

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



OPTIMIZACION DE MOLDEO CON AGLUTINANTE FENOLICO
EN SISTEMA DE AUTOFRAGUADO NO ESTUFADO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO METALURGICO
P R E S E N T A :
LUIS ZUÑIGA JUAREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

LAD. TESIS 1979
ABO. nit. ~~578~~ 375
FECHA _____
PROG. _____
S. _____



JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: PROF. KURT H. NADLER GUNDEISHEIMER

VOCAL: PROF. ENRIQUE CURIEL REYNA

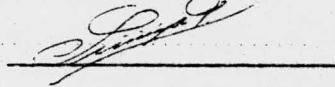
SECRETARIO: PROF. JOSE CAMPOS CAÚDILLO

1er. SUPLENTE: PROF. HUMBERTO MALAGON ROMERO

2o. SUPLENTE: PROF. MARCO ANTONIO CHAMORRO DIAZ

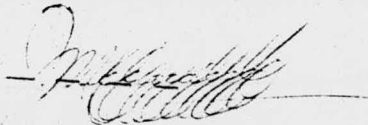
SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: FUNDICION "LA MANIN", S.A.

NOMBRE DEL SUSTENTANTE: LUIS ZURIGA JUAREZ



A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Luis Zuriga Juarez', is written over a solid horizontal line.

NOMBRE DEL ASESOR DEL TEMA: PROF. JOSÉ CAMPOS CAUDILLO



A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'José Campos Caudillo', is written over a solid horizontal line.

A MIS PADRES:

Luis Zúñiga

Ma. Concepción Juárez

A MI ESPOSA: Juanita

A MIS HIJOS: Luis y Anuar

A MIS HERMANOS: Abel, Enrique y Leopoldo

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS.

AL HONORABLE JURADO REVISOR.

A MI PROFESOR DE TESIS:

Ing. José Campos Caudillo

A MIS MAESTROS,

Con respeto y admiración

recibo.

Julio Estal

AL ING. GUILLERMO CANALES

AL ING. FRANCISCO MUÑOZ

AL ING. HUMBERTO RODRIGUEZ

Y a todas aquellas personas que directa
o indirectamente, contribuyeron a la --
realización de este trabajo.

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION -----	1
CAPITULO I. PRESENTACION Y ANALISIS DEL PROBLEMA -----	3
CAPITULO II. SISTEMA DE MOLDEO DE AUTOFRAGUADO -----	7
A. SISTEMA TOTAL -----	8
B. TIPO DE METAL -----	9
C. TAMAÑO Y PESO DE LA PIEZA -----	10
D. PRODUCCION POR MODELO -----	10
E. TIPO Y COSTO DE LA ARENA -----	11
F. RELACION ENTRE LA ARENA Y EL METAL -----	11
G. EQUIPO PARA MEZCLADO DE LA ARENA -----	12
H. RECUPERACION DE LA ARENA Y LIMPIEZA DE LAS PIEZAS DE FUNDICION -----	13
CAPITULO III. MEZCLADO -----	15
A. EQUIPO REQUERIDO EN EL PROCESO -----	17
CAPITULO IV. FUNDAMENTOS TEORICOS DEL PROBLEMA -----	19
A. LA EXPANSION DE LA ARENA -----	20
B. DEFECTOS DE PENETRACION -----	20
C. DEFECTOS POR LA EROSION DE LA ARENA -----	22
D. DEFECTOS CAUSADOS POR EL METAL -----	24
E. DEFECTOS CAUSADOS POR LOS GASES -----	25
CAPITULO V. EXPERIMENTACION -----	28
CAPITULO VI. EVALUACION ECONOMICA -----	34
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES -----	37
CONCLUSIONES -----	39
BIBLIOGRAFIA -----	40

I N T R O D U C C I O N

Los materiales conocidos como Aglutinantes de Autofraguado, en nuestro caso líquidos, representan un grupo que no requiere de temperatura u oxígeno para producir una transformación completa al estado sólido.

Los principales compuestos aglutinados de autofraguado en el mercado en orden creciente de consumo son:

- 1.- Fosfatos inorgánicos
- 2.- Uretano fenólico
- 3.- Silicato de sodio
- 4.- Aceite uretano
- 5.- Resinas activadas con ácidos
 - a). Resinas fenólicas
 - b). Resinas furánicas

Del grupo anterior destacan las resinas fenólicas, que desde la época en que se introdujeron, su uso se ha expandido rápidamente en los Estados Unidos, Canadá, Australia, Japón, Europa y México.

El estudio es con el fin de tratar de sacar a flote las variantes que se obtienen cuando se moldean válvulas de alta presión, pues es bien sabido que este tipo de piezas requie--

ren de buena calidad, inclusive a veces hasta de una calidad-radiográfica para detectar algunos defectos.

CAPITULO I
PRESENTACION Y ANALISIS DEL PROBLEMA

Este trabajo se realiza con el fin de resolver los problemas que se tienen en un sistema de moldeo de autofraguado, tales como: incrustaciones de arena, agrietamiento, colas de rata, sopladuras, puntos de alfiler, etc.

Se sabe que los moldes deben tener ciertas propiedades características, que nos permitan disminuir al máximo los problemas antes mencionados. Dichas características son:

- A).- Ser plásticos: esto es con el fin de que en un momento dado tanto el molde como el corazón, tengan la plasticidad suficiente para que la pieza vaciada no vaya a resultar con grietas o fracturas. Esta propiedad puede ser más importante para el corazón, ya que en el momento de hacer la contracción el acero, debe de ceder o de lo contrario se obtienen piezas fracturadas.
- B).- Tener cohesión y resistencia, con el objeto de poder reproducir y conservar la reproducción del modelo. Además, se evita el problema de que se vaya a romper el molde en el momento de vaciarlo; por último, se evita también que en el vaciado haya arrastres de arena, lo cual perjudica a la pieza.
- C).- Resistir la acción de las temperaturas elevadas, es

decir, ser refractarias. Este punto es importante debido a que se debe de emplear, un tipo de arena para cada tipo de metal que se vaya a vaciar, esto es porque todos los metales tienen un punto de fusión diferente.

Cuando la arena no tiene la refractariedad suficiente como para soportar la temperatura, se produce una reacción entre la misma y el calor del metal; lo que nos trae en consecuencia que la pieza vaciada sea mala en cuanto a calidad se refiere, por la cantidad de arena que se adiciona a la pieza y que difícilmente se puede quitar, además de que se tienen incrustaciones que pocas veces pueden ser detectadas hasta que la pieza ha sido maquinada.

D).- Los moldes deben ser permeables: esto es permitir la evacuación total del aire contenido en el molde, así como los gases que se producen como consecuencia de la reacción, entre el calor del metal y los productos orgánicos que contenga el molde.

El no tener estas propiedades, puede provocar que la pieza vaciada salga con sopladuras grandes o gaseadas, es decir, con pequeños poros en toda la pieza y que hacen a la misma inservible.

Esta propiedad depende en gran parte de la granulometría de la arena, y en menor escala de la forma del grano. Esto se debe a que una arena gruesa, -- tiene más permeabilidad que una arena fina (esto es lógico ya que entre más gruesa sea la arena, -- más volumen de huecos habrá), también un grano redondo presenta más volumen de huecos que un grano angular.

- E).- Los moldes deben disgregarse fácilmente para permitir la extracción y limpieza de la pieza. Esta -- propiedad estará dada más que nada, por el apriete y la cantidad de aglutinante usado en la mezcla de arena.

En sí, estas son algunas de las características que deben de tener los moldes, para obtener buenos resultados en las piezas.

CAPITULO II
SISTEMA DE MOLDEO DE AUTOFRAGUADO

El moldeo de autofraguado ofrece al fundidor el potencial de un número de ventajas significativas; entre las cuales están:

- A).- Equipo.- Baja la inversión de capital, bajan los costos de operación, reduce la producción de polvo y el nivel de ruido.
- B).- Producción.- Reducción directa del costo de la mano de obra, requiere menos conocimiento del sistema, altos rangos de producción y menos tiempo perdido.
- C).- Calidad.- Exactitud verdadera de acuerdo a las dimensiones del modelo, reducción de las posibilidades de que la pieza vaciada vaya a la chatarra, y mejora el acabado en lo que se refiere a calidad.

Estas ventajas, sin embargo, cuando el alto costo del material del sistema de autofraguado es elevado, puede resultar a fin de cuentas un ahorro sustancial para la calidad de las piezas producidas.

A. SISTEMA TOTAL

El concepto del proceso de autofraguado incluye las siguientes operaciones:

- A).- Mezclado de arena automático.
- B).- Moldeo mecanizado y corazones manejables.
- C).- Controla el vaciado y el enfriamiento del metal.
- D).- Separación simple del molde, limpieza de la fundición, reducción y reacondicionamiento de arena.
- E).- Retorno de la arena en sistema de recirculación.

Consideraciones importantes en una investigación del sistema de autofraguado.

- A).- Tipo de metal
- B).- Tamaño y peso de la pieza a vaciar
- C).- Producción requerida por modelo
- D).- Tipo y costo de arena
- E).- Relación arena-metal
- F).- Tipo de equipo para mezclado
- G).- Recuperación de arena y limpieza de fundición

B. TIPO DE METAL

La mayor parte del metal vaciado en el sistema de autofraguado es: fierro gris, metales no ferrosos y acero, (estos últimos son producidos eficazmente sin problemas).

Cuando son vaciados los metales no ferrosos, la selección de apretado y la vibración son relativas para la limpieza

za de las piezas, no así para el acero que se vacía a más alta temperatura.

C. TAMAÑO Y PESO DE LA PIEZA

En este sistema no hay límite sobre el tamaño y el peso de la pieza a producir. La mayor parte de piezas grandes producidas, tienen un gran apoyo en el sistema de moldeo de autofraguado con cajas o en moldeo en foasa con arena en verde. Este paso es simplemente una medida de seguridad para prevenir posibles salidas de metal, y además se mantiene bajo la relación arena-metal. En la práctica, sin embargo, las piezas fundidas producidas son apoyadas con respecto a las cajas de moldeo en un 100%. La limpieza y separación de las piezas fundidas es bastante cómoda, y el costo de manejo de las cajas de moldeo y su mantenimiento son practicamente nulos.

D. PRODUCCION POR MODELO

Históricamente el mayor problema que ha causado el sistema de autofraguado, es la pérdida de tiempo, porque este sistema ha sido dependiente del tiempo de trabajo requerido en la mezcla de arena. Los tiempos perdidos se deben a que el modelo está en contacto con el molde o corazón, entre 30 a 45 minutos después de haber sido llenada la caja de corazón, o cubierto el modelo según sea el caso.

Nuevos sistemas de apretado han resuelto este problema a tal grado, que la relación de producción que pueda ser realizada por modelo, es arriba de 15 moldes por hora, presumiendo que el molde o caja de corazón puedan ser llenados en 2 ó 3 minutos. La relación de llenado está estrictamente en función del equipo mezclador de arena, del método de compactación y del flujo de arena desde la estación de mezclado hasta el modelo.

E. TIPO Y COSTO DE LA ARENA

La elección de la arena requerida está basada en la economía, y la eficiencia dentro del orden de una fundición de calidad aceptable. La selección de arena, también muestra -- que hay que tomar en consideración, la compactabilidad del -- sistema de apisonado del proceso de autofraguado.

F. RELACION ENTRE LA ARENA Y EL METAL

La relación arena-metal, es extremadamente importante para una fundición que trabaja con el sistema de autofraguado. La arena en verde produce normalmente trabajádo, de 6 a 10 toneladas de arena por cada tonelada de metal vaciado. En el sistema No-Bake, el costo de material está relacionado directamente a la relación metal-arena, de cuyos rangos varían de 2 a 1, hasta 6 a 1, dependiendo de la arena en verde, del ti-

po de metal vaciado y de la configuración del modelo. La relación de 3 a 1 ó 4 a 1 es la más común. Las relaciones bajas, son debidas principalmente al hecho de que las arenas -- No-Bake, desarrollan resistencias de aproximadamente 100 veces más que las de arena en verde.

G. EQUIPO PARA MEZCLADO DE LA ARENA

Existen dos tipos de mezclado de arena que son usados para la preparación de arena No-Bake; con mezclador continuo, o con mezclador de carga. El mezclador continuo, es el que presenta más ventajas, además de que es el más usado.

Este tipo de mezclador provee un volumen constante de -- arena mezclada, no se requiere transportar la arena por medio de hombres y el equipo puede ser diseñado para que sea móvil o fijo, dependiendo de las necesidades de cada empresa.

El tipo de mezclador por carga ha sido usado con buenos resultados; para este equipo se recomienda que todos los esfuerzos que se realicen de ahí, sean por control automático; la medición de los aglutinantes de la mezcla y el control de los ciclos de mezcla, también se suministran automáticamente.

H. RECUPERACION DE ARENA Y LIMPIEZA DE LAS PIEZAS DE FUNDICION

Cada uno de los procesos, elimina la necesidad de tener la instalación de la desmoldeadora por separado, la cual es muy ruidosa y caliente, requiere de un gran colector de polvos. Aún eliminándola, existe la necesidad de una recuperación convencional de arena y/o, acondicionar los sistemas que pueden ser coordinados con las operaciones de desmoldeo y limpieza de las piezas, incorporando las cuatro operaciones en una sola máquina, reduce el costo de protección del equipo, incluyendo el capital, mantenimiento y costos de operación.

Este concepto de cuatro en uno, elimina no solamente la desmoldeadora, sino también la trituradora, el flujo de la cámara refrigerante y todo el material del equipo manual, asociado con el movimiento de la arena de una operación convencional a otra.

Sin lugar a dudas el moldeo No-Bake, ha ocupado un importante lugar en la fundición del futuro. Los grandes problemas pueden ser resueltos, los factores de costo/calidad pueden ser dictados de acuerdo a la situación competitiva. El moldeo No-Bake, podrá establecer las bases sobre el futuro de la fundición de metales.

Una ventaja distinta del moldeo No-Bake en adobera, es la oportunidad de tener desmoldeadora, limpiadora con grana-

lla de acero, recuperación de la arena y la incorporación de la arena acondicionada en simple operación, esta sería una de tantas formas pero hay otras máquinas para este proceso.

CAPITULO III
M E Z C L A D O

Las cantidades de resina y catalizador a mezclar con la arena, son proporcionadas por cada fabricante de resinas, de acuerdo a sus productos. Los rangos más usados son:

De 1.5 a 2.5% de resina base arena.

De 20 a 60% de catalizador base resina.

En el cargado intermitente o por lotes, se usan cantidades determinadas de arena, catalizador y resina, primero se carga la arena al mezclador, después se acondiciona el catalizador y se mezcla hasta que la arena se observa humedecida, finalmente, se adiciona la resina mezclando hasta que la mezcla sea uniforme. Es importante que el equipo esté bien limpio, ya que los contaminantes como arcillas, aceites de corazonas, silicatos, etc., pueden afectar el tiempo de curado de la mezcla autofraguante.

Dado que el diseño del mezclador influye en el tiempo de curado, debido al calor que pueda desarrollarse en el mezclado, y manteniendo las tolerancias de ruedas, cuchillas y aspas con el fin de evitar fricciones entre los granos de arena, granos de arena y la mezcladora.

En el mezclado continuo, el problema de la vida de banco inherente al mezclado por lotes, se elimina. Hay varios tipos de mezcladores, los cuales están aumentando en uso, todos

ellos están diseñados para medir la arena, catalizador y resina en las proporciones correctas, y producir así una mezcla de todos estos aglutinantes en forma continua. En el mezclador de un sólo canal se adiciona la arena, y el catalizador en una proporción determinada en el lado de carga.

En un punto a lo largo del canal, después de mezclar la arena con el catalizador, se adiciona la resina en una proporción determinada. Cuando la mezcla llega al lado de descarga, todos los componentes están perfectamente mezclados.

A. EQUIPO REQUERIDO EN EL PROCESO

El proceso es relativamente simple. La mayor parte del equipo empleado actualmente en las fundiciones, es adecuado para usarse con los aglutinantes orgánicos. Es tan versátil este proceso, que se puede emplear desde las fundiciones más pequeñas, hasta las más grandes, donde se requiere una alta productividad; empleando el equipo adecuado como son:

EN PRODUCCION

Mezcladores continuos
Cajas de moldeo
Cajas para corazones
Mesas vibradoras
Volteadoras
Transportadores
Shakeout (desmoldeador)
Recuperador de arena

EN LABORATORIO

Balanza granataria
Mezclador tipo chileno o de -
aspas en "S" (5 Kg.)
Cajas para corazones No. 696-
(Dietert)
Probador de resistencias a la
tensión
Probador de dureza al rayado
Probador de impacto "BCIRA" -
pisión (apisonador)

La recuperación de arena es el proceso por medio del - - cual, la arena de moldeo y de corazones puede hacerse nueva. - Esta recuperación se justifica si la fundición se localiza en una área donde el costo de la arena es alto.

La arena en el proceso autofraguante con resinas fenólicas, es fácil de recuperar debido a su alta colapsibilidad, y se tienen resultados de 90 a 95% de recuperación. La arena - obtenida presenta menos finos, una superficie más uniforme, - no contiene impurezas que requieran catalizador (como carbonatos, óxidos, etc.), tiene una buena temperatura que disminuirá el porcentaje de catalizador, así como también estará - - exenta de agua.

CAPITULO IV

FUNDAMENTOS TEORICOS DEL PROBLEMA

Principales defectos de válvulas fundidas en el proceso de autofraguado.

Para simplificar el análisis y entendimiento de los defectos de fundición de válvulas, que ocurre en el proceso de autofraguado, se clasificarán estos en cinco categorías que son:

A. LA EXPANSION DE LA ARENA

Todos los defectos de expansión de autofraguado, empiezan con el calor que el metal fundido transfiere a la arena, conforme las superficies del corazón, y el molde extraen calor del metal que está solidificando, el aglutinante empieza a descomponerse y el volumen de la arena aumenta.

La arena sílica sufre dos tipos de expansión: la térmica y la cristalina. Esta última es muy especial, y requiere cierta atención por medio del rango de la temperatura de metal fundido; la arena sílica se transforma de cuarzo alfa a beta, después a tridimita y finalmente a cristobalita. Cada cambio de fase da lugar a un aumento en el volumen de los granos de arena afectados.

B. DEFECTOS DE PENETRACION

Con la posible excepción de la porosidad causada por ga-

ses, el defecto de autofraguado más frecuente es la penetración. La primer causa para que suceda la penetración es la falta de densidad de la mezcla de arena, que resulta de usar una mezcla precurada; (es decir, que ya reaccionó y endureció antes de ser puesta en el modelo), que fue inadecuadamente compactada; (se reconoce por estar la superficie débil y desmenuzable), o está sobre curada.

A menudo es posible hacer vaciados sin apisonar, presionar con los dedos o vibrar, pero debe recordarse, que estas prácticas mecánicas invariablemente dan una arena más densa, que es más fuerte y más resistente a la penetración. Si se pierde resistencia por precurado de la mezcla de arena, una buena compactación puede compensar esta pérdida y puede significar una válvula de buena calidad o un rechazo. El proceso de autofraguado generalmente produce vaciados sin defectos de penetración, pero se recomienda el uso de una pintura refractaria; una mala aplicación de la pintura puede causar defectos en vez de corregirlos, si se aplica la pintura antes que el corazón o molde esté curado completamente, se inhibirá el proceso de curado o se suspende completamente.

Durante la operación de vaciado, el recubrimiento de la arena que no está completamente curada, no tendrá suficiente resistencia para oponerse a la expansión térmica y a la penetración, lo que causará costras o darts. Este defecto ha ve

nido a ser común en las fundiciones, porque la mayoría de - -
ellas usa una pintura refractaria para minimizar defectos. -
Es recomendable pintura a base de alcohol.

C. DEFECTOS POR LA EROSION DE LA ARENA

Un defecto común en la arena de autofraguado, es la in--
clusión, las inclusiones algunas veces ocurren, porque la su-
perficie del corazón o la del molde ha sido erosionada, pero-
normalmente la arena incluida viene del vaciado y del sistema
de colada.

Un descuido en compactar la arena de las bajadas, cana--
les y entradas (de el sistema de colada), da como resultado -
una arena con una densidad pobre, que puede erosionarse y pro-
ducir inclusiones de arena. Obviamente si la arena se puede-
remover frotando, entonces se presentará este problema. Se -
debe tener cuidado de no remover los primeros granos de arena
de la superficie del corazón o del molde, porque una vez que-
estos son removidos, los granos que siguen se removerán más -
fácilmente. A menudo existen inclusiones por la erosión de -
la pintura refractaria; algunas veces la escoria se confunde-
por una inclusión de arena (si el material incluido es obscu-
ro y vidrioso, entonces es escoria).

Las inclusiones son el tipo de defecto más difícil de corregir, porque se dificulta identificar el material atrapado; la fluidez de una arena, es la clave de una superficie densa-no desmoronable, que no se erosiona para producir inclusiones. La fluidez de una arena de autofraguado, depende del tipo del sistema aglutinante y de la cantidad de resina, sin embargo el principal factor que determina la fluidez de la arena, es el tiempo entre la preparación de la arena y su uso. Sin hacer caso del mecanismo de curado, la resina empieza a reaccionar y curar químicamente en el instante en que está en contacto con el catalizador, entonces el líquido empieza a transformarse en un sólido. Una arena recientemente cubierta requiere de poco apisonado para producir un molde denso, y se dice que tiene muy buena fluidez. Cuando la arena penetra para llenar moldes, o recubrir al modelo es muy fluida; estos granos pueden ser apisonados fácilmente con muy poco esfuerzo. Si se usa una vibración con una frecuencia adecuada, y la mezcla es fresca, existe una migración de la resina sobre la superficie de los granos hacia los puntos de contacto entre ellos. Después de pocos minutos, la reacción química progresa hasta el punto en que el líquido que recubre la arena, se torna pegajoso y viscoso. Durante este período los granos pueden ser forzados a unirse, pero esto requiere más energía para apisonarlos y así formar un puente con la resina.

También la fluidez de la resina es mínima, y fluye más difícilmente hacia los puntos de contacto de los granos de arena, a medida que la reacción química continua; el fluido pegajoso pasa a un estado gelatinoso; sin embargo, aún se pueden hacer los moldes y corazones en este período, pero estarán demasiado débiles, porque los granos de arena pueden ser forzados a unirse con mayor dificultad, y el puente de resina será extremadamente pequeño, una vez que la reacción química ha progresado hasta el punto, donde el recubrimiento se ha tornado en un semisólido, producirá un corazón o un molde muy débil, con una superficie desmoronable que produce vaciados muy pobres en calidad. La pérdida de densidad es la causa de la erosión de la superficie, sin embargo, un mal vaciado y/o un diseño del sistema de colada pobre, que sea la causa de un flujo turbulento, o una cantidad excesiva de metal fundido que choque contra la arena, también puede ser responsable de un rompimiento prematuro de la resina y de la erosión de arena.

D. DEFECTOS CAUSADOS POR EL METAL

El defecto de cáscara de naranja, es causado por el metal que humecta a la superficie de la arena recubierta por resina, y después se separa de ella durante la solidificación. Este tipo de defecto ocurre a menudo en el moldeo de autofra-

guado. La mejor solución para el defecto de cáscara de naranja, es adicionar de dos a 5% de caolín a la arena. Esta adición requerirá de más resina para mantener las resistencias a la tensión del molde.

E. DEFECTOS CAUSADOS POR LOS GASES

Es importante señalar, que los gases son la principal fuente de defectos de los vaciados en autofraguado.

- 1.- Los gases contenidos en el metal durante la fusión y el vaciado, los cuales al salir de la solución son atrapados durante la solidificación.
- 2.- Los productos normales de la descomposición de la resina.
- 3.- Elementos que producen una gran cantidad de gases tales como: resina que no terminó de curar, una excesiva cantidad de resina o catalizador, pinturas, solventes que componen la resina y la humedad natural.

A mayor temperatura del metal fundido, se aumenta la cantidad de gases que pueden ser disueltos en el metal. Cuando el metal se enfría, decrece la solubilidad de gases de tal forma que las burbujas de gas disuelto, quedan atrapadas dentro del vaciado, como pequeños poros (pinholes).

La mayoría de los defectos, que se producen durante los-

vaciados relacionados con el metal, puede ser controlados manteniendo la temperatura de vaciado adecuado, y una adecuada - desgasificación y empleando técnicas apropiadas de colada.

Generalmente cualquier cantidad de hidrógeno absorbido - por el metal, debe provenir de materiales que contengan el -- mismo en su composición, tales como el agua y la resina. El - hidrógeno es soluble en todos los metales en varios grados. - El nitrógeno es la causa principal de poros bajo la superfi-- cie. Este defecto se encuentra frecuentemente en piezas de - acero, en donde no se usa una resina exenta de nitrógeno.

Los agujeros de gusano (wormhole), ocurren después de -- que el metal empieza a solidificar. Proviene algunas veces - del aglutinante, pero ocurren más a menudo, cuando se aplica - demasiada pintura que no ha sido secada completamente. Los - defectos que están bajo la superficie tales como: sopladuras - internas o poro masivo, indican un curado incompleto de la re - sina. Los agujeros de gusano provienen del agua, solvente o - resina que no ha curado completamente, y se localiza cerca de - la interfase metal arena. Estas sopladuras a menudo son pro - ducidas, por el agua que se ha condensado en la superficie de - un corazón de autofraguado frío, colocado en el interior de - un molde caliente.

Una fuente muy obvia de defecto por sopladura, es la ma - la aplicación de la pintura y las causas pueden ser las si - -

guientes:

- 1.- La superficie se pinta antes que el curado termine.
- 2.- Cuando la pintura no ha secado bien.
- 3.- Cuando se usa un exceso de pintura.

Para aplicar una pintura sobre corazones fríos, se recomienda calentarlos antes de pintarlos, para evitar que los va pores de condensación penetren y condensen dentro del corazón o molde.

Los vientos son de mucha importancia en cualquier tipo de vaciado, y son extremadamente importantes cuando se usan resinas orgánicas, porque evacúan los gases que se producen durante el vaciado de los moldes.

CAPITULO V

EXPERIMENTACION

En esta fase del trabajo, se realizaron diferentes experimentos; así como también 10 pruebas para obtener una media de dichos experimentos.

PRIMERA EXPERIMENTACION

Material usado:

Resina fenólica (nombre o clasificación)*
 Catalizador (para la misma) ID
 Arena 35/40 A.F.S. (juanita)

Cantidades:

100 Kg. de arena	- - - - -	100 %
Resina fenólica*	- - - - -	1.5 % base arena
Catalizador	- - - - -	40 % base resina

Para sacar los % se siguieron los siguientes pasos:

1o.- Se sacó arena durante cierto tiempo hasta completar 100 Kg. de arena.

2.- Con el mismo tiempo tomado antes, se obtuvo resina y catalizador.

A = Arena - - - - - 100 Kg.

R = Resina - - - - - 1.5 Kg.

C = Catalizador - - - 0.6 Kg.

$$\% R = \frac{WR}{WA} \times 100 \dots \frac{1.5 \text{ Kg.}}{100 \text{ Kg.}} \times 100 = 1.5\%$$

$$\% C = \frac{WC}{WR} \times 100 \dots \frac{0.6 \text{ Kg.}}{1.5 \text{ Kg.}} \times 100 = 40 \%$$

Como se usó un molino continuo. El tiempo de mezclado es muy corto (aproximadamente de 10 segundos). Para todas las experimentaciones se usó el mismo modelo, que fue un cuerpo válvula de retención de 8-600, y del cual cada mitad se lleva 500 Kg. de arena mezclada aproximadamente.

Teniendo todo el equipo preparado, se procedió a cubrir los modelos con la arena mezclada. Se tardó en llenar cada caja del modelo, un tiempo de 2.5 minutos. Enseguida de llenados, se tomó el tiempo de fraguado, el cual fue de 25 minutos.

Al comprobar que el molde ya tenía la resistencia adecuada para sacarle el modelo, se procedió a sacarlo. Una vez afuera se observó el molde en buen estado, pero al tacto, la arena se disgregaba fácilmente, lo cual nos hace suponer una muy baja resistencia como para vaciarlo. Los problemas que se tendrían serían: inclusiones, arrastres de arena, posibles roturas de moldes en el momento de estar vaciando, etc.

SEGUNDA EXPERIMENTACION

Tanto los aglutinantes como la arena fueron los mismo, por lo que es inútil volverlos a mencionar; lo único que se hará, será señalar las cantidades y porcentajes.

100 Kg. Arena	- - - - -	100 Kg.
Resina Fenólica	- - - - -	1.8 % (1.8 Kg.)
Catalizador	- - - - -	40 % (0.72 Kg.)

Después de cubiertos los modelos, se tomó el tiempo de -
fraguado que fue de 30 minutos. Se desprendió el modelo y se
observó el molde. Al tacto se notó un poco suelta la arena,-
pero aún así, se decidió pintar las dos componentes del molde
para verificar después la calidad de la pieza.

Después de vaciado el molde se observó en la pieza, pe--
queñas incrustaciones de arena, (sobre todo en la parte supe--
rior), además bastante arena pegada en toda la superficie de-
las bridas, (esta parte debe estar siempre limpia, pues es zo-
na maquinable).

Se limpió perfectamente para quitarle la arena, al termi-
nar esta operación anterior, se observaron inclusiones en - -
gran parte de las bridas, ante lo cual se decidió desechar la
pieza.

TERCERA EXPERIMENTACION

Arena	- - - - -	100 % (100 Kg.)
Resina Fenólica	- - - - -	2.0 % (2.0 Kg.)
Catalizador	- - - - -	40 % (0.8 Kg.)

Una vez cubiertos los modelos, se toma nuevamente el - -
tiempo de fraguado que fue de 25 minutos. Se desprendió el -
modelo y se observó. Al tacto se notó buena textura. Se pin

tó con pintura refractaria (zircon), se le colocó el corazón y después se vació.

Después de desmoldear la pieza, no se observó ninguna inclusión, tampoco tenía arena pegada, o sea que la pieza salió limpia, únicamente para cortar masarotas. Se mandó a tratamiento térmico y después a maquinado en donde no hubo ningún problema de inclusiones.

En la prueba de presión tampoco hubo problema, (en ocasiones cuando tienen inclusiones de arena, éstas se comunican al momento de aplicar presión a la válvula, lo que provoca -- que éstas presenten fugas). Esta experimentación fue bastante aceptable.

CUARTA EXPERIMENTACION

Arena - - - - -	100 % (100 Kg.)
Resina Fenólica - - - - -	2.3 % (2.3 Kg.)
Catalizador - - - - -	40 % (0.92Kg.)

En esta prueba se observó una reacción entre los aglutinantes muy lenta. Se tomó el tiempo de fraguado después de cubrir los modelos que fue de 40 minutos. Cuando hubo fraguado se extrajo el modelo (lo cual representó mucho trabajo, -- porque la arena se pegó al modelo), pero éste se rompió. Se le extrajeron al molde las partes rotas y se procedió a resanar, para después pintarse. Durante el vaciado se observó --

una intensa evolución de gases, lo que nos hizo suponer resultados.

Efectivamente al desmoldear la pieza, se le observaron - pequeños poros en toda la superficie de la pieza, e inclusive se abrió una parte con un electrodo de arco-aire, y se le observaron también pequeños poros internos. Esta última prueba de ninguna forma fue satisfactoria, pues en maquinado seguramente iba a salir igual (con poros).

En todas las pruebas se usó un vibrador para compactar - la arena. En algunas válvulas tales como el cuerpo válvula - macho, se hace necesario usar una pisoneta manual. Ya que ésta tiene partes difíciles de reproducir, que pueden resultar - con baja resistencia si no se apisona adecuadamente.

CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA

EXPERIMENTO 1

100 Kg. de arena
 1.5 Kg. de resina
 0.6 Kg. de catalizador

Costo de los anteriores:

Arena - - - - - \$597.00 Ton.
 Resina - - - - - 33.00 Kg.
 Catalizador - - - - - 22.00 Kg.

Arena - - - - - $\$597 \div 10 = \59.70 por 100 Kg.
 Resina - - - - - $33 \times 1.5 = \$49.50$
 Catalizador - - - - - $22 \times 0.6 = \$13.20$

Sumando los resultados anteriores, se tiene que 100 Kg. de arena preparada, cuesta \$122.40

EXPERIMENTO 2

100 Kg. de arena
 1.8 Kg. de resina
 0.72 Kg. de catalizador

Como los precios de los aglutinantes que ya conocemos - no tiene caso anotarlos otra vez, además el precio por 100 -- Kg. de arena para todos los experimentos va a ser el mismo, - entonces:

Arena - - - - - \$ 59.70 por cada 100 Kg.
 Resina - - - - - \$ 33.00 Kg. x 1.8 Kg. = \$ 59.40
 Catalizador - - - - - \$ 22.00 Kg. x 0.72 Kg. = \$ 15.85

Para este 2o. experimento el costo de 100 Kg. de arena - nos da un total de \$ 134.95.

EXPERIMENTO 3

100 Kg. de arena
 2.0 Kg. de resina
 0.8 Kg. de catalizador

Costo de arena y aglutinantes de la mezcla óptima.

Arena - - - - -	\$ 59.70/100 Kg.	
Resina - - - - -	-\$ 33.00 X 2.0 Kg.	\$ 66.00
Catalizador - - - - -	--\$ 22.00 X 0.8 Kg.	\$ 17.60

El resultado económico en este caso fue de:

\$ 143.30

EXPERIMENTO 4

100 Kg. de arena
 2.3 Kg. de resina
 0.92 Kg. de catalizador

Costo de arena y aglutinantes

Arena - - - - -	\$ 59.70/100 Kg.	
Resina - - - - -	-\$ 33.00 X 2.3 Kg.	= \$ 75.90
Catalizador - - - - -	\$ 22.00 x 0.92Kg.	= \$ 20.25

Para este último caso el costo fue de \$ 155.85.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

I.- Es muy importante que al seleccionar una arena se escoja lo más libre posible de finos, ya que, conforme la superficie específica del grano aumenta, se debe de incrementar la cantidad de aglutinante, por lo tanto, mientras más fina sea la arena se requerirá mayor cantidad de resina para dar las propiedades físicas adecuadas. Por ejemplo, en nuestro caso se encontró que el punto óptimo de resistencia fue de 2.0% en una arena 35/40 A.F.S., pero si hubiéramos usado una arena -- 25/30 A.F.S., la cantidad de resina bajaría hasta 1.4% probablemente. Si por el contrario fuera una arena 70/80 A.F.S., la cantidad de resina subiría hasta 2.6% probablemente.

II.- Preparación de la arena o mezclado.- Este punto es de suma importancia cuando se usa un mezclado por lotes, ya que la arena preparada tiene una cierta vida de banco, o sea, que a un determinado tiempo la arena secará siendo imposible hacer el molde o corazón, siendo necesario establecer tiempos para cada modelo. Por ejemplo, un lote de arena de 600 Kg. - requerirá más tiempo de fraguado, que un lote de 150 Kg. de arena preparada, ésto es debido a que con el lote uno se harán más maniobras.

III.- La presencia de humedad en la arena tiene un efecto diluyente sobre el catalizador, reduciendo la proporción de curado, además, trae también como consecuencia que la re--

sistencia del molde disminuya notablemente.

IV.- La temperatura de la arena, así como la temperatura ambiente, afectan la vida de banco y el tiempo de fraguado en este proceso. Conforme la temperatura aumente, la velocidad de fraguado también aumenta para un mismo contenido de catalizador, siendo aproximadamente el doble por cada 7°C de aumento en la temperatura. De preferencia la arena debe estar entre 21° y 28°C . Por lo tanto, si la temperatura de la arena o la temperatura ambiente varían, es necesario hacer ajustes en la cantidad de catalizador para compensar esta diferencia.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

Para este tipo de moldeo no es conveniente economizar en lo que se refiere a la resina y al catalizador, ya que aunque se puede hacer, no es redituable por la siguiente razón:

Puede ser que al economizar los aglutinantes, se obtenga un ahorro sustancial de 10% (en costo), pero lo que va a suceder es que se van a tener los siguientes problemas: moldes rotos, piezas bastante defectuosas que por consiguiente se llevarán más tiempo de reparación, más material, etc.; además, - en el momento de estar vaciando el molde, se puede romper, lo que constituye dos pérdidas, el del acero y el del molde. Resumiendo todos estos detalles, se llega a una pérdida en costo de probablemente 25%, lo que resulta contraproducente, ya que en sí, este proceso es de los más caros.

Si por el contrario se trata de encontrar el punto óptimo (como en nuestro caso), para obtener piezas de calidad, -- los costos en moldeo se van a elevar un poco, pero en el departamento de rebabeo, van a bajar los costos de todo tipo, y lo más importante para las válvulas, la obtención de una calidad bastante aceptable que se notará en el maquinado y en las pruebas de presión.

BIBLIOGRAFIA

FOUNDRY CORE PRACTICE
HARRY W. DIETER
AMERICAN FOUNDRY MEN'S SOCIETY (1966)

ELEMENTS OF NO BAKE CASTING DEFECTS
PART 1 y 2

PAUL CAREY PRODUCT MANAGER
NO BAKE RESINS DIV. INC. FOUNDRY PRODUCTS
DETROIT

NO BAKE MOLDING
TECHNICAL BULLETIN 1208
ASHLAND CHEMICALS

APUNTES DE INGENIERIA DE FUNDICION
ING. MARCELINO MADRIGAL
FACULTAD DE QUIMICA U.N.A.M.
1976

ANALYSIS OF CASTING DEFECTS
AMERICAN FOUNDRYMEN'S SOCIETY
DES PLAINES, ILL.
SECOND EDITION
1966