

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

30

PROCESO DE CASCARA PARA FUNDICIONES DE HIERRO

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO METALURGICO**

P R E S E N T A

MARCO ANTONIO OCHOA PINZON



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
TESIS 1979
N.º ~~U.T. 260~~ 260
FECHA _____
PROC. _____
S. _____



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE	ING.	MANUEL F. GUERRERO FERNANDEZ
VOCAL	M. en C.	FERNANDO MALDONADO MENDOZA
SECRETARIO	ING.	JOSE CAMPOS CAUDILLO
1er. SUPLENTE	QUIM.	DARIO R. PEREZ PRIEGO
2° SUPLENTE	M. en C.	MA. EUGENIA NOGUEZ AMAYA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

RODAMEX, S.A. - FHASA - UNAM

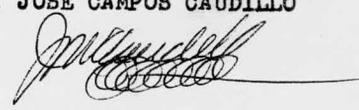
SUSTENTANTE:

MARCO ANTONIO OCHOA PINZON



ASESOR DEL TEMA:

ING. JOSE CAMPOS CAUDILLO



A MIS PADRES:

RUBEN ISIDORO Y ERNESTINA

NOBLES REPLICAS DE ABNEGACION,
QUE A COSTA DE GRANDES FATIGAS Y DESVELOS,
SUPIERON FORJARME UN PORVENIR MAS CRISTALINO.

HACIA ELLOS, MI ETERNA GRATITUD.

A DEBBIE :

SEMBLANTE DE PACIENCIA Y COMPRESION,
AUN EN LOS MOMENTOS ACIAGOS.

A MIS HERMANOS

A MIS VENERAELES TIAS:
SRITA. GUADALUPE PALACIOS FLORES
SRA. SIRENIA OCHOA GARCIA

A MIS PROFESORES

AGRADEZCO AL PROFESOR
ING. JOSE CAMPOS CAUDILLO
SU VALIOSA COLABORACION EN LA
REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO.

INDICE

Pág.

INTRODUCCION	1
I.- ARENAS PARA MOLDEO	4
1.1.- IMPORTANCIA	4
1.2.- TIPOS DE ARENA	6
1.3.- GRANULOMETRIA	7
1.4.- PROPIEDADES	9
1.4a.- Plasticidad	9
1.4b.- Refractariedad	10
1.4c.- Permeabilidad	10
1.4d.- Resistencia	11
1.5.- ARCILLAS	12
1.5a.- Bentonitas	13
1.5b.- Caolinitas	13
1.5c.- Illitas y Limonitas	13
1.5d.- Arcillas refractarias y grasas	14
1.6.- ARENAS MEJORADAS	14
II.- INFLUENCIA Y COMPORTAMIENTO DE AGLUTINANTES	19
2.1.- MECANISMOS DE AGLUTINACION	19
2.1a.- Aglutinación mecánica	20
2.1b.- Aglutinación electrostática	20
2.1c.- Aglutinación por tensión superficial	21
2.1d.- Aglutinación por polímeros	22
2.2.- AGLUTINANTES RESINOSOS	22
2.2a.- Resinas fenólicas	23
2.2b.- Resinas furánicas	24

2.2c.- Resinas ureicas	25
2.2d.- Resinas de uretano	26
III.- REACCION FENOL - FORMALDEHIDO	27
3.1.- GENERALIDADES	27
3.2.- RESOL	28
3.3.- NOVOLAC	34
3.4.- ANALISIS DE LA REACCION	39
3.4a.- Condiciones	39
3.4b.- Condensaciones iniciales	41
3.4c.- Curado de la resina	44
3.4d.- Secuencia del curado	45
VI.- PROCESO DE CASCARA (SHELL)	50
4.1.- DESCRIPCION DEL PROCESO	50
4.2.- MODELOS	52
4.3.- CALIDAD DE LA ARENA	54
4.4.- RESINAS FENOLICAS PARA FUNDICION	54
4.5.- PREPARACION DE LA ARENA	56
4.6.- LUBRICACION	58
4.7.- MOLDEO	59
4.7a.- Molde cáscara	60
4.7b.- Corazones	61
4.8.- APISONADO	62
4.9.- CURADO	62
4.10.- ENSAMBLE DE MOLDES	63
4.11.- PINTURAS	64
4.12.- DETERIORACION DE ARENAS	65

V.- METODOS DE RECUBRIMIENTO	66
5.1.- GENERALIDADES	66
5.2.- RECUBRIMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE O EN TIBIO	72
5.3.- RECUBRIMIENTO EN CALIENTE	73
5.4.- ADITIVOS	74
5.5.- RADIO DE ACCION DEL ACELERADOR	75
VI.- METODOS DERIVADOS DEL PROCESO DE CASCARA	76
6.1.- PROCESO DE CAJA CALIENTE (HOT BOX)	76
6.2.- PROCESO DE CAJA FRIA (COLD BOX)	78
CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFIA	83

INTRODUCCION

Dentro de la industria de fundición, los sistemas de moldeo desempeñan un papel preponderante, pues hacen posible la fabricación de infinidad de piezas metálicas, aun por complicadas que éstas sean.

En la antigüedad, los artículos de metal fueron creados con un motivo bélico y el constante afán de perfeccionarlos originó la renovación de los procedimientos de moldeo, técnica que consiste en la elaboración de moldes de arena, los que servirán de receptáculo al metal fundido, de manera que al solidificarse, constituirá la pieza deseada.

En otra época, las mezclas de tierra con agua y demás ingredientes eran utilizados para confeccionar los moldes; estas mezclas parecen ser el antepasado inmediato de las arenas destinadas al moldeo.

Enseguida se enlistan algunos métodos de moldeo que se eligen conforme a su efectividad, para cubrir las necesidades de la pieza:

- 1) Moldeo en barro
- 2) Moldeo en verde
- 3) Moldeo bajo proceso de CO_2
- 4) Moldeo en cera
- 5) Moldeo de cáscara

La intención del presente trabajo se reduce a detallar el Proceso de Cáscara, cuyo funcionamiento se basa en "moldes perdidos", contruidos de arena sílica y empleando resinas fenólicas como aglutinante; éstas son escogidas por sus propiedades, velocidad de curado, costo, etc.

En 1930 Harry M. Dent y Frank W. Less introdujeron las resinas termoplásticas en fundición (Patente U. S. N° 1,777,998), pronosticándoles un futuro promisorio. En esa oportunidad, su campo de acción -- quedó restringido a satisfacer apenas, las necesidades de cierto tipo de corazones.

Con el surgimiento de este género de resinas, denominadas también bakelitas, se proporcionó una información escueta y algo confusa quizá, acerca de la secuencia de polimerización. A partir de aquí, mucho se ha discutido sobre el complejo molecular; sin embargo, el avance ha sido tan lento que en la actualidad no se ha determinado perfectamente la estructura de la resina curada. Tal parece que los investigadores no le han concedido la debida importancia, a pesar de los frecuentes problemas que de este aspecto se presentan y de los cuales, -- sólo queda una explicación empírica.

Mediante los mecanismos de reacción, más que de los escasos estudios realizados, se ha podido descubrir la formación de algunos compuestos intermedios, cuya existencia es fugaz en el transcurso de la reacción. Así mismo, ha sido motivo de predicción, la presencia de -- compuestos colaterales en la mezola residual, como resultado de la polimerización, lo que nos da un indicio aproximado de la complejidad -- que representa el conjunto molecular.

El moldeo de cáscara o Proceso Croning fue desarrollado en Alemania por Johannes Croning durante la Segunda Guerra Mundial (1943); a través de él, revolucionó la tecnología de fundición, demostrando -- las enormes ventajas que presentaba en comparación con los métodos -- tradicionales y entre las que se cuentan:

- a) Fabricación de moldes huecos de paredes delgadas.
- b) Ciclos más cortos de horneado en el curado de la resina.
- c) Menor utilización de arena por tonelada de metal.
- d) Versátil manipulación de moldes ligeros pero resistentes.
- e) Mayor velocidad de producción.

En el molde se efectúa el vaciado de hierro fundido y una vez solidificada la pieza de metal, el molde ya no desempeña ninguna función y se pierde, ya que no es posible restaurarlo; pero la arena que lo constituyó es recuperable para utilizarse de nueva cuenta.

En sus inicios, el proceso estaba destinado tan sólo a conseguir una mezcla mecánica de resina sólida con arena; bajo estas condiciones la mezcla era causante de frecuentes polvaredas durante la descarga.

Al término de la guerra, Chester W. Fitco llevó a cabo un mezclado con resinas líquidas, que se tradujo en el recubrimiento de la arena, previo al revestido del modelo. Además, incorporó jabones metálicos como lubricantes (Patente U. S. N° 2,706,163). Tales innovaciones fungieron como plataforma de lanzamiento para las producciones en serie, cuyo aprovechamiento se manifiesta en:

- a) Soplado a presión de arena sobre los modelos.
- b) Automatización generalizada del proceso.
- c) Moldes más limpios, aglutinados homogéneamente.
- d) Abatimiento de los costos de producción.

CAPITULO I

ARENAS PARA MOLDEO

1.1.- IMPORTANCIA

Con arena se preparan los moldes, elementos primordiales, en los cuales se reproducen la forma y las dimensiones de la pieza metálica que se desea obtener.

El molde se va construyendo a base de cavidades y salientes, de manera que en él queda reproducida la forma invertida de la pieza. Por ejemplo, si ésta tendrá cavidades cilíndricas como en el caso de un monoblock (motor de combustión interna), entonces en el molde se representarán por las respectivas salientes de forma cilíndrica. Estas salientes o relieves son sólidos de arena perfectamente compactada y reciben el nombre de corazones o machos.

En el molde, se vierte el metal fundido que circulará por los canales de alimentación, llenando las cavidades que lo conforman. Al solidificar el metal, se rompe el molde y se saca la pieza.

Comúnmente, los moldes se producen en cajas metálicas que constan de dos partes: una superior fija y otra inferior movable. En la superior casi siempre se moldea la parte de la pieza que presente más cavidades, por la comodidad de que se emplea menos arena. Esta sección se denomina ^{COPE} hembra. En la inferior se moldea la que llevará un mayor peso por la ^{DRAG} cantidad de arena y se llama macho. Al acoplar-se ambas partes, conformarán en su interior la pieza dada, con sus dimensiones ligeramente exageradas.

Para elaborar los moldes es necesario utilizar modelos que se

hacen de madera de pino, aliso, haya y tilo si se trata de una producción en pequeña escala; pero en el caso contrario, se manufacturan de metal, siendo tan populares los de aluminio como los de acero.

La madera empleada para el armazón del modelo se prepara en forma de barras y tablas completamente secas. Puede construirse de una sola pieza o dividirse en dos o más partes.

Al diseñar el modelo, se toman en consideración las contracciones que sufre el metal cuando se enfría, razón por la cual presenta dimensiones un poco mayores en comparación con la pieza moldeada. Sobre el modelo se deposita la arena ya preparada para efectuar el moldeo, de modo que luego de haber adquirido la arena su resistencia, se retira el modelo procurando no deteriorar las paredes del molde de arena. Para extraerlo con más facilidad, las paredes del modelo se hacen ligeramente cónicas y las inclinaciones o declives de madera oscilan entre 1° y 3°. Con el propósito de evitar derrumbes en los moldes, al extraer el modelo, se utiliza un pincel de cáñamo con el que se mojan los bordes de la cavidad del molde.

En los talleres de modelos, suelen emplearse los patrones o medidas de contracción, donde se conservan ya las proporciones de la contracción lineal según la aleación de que se trate:

<u>Material</u>	<u>Contracción Lineal Aprox.</u>
Fundición gris	1%
Acero	2%
Cobre	1-1.5%
Aluminio	1-1.5%

El modelo es la fiel reproducción de la pieza deseada a excepción de las dimensiones, que se comprueban por última vez tan pronto como se encuentre armado.

Cuando se construye de madera y se producen defectos superficiales como huecos, grietas, abollamientos, etc., se recubren con masilla preparada de polvo de tiza, a base de aceite cocido o cola. Para alisar su superficie se emplea goma laca, a la vez que sirve de protector contra la humedad.

Los modelos metálicos presentan la ventaja de ser más durables y en ellos se logra una mayor precisión en las medidas, además de que su superficie pulimentada queda libre de imperfecciones.

1.2.- TIPOS DE ARENA

La arena es un conglomerado de partículas sueltas, de materia mineral y cuyos tamaños varían en diámetros desde aproximadamente 0.05 mm. a 2.0 mm.

Las arenas seleccionadas para tareas de moldeo constan de sílice (SiO_2), en su forma de cristales de cuarzo. Normalmente se le encuentran asociados, diminutos agregados de mica y feldespato. De acuerdo a su lugar de localización, también pueden aparecer contenidos variables de minerales como olivino ($\text{Mg, Fe}_2\text{SiO}_4$), magnetita (Fe_3O_4), ilmenita (FeTiO_3) y circón (ZrSiO_4). Su presencia se hace más patente aun cuando imparten a la arena diversas coloraciones, que van desde el blanco hasta el rojo oscuro o pardo.

Las rocas se fueron erosionando al cabo de las eras geológicas y dieron origen a los distintos tipos de arena, que bajo el impulso de las aguas de ríos y lagos, empezaron a depositarse en vastas ex-

tensiones de terreno.

El caudal de los ríos permite la transportación de partículas. Cuando es rápido, se logran arrastrar tanto finas como gruesas. En los lugares donde disminuye y se hace más lento por condiciones propias del terreno, las partículas más gruesas se van depositando paulatinamente. Por el contrario, las finas continúan siendo arrastradas. Cuando la fuerza de la corriente se desvanece al formarse los lagos, las gruesas se sedimentan primero y enseguida las medianas, mientras que las finas son transportadas hasta las zonas tranquilas.

La composición de los depósitos de arena es inherente a la naturaleza de las rocas erosionadas, así como la forma en que se produjo el depósito, pues si el transporte se efectúa a través de un río, será factible encontrar a lo largo de su recorrido, diversos tipos y contenidos de minerales.

1.3.- GRANULOMETRIA

La utilidad de las arenas se determina en base al análisis químico, donde se identifica el contenido de sílice, arcilla e impurezas.

A través de una observación microscópica, se logran conocer forma, tamaño y distribución de las partículas pertenecientes a un mismo depósito o yacimiento. Bajo esta información, se seleccionan los lotes y se destinan para el moldeo más apropiado.

La forma de los granos o partículas es variada y va de acuerdo con su situación geográfica. De esta manera se identifican fácilmente:

- 1) Angular
- 2) Subangular
- 3) Redondo
- 4) Compuesto

Los granos angulares constan de contornos irregulares, donde se forman pequeños relieves y cuyas aristas forman ángulos obtusos. Los subangulares consisten al igual que los anteriores, de contornos irregulares, con la diferencia de que sus salientes constituyen ángulos agudos. El grano de tipo redondo presenta una superficie más o menos regular y bien definida, por lo cual no se forman aristas, favoreciendo diversos ovalamientos. La combinación del grano angular con el redondo da configuración al grano compuesto.

La mayoría de las arenas contienen, por lo general, más de uno de los tipos anteriormente descritos, debido a que la erosión no es homogénea en la periferia de las rocas y consecuentemente en cada una de las partículas. Así pues, aunque sea predominante un tipo de partícula, de la mezcla resultan lotes con granos "compuesto redondeado", si aparecen granos del tipo compuesto y redondo; "compuesto subangular" si se encuentran compuestos y subangulares, etc.

En lo referente a sus texturas, puede ser ésta rugosa, lisa o porosa. Las arenas de grano angular, subangular y compuesto, al presentar una superficie irregular, tienden a formar ciertas rugosidades, sobre todo cuando el desgaste no es uniforme o completo. Las de grano redondeado aparecen con superficies lisas y no rugosas, pues la erosión eólica caracteriza estos desgastes. También es común apreciar porosidades en los expuestos a la acción de las aguas corrien--

tes, en tanto que su superficie puede ser algo aplanada.

En nuestro país existen depósitos de arena en Veracruz (Juanita), San Luis Potosí (Pizzuto), Michoacán (Tarandacuao), etc., y en ellos predomina el grano del tipo compuesto subangular.

1.4.- PROPIEDADES

Después de realizada la colada, el molde de arena queda inservible y se pierde, pero la arena se recupera para emplearse nuevamente, lo que permite hacer más costeable el proceso, pues las pérdidas que se producen son insignificantes comparadas con los volúmenes que se manejan, luego de haberse utilizado en repetidas ocasiones.

Al tener contacto con el metal fundido, sus propiedades se desmejoran notoriamente, por lo que resulta conveniente reponer esta -- arena vieja por un lote de arena nueva, o bien, efectuar periódica--mente una mezcla de ellas con el propósito de restituirle sus propiedades:

- a) Plasticidad
- b) Refractariedad
- c) Permeabilidad
- d) Resistencia

1.4a.- Plasticidad

La plasticidad de la arena permite la fiel reproducción de piezas metálicas a través de moldes, aun por complicados que sean.

Las paredes del molde son fácilmente deformables. No obstante, logran soportar las presiones ejercidas por el metal, sin aplastar o

desmoronarse. Al transferir calor, se hacen más flexibles y elásticas pero su superficie se conserva ya que no deben producirse variaciones en las medidas.

La diferencia de espesores en el molde origina zonas de mayor plasticidad que otras, por lo cual se debe tomar en cuenta el grado de compactancia en la arena.

Al retirar el molde del modelo, llegan a provocarse imperfecciones o puntos débiles en su superficie, los cuales quedan sujetos a retoques.

1.4b.- Refractariedad

Las arenas sílicas soportan temperaturas cercanas a 1800°C, dependiendo del contenido de impurezas. A medida que aumentan, disminuye su punto de fusión y poder refractario.

Las arenas de circón son las más refractarias y se utilizan cuando se requieren velocidades lentas de enfriamiento. Su adquisición es costosa, razón por la cual, al constituir los moldes donde se incluya este tipo de arena, se mantienen espesores delgados, completándose al espesor requerido con arena sílica de buena calidad.

1.4c.- Permeabilidad

La arena debe constituir una masa cuya permeabilidad facilite la evacuación progresiva de aire y gases contenidos en el molde. La carbonización de aglutinantes, la expansión térmica de los granos de arena y la evacuación de volúmenes considerables de gas, pueden ocasionar en un momento dado permeabilidades deficientes o nulas.

En el caso particular de producir un molde poco permeable, don

de el metal fundido no alcance a llenarlo completamente, sea por las características propias de la forma del molde o por un vaciado defectuoso, entonces quedarán gases atrapados. Así se originaría una situación similar al ejemplo representado por el empuje de un pistón. Al buscar los gases una salida lo harían de manera violenta, rompiendo las paredes del molde, preferentemente por sus partes más débiles o espesores menos gruesos, aunque puede ser cualquier sección.

La temperatura de operación tiene una ingerencia directa en la permeabilidad, ya que a menor temperatura se pueden emplear arenas - menos permeables o con mayor grado de finura.

1.4d.- Resistencia

Los moldes ya hechos demandan una resistencia tanto en frío como en caliente para no desmoronarse por acción del chorro de hierro fundido. Es oportuno señalar que una resistencia mayor de la necesaria puede ocasionar fisuras irreparables en el metal solidificado, - al ser factible que sus esfuerzos no alcancen a contrarrestar plenamente los ofrecidos por la compactancia del molde. Entonces, tiende aquél a ceder aun más, por las contracciones propias de su solidificación. Casos de este tipo no son excepcionales, pero puede suscitar se al colar piezas cuyas diferencias de secciones sean apreciables. Las secciones más delgadas tienden a fisurarse, si en tramos aledaños aparecen secciones de mayor grosor o de arena fuertemente compactada. En consecuencia, la resistencia del molde debe soportar las dilataciones de las partículas, sin desplomarse.

Es recomendable no desmoldear las piezas antes de enfriarse -- por completo, pues de lo contrario, el calor se disipa con mayor ra

pidez del centro de la pieza al exterior. Al no ser controlable esta pérdida de calor, por las irregularidades de su forma y secciones, - puede acarrear contracciones severas de la pieza, causando agrieta-- mientos.

La escasa resistencia del molde, al contacto del metal fundi-- do, promueve que se ocasionen costras o inclusiones de arena, al des lavarse sus paredes interiores.

1.5.- ARCILLAS

Difícilmente pueden encontrarse depósitos libres de impurezas minerales como el feldespato y mica, además de otros compuestos como cal, álcalis, magnesio, óxidos diversos (siendo los más abundantes - los de hierro), etc., cuyo contenido disminuye el poder refractario de la arena, por su acción fundente.

Tampoco se puede concebir la idea de explotar un depósito sin que aparezcan arcillas, puesto que al igual de las arenas, son el re sultado de rocas erosionadas. Su presencia casi siempre es deseable, debido a que se aprovecha su alta capacidad de absorber agua al em-- plearse como aglutinante en la preparación de moldes y corazones.

El principal componente de las arcillas es el silicato de alu-- mina, cuyas moléculas presentan fuerte avidez por el agua; es enton-- ces cuando adquiere una gran plasticidad.

Las arcillas se clasifican en cuatro categorías:

- a) Bentonitas
- b) Caolinitas
- c) Illitas y Limonitas
- d) Arcillas refractarias y grasas

1.5a.- Bentonitas

Las bentonitas esencialmente se constituyen del mineral montmorillonita $[Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O]$ y dependiendo de la composición -- del yacimiento, se presentan como bentonitas sódicas o cálcicas.

Son arcillas coloidales muy plásticas, pues su capacidad de absorber agua es tal que después de mezclarla con un 90% de agua con--forme a su peso, logra constituir una masa tan pastosa que no fluye fácilmente. Aun cuando su composición es similar, las sódicas poseen una mayor capacidad por retener agua. Sus insignificantes partículas apenas alcanzan diámetros de 1μ .

Puesto que la temperatura comienza a ablandar las bentonitas -- alrededor de $1350^\circ C$, su refractariedad es entonces aceptable. Se expende como un polvo blancuzco cremoso o ligeramente gris y su textura es lisa, peculiar de estas arcillas.

1.5b.- Caolinitas

Las caolinitas son residuos de rocas granitas y basálticas. El tamaño de sus partículas es alrededor de 10μ de diámetro y su escasa capacidad de absorber humedad hace decrecer sus propiedades plásticas y aglutinantes. Al mezclarse con agua, tiende a mantener en -- suspensión aun sus partículas más voluminosas. Logran soportar mejor los efectos de la temperatura, ya que su punto de ablandamiento se -- produce a $1700^\circ C$.

1.5c.- Illitas y Limonitas

Generalmente las illitas se presentan en forma de óxidos o si-

licatos que al ser inestables con el incremento de temperatura, con-
fieren a la arena características poco refractarias, además de que -
suelen aparecer con minerales de sodio y potasio, cuyos silicatos --
funden a temperaturas relativamente bajas. Así, tienen una escasa --
aplicación en piezas de hierro, quedando su utilidad restringida a -
las piezas de menor tamaño.

La limonita es un óxido de hierro hidratado ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Fre-
cuentemente se encuentra en la superficie de las partículas de cuar-
zo, proporcionando al lote de arena un color pardo o amarillento.

Su marcada tendencia para dar cabida a silicatos y la acción -
fundente que esto representa, deja endeble a la masa de arena frente
a los efectos del calor.

1.5d.- Arcillas refractarias y grasas

Estas arcillas pasan a ocupar un segundo término puesto que su
empleo es ocasional o como complemento de las anteriores.

Las refractarias pueden mezclarse con las bentonitas para pro-
longar su acción aglutinante en las arenas sintéticas. Se les encuen-
tran asociados con capas de carbón, trozos de pizarra y materia orgá-
nica. La principal aplicación de estas arcillas es destinada a cons-
truir ladrillos refractarios para hornos y crisoles.

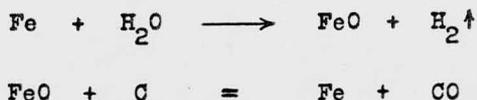
Las arcillas grasas tienen una gran resistencia y plasticidad.
Sus características refractarias se aprovechan comúnmente para fabri-
car retortas y es poca su utilización en las arenas, por su costo.

1.6.- ARENAS MEJORADAS

El uso continuo de las arenas provoca que vayan deteriorando -

sus propiedades, después de haber sido receptáculo del hierro fundido. Por tal motivo, periódicamente se revuelve con arena nueva y diversos compuestos que actúan como aglutinantes, según las necesidades del moldeo.

Las arenas destinadas para el moldeo pueden ser naturales cuando llevan a cabo su aglomeración sin más ayuda que una buena cantidad de agua. Usualmente se componen de arena nueva, arena vieja y -- polvo de carbón, cuya función principal es evitar que la arena se adhiera al metal. Su acción reductora descompone el óxido que se forma en la zona externa del metal, por la presencia de humedad en la arena, efectuándose las siguientes reacciones en la cara de contacto metal-arena:



La proporción de agua que debe llevar la arena va del 5% al -- 10% y sirve como un medio de enlace entre las partículas de la mezcla. A la vez, les confiere una mayor plasticidad durante el moldeo.

A continuación se enlistan las proporciones de arena más adecuadas, según el espesor de la pieza metálica:

<u>Grueso de la Pieza</u>	<u>Arena Nueva</u>	<u>Arena Vieja</u>	<u>Polvo de Carbón</u>
hasta 6 mm.	6 partes	20 partes	1.5 partes
de 6 mm. a 12 mm.	8 partes	20 partes	1.75 partes
de 12 mm. a 20 mm.	10 partes	20 partes	2.5 partes
de 20 mm. a 35 mm.	15 partes	20 partes	3.0 partes
de 35 mm. a 60 mm.	20 partes	20 partes	5.0 partes

Las arenas sintéticas son aquellas a las que se les adicionan cantidades variables de aglutinantes para aumentar su poder de aglomeración.

Tradicionalmente, se han empleado aglutinantes minerales, como es el caso de las arcillas, pues mejoran la permeabilidad de los moldes al mismo tiempo que modifican la resistencia en verde entre --- otras características, que se controlan variando el tipo de arcilla y cantidades de polvo de carbón.

Los contenidos de arena más apropiados son:

Arena sílica usada	80% peso	Arena sílica usada	60% peso
Arena nueva	10%-15% peso	Arena nueva	30%-35% peso
Bentonita	2%-5% peso	Bentonita	1%-5% peso
Polvo de carbón	1%-5% peso	Polvo de carbón	1%-5% peso

En este caso se emplean bentonitas, ya que además de proporcionar una buena compactancia de la arena, incrementan la resistencia - del molde conforme aumentan en cantidad. Generalmente no exceden del 5%, pues originan una gran resistencia en la arena, tanto que, dependiendo del tipo de pieza, pueden provocar agrietamientos.

El máximo de humedad permisible para arenas sintéticas es de 4%, lo que resulta menor comparado con las naturales.

Tan pronto como llega la arena a la fundición, se tamiza primeramente con el fin de separar las partículas de mayor tamaño. En esta parte pueden emplearse varias técnicas, sea a través de tamices - mecánicos o aun manualmente; enseguida se aerean, se secan en hornos o estufas mecánicas de forma vertical u horizontal, para eliminar humedad, y se mezclan hasta obtener una homogeneidad de tamaños.

Cuando las arenas son carentes o bajas en contenido de arcillas, se hace más versátil su procesamiento. Se puede tamizar y embarcar así desde su centro de explotación o también se les puede secar y tamizar hasta conseguir diversos grados de finura, que vuelta a mezclar, se logre obtener el análisis de tamiz deseado.

Al aparecer impurezas, la arena se lava, seca y tamiza. Luego se vuelve a mezclar para tenerlas en diferentes tipos de finura y distribución de grano.

La operación que requiere de mayor cuidado es el mezclado, pues de ello dependerá que aparezcan buenas propiedades en los molinos. En la práctica, lo más importante y más difícil de determinar son los tiempos de mezclado, que se ven fuertemente influenciados tanto por la forma de las partículas como por su tamaño. Estos tiempos van en relación directa con la demanda de energía requerida para mezclar toda la masa de arena.

Si las partículas son del tipo redondeado, entonces necesitarán de una menor cantidad de energía para alcanzar una completa homogeneidad en el mezclado, ya que la forma propia de sus partículas facilitará su libre desplazamiento dentro del molino. Los molinos mezcladores constan esencialmente de una cuba circular; paralelo a sus paredes giran unas ruedas o paletas sujetas a un eje vertical.

Cuando por descuidos se llega a provocar un sobremezclado, entonces habrá pérdidas de humedad, ya que las fricciones aumentan, formándose zonas grumosas en la arena. Tanto las partículas angulares como subangulares demandan casi siempre mayor tiempo de mezclado, pues su constitución anatómica no les permite trasladarse con versatilidad, razón por la cual tienden a fracturarse más fácilmente

y a producir gran cantidad de finos.

En los molinos mezcladores se adicionan paulatinamente las proporciones correctas tanto de arena usada y arena nueva, así como bentonita y agua, hasta que la masa adquiera una buena textura y su comcompactancia sea tal, que al apretarla dentro de la palma de la mano, - no se desmorone con facilidad.

El tiempo de mezclado es inherente a la cantidad de arena por preparar y a las condiciones que el mismo molino brinde. Así pues, - un molino con capacidad para 150 Kgs., normalmente trabajando, dejará una carga lista en un término de aproximadamente 15 minutos. Por lo general, el fin de la operación llega cuando las muestras logran constituir una masa compacta fácilmente deformable. Esta práctica empírica da buenos resultados al operador del molino.

CAPITULO II

INFLUENCIA Y COMPORTAMIENTO DE AGLUTINANTES

2.1.- MECANISMOS DE AGLUTINACION

El aglutinante es un factor importante en las tareas de moldeo ya que su función principal es aglomerar las partículas de arena, -- consolidándola en una masa firme y densa, hasta alcanzar la compac-- tancia requerida para fabricar tanto moldes como corazones.

De acuerdo a la naturaleza de sus componentes, los aglutinan-- tes pueden ser orgánicos e inorgánicos. A los primeros pertenecen -- los aceites, que incluyen los de trementina, soja, linaza, etc., y -- los cereales que bien pueden ser de maíz, trigo o arroz, como el glu-- ten, harina de trigo y almidones. De estos últimos se derivan las -- dextrinas, cuya aplicación es intensa para moldeos en verde. Con me-- nor frecuencia llega a utilizarse glicerina para controlar la permea-- bilidad superficial; la melaza es un líquido gomoso que mejora la re-- sistencia a la compresión en seco y los alquitranes como aditivos, -- complementan la función aglomerante de algunos aceites. Finalmente, -- también aparecen las resinas de curado en horno y de autofraguado.

Los inorgánicos no se presentan en gran variedad como los ante-- riores; entre éstos se encuentran el polvo de carbón de hulla o plom-- bagina y las arcillas.

La aglutinación ocurre de diferentes formas en base al tipo de aglutinante (y ya que nos ocuparemos con mayor amplitud de los orgá-- nicos). Así, se describen sus posibles mecanismos:

2.1a.- Aglutinación mecánica

Esta propuesta establece que las partículas de arena, aglutinante y demás agregados, logran constituir un conglomerado dentro de las cajas de moldeo, debido a las fuerzas de fricción que genera el mantenerlas estrujadas unas contra otras.

Al apisonar la arena ya preparada, las partículas de capas inferiores experimentan el efecto de comprimirse tanto por la plasticidad que su geometría permite como por el peso de la arena adyacente. Se producen acomodamientos de las partículas mal colocadas que se encargan de llenar los espacios vacíos, preferentemente los contiguos a las paredes del recipiente y la acción se continúa en el resto de la masa, hasta lograr la compactancia requerida. Entonces se originan fuerzas de rozamiento entre las partículas por medio del aglutinante y ello impide que la deformación prosiga, manteniéndolas unidas.

La resistencia de la mezcla es el resultado de intercalar indistintamente formas y tamaños de partícula, lo que tiende a favorecer su enlace por las fuerzas ejercidas.

2.1b.- Aglutinación electrostática

El fenómeno se desarrolla cuando aglutinantes como la arcilla, que presenta una gran avidez por el agua, se hidrata, constituyendo micelas, puesto que las moléculas de agua tienden a hidrolizarse al cabo de la reacción:



Se suscita una absorción de iones oxhidrilo (OH^-) por las par-

tículas de arcilla, dejando que los iones hidrógeno (H^+) busquen su adherencia en la superficie del propio cristal de arcilla. Al quedar negativamente cargada la nueva partícula agua-arcilla, atrapa los iones hidrógeno del medio acuoso que le rodea y se establece una capa doble difusa.

Por otra parte, las partículas de arena (cuarzo) forman micelas al absorber iones hidrógeno y oxhidrilo. Cuando las micelas de cuarzo y arcilla son formadas unas en presencia de las otras, los iones oxhidrilo de las micelas de arcilla exhiben una atracción por los iones hidrógeno contenidos en las micelas de cuarzo. El resultado es una adhesión electrostática entre la arena y las partículas de arcilla.

2.1c.- Aglutinación por tensión superficial

Bajo este mecanismo se explican mejor los efectos de humectación en el moldeo.

Las moléculas de agua contenidas en la mezcla tienden primeramente a llenar los intersticios capilares de la arcilla hasta el punto en que ya no logra retener más humedad y se acumula en torno a cada una de sus partículas, desarrollando una tensión sobre su superficie al mismo tiempo que hace las veces de una membrana elástica, la cual asocia sucesivamente partículas de sílice.

La película acuosa ejerce una mayor tensión superficial según disminuya de espesor al secarse paulatinamente, ya sea por las condiciones del medio ambiente que le circunde o por horneados.

2.1d.- Aglutinación por polímeros

Es característica de las resinas, que al polimerizarse se endurecen y actúan como un verdadero adhesivo entre las partículas de arena.

La resina funde a una temperatura relativamente baja y fluye con versatilidad dentro del lote. Se revuelve con las partículas y va recubriéndolas de una película de espesor variable, ocupando también los intersticios provocados por la diversidad de formas y tamaños, mientras consolida el molde cáscara.

Al cabo de unos minutos, se polimeriza la resina y aprisiona entonces las partículas, produciendo un endurecimiento mecánico de la masa, cuya resistencia perdura aun después de la colada y no pocas veces resulta laborioso el desmoldeo de las piezas.

2.2.- AGLUTINANTES RESINOSOS

Las resinas son de naturaleza orgánica; al calentarlas adquieren un estado plástico y por presión toman la configuración deseada.

Para la producción de moldes y corazones, se requiere una menor cantidad de resina comparada con cualquier otro tipo de aglutinante, como es el caso de aceites o cereales, provocando una considerable disminución de gases.

La polimerización se lleva a cabo desde fracciones de minuto hasta horas en algunos vaciados, pues va de acuerdo a la proporción de catalizador y depende de las condiciones de presión y temperaturas.

Al quedar preparada la arena, debe utilizarse dentro de un ---

tiempo límite, según sea el tipo de resina y condiciones de temperatura y humedad del medio ambiente.

La composición de la arena interviene en la calidad del producto y las condiciones del proceso. En el caso de las resinas, la presencia de arcilla resulta poco deseable, ya que siendo alcalina reduce la velocidad en el curado de la resina, además de absorber pequeñas cantidades de ésta. El rango de pH óptimo para la preparación -- adecuada de la arena oscila entre 6.8 y 7.2.

La calidad de los aglutinantes depende de la resina de que se trate:

- a) Resina fenólica
- b) Resina furánica
- c) Resina ureica
- d) Resina de uretano

2.2a.- Resinas fenólicas

Estas resinas fueron aplicadas a las arenas como un sustituto inmediato del aceite ya que su velocidad de curado permite trabajar con mayor rapidez. El tiempo de horneado de la resina se reduce a un 25% del requerido por el aceite a las temperaturas de operación.

El primer tipo de resina fue conocido como "resina fenólica soluble en agua"; pero en realidad no lo es, sino que al efectuarse la condensación fenol-formaldehído se produce saligenina, compuesto parcialmente soluble en agua y hasta este punto, funciona como un buen aglutinante. Puede almacenarse a temperaturas relativamente bajas, y dado que la reactividad se mantiene, la solubilidad en agua disminuye paulatinamente, hasta separarse por completo; pero la resina que-

da inservible.

Al formular la resina se elimina el nitrógeno al máximo posible ya que al desprenderse, origina porosidades dañinas en el molde.

Con la elevación de temperatura, la resina empieza a fraguar hasta convertirse en un polímero termoestable, como se verá más ampliamente en el Capítulo III.

2.2b.- Resinas furánicas

Las resinas provienen de la reacción de alcohol furfúrico -- con formaldehído y poseen una viscosidad baja, lo que brinda una mayor fluidez. Es una resina resistente al calor cuyas propiedades --- aglutinantes reducen la tendencia a ocasionar fisuras en los moldes. Su principal desventaja es la de adherirse a la placa base, por lo cual debe lubricarse perfectamente. Al expendirse en estado líquido, se emplea ácido fosfórico en concentración de 75% a 85% (y/o paratoluen sulfónico), cuya acción exotérmica la solidifica en un producto insoluble y duro. Sin embargo, la efectividad de la resina se retarda al aumentar la presencia de humedad o cuando disminuye la concentración de ácido.

La mezcla se obtiene revolviendo el ácido dentro del lote de arena. Después se adiciona la resina, cuya fluidez facilitará su libre dispersión. En el caso de mezclar primeramente la resina y continuar con el ácido, se provocará un "quemado" de la resina, pues presenta dificultad de desplazamiento y aparecerán partes de la mezcla mejor curadas que otras. Esta peculiaridad se aprecia claramente por la presencia de puntos negros (resina mal curada) dentro de la mezcla, lo cual la hace inservible para el moldeo.

El contenido máximo de aglutinante debe ser de $2\frac{1}{2}\%$ en relación al peso de la arena; de lo contrario, ocasionará problemas de consistencia y permeabilidad del molde o corazón.

Las resinas furánicas de fraguado al aire se han modificado de tal modo que pueden fraguar y desprenderse de la caja de corazones - en un lapso de 1 a 5 minutos. Sin embargo, la velocidad de reacción es tan rápida que demanda un equipo especial y cuando se trata de -- producción en serie, resulta costoso.

Actualmente han aparecido aglutinantes conocidos como de "Cura do Rápido" y "Curado Instantáneo". Los diferentes grados varían en - el contenido de urea, precio y contenido de nitrógeno.

2.2c.- Resinas ureicas

Las resinas ureicas son obtenidas como producto de la reacción urea-formaldehído.

Cuando se procesan en hornos dieléctricos de alta frecuencia, alcanzan a fraguar en cuestión de unos minutos, dependiendo del tamaño y de los espesores del corazón. Son hornos continuos del tipo túnel cuya banda transportadora es la encargada de conducir tales piezas. Su velocidad se regula en base al tiempo de permanencia que la pieza misma requiere dentro del horno. Si ésta es grande, entonces - necesitará de un mayor tiempo dentro del horno que una de regular tamaño; por lo tanto la velocidad de la banda será menor.

Las placas base, donde van colocados los corazones, deben ser de asbesto, plástico o madera, pues si son de metal, causarán fallas en el horno.

La preparación de la arena se lleva a cabo de manera similar a

Las arenas de aceite, mejorando su resistencia en verde, además de no producir carbón durante el horneado.

2.2d.- Resinas de uretano

Son diferentes químicamente de los aglutinantes furánicos; no obstante, las características que le confieren a la arena son similares a éstos y su empleo se justifica cuando se pretende aumentar la velocidad de curado.

El aglutinante queda endurecido por la participación de un isocianato sobre el uretano, aun a temperatura ambiente.

La humedad y temperatura afectan el progreso de la reacción. - Un 3% de humedad (basado en el peso del isocianato) es suficiente para descomponer completamente la resina.

La temperatura influye en el tiempo de fraguado, resistencia y tiempo de vida; temperaturas inferiores a 25°C retardan la reacción. Si son superiores, entonces necesitarán de un ajuste en la carga para proporcionar mejores resultados.

Comúnmente se emplea óxido de hierro, que actúa sobre la superficie de la resina, para ayudar a la solidificación, aumentando la conductividad térmica.

También se recomienda la aplicación de sustancias como harina de cereal, la cual aumenta la resistencia en verde a la vez que facilita desmontar los corazones de la placa base para hornearlos.

Cuando se genera una cantidad apreciable de nitrógeno, es posible causar defectos superficiales en el molde o corazón, conocido -- con el nombre de "Cáscara de Naranja", donde su apariencia es la de una superficie irregular.

CAPITULO III

REACCION FENOL - FORMALDEHIDO

3.1.- GENERALIDADES

Las resinas condensadas del fenol-formaldehido son de naturaleza anfótera, ya que son capaces de funcionar como ácidos y como bases. Esta propiedad se debe a la presencia de grupos hidroxilos tanto aromáticos como alifáticos.

La condensación es una polimerización por pasos, donde grupos de monómeros quedan entrelazados bajo la acción de diferentes catalizadores. Durante la reacción desprenden productos secundarios, tales como agua, amoniaco, etc.

Los polímeros así integrados pueden ser termoplásticos o termoestables y su obtención depende de las condiciones en que se efectúe la reacción:

- 1) Termoplástico - Es un polímero reblandecible por el calor, hasta el punto en que puede licuarse completamente. Al someterse a los efectos caloríficos, se moldea de manera similar que la cera. Estos termoplásticos aún solidificados pueden quebrantarse para moldearse nuevamente, pues ya no ocurren cambios químicos en él; sin embargo, ello no los exenta a la acción de los solventes.
- 2) Termoestable o Termofijo - Al contrario de los anteriores, son polímeros que se endurecen por el calor y una vez manufacturados, quedan permanentemente infusibles e insolubles.

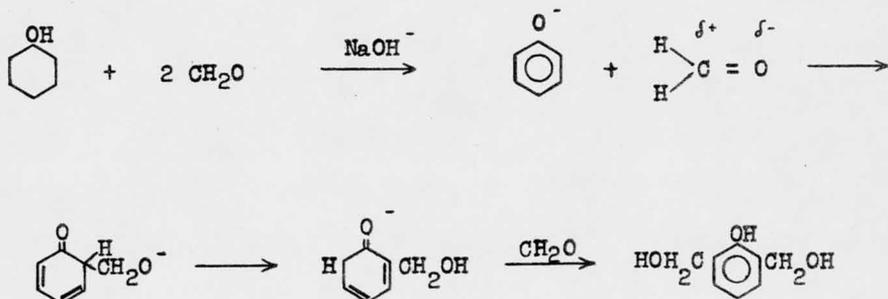
La reacción que se efectúa entre el fenol y formaldehído es -- compleja. No obstante, dependiendo de las condiciones catalíticas en que se desarrolla la condensación, se determinan los siguientes tipos de resina:

- 1) Resol o de 1 paso
- 2) Novolac o de 2 pasos

3.2.- RESOL

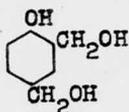
Los resoles se producen con un exceso de formaldehído (1.5 moles) en proporción a la cantidad de fenol (1 mol), en presencia de hidróxido de sodio, que cataliza fuertemente la reacción.

En la molécula del formaldehído, se establece un momento dipolar bajo catálisis alcalina, impulsando la reacción hacia una sustitución electrofílica en el fenol, donde el ión fenóxido reactiva las posiciones orto y para sucesivamente, de manera que la formación de dialcoholes es inmediata:



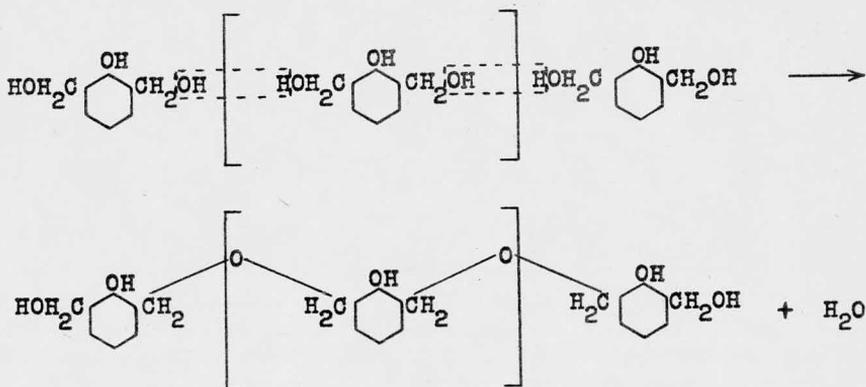
El monómero líquido es un alcohol hidroxibencílico (o, o dime-

tilol fenol), ya que se satisfacen primero las posiciones orto. La posición del grupo metilólico obstaculiza su solubilidad, por lo cual queda restringido sólo al efecto de algunos solventes. El isómero resultante de esta primera condensación es:



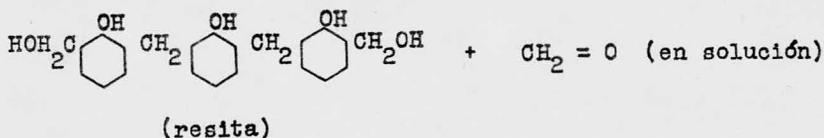
(o,p, dimetilol fenol)

El calentamiento progresivo de alcoholes hidroxibencílicos polimeriza en resol de cadena lineal, con la consecuente eliminación de agua. El resol así constituido tiene la misma reactividad del alcohol monómero y la misma proporción limitada de formaldehído dentro de la molécula, que adquiere una estructura similar a la del éter. La reacción es muy lenta, como ocurre también a pH altos:



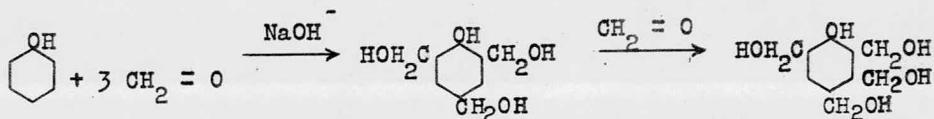
(resitol)

El enlace éter tiende a ser menos estable, a medida que se estabiliza la temperatura (160°C) y se convierte entonces en un puente metilénico, favoreciendo la formación de la resita, con la recuperación de formaldehído:

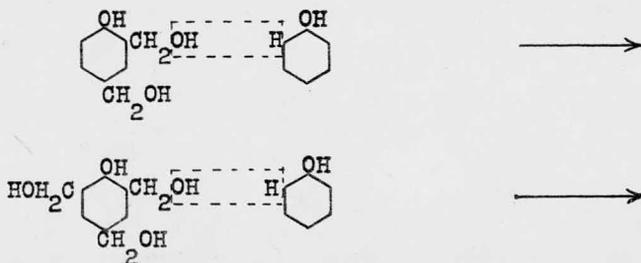


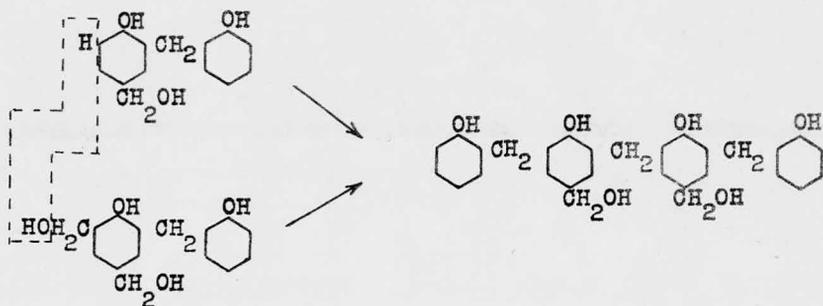
Este resol de cadenas lineales, es el comúnmente conocido.

La formación de alcoholes trivalentes y aun la saturación completa del fenol, se logra con un considerable exceso de formaldehído y en condiciones controladas de temperatura y catalizador.

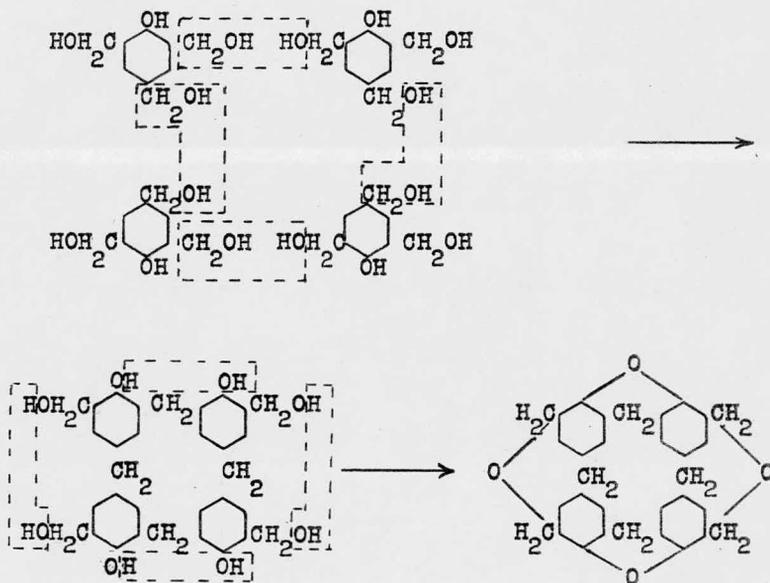


También se producen diferentes arreglos moleculares a partir de alcoholes bi- y trivalentes, condensándose entre sí para constituir cadenas sustituidas.



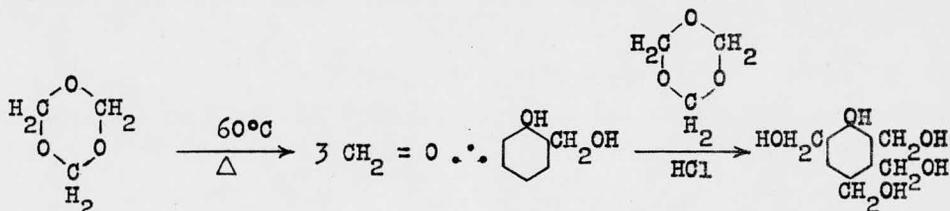


La condensación de alcoholes trivalentes es próspera en presencia de un exceso de formaldehído y se ha concebido un arreglo molecular que explica la complejidad de la resita:

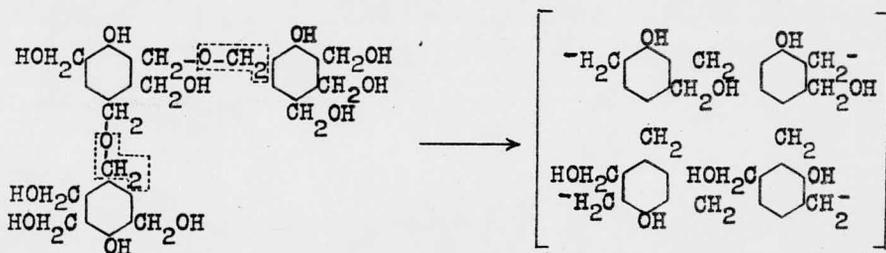
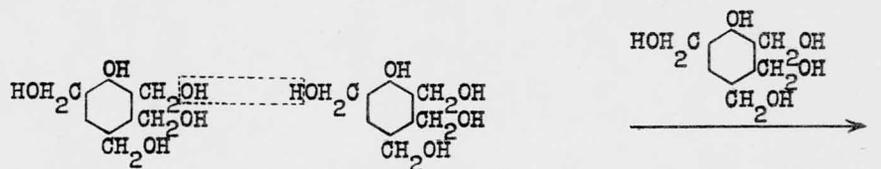


Es probable que tal compuesto, se lleve a cabo durante la última etapa de la polimerización y sea debido a su complejidad más que a su tamaño, la insolubilidad de la resita.

El curado o termofijación de un resol (termoplástico) puede realizarse con trioxano ya que en su descomposición, es fuerte proveedor de formaldehído para saturar las posiciones reactivas del fenol y concluir en polialcoholes.



Manteniendo la catálisis alcalina, bajo la cual fue obtenido inicialmente el resol, proseguiría el termofraguado a una velocidad sumamente lenta. Basta añadir HCl para catalizar de nuevo la reacción, puesto que el formaldehído protonado es la fuerza impulsora de la condensación, obteniéndose una resita entrelazada por las posiciones orto y para de fenoles saturados.

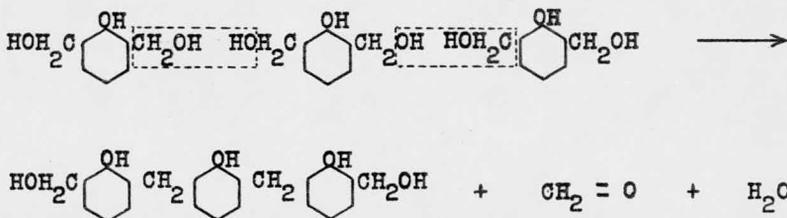


unidad tetramérica mínima

Los resoles pueden llevar a cabo la obtención de su resita en un solo paso, esto es, al adicionar todos los reactivos necesarios - desde el inicio de la reacción.

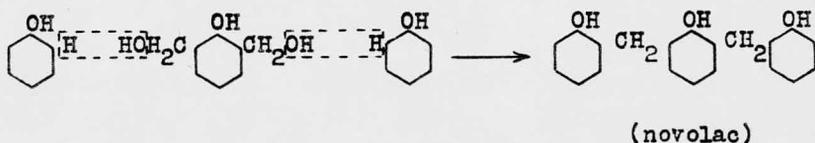
Experimentalmente, se ha encontrado que bajo la influencia de agentes alcalinos, se formarán en su inicio alcoholes secundarios y como producto de residuo, mezclas de alcoholes primarios y terciarios, lo que fomenta eslabonar los monómeros en cadenas lineales de longitud variable. Ligeros cambios en las condiciones de la reacción llegan a ser significativos en la obtención del producto; así se describe el siguiente ejemplo: Al hacer reaccionar 10 moles de fenol y 10 moles de formaldehído (en un volumen aproximado de 500 ml. de H_2O) durante una hora, en presencia de 0.3 moles de amoníaco, se obtendrán los siguientes productos, después de haberse sometido a un calentamiento continuo:

- a) Si al llegar a una temperatura de $100^{\circ}C$ se eliminan agua y fenol por medio de una destilación al vacío, quedarán los hidroxialcoholes formados hasta ese momento; pero en ausencia del fenol adicional con el que pueden reaccionar, se condensarán entre ellos mismos para constituir una resita esponjosa, acompañada de un desprendimiento de formaldehído.



(resita esponjosa infusible)

b) Por el contrario, si los compuestos se dejan reaccionar a una temperatura de 160°C, por destilación atmosférica, los hidroxis se condensarán con el fenol no destilado hasta entonces, para formar un novolac viscoso de cadenas rectas:

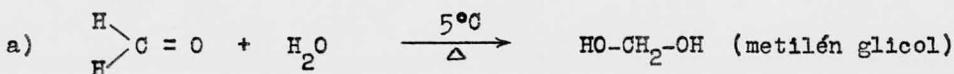


3.3.- NOVOLAC

Al obtener la resina novolac, las condiciones de reacción cambian, pues al opuesto de los resoles, ésta se verifica en medio ácido y bajo deficiencia en la proporción de formaldehído. (Comúnmente se emplea HCl, cuya función a nivel molecular es protonar al formaldehído, donde se forma el ión carbonilo, actuando como agente electrófilico):

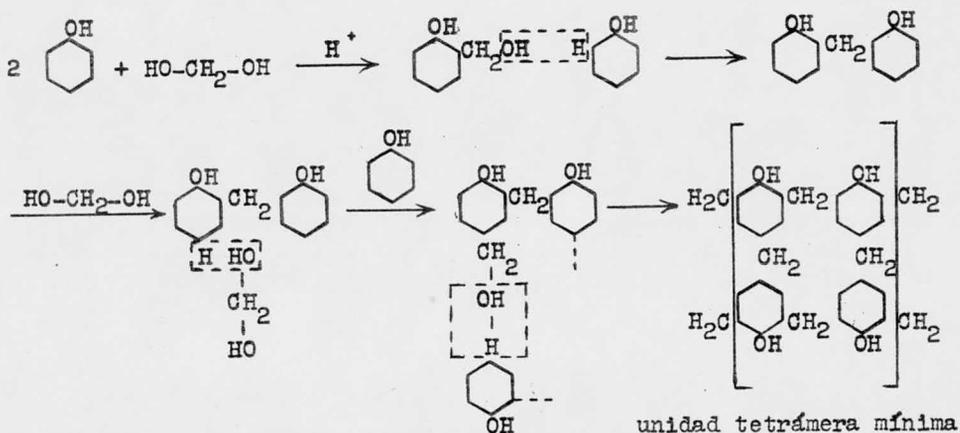


En solución acuosa, el formaldehído reacciona como metilén glicol (hidroxilo alifático) y en tales circunstancias la sustitución se orienta hacia la posición orto del anillo aromático, debido a su mayor reactividad, para constituir la saligenina, compuesto muy reactivo que fácilmente se condensa con el fenol, constituyendo dihidro-difenilmetano, monómero de la resina novolac lineal:



Cualquiera de los isómeros es el tipo más simple de resina novolac en su etapa inicial. Es de características termoplásticas, por lo que son solubles en disolventes oxigenados (alcoholes, cetonas, éteres y ésteres) y en sosa cáustica, pero no en hidrocarburos (benzeno, tolueno, etc.).

La formación de dihidroxidifenilmetano se dificulta y aún no llega a ser completa cuando hay un exceso de agua (puesto que la reacción genera también agua, como producto residual), y tanto el fenol como el formaldehído residuales en la mezcla reaccionan entre sí, para dar origen a alcoholes monovalentes, los que se van uniendo al dihidroxidifenilmetano a través de enlaces metilénicos. En esta fase se desarrolla una adición molecular tridimensional. Tanto la viscosidad como el peso molecular van aumentando gradualmente, hasta el punto en que se hace más coloidal y pastoso. Así avanza la polimerización y termina con el endurecimiento del complejo molecular, llamada entonces resina del novolac. Enseguida se representa la unidad tetramera de la estructura:



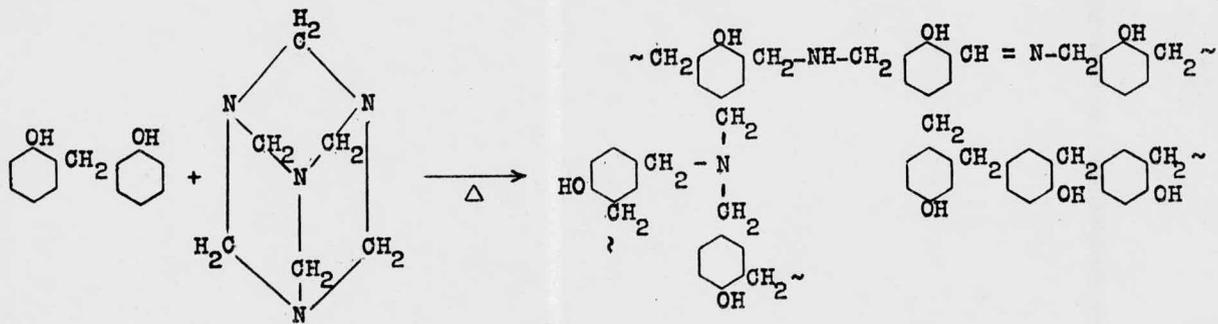
El curado o termofijación de la resina novolac termoplástica - se lleva a cabo modificando las condiciones de la reacción, de tal modo que puede procesarse ahora con trioxano y cal viva o hidratada, quien mantiene el carácter alcalino del curado; pero la pérdida de agua saca a relucir un polímero pulvurulento. Para evitar esto, se recurre al manejo de hexametilentetramina (llamada hexamina, hexa o simplemente HMTA, para abreviar el término), que es un poderoso agente de curado y desarrolla la reacción casi instantáneamente. Se trata de una amina terciaria que forma compuestos de adición o complejos moleculares; es soluble en agua con una ligera inclinación a hidrolizarse, cuya descomposición en amoníaco y formaldehído llega a ser más prominente por el efecto de ácidos y temperatura; no es tan soluble en alcohol como en agua, pero la acción de este solvente es aprovechable para remover en su volatilización, las impurezas que le acompañan.

La hexa es calentada con la resina novolac, exenta de humedad, para conformar la resita; pero no se producen eliminaciones acuosas, de donde se deduce que no es el caso de una condensación común como pudiera imaginarse, sino de la formación de complejos moleculares.

Las moléculas aromáticas quedan ligadas por aminas terciarias y/o secundarias, proliferando el curado de la resina por calentamiento. Estos enlaces tienden a ser menos estables que los de metileno; por lo tanto, durante el curso de la reacción llega a liberarse amoníaco. También es frecuente encontrar carbón de residuo, al enfriar la resita.

El complejo formado durante el curado puede interpretarse a -- partir del siguiente arreglo:

CURADO DE LA RESINA NOVOLAC



Novolac

Hexa

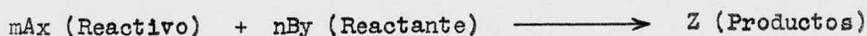
Formación de la resita

3.4.- ANALISIS DE LA REACCION

En vista de la incierta descomposición que se propaga en la hexa y los desconcertantes conjuntos moleculares formados en el transcurso de la reacción, nos motiva a resumir las siguientes conclusiones:

3.4a.- Condiciones

El fenol, al ser atacado por el formaldehído en sus posiciones (o, p, m respectivamente), tiene una reactividad de 3 y, suponiendo que el formaldehído reacciona como metilén glicol, tiene entonces -- una reactividad de 2. Luego se tiene la siguiente expresión:



donde:

A = fenol

B = formaldehído

m = número de moles

n = número de moles

x = posiciones reactivas

y = posiciones reactivas

Combinando las posiciones reactivas con el número de moles participantes, se tendrá:

$(m)(x) > (n)(y)$

termoplástico

$(m)(x) < (n)(y)$

termofijo

Como el número de posiciones reactivas es constante, se concluye que un exceso de fenol tiende a producir termoplásticos; en consecuencia, un exceso de formaldehído produce polímeros termofijos.



<u>Resinas fenólicas</u>	<u>Razón molar</u>	
Resol	$A/B < 1$	Se forman dialcoholes y tri- alcoholes fenólicos con una mezcla de metiloles.
Novolac	$A/B > 1$	Se forman dihidroxidifenilme- tanos o sus derivados.

Conforme avanza la polimerización, las resinas fenólicas van cambiando de fases y nos permiten determinar la evolución del polímero:

- Fase A - Resol o novolac
- Fase B - Resitol
- Fase C - Resita

El resol o novolac termoplástico corresponde a la etapa inicial de condensación; son productos solubles, quebradizos y fusibles. El resitol es un grado más avanzado de polimerización, ya que al aumentar su viscosidad, por efectos de la temperatura, se convierte en un producto gomoso cuya elasticidad es notable.

El cambio de fase va provocando el endurecimiento y la velocidad con que se produce la transición del estado A al C se relaciona con la cantidad de agua eliminada; una vez solidificado el producto, queda infusible e insoluble.

3.4b.- Condensaciones iniciales

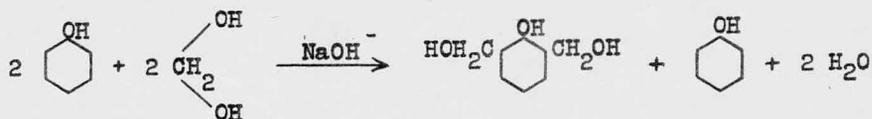
El curso de la reacción fenol-formaldehído está determinado -- por el carácter alcalino o ácido del catalizador.

Equivocadamente, se ha pensado que en medio alcalino se forma saligenina como compuesto inmediato de la reacción inicial y que a -- partir de éste, se va constituyendo el resol. Sin embargo, parece -- que la tendencia natural del formaldehído bajo estas condiciones, es la de atacar consecutivamente las posiciones más reactivas del fenol y el remanente, actúa enseguida sobre el fenol residual.

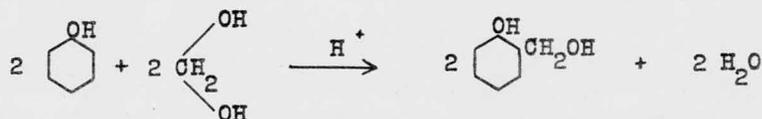
A diferencia del anterior, el formaldehído en medio ácido sa-- tisface simultáneamente las posiciones reactivas de las moléculas -- existentes de fenol.

Efectuando mezclas equimoleculares, se tiene:

a) Medio alcalino



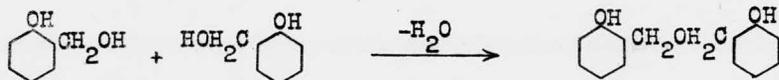
b) Medio ácido



El formaldehído en solución acuosa, se comporta como metilén - glicol, presentando más estabilidad en medio ácido que en medio alca-- lino y en ambos casos, se adiciona al anillo fenólico con recupera-- ción de agua.

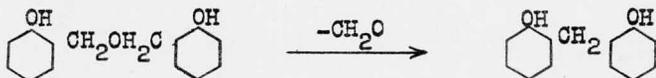
La formación de éteres dibencílicos a 160°C, producidos por la

condensación intermolecular de dos grupos metiloles, eliminan 1 mol de agua por cada punto de unión.

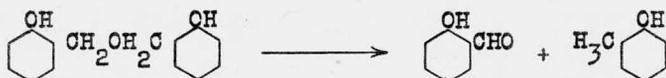


Consecuentemente, se recupera formaldehído para constituir el enlace de metileno, que tiene una gran consistencia y estabilidad.

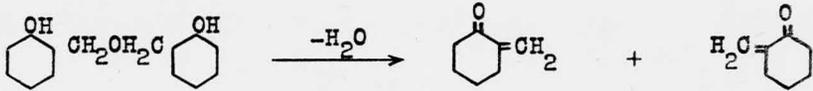
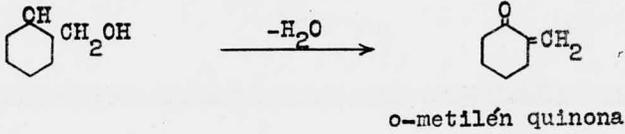
La temperatura a la cual se separa el formaldehído puede variar, dependiendo del tipo de sustitución en el resto del anillo fenólico.



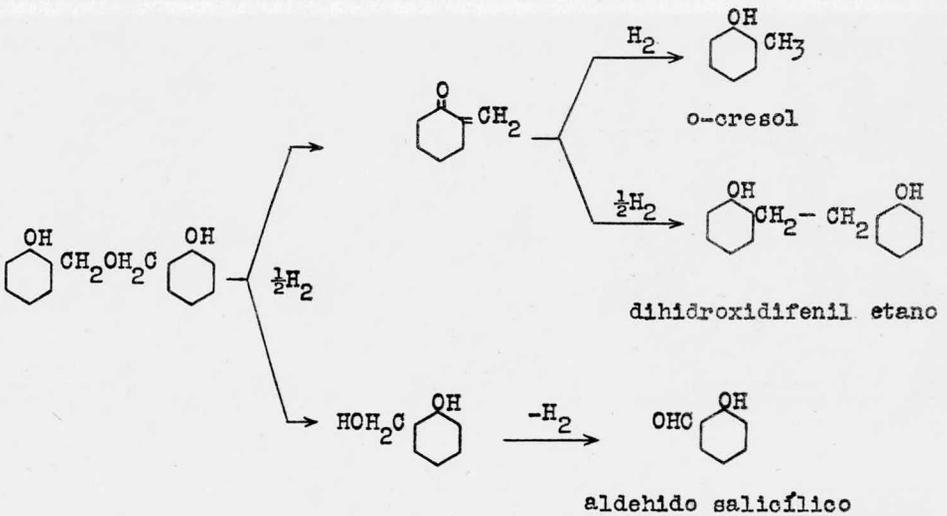
La escasa estabilidad de los éteres dibencílicos se demuestra por su fácil conversión en compuestos con puentes de metileno y además por su dismutación en aldehídos fenólicos y fenoles metilados.



Se puede llegar a los mismos productos de reacción suponiendo la formación intermedia de metilén quinonas, compuestos factibles de producirse arriba de 200°C durante el curado de la resina, siempre - que predomine un medio básico.



Las metilén quinonas aún son objeto de especulación; pero como productos intermedios que son, sufren transformaciones, que explican la aparición de numerosos productos secundarios, que se suscitan del curado de la resina.



3.4c.- Curado de la resina

Escapando un poco a la definición de resoles (1 paso), pueden elaborarse resoles termoplásticos, esto es, bajo catálisis alcalina deficiente en contenido de formaldehído.

El curado a partir de resinas termoplásticas, se lleva a cabo cambiando a catálisis opuesta, a aquélla que le dio origen; esto --- brinda un nuevo impulso de la reacción bajo calentamiento y en pre--sencia de un exceso de formaldehído. Como resulta problemático sumi--nistrar formaldehído gaseoso, se acude a utilizar compuestos sólí---dos, que por calentamiento generan este reactante, siendo paraformal--dehído, trioxano y hexa los más convenientes. A pesar de todo, el pa--raformaldehído y trioxano resultan menos apropiados para el curado -de la resina novolac, pues el primero sufre pérdidas de formaldehído por calentamiento, además de que el tipo de resita que produce no es de buena calidad. El trioxano produce agua como subproducto de la --reacción y su efecto es tardío en ambientes húmedos.

Al emplear hexa como agente de curado, se apoya el postulado -de que en su descomposición a las temperaturas de operación, interac--ciona sobre las posiciones reactivas de los anillos aromáticos, com--portándose como una amina terciaria o secundaria y no a través de su disociación en formaldehído y amoniaco, como pudiera esperarse en --primera instancia.

La ausencia de eliminaciones acuosas durante el curado, median--te hexa, nos lleva a concebir complejos moleculares, ya que no se --trata entonces de una simple condensación, donde el formaldehído sea el grupo metilador y el amoniaco haga las veces de catalizador.

Cuando llega a detectarse humedad en la mezcla de reacción, ésta no es proveniente de la hexa, sino del remanente de la solución inicial o tal vez de los reactantes hidratados.

La formación de agua en esta etapa disminuiría la velocidad de reacción además de que las burbujas producidas, alentarían el riesgo de quedar atrapadas, restándole consistencia a la resita.

3.4d.- Secuencia del curado

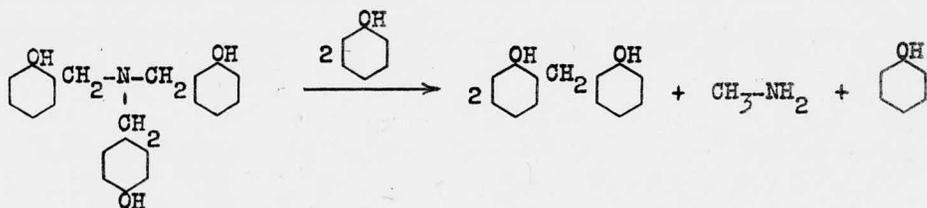
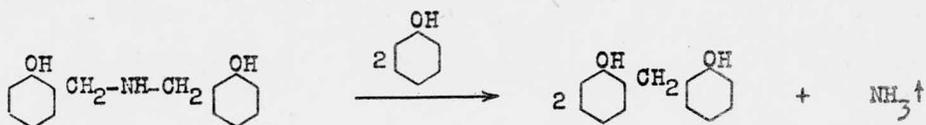
1. (120°C) La hexa empieza a reaccionar rápidamente bajo la influencia de la molécula orto novolac, hasta que se consume por completo; pero no hay evidencias de amoniaco.
2. (130°C - 140°C) Se hace patente la formación de amoniaco al quedar constituidas las hidroxibencil aminas, quienes se caracterizan por tener una gran reactividad. Hasta este punto, la reacción se inclina a tomar dos caminos distintos, uno independiente del otro, según el tipo de condiciones que predominen en el curado:

a) Existe un exceso de fenol.

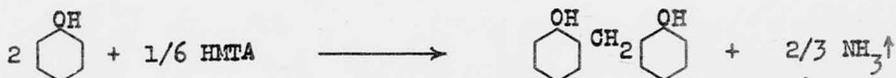
b) No existe fenol libre.

3. Existe un exceso de fenol.

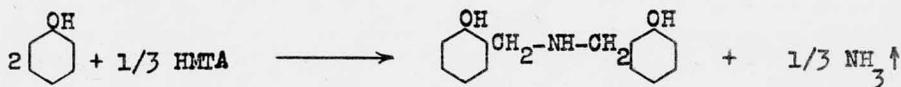
(160°C - 170°C) Las hidroxibencil aminas desaparecen con la recuperación de amoniaco y metil amina, favoreciendo la formación de enlaces metilénicos entre los anillos aromáticos.



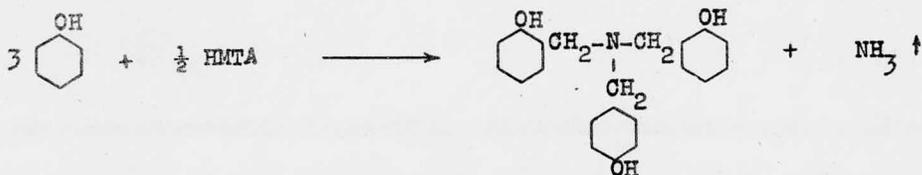
Con la participación de fenol extra, se producen resitas libres de -nitrógeno, eslabonándose los núcleos de fenol por metilenos que brin dan estabilidad a la molécula. La reacción estequiométrica así queda representada:



La presencia de grupos fenólicos contribuye a incrementar el grado - de descomposición de la hexa para constituir aminas secundarias y -- terciarias. Los metilenos que flanquean los átomos de nitrógeno, in- teraccionan sobre las posiciones más reactivas del anillo aromático, así que la posición orto libre del fenol, permite establecer aminas secundarias fácilmente.



Mientras tanto, la formación de aminas terciarias es posible cuando el átomo de nitrógeno logra fijarse al fenol en su posición para.

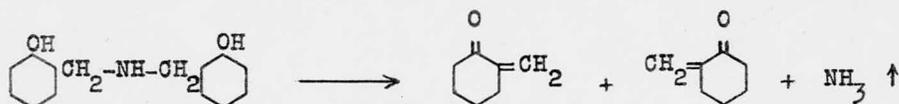


4. No existe fenol libre.

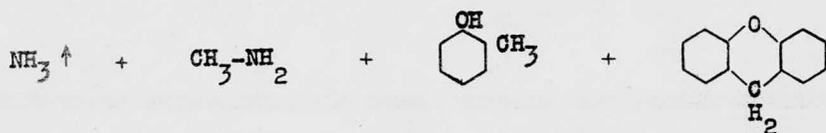
(180°C - 190°C) Los puentes amino dimetilénicos parecen cada vez más inestables a medida que prosigue el calentamiento, hasta que proviene la deshidrogenación de la amina, dando lugar a un azometino, grupo caracterizado por la coloración amarillo brillante -- que manifiesta.



5. (200°C - 220°C) La aparición de metilén quinonas es factible por la descomposición de hidroxibencil aminas, la cual se inicia ligeramente a temperaturas más bajas, pero se acentúa dentro del rango establecido; en ellas destacan tonalidades pardas y rojizas.



6. (450°C) Finalmente, la resina empieza a dar señales de descomposición con el desprendimiento de amoníaco y ésta se hace extensiva con la formación de metil amina, metil fenoles y xantenos.



La resina termoplástica comercial, generalmente se elabora a partir de fenol y no de cresoles o xilenoles porque al mantener las posiciones reactivas libres, son susceptibles de ataque en el transcurso -- del curado; de otro modo, a medida que se va sustituyendo el anillo con grupos metilo, éstos ocuparían innecesariamente tales posicio--- nes, pues no sufren mayor alteración y en cambio afectan el avance - de la reacción. También se formula junto con la resina, un excedente de fenol libre como agente de curado para propagar los dihidroxidife nilmetanos.

CAPITULO IV

PROCESO DE CASCARA (SHELL)

4.1.- DESCRIPCION DEL PROCESO

Mientras que en el moldeo ordinario la arcilla tiene la función de aglomerar las partículas de arena, en el moldeo de cáscara, es una resina fenólica sintética que al endurecerse funge como aglutinante.

Bajo este proceso se fabrican moldes huecos de paredes delgadas, los cuales dan idea de un carapacho o corteza; por tal razón se denominan moldes cáscara. Varían en espesores según las necesidades de la pieza metálica; si ésta es pesada o de amplias dimensiones, entonces la cáscara deberá ser más gruesa al proporcionar una mejor resistencia.

La resina que se expende en varias presentaciones, sea sólida o líquida, se mezcla con la arena en molinos mezcladores y aun efectúa el recubrimiento de sus partículas, homogeneizando el lote.

El recubrimiento se lleva a cabo con inyección de aire o empleando la arena previamente calentada y ello permite que la resina, en presencia de hexa, quede lista para el curado (cure), esto es, cuando la resina endurece por efecto de la temperatura.

Sobre el modelo previamente calentado, el moldeador esparce una cantidad generosa de estearato de calcio o silicón, como lubricante. A partir de aquí, se eleva la temperatura gradualmente entre 180°C y 260°C; entonces se descarga la arena preparada desde una altura de 30 cms., aproximadamente, en cantidad superior al volumen es

timado y por gravedad logra un buen empaquetamiento, reduciendo las tareas de apisonado. La cáscara se va configurando mientras la resina completa su curado.

La placa modelo caliente, propicia el ablandamiento y fluidez de la resina que afirma las partículas de arena sobre el modelo. El tiempo en que la arena preparada permanece en contacto con la superficie del modelo, se conoce como ciclo de revestimiento (investment time); así que el curado progresa notablemente en las capas adjuntas a esta superficie, pero no en zonas más alejadas, donde la conductividad térmica se ve restringida por las características refractarias de la arena.

A medida que la cáscara aumenta de espesor, necesita de hornos para completar el curado y entonces, se coloca en horno o estufa aún adherida a la placa modelo a temperaturas comprendidas entre --- 260°C y 350°C, las cuales deben incrementarse con la velocidad de -- producción y capacidad del horno. El lubricante facilita extraer la cáscara del modelo.

La producción en serie queda gobernada por el tiempo de curado, que es función directa de las temperaturas en modelo y horno.

La cáscara ya lista para la colada es de color pardo dorado y es relativamente dura y rígida. Se separa del modelo mediante botadores o espigas provistas de muelles y que pasan a través de la placa modelo. El resto de la arena que cae al fondo del recipiente se recupera para emplearse nuevamente.

El modelo puede construirse de dos secciones; en consecuencia, las cáscaras resultantes se ensamblan con adhesivos elaborados a base de silicato de sodio, aprovechando su secado a temperatura ambien

te, que requiere de poco tiempo.

Las cáscaras deben ajustar perfectamente en el momento de ensamblarse, evitando se produzcan fugas de metal, una vez consolidado el adhesivo. El molde preserva su resistencia hasta que se produzca el desmoldeo de la pieza, soportando las contracciones generadas al enfriar el metal.

Durante la colada, el calor del ^{metal} hierro carboniza la resina superficial; pero no trasciende a espesores más profundos, por la baja conductividad térmica de la propia cáscara. Tal parece que al recibir el metal, parte de la resina en la cara de contacto se distribuye y tapa los poros interiores de la cáscara. A ello se le atribuye la buena calidad superficial que caracteriza las piezas coladas en estos moldes.

Las piezas más pesadas exigen alguna forma de soporte externo del molde cáscara y se consigue apisonando arena o granalla de acero en su alrededor, o bien, reforzando las zonas más endebles con barras de metal, que la mantienen fija y en la posición deseada.

4.2.- MODELOS

El modelo debe construirse de metal y la selección está basada en el tiempo de vida esperado. Cuando se trata de una producción en serie, se prefiere hierro gris o acero; en el caso opuesto, pueden utilizarse modelos de aluminio.

Los modelos quedan generalmente constituidos por las secciones de hembra y macho. Así pues, la cáscara formada tendrá recíprocamente ambas secciones y cuyo ensamble reproducirá las múltiples cavidades y relieves requeridos por el modelo.

Los modelos pueden diseñarse con una pequeña costilla en forma de V redondeada, adaptable a lo largo de la placa base de sus respectivas secciones. Así ofrecen un mejor asentamiento y favorecen su separación posterior.

Es esencial que el modelo sea de textura lisa y libre de defectos superficiales, porque su presencia se reflejará en el molde cáscara. Las imperfecciones, como abolladuras, socavados, asperezas, etc., generalmente son provocados por descuidos. En tales circunstancias, resulta costosa su reparación, puesto que no pueden emplearse selladores, ceras o mastique debido a que las temperaturas de operación son superiores a sus puntos de fusión.

Los bordes exteriores de la placa modelo se equipan con un marco de metal o mascarilla de 6 mm. (1/4") de espesor, con la finalidad de constituir una cavidad en la que el molde cáscara pueda fijarse. De lo contrario, llega a desajustarse y ocasiona delaminados o pelados.

La posición horizontal o vertical del modelo sobre la placa base se determina previamente ya que las secciones cilíndricas, redondeadas u ovaladas deben situarse de manera que la línea de partición o ensamble sea paralela a la longitud mayor de la figura. Variaciones de diseño en cuanto a esta última consideración, originan casi siempre piezas fuera de redondez. Al ensamblar la hembra y macho, deben quedar bien alineados a través de guías para evitar cáscaras distorsionadas. También se adapta al modelo un sistema de botadores, que permiten extraer la cáscara sin contratiempos.

4.3.- CALIDAD DE LA ARENA

La arena empleada para moldes cáscara abarca una amplia gama - en cuanto a tamaño de partículas y que después de un análisis granulométrico, se traduce a un nivel de finura que va del N° 60 AFS al - N° 160 AFS. Las partículas más finas demandan mayor consumo de resina.

La forma de grano tiene influencia marcada en las propiedades de resistencia. Generalmente, se consigue mayor resistencia con granos redondeados que con los del tipo angular o subangular. Cuando -- predomina cualquiera de estos dos últimos, es necesario acondicionar lo con una molienda antes del mezclado.

La distribución de grano controla la permeabilidad, resistencia y densidad del molde, siendo un factor importante en el acabado superficial.

Arcillas y materia orgánica, son impurezas para el proceso que acumulan mayor proporción de resina, formando una liga de unión ligeramente más burda con las partículas adyacentes. Aunque las paredes del molde sufran una leve distorsión, producen puntos frágiles que -- desmejoran su resistencia.

La arena se mantiene tan seca como sea posible con el propósito de lograr un buen empaquetamiento de sus partículas.

4.4.- RESINAS FENOLICAS PARA FUNDICION

Las resinas fenólicas se formulan en la variedad de resol (1 - paso) y novolac (2 pasos), bajo sus presentaciones sólida y líquida, atendiendo las necesidades que el proceso requiera.

Los resoles abrigan la desventaja de ser altamente reactivos, ocasionando serios problemas de almacenaje. Esto explica porqué en fundición se ha brindado mayor impulso a las novolac:

1° Paso - Se formulan por separado una resina termoplástica y hexa como acelerador.

2° Paso - La reacción es fuertemente impulsada, al elevar la temperatura.

La resina termoplástica es estable por tiempo indefinido; sin embargo, no se recomiendan almacenajes prolongados porque absorbe humedad del medio ambiente, retardando su acción aglomerante. Los proveedores la ofrecen en sus presentaciones:

- a) sólida - Se elabora en gránulos, sin guardar un control estricto en su forma y tamaño. Además, existe en capas delgadas y aun pulverizada, con finura hasta de 200 mallas.
- b) líquida - Se expende como tal y puede acompañarse de un solvente volátil (alcohol, acetona, etc.). También se proporciona en solución a diferentes concentraciones, según la cantidad de sólidos disueltos.

Las resinas termoplásticas para la industria no son puras, si aludimos a los diversos productos que se incorporan en su composición, tales como pigmentos, rellenos, plastificantes, agentes condensadores, etc. Estos aditivos modifican los puntos de fusión de la resina e intervienen en la velocidad de curado.

4.5.- PREPARACION DE LA ARENA

Originalmente, el Proceso de Cáscara fue diseñado en base a la obtención de una mezcla seca; más tarde se modificó la formulación - de las resinas para incorporarlas como recubrimiento de la arena:

Mezcla seca - Consiste en una simple mezcla mecánica de sus componentes sólidos, hasta asegurar una distribución homogénea.

TABLA 5

<u>Concepto</u>	<u>Descripción</u>	<u>Cantidad (%)</u> (Relación mín. al peso de la arena)	<u>Mezclado</u> (Tiempo aprox. en minutos)
Arena	Libre de arcilla	-	2
Kerosena	-	0.1	1
Resina	200 mallas	5.0	4
Hexa	200 mallas	0.5	5
			12

Normalmente mantiene este orden de adición mientras la eficiencia del molino no decaiga. También se cuenta con el recurso de usar la hexa formulada en la resina.

Durante el mezclado llega a producirse la segregación de la resina, detectable en forma de polvo blanco, al correr la mano sobre la arena preparada. Este defecto logra contrarrestarse mejor con la arena recubierta.

Recubrimiento de la arena - El procedimiento está fundamentado en la fluidez que alcanza la resina dentro del lote. La resina hace contacto con las partículas de arena y se desliza sobre ellas, para forrarlas con una película de espesor variable.

<u>Concepto</u>	<u>Descripción</u>	<u>Cantidad (%)</u> (Relación mín. al peso de la arena)	<u>Mezclado</u> (Tiempo aprox. en minutos)
Arena	Libre de arcilla	-	2
Hexa	200 mallas	0.25	4
Resina	200 mallas	2.5	5
Estearato de calcio	200 mallas	0.1	3
Solventes	Agua-Agua/Alcohol	Variable	-
			<hr/> 14 <hr/>

Se suministra una fase húmeda, que bien puede ser la resina o hexa en solución, para brindar una mayor dispersión de los reactivos.

El solvente se elimina soplando aire a la mezcla o a través de la arena previamente calentada.

La arena se prepara en molinos mezcladores de ruedas (al piso o a las paredes) que giran en torno a un soporte fijo y resulta normal que una carga de 300 Kgs. quede lista al cabo de unos 14 minutos. La arena forma una masa pastosa, separándose terrones cada vez más pequeños; en este momento adquiere un color rojizo. De aquí pasa a una aereadora que la proyecta a una tolva; luego se tamiza, desdoblado los terrones existentes, y queda acondicionada para el moldeo.

Una carga de 300 Kgs. contendrá un mínimo aproximadamente de:

<u>Concepto</u>	<u>Cantidad</u> (Kgs.)	<u>Referencia (%)</u> (Al peso de la arena)
Arena	300.0	-
Resina	7.5	2.5
Acelerador	1.125	0.375
Hexa	0.820	0.273
Estearato de calcio	0.305	0.102
Aglutinante	8.320	2.773

Conviene estimar un excedente de arena, reactantes y aditivos, en virtud de las pérdidas que se producen al quedar adheridos a las paredes y paletas del molino.

4.6.- LUBRICACION

El modelo metálico debe lubricarse adecuadamente para que la cáscara, una vez terminada, no presente problemas de adherencias, -- pues en tales circunstancias no será sencillo removerla sin causarle daños.

El modelo se calienta (con quemadores de gas) para desvanecer en él una capa delgada de lubricante. Comúnmente se utiliza estearato de calcio por su facilidad de aplicación, ya que también se puede suministrar durante el mezclado, formulado con la resina, hexa o por comodidad se vacía separadamente. El estearato tiene un doble propósito: Por una parte, disminuye el coeficiente de fricción entre las partículas para facilitar su deslizamiento y por otra, una vez constituida la cáscara, forma una película en la cara de contacto con el molde.

Los silicones también ofrecen buen servicio, manejándose incluso a temperaturas altas. Se usan dos tipos de silicones: uno en forma cristalizada y muy espeso y otro en forma diluida de aspecto lechoso. El primero se usa para lubricar los modelos nuevos. El segundo es para trabajo de producción, diluido (1 a 10) con agua y aplicado con atomizadores de polietileno. Cuando se trata de moldes pesados, el lubricante suele prepararse con 1 parte de silicón por 4 partes de agua. Comercialmente se encuentran como silicón D-3 y Baysilón 1000, los que brindan inmejorables resultados.

4.7.- MOLDEO

La calidad superficial de las piezas coladas queda determinada por las características del molde cáscara durante el moldeo, etapa que determina la velocidad de trabajo.

Los excedentes de lubricante se eliminan soplando aire a presión sobre el modelo, para calentarlo enseguida a una temperatura mínima de 180°C. Usualmente la mascarilla que se adapta al borde del modelo está provista de guías que permiten alinearla sin pérdida de tiempo.

La descarga de arena se realiza hasta el ras de la mascarilla, donde toma lugar el revestimiento. La arena va depositándose paulatinamente y reposa sobre el modelo, constituyendo la cáscara al mismo tiempo que se produce el curado. Al quitar la mascarilla se desparra ma la arena excedente, puesto que siempre se descarga en mayor proporción a la necesaria.

La temperatura de revestimiento debe ser superior a la crítica ya que al descargar la arena, el modelo pierde temperatura.

El revestimiento queda establecido por la sección de la cáscara y temperatura del modelo. Bajo estas condiciones, una cáscara con grosor de 9.5 mm. (3/8") requiere 1 minuto de revestimiento a 260°C.

4.7a.- Molde Cáscara

Normalmente, el molde cáscara se fabrica en espesores de 6 mm. (1/4") a 16 mm. (5/8"), pues aun cuando llegan a elaborarse más gruesos, resultan poco prácticos y elevan los costos de producción.

La periferia de la cáscara alcanza la temperatura más alta y de aquí empieza a disiparse calor hacia el centro, donde se dificulta el curado de la resina, provocando deficiencias de permeabilidad.

Dependiendo del diseño del molde cáscara, se establece la conveniencia de completar el curado aun sobre el modelo, siempre y cuando sea de forma sencilla, bien definida y mantenga secciones delgadas que contribuyan para tal efecto.

La cáscara, una vez conformada, se calienta con quemadores de gas por su superficie externa, proyectando la flama directamente hasta que adquiera un aspecto característico similar al del barro cocido. Por su parte interior, es el molde metálico que transfiere calor, acelerando el curado. Al cabo de unos minutos la cáscara queda endurecida y se separa del modelo con ayuda de botadores.

A medida que la cáscara aumenta de sección, es menos eficaz el revestimiento, por lo que se hace necesario un apisonado de la arena para compactarla bien. Posteriormente pasa a completar su curado en horno sin separarla del modelo, porque hasta entonces poco consistente, quedaría dañada sensiblemente.

4.7b.- Corazones

Los corazones pueden ser huecos o sólidos y su manufactura se lleva a cabo dentro de las cajas de corazones, destacando principalmente dos tipos de ellas:

- 1) Caja de corazones adaptada para efectuar el curado en su interior.
- 2) Caja de hembra y macho, con la sección de hembra sujeta permanentemente al soplador.

La caja de corazones adaptada es del tipo ordinario y cuya aplicación se ha extendido de otros sistemas de moldeo a éste.

La caja de hembra y macho es más propia para la producción en serie. Generalmente, se encuentra en la parte terminal de las máquinas automáticas, quedando la sección de hembra unida al soplador. De aquí, se expulsa la arena recubierta a presión, a través de unos orificios y se proyecta sobre el modelo caliente.

La fabricación de corazones en caja es una reproducción a escala del modelo de cáscaras. La caja empacada de arena se calienta entre 260°C y 350°C; ahí se produce el revestimiento y curado hasta formar la sección prevista del corazón, cuando éste es hueco.

A pesar de que los corazones sólidos requieren más tiempo para la misma operación, permiten el curado incompleto de la parte interna, siempre que el resto de la pieza sea resistente.

Estos corazones ofrecen una gran exactitud de dimensiones, comparados con los elaborados bajo otros procedimientos.

4.8.- APISONADO

El apisonado puede automatizarse al grado de eliminar los pisos de percusión y sustituirlos por sopladores que inyectan la arena a presión.

Las máquinas neumáticas tienen la caja de moldeo montada sobre un soporte que opera a sacudidas continuas. Así, la compactancia de la arena brinda mejores resultados que los apisonados comunes. En -- las automáticas, la sección hembra del molde, que es la parte superior de la caja, se encuentra permanentemente unida al soplador. Entonces, la sección complementaria se localiza en la parte inferior y sirve de sostén. Este sistema tiene mayor aplicación cuando se trata de producciones en serie y se caracteriza por producir empaquetamientos homogéneos.

4.9.- CURADO

Es el ciclo de estufado donde la resina polimeriza y endurece al grado de convertirse en un sólido infusible.

Físicamente, experimenta tres cambios en su procesamiento:

Etapa A - La resina termoplástica representa un grado primario de condensación, es quebradiza y soluble en solventes orgánicos. Funde a 95°C, temperatura a la cual logra desplazarse libremente.

Etapa B - Este fluido pasa a un estado coloidal que pierde --- agua con facilidad y se transforma en una goma cada vez menos elástica, lo que sucede a unos 160°C.

Etapa C - El porcentaje de descomposición se acelera por aumento de la temperatura y exposición al aire, así que progresivamente empieza a fraguar a 230°C, hasta endurecerse por completo.

El hecho de mantener temperaturas por encima de las mínimas necesarias, asegura e incrementa la velocidad de curado. Entre más se acerquen a las críticas, exigirán tiempos más largos de curado, aunque garantizan una distribución de calor más uniforme.

Normalmente, una cáscara con espesor de 9.5 mm. (3/8") necesitará 2 minutos para completar su curado a temperatura de 350°C. Es cuando se retiran del horno modelo y cáscara, para separarlos con -- precaución. Se ejerce una presión uniforme sobre los botadores de la placa modelo y la cáscara queda lista. Ahora bien, la misma cáscara bajo quemadores de gas, empleará unos 4 minutos para obtener iguales resultados, ya que la flama se va aplicando por zonas, hasta cubrir el área total de la cáscara.

4.10.- ENSAMBLE DE MOLDES

Para efectuar la fijación de dos medias cáscaras que constituyen un molde completo, se han desarrollado algunos dispositivos que tienden a aumentar la velocidad de producción.

Uno de los procedimientos consiste en colocar tornillos y grapas proporcionalmente distribuidos en los bordes del ensamble, cuidando de no atravesar en ningún momento la cavidad del molde.

De manera similar, ha sido notable el procedimiento a base de espigas o pitones, cuya manipulación se efectúa neumática o mecánica

mente. Sin embargo, el frecuente trabajo que representa lograr un buen centrado al situar las espigas sobre las cajas, dificulta un poco su aplicación.

También ha dado en realizarse el ensamble de cáscaras, empleando adhesivos hechos a base de resina fenólica (200 mallas) disuelta en aceite SAE No. 6 y se administra, comprimiendo frascos de polietileno sobre la periferia de contacto. En casos de emergencia, el aceite puede ser sustituido por kerosena o aun petróleo diáfano, como diluyentes.

El sistema de adhesivos es flexible, coincidiendo en utilizar escamas de resinas ureicas que al fundir y secar, redundan en una buena adhesión. Así mismo, esta alternativa es extensible para las fenólicas.

4.11.- PINTURAS

Las pinturas se aplican a las cáscaras y corazones para recubrir su superficie, brindando un mejor acabado.

Se eligen entre las elaboradas al agua y al alcohol; estas últimas, aunque más caras, son preferibles en virtud que las hechas al agua tienden a descomponerse con el uso, produciendo rugosidades en la superficie del molde.

Las de alcohol sólo necesitan que se les prenda fuego, sin recurrir a secados posteriores o estufados.

Muchas de estas pinturas guardan en su formulación compuestos a base de óxido de hierro, circonio o plumbagina, según sean las características de disipar o mantener el calor durante la colada.

4.12.- DETERIORACION DE ARENAS

Las arenas desmoldeadas nunca llegan a igualar a las originales, por los cambios físicos que sufren con el uso.

La presencia de granos compuestos contribuyen a formar una masa burda y ofrecen fragilidad, pues los esfuerzos mecánicos ejercidos durante el mezclado logran superar la resistencia de muchos granos. Ellos van acumulando desbastes de diferente magnitud; algunos se fracturan y otros se desintegran, elevando el contenido de finos.

En el revestimiento, estos finos ocupan o rellenan los espacios vacantes, originados por la diversidad en formas y tamaños de la gran cantidad de granos. Cuando se asocian varios finos entre sí, entablan una pobre cohesión, que repercute en la resistencia del molde.

Se han diseñado procesos para recuperar arena usada, pero además de laboriosos, coinciden en ser poco fructíferos. La idea está fundamentada en remover y eliminar la resina residual, evitando dañar a las partículas; como esto no se logra por completo y menos sin maltratarlas, surge la opción de acondicionar la arena lo mejor posible, en base a calcinaciones y tamizados, principalmente. En todo caso, apenas resulta aprovechable una porción del lote.

Al preparar una nueva carga, gran parte de los granos recuperados se tornan más frágiles y se fragmentan, quedando embebidos en una segunda capa de resina.

El grano aumenta de dimensiones y distorsiona su forma, ya que los bordes irregulares constituyen entonces, protuberancias más agudas y filosas.

CAPITULO V

METODOS DE RECUBRIMIENTO

5.1.- GENERALIDADES

En el capítulo anterior, ha quedado descrita brevemente la preparación de una carga bajo los procedimientos de mezcla seca y recubrimiento de arena.

A partir de la mezcla seca, se fabrican moldes cáscara ligeramente menos resistentes a los conseguidos con arena recubierta, ---- quien logra establecer múltiples puentes de unión, mejor distribuidos y más firmes.

Una carga de arena recubierta queda preparada, manteniéndose dentro de los siguientes rangos:

<u>Composición</u>	<u>Contenido</u>	<u>Referencia</u>
Resina novolac	2.5 % - 4.0 %	(1)
Hexa	6.0 % - 20.0 %	(2)
Estearato de calcio	3.0 % - 4.0 %	(2)
Aglutinante	2.75% - 4.75%	(1)

Existen dos tipos de recubrimiento:

NOTA: La referencia está dada

(1) Respecto al peso de la arena

(2) Respecto al peso de la resina

RECUBRIMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE O EN TIBIO

La resina se administra acompañada de un solvente, cuya evaporación produce una mezcla seca de flujo libre.

La participación de un solvente común contribuye a dispersar los reactantes y permite que se combinen. La hexa se mantiene disponible en la resina, promoviendo la reacción de inmediato, al aplicar temperatura. Este tipo de recubrimiento alcanza una velocidad de curado más alta.

RECUBRIMIENTO EN CALIENTE

La arena caliente provoca la fluidez de la resina, que se disemina en todas direcciones.

La solución de hexa es un medio templador de la mezcla, de donde solidifica la resina envolvente de las partículas. Con la evaporación del solvente, la hexa, que también baña a las partículas, queda como una cubierta superpuesta, sin llegar a combinarse con la resina; los granos obtenidos resultan un poco más burdos, pero mejoran notablemente en el revestimiento.

La versatilidad del Proceso de Cáscara estriba en los diferentes métodos de recubrimiento, tanto a temperatura ambiente o en tii-- bio como en caliente. Su elección va en relación directa con el equi po disponible y tiempo dedicado al ciclo, pues aun cuando un método resulte más caro respecto a otro, puede compensarse con el aumento - de producción. A continuación se detallan las secuencias de opera--- ción para los métodos más usuales, sin considerar las modificaciones y medidas que el técnico recomiende para ajustarse a las necesidades del producto y cliente.

RECUBRIMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE O EN TIBIO

METODO N° 1

- 1.- ARENA
- 2.- RESINA PULVERIZADA
(Resina novolac + Hexa + Estearato de calcio)
- 3.- SOLVENTE
(Alcohol + Agua)
- 4.- INYECCION DE AIRE
- 5.- TAMIZADO

METODO N° 2

- 1.- ARENA
- 2.- ACELERADOR
(Hexa + Estearato de calcio)
- 3.- RESINA EN SOLUCION
(Disponible al 60% y 70% de sólidos)
- 4.- INYECCION DE AIRE
- 5.- TAMIZADO

RECUBRIMIENTO EN CALIENTE

METODO N° 3

- 1.- ARENA
- 2.- RESINA EN ESCAMAS
(Resina novolac + Estearato de calcio)
- 3.- ACELERADOR EN SOLUCION
- 4.- TAMIZADO

METODO N° 4

- 1.- ARENA
- 2.- RESINA LIQUIDA
(Con mínima cantidad de volátiles)
- 3.- ACELERADOR EN SOLUCION
(Hexa)
- 4.- ESTEARATO DE CALCIO
- 5.- TAMIZADO

RECUBRIMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE O EN TIBIO

Secuencia de Operación

1° - Descarga de Arena

La arena se procesa en el molino para uniformizar el tamaño de partícula.

2° - Adición de Componentes

Prevalece el orden de adición: Acelerador - Resina - Fase húmeda

En el acelerador se formula el lubricante y a su vez, ambos se pueden formular en la resina.

		<u>Composición</u>	
		<u>Peso</u>	<u>Volumen</u>
Fase húmeda: Solvente de la resina	{	alcohol agua	75% 25% 80% 20%
Proporción : Solvente/100 Kgs. de arena	{	1.173 Kgs. (mín.) 1.465 Kgs. (máx.)	1.4 lts. 1.75 lts.

3° - Inyección de Aire

Presión : 5 psi - 20 psi
Temperatura: 25°C - 80°C

4° - Tamizado

La criba o conjunto de cribas que permita eliminar las trazas de solvente.

5° - Tiempo Aproximado de Mezclado

A temperatura ambiente: 15 - 20 minutos
En tibio : 10 - 14 minutos

RECUBRIMIENTO EN CALIENTE

Secuencia de Operación

1° - Descarga de Arena

La arena calentada previamente (125°C - 180°C) se deposita en el molino.

2° - Adición de Componentes

Prevalece el orden de adición: Resina - Acelerador - Fase húmeda
En la resina se formula el lubricante o por conveniencia, se adi
ciona separadamente.

Fase húmeda: Solvente de la hexa - agua 100%

Proporción: 2 lts. (máx.)/100 Kgs. de arena

3° - Tamizado

La criba o conjunto de cribas que permita eliminar la mayor cantidad de solvente residual.

4° - Tiempo Aproximado de Mezclado

8 min. - 12 min.

5.2.- RECUBRIMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE O EN TIBIO

El recubrimiento se inicia descargando la arena en primer lugar y sobre ella, los reactantes y aditivos.

El solvente se añade en porciones, pues al vaciarlo todo de una vez, habrá pérdidas de alcohol antes de solubilizar por completo a la resina. Existe la alternativa de preparar anticipadamente la solución de resina, cuyos efectos quedan sujetos a las variaciones atmosféricas.

La cantidad de agua puede reducirse hasta el punto de prescindirla, sin que afecte la solubilidad de la resina. La proporción de medida de agua retarda e inhibe la reacción.

Mientras se volatiliza el solvente con la inyección de aire caliente, la mezcla adquiere mayor consistencia, transformándose en una masa pastosa donde la resina aumenta de viscosidad, aglomerando fácilmente las partículas; una cantidad incipiente de solvente provocará un recubrimiento pobre al quedar resina libre.

Por lo general, se prefiere el empleo de alcohol etílico desnaturalizado, ya que los vapores del metílico presentan la desventaja de su toxicidad.

Durante la inyección de aire, los terrones y grumos más burdos empiezan a desmoronarse, constituyendo aglomerados cada vez más sencillos. La mezcla seca gradualmente y permite que los granos vayan desprendiendo uno del otro, hasta conseguir su libre desplazamiento dentro de la cuba.

Un mezclado excesivo ocasiona la erosión de la resina envolvente.

El tamizado tiene por finalidad eliminar las trazas de solvente. Cuando hay deficiencias en la inyección de aire o el cribado no es satisfactorio, entonces la arena debe quedar expuesta a la atmósfera durante una o varias horas antes de secar totalmente, pues el secado incompleto puede producir aglomerados, que luego causen delaminados en la cáscara.

Se dice que la resina está "lenta" cuando endurece después del tiempo previsto, de lo cual se hace indispensable agregar hexa, acelerando la reacción y transformándola en "rápida".

El mezclado y revestimiento son operaciones que deben sincronizarse para evitar pérdidas de tiempo. Cuando la resina se hace más rápida de lo calculado, entonces resulta necesario aumentar la velocidad de operación, exigiéndole rapidez al moldeador o disminuyendo un poco la temperatura de las piezas, para compensar el progreso de la reacción.

5.3.- RECUBRIMIENTO EN CALIENTE

La arena caliente promueve que la resina funda y se disemine dentro del lote.

La hexa queda disuelta en agua, la cual apresura su dispersión y permite enfriar la arena, fijando a la resina sobre las partículas.

A medida que el mezclado transcurre, la mezcla pierde humedad y paulatinamente se torna menos pegajosa; los terrones formados pierden cohesión, desdoblándose cada vez con mayor facilidad, hasta que desaparecen. En este momento se suspende el mezclado para evitar la abrasión de la resina.

Después del tamizado, la arena recubierta no enfría por completo y aunque apenas llega a unos 50°C, abate considerablemente el choque térmico a que quedan expuestas las partículas, durante el revestimiento.

La adición inmoderada de agua conduce al desprendimiento de la resina envolvente, defecto que contempla la imagen de "sal y pimienta", dejando la carga inservible.

Los recubrimientos heterogéneos descompensan el rendimiento de la resina y consistencia de la mezcla.

Un exceso de mezclado ocasiona pérdidas de humedad no previstas, favoreciendo zonas con mayor grado de aglutinación que otras.

5.4.- ADITIVOS

Realmente no existe diferencia significativa en el producto final empleando uno u otro método. Sin embargo, logran mejorarse algunas características de la cáscara a base de aditivos.

Estearato de calcio es un lubricante metálico, entre modelo y cáscara.

El vinsol contribuye a reducir la rigidez y en consecuencia -- las fisuras.

El óxido de hierro transfiere notablemente el calor para acelerar la solidificación del metal.

Lo más reciente es la inclusión de resinas de pino solubles en alcohol, las que confieren cierta elasticidad a las cáscaras.

5.5.- RADIO DE ACCION DEL ACELERADOR

El contenido de hexa delimita el grado de curado que alcanza la resina en el molde construido. Cuando ésta requiere poca rigidez en caliente para soportar los choques térmicos a que se queda sujeta, la hexa se mantiene dentro de los niveles inferiores (6% mín.). Abajo de este límite, se promueve la deformación del molde y sus paredes quedan susceptibles al desplome.

Al elevar el contenido de hexa (20% máx.), aumenta considerablemente la resistencia a la deflexión en caliente y la cáscara alcanza mayor rigidez, tanto que, un ligero excedente puede traducirse en fragilidad.

Los moldes cáscara han encontrado un extenso campo de acción en el vaciado de piezas para partes automotrices y cumplen normalmente su función al acercarse a los valores medios del intervalo sugerido. Con 15% aproximadamente de hexa, se logran las siguientes resistencias:

<u>Resistencia</u>	<u>En Caliente</u>		<u>En Frío</u>	
	(lb/pulg ²)	(Kg/cm ²)	(lb/pulg ²)	(Kg/cm ²)
Mínima	220	15.5	180	12.7
Máxima	280	19.7	280	19.7

CAPITULO VI

MÉTODOS DERIVADOS DEL PROCESO DE CÁSCARA

Paralelamente al Proceso de Cáscara, se han desarrollado otros métodos donde se emplean resinas termoestables:

- 1) Caja Caliente
- 2) Caja Fría

6.1.- PROCESO DE CAJA CALIENTE (HOT BOX)

Ha logrado ciertas ventajas al de cáscara, como el aumento de la velocidad de producción, ya que los ciclos pueden realizarse más rápidamente.

El diseño fundamental del proceso, se basa en producir una cáscara curada a gran rapidez y que sirve de soporte a los corazones. Logra alcanzar tal rigidez, que soporta su extracción de la caja sin de formarse.

Se emplea una mezcla húmeda a cambio de la mezcla seca de flujo libre y entonces, la modificación consiste en que se elaboran corazones sólidos y no huecos. En casos excepcionales, pueden insertarse algunos aditamentos, como mandriles, para hacerlos huecos.

Al extraer el corazón de la caja, completará su curado y su interior quedará endurecido antes de lograr su enfriamiento total.

Se utilizan resinas tanto fenólicas como furánicas, con pequeñas modificaciones en su formulación, para fraguar rápidamente. Así pues, las resinas fenólicas son compuestos de la reacción fenol-urea-formaldehído y las furánicas son producidas a partir de alcohol fur-

furflico-urea-formaldehido, bajo catálisis ácida. Los compuestos endu-
recidos a partir de fenol tienen mejor resistencia al calor y a la hu-
medad, a la vez que su resistencia a la tensión mejora sensiblemente.

La reactividad de ambas formulaciones es proporcional al aumen-
to de temperatura. De esta manera, será menos reactiva a medida que -
se trabaje a temperaturas cercanas a la del medio ambiente. La vida -
de uso de la mezcla preparada a 25°C es de 3 horas, aproximadamente.

La formulación consta de:

- 1½% - 2% de resina (basada en el peso de la arena)
- 20% de acelerador líquido (respecto al peso de la resina)

Sus principales ventajas son:

- 1) Bajo costo de aglutinante
- 2) Alta velocidad de producción
- 3) Fabricación de corazones sólidos

Sus desventajas son:

- 1) Se despiden un olor desagradable difícil de contrarrestar.
- 2) Los gases liberados son, por lo general, compuestos aminados que pueden ser tóxicos y causar algunos trastornos en la ---
piel, vías respiratorias, etc., si no se emplea el equipo ---
adecuado de extracción.

6.2.- PROCESO DE CAJA FRIA (COLD BOX)

Se caracteriza principalmente porque los corazones alcanzan su curado en unos minutos, a temperatura ambiente.

El corazón se desmonta de la caja y queda listo para emplearse inmediatamente. El equipo en funcionamiento está adaptado para crear corazones bien compactados, sin importar el tamaño ni el tipo de caja.

Las resinas utilizadas pueden ser fenólicas altas en grupos hidroxilo y con la participación de un isocianato, desarrollan un poliuretano. La formulación recomienda usar partes iguales de resina e isocianato en peso, para generar un contenido total de aglutinante entre 1.5% y 2% sobre el peso de la arena. La preparación se desarrolla de la siguiente manera:

- 1) Vertir la resina sobre la arena y mezclar durante 1 minuto.
- 2) Agregar el isocianato y mezclar durante 3 minutos.

También puede premezclarse la resina con el isocianato para -- después añadirlo a la arena y procesarse todo durante 4 minutos.

La vida de uso de la arena preparada a 25°C es de 2 horas, --- aproximadamente. Si la temperatura se eleva, acelerará la reacción, bajando la vida de uso notablemente. La máxima resistencia a la tensión se logra cuando la mezcla está recién preparada y disminuye a medida que la arena se envejece.

El curado de la resina se efectúa instantáneamente, haciendo - pasar una corriente de trietil amina (TEA).

Bajo este método se han popularizado las cajas de corazones de plástico, pero no por ello han quedado descartadas las de hierro o aluminio.

Las cajas quedan adaptadas con un sistema de ventilas por donde circula la TEA a presión dentro de la arena, para después descargarla a la atmósfera.

El efecto de la humedad es más sensible en los corazones elaborados mediante caja fría que los de cáscara o caja caliente, donde el grado de humedad retenida es menos marcado; es debido a esto que sus dimensiones se ven alteradas con facilidad. El empleo de lubricantes requiere de una minuciosa aplicación dentro de la caja, cubriendo totalmente el área de contacto.

Conforme avanza el fraguado, el corazón va secando mientras adquiere resistencia y para obtener resultados representativos, no debe haber retrasos entre la extracción y la prueba, ya que la diferencia de humedades, por escasa que sea, hace variar el resultado.

El tipo de pinturas al alcohol son casi indispensables para caja fría, pues a pesar de que pueden emplearse las elaboradas con agua, necesitan horneados a temperaturas que aseguren la eliminación completa de la humedad existente.

También se evitan los adhesivos de agua ya que detrioran el área encementada, provocando juntas débiles.

Los almacenamientos prolongados debilitan el grado de compactancia de las piezas por absorción de humedad, pero al hornearse, lo gran restablecer sus propiedades.



Ventajas

- 1) Producción rápida.
- 2) Vaciados más limpios.
- 3) Corazones que quedan listos inmediatamente.

Desventajas

- 1) El olor de la TEA es penetrante y resulta -
incómodo después de algunas horas.
- 2) La TEA presenta riesgos de toxicidad.
- 3) Los corazones son menos resistentes a los -
ambientes húmedos.
- 4) Se requiere de una aplicación habilidosa de
lubricantes para la extracción.
- 5) La vida de uso necesita mayor control.

CONCLUSIONES

Durante las últimas dos décadas, se ha observado más claramente la intervención del Proceso de Cáscara en la industria de fundición y tal ha sido su influencia que aun ha desplazado a segundos términos, métodos tradicionales como son moldeos en verde, moldeo bajo proceso de CO_2 , moldeo en cera, etc.

Así pues, resulta interesante discutir algunos de los puntos -- que determinan su elección:

1) Control de Calidad

- a) La arena no requiere de un control de calidad estricto, - pues aun cuando en las características del depósito se reporten trazas de materia orgánica o arcillas, no afectan la intervención del aglutinante.
- b) El molde cáscara ya constituido, mantiene una homogeneidad en su compactancia a lo largo de sus diferentes secciones, aun después de la vaciada.
- c) El acondicionamiento de las piezas metálicas es mínimo, - ya que su acabado superficial es bueno; si acaso llegaran a quedar algunas rebabas, por deslaves internos (son muy escasos), entonces la pieza estará lista después de un ligero esmerilado. Salvo que las piezas requieran una precisión dimensional $\pm 0.005"$, será necesario el rectificado en torno o fresa.

2) Producción

- a) El éxito del proceso se basa en el diseño de sus máquinas automáticas, ya que permite una elevada velocidad de producción y en estas condiciones, se ha nulificado la labor de "moldeadores artesanos", pues se eliminan tareas como las del retoque de moldes, tan común para los moldes en verde o proceso de CO_2 .
- b) Resulta normal encontrar rendimientos de producción superiores al 80%; en ello intervienen los tiempos perdidos - que se reducen a fallas del equipo.

3) Costos

Los costos de operación resultan altos, considerando el precio del equipo y resinas como materia prima. Sin embargo, la rentabilidad del proceso se debe a:

- a) Es un proceso corto y productivo a pesar de utilizar menor número de empleados.
- b) La fabricación de moldes cáscara brinda un ahorro en la cantidad de arena por tonelada de metal.
- c) Existe una notable reducción de piezas rechazadas, por moldes defectuosos.
- d) Logran consolidarse corazones más grandes, de una sola pieza, eliminando operaciones de ensamble.
- e) La manipulación y traslado de moldes, resultan menos laboriosos al disminuir su peso, lo cual representa una venta ja al prescindir el uso de grúas o transportadores,

BIBLIOGRAFIA

- (1) American Foundrymen's Society, Symposium of Foundry Sand Reclamation, Illinois, 1953.
- (2) American Foundrymen's Society, Foundry Sand Handbook, Illinois, 1965.
- (3) American Foundrymen's Society, Manual de arenas para fundición, Illinois, 1967.
- (4) Billmeyer, Fred W., Jr., Textbook of Polymer Science, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1962.
- (5) Billmeyer, Fred W., Jr., Textbook of Polymer Chemistry, Interscience Publishers, Inc., New York, 1957.
- (6) Butler, George B., Organic Chemistry, The Ronald Press Co., New York, 1972.
- (7) Dietert, Howard W., Foundry Core Practice, American Foundrymen's Society, Illinois, 1960.
- (8) Dietert, Howard W., Processing Molding Sand Transactions, American Foundrymen's Society, Illinois, 1963.
- (9) Durez Division, Hooker Chemical Corp., Durez Guide to Resin Coated Sand, New York, 1968.
- (10) Durez Division, Hooker Chemical Corp., Durez Guide to Shell Molding, New York, 1969.

- (11) Fairfield, H.H., Expansion of Silica Sands, J. Prentice Hall, -- Inc., New Jersey, 1958.
- (12) Fleck, Ronald H., Plásticos: Su estudio científico y tecnológic-- co, Gustavo Gili, Barcelona, 1953.
- (13) Fleck, Ronald H., Plásticos, Gustavo Gili, Barcelona, 1959.
- (14) Fuson, Ronald C., Reaction of Organic Compounds, John Wiley & -- Sons, Inc., New York, 1962.
- (15) Gutsche, G. David, Fundamentals of Organic Chemistry, J. Pren--- tice Hall, Inc., New Jersey, 1975.
- (16) Hauser, E.A., Colloidal Phenomena, McGraw-Hill, New York, 1959.
- (17) Holleman, A.F., Holleman Organic Chemistry, Elsevier Publishing Co., New York, 1951.
- (18) Houwink, Herbert R., Technology of Synthetic Polymers, Elsevier Publishing Co., Inc., Amsterdam, 1955.
- (19) Howard, E.D., Tratado de fundición, Aguilar, 1968.
- (20) Hurlbut, Cornelius S., Jr., Manual de minerología de Dana, Ed. - Reverté, S.A., Barcelona, 1974.
- (21) Illinois State Geological Survey Report of Investigations, The - Bonding Actions of Clays; Clays in Dry Molding Sands, 1956.
- (22) Kent, James A., Riegel's Industrial Chemistry, Reinhold Publish-- ing Corp., New York, 1965.

- (23) Kirk, Raymond E., Othmer, Donald F., Enciclopedia de tecnología química, Vol. XIII, UTEHA, México, 1963.
- (24) Less, Frank W., Aglutinantes resinosos para fundición, Hooker Mexicana, S.A. de C.V., México, 1973.
- (25) Martin, Robert W., The Chemistry of Phenolic Resins, John Wiley & Sons, Inc., London, 1956.
- (26) Martínez de las Marías P., Química y física de los altos polímeros y materias plásticas, Ed. Alhambra, Madrid, 1972.
- (27) Matiello, Joseph, Protective and Decorative Coatings, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1969.
- (28) Norton, F.H., Refractories, McGraw-Hill, New York, 1969.
- (29) Read, H.E., Rutley's Elements of Mineralogy, Thomas Murby & Co., London, 1970.
- (30) Saunders, K.J., Organic Polymer Chemistry, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1965.
- (31) Schaller, Gilbert S., Engineering Manufacturing Methods, McGraw-Hill, New York, 1965.
- (32) Simonds, Herbert R., Plásticos moldeados, Reinhold, New York, 1963.
- (33) Taylor, Howard F., Foundry Engineering, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959.

- (34) Walker, J. Frederick, Formaldehyde, Reinhold Publishing Corp., -
New York, 1964.

REFERENCIAS

- (1) Bender, H.L., Preprint Bulletin, Division Paint, Varnish and --
Plastics Chemistry, American Chemical Society Meeting, V. 73 --
(1950).
- (2) Freeman, J.H. and Lewis, C.W., Journal of American Chemical So-
ciety, V. 76, p. 2080 (1954).
- (3) Kopf, P.W. and Wagner, E.R., Chemical Abstracts, V. 79, N° 4, -
p. 8 (1973).
- (4) Masayoshi, Yamao, Chemical Abstracts, V. 76, N° 6, p. 23 (1972).
- (5) Megson, N.J.L. and Hollingdale, S.H., Journal of Applied Chemis-
try, V. 5, p. 616 (1955).
- (6) Orrell, E.W. and Burns, R., Plastics and Polymers, V. 36, -----
p. 469 (1968).
- (7) Rodia, J.S. and Freeman, J.H., Journal of Organic Chemistry, --
V. 24, p. 21 (1959).