consecución en el mercado nacional.

En este artículo se presenta, como fruto de la investigación, la composición de tres ceras relativamente económicas y de gran disponibilidad que muestran condiciones adecuadas para ser utilizadas en la microfundición.

Para definir estas ceras se estudió la influencia de los modelos de cera en cada una de las etapas de la microfundición y se planteó una serie de experimentos que evaluaron las características y propiedades más importantes: punto de fusión, punto de ablandamiento, curva de enfriamiento, curva de flujo, expansión volumétrica, contracción lineal, resistencia, contenido de cenizas y penetración, entre otras.

Metodología seguida en la obtención de las ceras

La materia prima para la elaboración de los modelos desechables en microfundición, debe tener el mejor balance de propiedades y características junto con un bajo costo y gran disponibilidad.

Una encuesta mostró que en el país es posible encontrar, relativamente fácil, algunas ceras que la literatura técnica señala como importantes y

que podrían intervenir en el trabajo de investigación como materias primas básicas: cera de abejas, parafina macro y microcristalina, carnauba y estearina, así como también una resina, la colofonia.

La Cera de abejas es la de mayor disponibilidad. Su precio oscila alrededor de los tres mil quinientos pesos el kilogramo, pero desafortunadamente no se consigue ninguna información técnica. La parafina se obtiene por intermedio de Ecopetrol, quien la produce y comercializa. Su precio es alrededor de quinientos pesos el kilogramo.

Ecopetrol acompaña el producto con una tabla que contiene algunas de sus características físicas y químicas.

La carnauba, la estearina y la colofonia las ofrecen sólo algunos distribuidores importantes de materiales químicos. Entre ellas la carnauba es la de mayor precio, alrededor de seis mil pesos el kilogramo. Para estos materiales los expendedores no dan información técnica al respecto.

Con base en la revisión bibliográfica se decidió escoger las tres primeras ceras (abejas, parafina macro y microcristalina), como elementos esenciales de las mezclas, constituyéndose los otros tres elementos (carnauba, estearina y colofonia) en posibles modificadores.

Determinación de las propiedades básicas de las ceras

El siguiente paso fue definir las propiedades básicas a evaluar con el fin de deducir las mezclas más probables para una presentación final.

Las propiedades a estudiar deberían ser las más significativas dentro del proceso; es decir, aquellas que influyen de alguna forma en las caracte-

rísticas óptimas deseables para un buen éxito en la microfundición tales como inyección, descerado, quemado, etc. De acuerdo con lo anterior se seleccionaron las siguientes características para el estudio:

Punto de fusión. Se utilizó el método Drop Melting Point, ASTM D127-62. Su determinación correcta influye en la etapa de inyección y descerado.

Punto de ablandamiento. Para determinarlo se empleó el método Softening Point Ring-and-Ball Apparatus, ASTM E-28-67 (82). En general en materiales o mezclas que contienen resinas como la colofonia, el ablandamiento no ocurre a una temperatura definida. A medida que la temperatura aumenta estos materiales gradual e imperceptiblemente cambian de un estado frágil o excesivamente áspero y de flujo lento a materiales blandos y líquidos menos viscosos. Por tal razón la determinación del punto de ablandamiento es un parámetro importante.

Curva de enfriamiento. El método utilizado fue el de Cooling Curve D 87-77. Los resultados de este ensayo se utilizan para comparar las velocidades de solidificación no forzada entre diferentes mezclas. Además dan una idea clara del tiempo máximo requerido para remover los modelos.

Acabado Superficial y Desmoldeabilidad. Son parámetros de difícil evaluación; tienen un carácter subjetivo reflejado por una evaluación visual o táctil de la superficie del modelo.

Desde el punto de vista del acabado superficial deben analizarse en la cera su capacidad para copiar con gran facilidad detalles tales como aristas, filos, contornos suaves y bruscos, etc..., además de la lisura y brillantez de las superficies del modelo y de su adherencia a las manos del operario cuando se extrae del molde. El acaba-

do superficial del modelo depende del acabado superficial de la matriz y de las condiciones técnicas al momento de inyectar la cera e influye notoriamente en la pieza final ya que da al molde refractario el acabado que éste a su vez va a dar a la pieza final.

Resistencia a la Tracción. Se utilizó el método Tensiles strength of Paraffin wax ASTM D 1320-73 (83). Es de vital importancia evaluar esta característica y más si se tiene en cuenta que el modelo puede exigir un diseño que involucre secciones críticas como espesores muy delgados o que por requerimientos de producción sea necesario ensamblar racimos con una cantidad considerable de modelos que luego deben someterse a esfuerzos generados en los diferentes pasos que involucra la etapa del investido.

Expansión y Contracción Volumétrica. Se lleva a cabo según la norma ASTM D 1168-84. Su importancia se manifiesta principalmente en el descerado, pues la expansión del material refractario es siempre menor que la de la cera, de aquí que la concepción moderna del descerado es fundir y evacuar rápidamente la superficie de cera en contacto con el refractario para permitir a las masas internas expandirse con facilidad.

En modelos grandes es importante determinar las variaciones dimensionales generadas por cambios en la temperatura ambiente.

Fluidez. Se utilizó el método de carga constante propuesto por N.O. Taylor en el trabajo titulado A. Specification For Inlay Casting Wax, Journal American Dental Association. Febrero 1931.

Este ensayo marca la transición sólido-líquido de una cera limitando así el intervalo de temperaturas a las cuales se presenta el estado pastoso, hecho que a su vez es de gran utilidad para

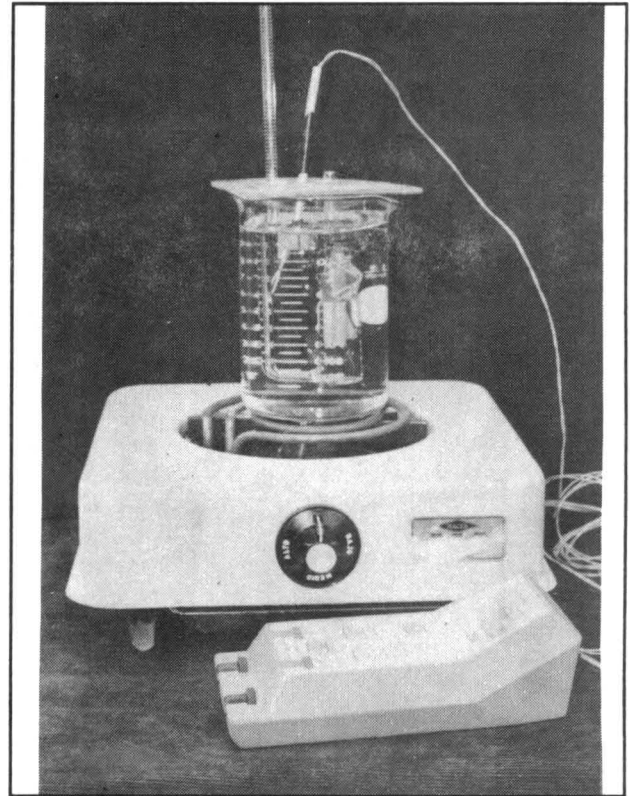
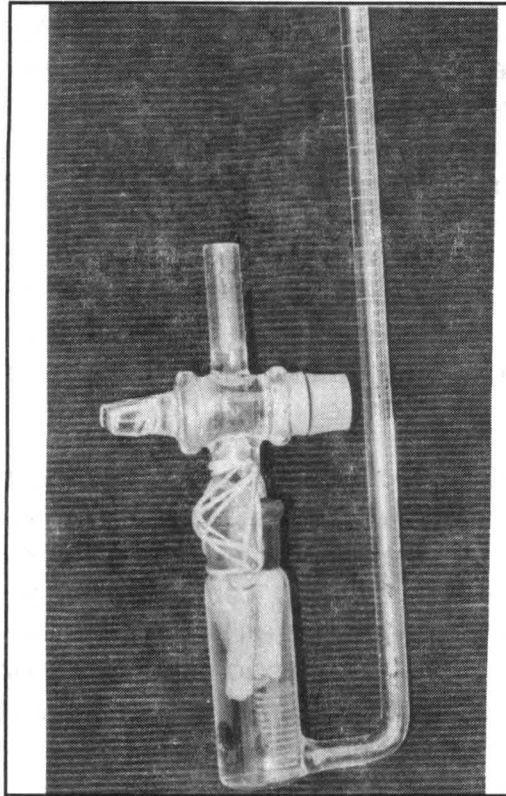


Figura 1. Dilatómetro para semi-sólidos y su montaje para determinar la expansión de la cera.

definir las temperaturas de inyección en este estado, y la máxima temperatura a la cual se puede manipular el modelo sin deformarlo ni distorsionarlo.

Penetración. Se usó el método Needle Penetration Of Petroleum Waxes, ASTM D 1321-81; mide la dureza del modelo y ésta va paralela al acabado superficial, pues define con qué facilidad puede rayarse el modelo.

Contenido de Cenizas. Los ensayos se realizaron mediante el muestreo Ash From Petroleum Products, ASTM D 482-80. Esta característica influye directa e incontrolablemente en la pieza final ya que su presencia en el molde facilita la formación de defectos y discontinuidades en la misma.

Diseño de las Mezclas y Obtención de los Productos. Se realizó un primer muestreo con mezclas binarias alrededor de las ceras básicas (cera de abejas, macrocristalina y microcristalina) y los modificadores (carnauba, estearina y colofonia) en porcentajes de 25%, 50% y 75% en peso.

Esto tiene como fin obtener un espectro confiable en la tendencia de los resultados en cada una de las propiedades antes citadas. Hechos los ensayos en estas mezclas binarias y de acuerdo con los resultados obtenidos, se propuso continuar este trabajo investigativo centrando la atención en tres mezclas que se destacaron en la etapa preliminar de ensayos y principalmente en el de contracción lineal. Las mezclas escogidas fueron:

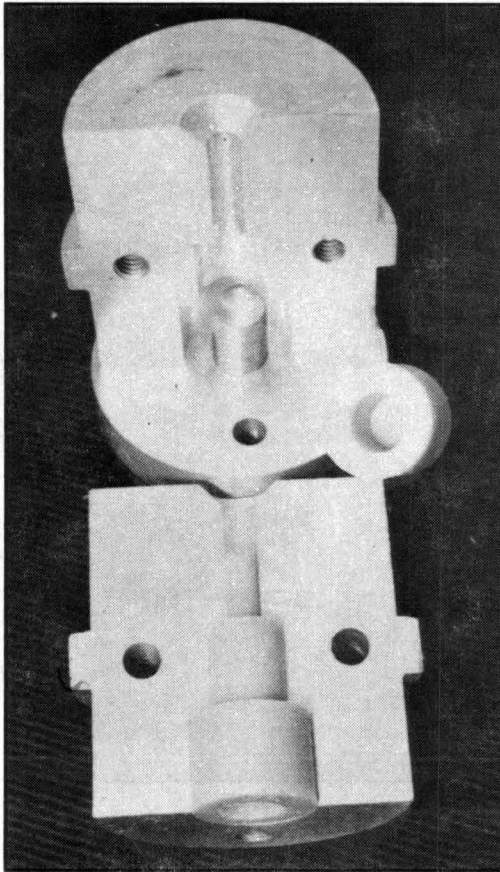


Figura 2. Matriz de probetas de contracción.

- Macrocrystalina 75% - Colofonia 25% (MaR).
- Macrocrystalina 50% - Colofonia 25% (MaR2).
- Microcrystalina 75% - Abejas 25% (MiA).

Estas mezclas ofrecían:

- Baja contracción lineal, principalmente la MaR2 y la MiA.
- Aceptable capacidad para el copiado de detalles.
- Fluencia uniforme en el ensayo de flujo y,
- Baja expansión térmica.

El acabado no era una de las características sobresalientes pues, las tres al momento de retirarlas de la matriz eran ligeramente pegajosas y al exponerlas al aire atrapaban mucho polvo e impurezas.

El siguiente paso fue decidir qué modificador adicionar y en qué porcentajes, con miras a mejorar el acabado superficial, sin desmejorar apreciablemente otras características, principalmente la contracción lineal.

Considerando la influencia positiva de la estearina y la carnauba en el acabado superficial, el aumento en la resistencia que produce la estearina en bajos porcentajes, como también el efecto negativo de ambas (en porcentajes medios y altos) sobre la contracción lineal y la expansión volumétrica, se decidió adicionar estos modificadores a cada una de las mezclas propuestas en porcentajes de 5% y 10% en peso.

El hecho de emplear en cada mezcla estos porcentajes de modificador obedeció a la intención de determinar, además de su posible efecto, si se observaba una tendencia adicional sobre sus características.

Estas mezclas denominadas mezclas secundarias, se evaluaron mediante los ensayos de punto de fusión y contracción lineal y de allí se obtuvieron las mezclas finales escogidas porque presentaron mejor acabado superficial y una contracción lineal mínima, con la más baja desviación. Las mezclas seleccionadas, que se tendrán como las mezclas finales, fueron:

- Macrocrystalina - colofonia - carnauba, en proporciones 45%, 45%, 10% : mezcla A
- Macrocrystalina - colofonia - estearina en proporción 60% - 30% - 10%: mezcla B
- Microcrystalina - abejas - carnauba, en proporción 70% - 25% - 5 % : mezcla C

INGENIERIA MECANICA

Los anteriores porcentajes son en peso.

Estas mezclas fueron evaluadas según los ensayos descritos inicialmente evidenciándose el

Tabla No. 1. Temperatura de Fusión y de Ablandamiento para las mezclas finales.

MEZCLA FINAL	Tf (°C) ASTM D127-83	Ta (°C) ASTM E28-82
A	69.0	70.0
B	57.0	56.0
C	75.5	71.0

marcado efecto de la estearina y la carnauba en la disminución y el aumento, respectivamente, de los puntos de fusión y ablandamiento. (Ver Tabla 1).

La figura 3 muestra las respectivas curvas de enfriamiento de las mezclas finales. En ella se observan las velocidades de enfriamiento de las mezclas, siendo mayor la de la mezcla B, seguida en su orden por la de A y la de C.

Respecto a la fluidez, la figura (4) muestra cómo todas las mezclas exhiben un intervalo de temperatura bien definido y en las que ocurren variaciones altas de flujo con leves cambios de temperatura. Es de anotar cómo la carnaúba, desplaza el intervalo de fluidez hacia mayores temperaturas, mientras que la estearina hace lo propio hacia temperaturas menores.

La figura (5) muestra las expansiones volumétricas de las mezclas finales.

En los resultados arrojados por el ensayo de resistencia, tabla (2), se observa que pese a que las mezclas no tenían puntos de fusión muy cercanos, los valores de resistencia sí lo fueron.

Otro aspecto importante de analizar es la cavitación (poros) o la tendencia de ésta a

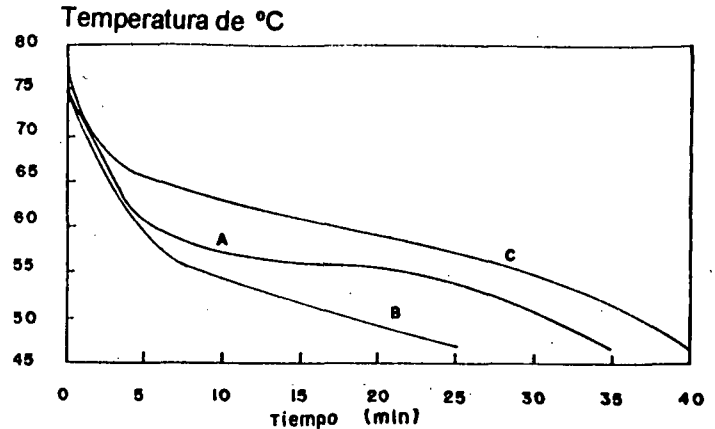


Figura 3. Curvas de enfriamiento de las mezclas finales.

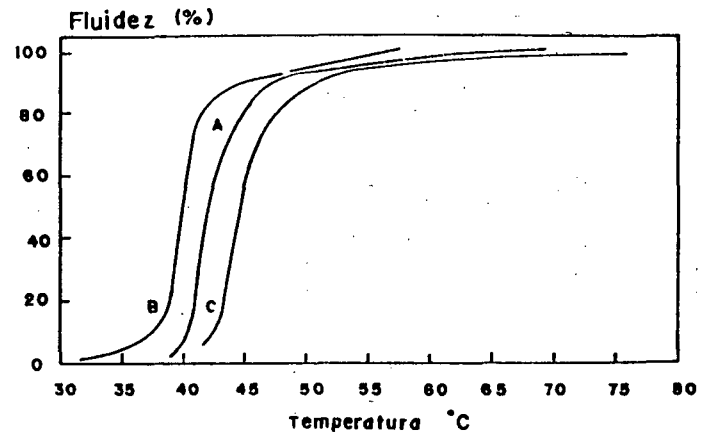


Figura 4. Curvas de flujo de las mezclas finales.

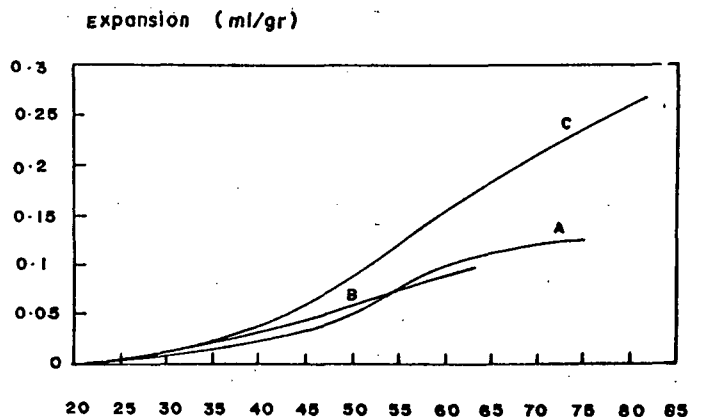


Figura 5. Expansión volumétrica de las mezclas finales.

Tabla No. 2. Resistencia a la tracción para las mezclas finales.

MEZCLA FINAL	RESISTENCIA A LA TRACCION
	kg/cm ² ASTM D 1320 - 73
A	21.73
B	21.90
C	19.63

presentarse en mezclas que se llenaron por colada; en este caso se vió que la cavitación fue mucho menor en las mezclas que tenían colofonia (A y B) que en la mezcla C; en la mezcla A fue prácticamente nula.

En la tabla (3) se muestra la contracción lineal para las mezclas finales variando la presión de inyección. Es evidente que el aumento en la presión disminuye la contracción lineal y que existe un punto óptimo de presión después del cual es impráctico aumentar la presión de inyección.

Otra característica importante se refiere al he-

Tabla No. 3. Contracción lineal para las mezclas finales variando la presión de inyección.

Cep. Final		CONTRACCION LINEAL(mm/mm).			
		Presión de Inyección (kg/cm ²)			
		0	1.80	6.35	13.58
A	μ	0.0165	0.0157	0.0138	0.0139
	μ	0.0060	0.0062	0.0050	0.0063
B	μ	0.0175	0.0170	0.0170	0.0138
	δ	0.0060	0.0071	0.0069	0.0051
C	μ	0.0212	0.0188	0.0187	0.0177
	δ	0.0090	0.0095	0.0087	0.0081

cho de que, en aquellas ceras que contienen colofonia (A y B), el desmolde es excelente.

A continuación se relacionan las propiedades principales de cada cera de las mezclas obtenidas.

CERA A

Composición:

Macrocristalina	45%
Colofonia	45%
Carnaúba	10%

Características Físicas:

Punto de fusión ASTM D 127-63, °C	69
Punto de ablan. ASTM E 28-82, °C	70
Rango de flujo (10 a 80%), °C	41 - 45
Resistencia a tracción, ASTM D 1320 - 73, Kg/cm ²	21,73
Expansión volumétrica	
Fusión total, ml/gr	0,13
Penetración, ASTM 1321 - 85 a 20 °C mm	<0,10
a 44 °C, mm	4,40
Contenido de cenizas, ASTM D 482 - 80, %	0,0250
Especificaciones:	
Temperatura de inyección, °C	65/45

CERA B

Composición:

Macrocristalina	60%
Colofonia	30%
Estearina	10%

Características Físicas:

Punto de fusión ASTM D 127-63, °C	59
Punto de ablan. ASTM E 28-82, °C	57
Intervalo de flujo (10 a 60%), °C	37 - 42
Resistencia a tracción, ASTM D 1320 - 73, Kg/cm ²	21,90
Expansión volumétrica	
Fusión total, ml/gr	0,10
Penetración, ASTM 1321 - 85 a 20 °C mm	0,80
a 44 °C, mm	9,67
Contenido de cenizas, ASTM D 482 - 80, %	0,0121
Especificaciones:	
Temperatura de inyección, °C	55/40

CERA C

Composición:

Macrocristalina	70%
Abejas	25%
Carnauba	5%

Características Físicas:

Punto de fusión ASTM D 127-63, °C	75
Punto de ablan. ASTM E 28-82, °C	71
Rango de flujo (10 a *), (%), °C	43 - 48
Resistencia a tracción,	

INGENIERIA MECANICA

ASTM D 1320 - 73, Kg/cm ²	19,63
Expansión volumétrica	
Fusión total, ml/gr	0,26
Penetración, ASTM 1321 - 85	
a 20 °C mm	0,55
a 44 °C, mm	3,17
Contenido de cenizas,	
ASTM D 482 - 80, %	0,0138
Especificaciones:	
Temperatura de inyección, °C	70/45

BIBLIOGRAFIA

- BARRERA, Fabio y OSORIO, Henry. Obtención de Ceras para el Proceso de Fundición a la Cera Perdida. Proyecto de Grado -Universidad Nacional de Colombia- Santafé de Bogotá 1992.
- BEELEY, P. R., Investment Casting. Foundry Technology. Butterworths. London, 1972. p. 13-39.
- BERGEMAN, Myron. Procesos de Vaciado de Precisión a la Cera Perdida. Procesos de Manufactura. C.E.C.S.A. 1a. Edición. España 1960. p. 137-149.
- BRISCOE, E. M., ROSE K. y RONCA, E. Ceramics in the Investment-casting Industry. Foundry Trade Journal. Londres, Mayo 4, 1967. p. 511-521.
- COOK, Gleen J. Investment Casting. Engineered Castings. McGraw Hill Book Co. New York, 1961. p. 57-61.
- CRONITE Precision Castings Limited. Cronite investin. Lost-wax. Foundry Trade Journal, Londres, Julio 29, 1982. p. 167-174.
- DONALDSON, E. G. Investment Castings, British Investment Casters Technnical Association, BICTA, 36 págs.
- DONALDSON, E. G. Patterns Materials and Their Use in Investment Castings. British Investment Casters Technical Association, BICTA, 21 págs.
- EKEY, D. E. y WINTER, W. P., Investment Casting Process. Introduction to Foundry Technology. McGraw Hill. New York, 1956. p. 67-77.
- GREEN-SPIKESKEY, E. Investment Casting. The Process and the Product. Metallurgic and Metal Forming. Londres, Julio 1975. p. 208-211.
- Foundry Trade Journal, Londres, Marzo 27, 1969.
- MAREK, Clarence. Investment Molds. Fundamentals in the Production of Metals Castings. p. 16-21.
- MARTY, John y PAYNE, Michael. Wax Testing Helps Control Pattern Variation. Modern Casting. Febrero 1989. Pág. 55.
- PEYTON, Floys A. y ANTONY, David H. Ceras Materiales Dentales Restauradores. Editorial Mundial. 1a. Edición, Buenos Aires 1964. p. 218-239.
- POGODIN, G. I., RAZUMOV, N. A. y TITOV, N. D. La Colada a la Cera Perdida. Procesos Tecnológicos Progresivos en la Construcción de Maquinaria. Editorial Mir. Moscú. p. 261-267.
- SENA. Moldeo de Precisión. Centro Nacional de Fundición. Bogotá, 1988.
- SEYMOUR, Raymond B. Petroleum Waxes. Hot Organic Castings. Reinhold Publishing Co. New York 1959. p. 49-81.
- SALOMON, P. Pattern Materials for Investment Casting. Foundry Trade Journal, Londres, Marzo 27, 1969. p. 525-528.
- SYLVIA, J. Gering. Investment Casting. Cast Metals Technology. Addison-Wesley Publishing Co. U.S.A. 1972. p. 46-65.
- WOOD, Rawson L. Investment Casting. ASME Handbook. Metals Engineering Processes. McGraw Hill Book Co. First Edition. New York 1958. p. 38-48.