

CO
439 232

11-2-77

28 JUL. 1975

P.- 60.729

C-9492-1-SP

Int Cl: B29D 27/06; B29F 1/02

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANULADO
PREMIUM
Y CALIFICACIONES.

para solicitar PATENTE DE INVENCION

a nombre de UNION CARBIDE CORPORATION

entidad norteamericana

con domicilio en 270 Park Avenue, Nueva York, Nueva York,
10017, Estados Unidos de América.

por: "PROCEDIMIENTO PARA MOLDEAR ARTICULOS TERMOPLASTICOS DE
ESPUMA"

**POOR
QUALITY**

El invento se refiere al moldeo de un artículo termoplástico de espuma que tiene una superficie que replica de un modo reproducible y fiel la superficie del molde en el que se ha hecho.

5 El presente invento proporciona una mejora importante y muy deseada en el procedimiento de baja presión para la producción de artículos termoplásticos de espuma que tienen un núcleo de espuma y una envolvente exterior relativamente no espumada. Tales artículos son conocidos como "espuma estructural". El procedimiento de baja presión para producir espuma estructural incluye la etapa de introducir una mezcla fundida de un polímero termoplástico susceptible de formar espuma y un agente de expansión en una cavidad del molde de geometría fija que se mantiene a una presión inferior a la presión de formación de espuma de la mezcla mientras la mezcla está llenando el molde. Como resultado de esto, ocurre la formación de espuma en la cavidad del molde. El aspecto característico del procedimiento de baja presión es el mantenimiento en la cavidad del molde de una presión inferior a la presión de formación de espuma de la mezcla. Esta presión generalmente es, pero no necesariamente, la atmosférica.

10

15

20

25 En el número de Marzo de 1.974 de "Modern Plastics", en las páginas 38-45 hay un artículo sobre es-

puma estructural que menciona un problema, la solución del cual ha sido eludida hasta ahora por los técnicos del procedimiento de espuma estructural a baja presión. Ese problema es la incapacidad, a escala comercial, para producir un artículo de espuma estructural que tenga una superficie que replica de modo reproducible y fiel la superficie interior de la cavidad del molde dentro del que fue hecho el artículo. Aunque este problema es tratado generalmente en términos de producir un artículo liso y satinado, es un problema con cualquier tipo de superficie -por ejemplo, un acabado mate, un dibujo en la superficie, una superficie de cuero simulada; así como una superficie lisa y satinada. Como indica dicho artículo de "Modern Plastics", se trata de obtener hoy en la industria de los plásticos un procedimiento para la producción comercial de artículos de espuma estructural que tienen superficies que replican de modo reproducible y fiel la superficie del molde.

Es un objeto del invento proporcionar un método para la producción de artículos termoplásticos de espuma que tienen superficies que replican de modo reproducible y fiel la superficie del molde en el que se producen dichos artículos.

Otro objeto del invento es proporcionar un método para la producción de artículos termoplás-

ticos de espuma que tienen superficies reproducibles, lisas y satinadas.

5 Estos y otros objetos serán evidentes de la descripción detallada siguiente, las reivindicaciones anexas y las diversas vistas ilustradas en los dibujos que se acompañan.

10 El presente invento proporciona un método para producir artículos de espuma estructural cuyas superficies replican de modo reproducible y fiel la superficie del molde en que se producen. El procedimiento del invento comprende introducir una mezcla fundida de un material termoplástico susceptible de formar espuma y un agente de expansión en una cavidad del molde descrita por la superficie interior de un molde, estando 15 la cavidad del molde a una presión inferior a la presión de formación de espuma de dicha mezcla fundida, con lo cual dicha mezcla fundida fluye y se expande en dicha cavidad del molde, y dicho material termoplástico se vuelve rígido mientras está en dicha cavidad del 20 molde, en donde, como la mezcla fundida fluye en la cavidad del molde, se mantiene un estado límite de no deslizamiento en la superficie de contacto entre el material termoplástico y la superficie interior del molde, y la temperatura en la superficie de contacto entre el material termoplástico fluyente y la superficie 25

interior del molde, se mantiene a una temperatura igual o superior a la de formación de la réplica.

EN LOS DIBUJOS

5

La Figura 1 es una vista parcialmente esquemática en corte de una etapa de operación de un aparato adaptado para llevar a cabo el invento;

10 La Figura 2 es una vista parcialmente esquemática en corte de una etapa posterior de operación del mismo aparato;

15 La Figura 3 es una vista en corte ampliada de una mezcla termoplástica fundida susceptible de formar espuma mientras fluye en una cavidad del molde de acuerdo con el invento;

20 La Figura 4 es una vista en corte ampliada de burbujas individuales en una mezcla termoplástica fundida susceptible de formar espuma mientras la mezcla fluye en una cavidad del molde de acuerdo con el invento, tomándose la vista desde la zona indicada por "A" en la Figura 3

25 Las Figuras 5 a 8 son vistas en corte ampliadas en serie de una burbuja en la superficie de contacto entre el material termoplástico y el molde, y que se mueve por fuerzas que se explican completamente

debajo de la superficie de contacto en el material termoplástico fluyente.

5 Las Figuras 9 a 14 son vistas en corte ampliadas en serie de una burbuja que origina una imperfección en la superficie en el borde delantero del material termoplástico fluyente, transferiéndose luego dicha imperfección a la superficie adyacente a la superficie de contacto entre el plástico fluyente y la superficie interior del molde, tomándose las vistas desde la zona
10 designada por "B" en la Figura 3;

Las Figuras 15 a 20 son gráficas de la viscosidad frente a la magnitud de cizallamiento a 200°C para seis polímeros termoplásticos diferentes;

15 Las Figuras 21 a 26 son gráficas de las lecturas del rugosímetro frente a la temperatura del molde, para los mismos seis polímeros termoplásticos;

Las Figuras 27 a 32 son gráficas de disminución de la presión frente a los tiempos de llenado, para los mismos seis polímeros termoplásticos; y

20 Las Figuras 33 a 35 son gráficas de la viscosidad frente a la temperatura para tres polímeros termoplásticos.

Las definiciones siguientes se aplican a este invento:

25

5 Espuma estructural - La amplia expresión empleada para describir artículos hechos de material termoplástico y que tienen un núcleo de espuma o celular con una envolvente exterior relativamente no espumada (comparada con el núcleo);

10 Mezcla de material termoplástico susceptible de formar espuma fundido y un agente de expansión - Una mezcla de un termoplástico fundido que contiene un agente de expansión tal como un gas disuelto (por ejemplo nitrógeno, dióxido de carbono, un fluorocarburo u otro gas inerte) o un agente de soplado químico,
15 siendo capaz dicha mezcla de formar espuma cuando la presión sobre la mezcla se reduce por debajo de la presión de formación de espuma y la temperatura de la mezcla es superior a la temperatura de
20 formación de espuma;

25 Presión de formación de espuma - La presión externa sobre la mezcla susceptible de formar espuma a la cual o por debajo de la cual, dada una temperatura particular, un agente de

5

expansión contenido internamente o disuelto puede expandirse como un gas, con lo cual produce la expansión de formación de espuma sustancial del material termoplástico dentro del que está contenido;

10

Temperatura de formación de espuma - La temperatura de la mezcla susceptible de formar espuma a la cual o por encima de la cual el agente de expansión contenido internamente o disuelto puede expandirse como un gas, con lo cual produce la expansión de formación de espuma sustancial del material termoplástico dentro del que está contenido cuando la mezcla está a la presión de formación de espuma o es inferior a la misma para esa temperatura particular;

15

20

Formación de una réplica reproductible y fielmente de una parte predeterminada de la superficie interior de la cavidad del molde - Esto se refiere a un artículo de espuma estructural que tiene una superficie que duplica sustancialmente la parte deseada (predeterminada) de la superficie interior de la cavidad del molde. El término "réplica" se emplea para reflejar el

25

hecho de que la superficie del artículo de espuma estructural es una imagen especular de la superficie del molde. El término "reproductible" refleja el hecho de que hay un alto grado de reproductibilidad de los resultados deseados de un artículo al siguiente. El término "fielmente" se emplea en el sentido que se emplea en la técnica de impresión, esto es, para reflejar el hecho de que la superficie del artículo de espuma estructural puede ser un duplicado preciso (si bien la imagen especular) de la superficie interior de la cavidad del molde. Incluido dentro del concepto de la réplica fiel están los hechos siguientes: que el invento proporciona medios para asegurar que la superficie esté libre de marcas de deslizamiento u otros defectos de superficie que resultan del deslizamiento del material termoplástico a lo largo de la superficie del molde y/o de la fractura por fusión del material termoplástico a medida que fluye en el molde; y además, que el invento proporciona también medios para asegurar que la superficie es-

tá libre de alveolos, ampollas, costras, vetas y otros defectos originados por las burbujas, ninguno de los cuales son características o reflejos de la superficie interior del molde;

5

Expansión sustancial de la formación de espuma - Con esta expresión se entiende que hay un grado significativo de expansión sobre el material termoplástico completamente denso o no espumado. Por ejemplo, un 5 al 10% o más de expansión sobre el material completamente denso debería considerarse como "expansión sustancial de formación de espuma";

10

15

Estado límite de no deslizamiento - Esta expresión se discutirá completamente más adelante, pero brevemente, significa que el material termoplástico inmediatamente adyacente a la superficie interior del molde ni desliza ni resbala a lo largo de la superficie ni hace que se fracture, a medida que el material termoplástico fluye en la cavidad del molde;

20

25

Rigidificación del material termoplástico - Esto se refie-

re a la solidificación del material termoplástico fundido lo bastante para que retenga su estructura cuando se separa de la cavidad del molde, como cuando se enfría el material termoplástico después de que se ha expandido;

Las burbujas que se forman a medida que dichas espumas de material termoplástico en la cavidad del molde emigran desde la superficie de contacto - Esto se refiere al aspecto

del invento en donde las burbujas que están presentes en la superficie de contacto o cerca de ella entre el material termoplástico y la superficie interior del molde se mueven desde dicha superficie de contacto lo bastante lejos de modo que la superficie del artículo de espuma estructural esté libre de defectos originados por burbujas (por ejemplo, agujeros pequeños, vetas, ampollas, y alveolos). Por "cerca" de la superficie de contacto se quiere decir, por ejemplo, una distancia de aproximadamente 1270 a 2540 micras, dependiendo de las condiciones. Una pre-

si3n elevada en la burbuja requerir3a una capa exterior m3s gruesa para evitar ampollas que disminuyan la presi3n en la burbuja;

5

Borde delantero del flujo - Esto se refiere al borde frontal del material termopl3stico fluyente, tal como se ilustra en la Figura 3 el n3mero de referencia 32; y

10

Temperatura de formaci3n de r3plica - La temperatura a la que la superficie de contacto entre el material termopl3stico fluyente y la superficie interior del molde, en la cual se supera el "problema del borde delantero" (descrito completamente en lo que sigue). Los Ejemplos exponen un m3todo para determinar con considerable precisi3n, la temperatura de formaci3n de r3plica para cualquier formulaci3n de pol3mero termopl3stico dado, cualquier construcci3n de molde, y conjunto de condiciones de moldeo.

15

20

Haciendo referencia ahora a los dibujos, una operaci3n t3pica del invento se ilustra en las diversas Figuras. En la Figura 1, una carga de una mezcla 12 de

25

un material termoplástico espumable fundido y un agente de expansión se introduce en un acumulador 14 a través de una válvula 16 desde medios tales como un extrusor 18 para mezclar material termoplástico fundido y el agente de formación de espuma, para formar dicha mezcla 12. En el acumulador 14, la mezcla 12 se mantiene a una temperatura superior a la temperatura de formación de espuma de la mezcla 12 y a una presión superior a la presión de formación de espuma de la mezcla 12. Esta presión del acumulador 14 se mantiene por medios convencionales, tal como presión fluida que actúa sobre un pistón 24, proporcionándose dicha presión por una fuente usual (no representada). Cuando la cantidad deseada de mezcla 12 ha sido cargada en el acumulador 14, la válvula 16 se cambia desde la posición mostrada en la Figura 1 a la posición mostrada en la Figura 2. (Como regla general, el volumen no espumado de mezcla 12 introducido en la cavidad del molde 18 será menor que el volumen de la cavidad del molde 18). La mezcla 12 fluye luego desde el acumulador 14 a través de la válvula 16 a la cavidad 18 de un molde 20, estando definida dicha cavidad por la superficie interior 30 del molde 20. La cavidad del molde 18 se mantiene (por medios convencionales, no representados) a una presión no mayor que la presión de formación de espuma de dicha mezcla 12. (Puede haber zonas, especialmente adyacentes

5 a la boquilla u orificio de inyección, en las cuales la presión puede subir temporalmente por encima de la presión de formación de espuma). Aunque en la cavidad 18, la mezcla 12 se expande para llenar la cavidad 18 y adquirir la forma global de la cavidad 18, para formar, cuando se solidifica, un artículo de espuma estructural 22 que tiene la forma global de la cavidad del molde 18.

10 Hasta ahora, la descripción inmediatamente precedente del procedimiento del invento ha expuesto aquellos aspectos del procedimiento inventivo global que pueden ser los mismos que los procedimientos convencionales de baja presión para la producción de espuma estructural. Uno de tales procesos de baja presión, y
15 diversos tipos de aparatos que pueden emplearse en la práctica del mismo, están descritos en las patentes de Estados Unidos 3.268.636 y 3.436.446 de Angell, cuyas descripciones se incorporan en la presente memoria como referencia. Las mejoras sobre los procedimiento de baja
20 presión amplios reside en la disposición de medios para producir un artículo de espuma estructural cuya superficie replica de modo reproductible y fiel, hasta un grado controlado, la superficie interior del molde en el cual se produjo.

25 Se ha encontrado que la replicación

imperfecta de la superficie interior de la cavidad del molde en la producción de espuma estructural puede resultar de una o más causas separadamente identificables. La primera es el deslizamiento o resbalamiento del plástico sobre la superficie del molde a medida que la mezcla fundida fluye dentro de la cavidad del molde. Esta es la causa directa de los remolinos, marcas de deslizamiento, y defectos superficiales similares, y en algunos casos también puede ser la causa de la fractura por fusión del plástico. El deslizamiento o resbalamiento del plástico sobre la superficie del molde es la causa indirecta de ciertos defectos relacionados con las burbujas tales como los alveolos y los agujeros pequeños que resultan del fallo de las burbujas en emigrar hacia la superficie. Los defectos que son causados, tanto directa como indirectamente, por este deslizamiento y resbalamiento se eliminan manteniendo un estado límite de no deslizamiento en la superficie de contacto entre el material termoplástico fluyente y la superficie interior del molde. Los remolinos, marcas de deslizamiento y similares son por tanto eliminados, y se crean las condiciones que hacen que las burbujas emigren hacia la superficie que está adyacente a dicha superficie de contacto.

Una segunda causa principal de los defectos superficiales es la siguiente: cuando existe el estado

límite de no deslizamiento, la superficie del plástico
fluyente incluyendo la superficie en el borde delantero
del plástico fluyente así como la superficie adyacente a
la superficie interior del molde, puede compararse a una
5 banda móvil sin fin de un carro de combate. Estas imper-
fecciones del borde delantero que se forman cuando las
burbujas se chocan con la superficie en el borde delante-
ro se transfieren a la superficie del plástico fluyente
que se encuentra adyacente a la superficie interior del
10 molde, a medida que dicha superficie del borde delantero
llega a ponerse a su vez en contacto con dicha superfi-
cie adyacente. Estos defectos superficiales aparecen
usualmente como vetas, algunas veces en forma de elipses
alargadas que parecen como si el contorno de la burbuja
15 a punto de reventar original hubiera sido estirado. Este
tipo de defecto se elimina manteniendo la superficie de
contacto entre el plástico fluyente y la superficie interior
del molde a la temperatura de formación de réplica o a
una temperatura superior, lo cual permite que dichos de-
20 fectos sean remediados. Es posible que este problema del
borde delantero exista incluso cuando no se mantenga el
estado del límite de no deslizamiento. En tal caso, sin
embargo, los remolinos, marcas de deslizamiento, etc. ten-
drían a arrollar a los defectos del borde delantero de
25 modo que no serían advertidos.

El estado límite de no deslizamiento y el remedio de los "defectos de borde delantero" se discuten con detalle a continuación.

5 Se ha encontrado que el estado límite de no deslizamiento se alcanza introduciendo el material termoplástico en la cavidad del molde, en unas condiciones tales que mientras la mezcla fluye en el molde, la fuerza resultante de la tensión de cizallamiento en o cerca de la superficie de contacto entre el polímero y el molde no excede
10 la fuerza de fricción estática que resulta del coeficiente de fricción entre el molde y el polímero fundido y además, la fuerza en el polímero que resulta de la tensión de cizallamiento no excede la resistencia de la masa fundida del polímero fundido que fluye en el molde. Por otro lado, si
15 se supera la fuerza de fricción estática, el material termoplástico deslizará a lo largo de la superficie del molde lo que originará marcas de deslizamiento sobre el polímero. Estas marcas de deslizamiento pueden conducir a remolinos u otras imperfecciones superficiales que se forman sobre la
20 superficie del artículo de espuma estructural. Por otro lado, si la fuerza resultante de la tensión de cizallamiento sobrepasa a la resistencia de la masa fundida del polímero, el polímero experimentará fractura de fusión. Puesto que las tensiones de cizallamiento son las mayores cerca
25 del límite polímero/molde, la fractura, si ocurre,

existirá en o muy cerca del límite. La fractura por fusión del polímero varía como resultado también remolinos y otras imperfecciones superficiales sobre la superficie del artículo de espuma estructural. En muchos casos donde
5 no se mantiene el estado límite deseado de no deslizamiento, es probable que resulte deslizamiento en lugar de fractura por fusión. Sin embargo, teóricamente pueden presentarse uno o los dos en cualquier caso dado.

El estado límite deseado de "no deslizamiento" puede obtenerse controlando las fuerzas que resultan de las tensiones de cizallamiento de modo que se mantengan: (1) inferiores al valor máximo de la fuerza de fricción estática, F_s , que actúa en el límite y (2) inferiores a la resistencia de la masa fundida del material
10 termoplástico fluvente. (El valor máximo de la fuerza que resulta de la fricción estática es igual al coeficiente de fricción multiplicado por la fuerza normal). Reduciendo las tensiones de cizallamiento y aumentando tanto las
15 fuerzas de fricción (F_s) como la resistencia de la masa fundida de la resina, se ayudará a mantener el estado límite de no deslizamiento. Las tensiones de cizallamiento son pequeñas en el centro del flujo y aumentan a un máximo cerca de la superficie de molde. Por tanto, las tensiones cerca del límite del molde son las más importantes. Es-
20 tas tensiones dependen de la viscosidad del material plás-
25

5 tico, la geometría del molde, el tiempo de inyección y el número y posición de los orificios de inyección. Una relación aproximada para la tensión de cizallamiento cerca del límite del molde en una plancha rectangular con orificios de inyección uniformemente espaciados puede representarse por la ecuación:

Tensión de cizallamiento: $\text{Viscosidad de fusión} \times \text{magnitud de cizallamiento}$

10

ó

Tensión de cizallamiento: $\frac{\text{Viscosidad de la masa fundida} \times \text{longitud del molde}}{\text{Tiempo de inyección} \times \text{número de orificios de inyección} \times \text{grosor de la pieza}}$

15

20 En vista de esta relación, pueden establecerse varios métodos para reducir la tensión de cizallamiento en el polímero fluyente: la reducción de la viscosidad, la reducción de la longitud del molde, el aumento del grosor del molde, el aumento del tiempo de inyección o el aumento del número de los orificios de inyección, originando todos una reducción en la tensión de cizallamiento. Todos estos métodos, excepto la reducción de la viscosidad, actúan disminuyendo la magnitud de cizallamiento en el plástico fluyente. La viscosidad cerca del

25

límite del molde puede reducirse aumentando la temperatura del plástico inyectado o la temperatura de la superficie del molde. También puede reducirse la viscosidad disminuyendo el peso molecular del polímero o añadiendo pequeñas cantidades de disolventes para el polímero u otros aditivos plastificantes a la formulación empleada en el procedimiento. Aumentando la cantidad del agente de expansión en muchos casos el gas actuará para plastificar el plástico.

El valor máximo de la fuerza de fricción estática, F_s , depende del coeficiente de fricción estática y la fuerza normal aplicada al polímero en el límite molde/polímero. La fuerza normal en este caso se suministra por la presión isotrópica en la masa fundida fluente. Esta fuerza puede aumentarse haciendo funcionar el molde a una contrapresión, trabajando así a presiones más elevadas. El valor máximo de la fuerza de fricción, F_s , puede aumentarse aumentando el coeficiente de fricción estática. Esto puede conseguirse aumentando la temperatura del molde, modificando la superficie del molde o introduciendo aditivos para la formulación de plástico.

La resistencia de la masa fundida de la formulación puede aumentarse aumentando el peso molecular del polímero o ampliando la distribución de peso molecular por inclusión de una fracción de colas de elevado peso molecular. También puede aumentarse reduciendo

la temperatura del polímero o incluyendo aditivos en la formación para aumentar la resistencia. Aditivos bien conocidos con este fin incluyen cargas fibrosas tales como fibras de vidrio.

5 La discusión anterior apunta a diversas variables que puede correlacionarse con el fin de mantener el estado límite de no deslizamiento. En un molde dado, reducir la magnitud de cizallamiento aumentando el número de orificios de inyección y/o aumentando el tiempo
10 de inyección dará como resultado las fuerzas de cizallamiento reducidas en el plástico que fluye. Dichas variaciones conducen al valor máximo de la fuerza de fricción estática, F_s , y la resistencia de la masa fundida queda relativamente no afectada.

15 La viscosidad del polímero puede reducirse aumentando la temperatura del molde, aumentando la temperatura del plástico inyectado o por inclusión de disolventes de polímero u otros aditivos plastificantes. Todos estos dan como resultado luego una reducción de la tensión de cizallamiento. También actúan para aumentar el
20 coeficiente de fricción, con lo cual aumentan el valor máximo de la fuerza de fricción estática, F_s , que actúa sobre el límite molde/polímero. Ambos cambios ayudan a mantener el estado límite de no deslizamiento. Basado en
25 una formulación, una geometría del molde y una temperatu-

ra del molde y la masa fundida dados, habrá un cierto régimen de inyección (de la mezcla fundida susceptible de formar espuma en la cavidad del molde) a la que la tensión de cizallamiento es igual al valor máximo de la fuerza de fricción estática, F_s . En estas condiciones, un ligero aumento en la fuerza de cizallamiento (que debería ser originado aumentando el régimen de inyección) hará que el polímero comience a deslizarse en el molde. Este régimen de inyección cambiará cuando cambien otros parámetros que influyen sobre las tensiones de cizallamiento o las fuerzas de fricción. Por ejemplo, el régimen de inyección requerido aumentaría cuando se aumenta el número de orificios de inyección, se aumenta el espesor del molde o cuando se reduce la viscosidad del polímero fundido por el empleo de aditivos plastificantes o aumentando la temperatura de la masa fundida. Las ilustraciones específicas de la aplicación de este principio se presentan en los ejemplos que figuran más adelante.

Cuando se mantiene el estado límite de no deslizamiento como la mezcla fluye en la cavidad del molde, las burbujas que están dentro del polímero pero cerca de la superficie de contacto entre el polímero y el molde emigrarán desde esa superficie de contacto. En la Figura 3, se muestra una carga de la mezcla fundida

susceptible de formar espuma 12 introduciéndose en una cavidad del molde 18. Debido a que se mantiene un estado límite de no deslizamiento en la superficie de contacto 28 entre la mezcla fundida susceptible de formar espuma 12 y la superficie interior 30 del molde 20, esa parte de la mezcla fundida susceptible de formar espuma 12 que entra en contacto con la superficie interior del molde 30 es estacionaria y no se mueve en dirección del flujo, que se indica por las flechas en las Figuras 3 y 4. Por esta razón, el centro de la mezcla fluyente 12 se mueve a una velocidad mayor que las partes de la mezcla fluyente 12 más próximas a los bordes. Esto se muestra en forma idealizada, y quizás exagerada, en la Figura 3, en donde el borde delantero 32 de la mezcla fluyente 12 asume una configuración curvada y convexa.

Un resultado significativo del gradiente de velocidad de los bordes al centro de la mezcla fluyente 12 se ilustra en la Figura 4. Cuando la mezcla fundida susceptible de formar espuma 12 entre en la cavidad del molde 18, la mezcla 12 comienza a formar espuma, al menos a alguna distancia del orificio de inyección si no directamente debajo de él, debido a que la cavidad 18 se mantiene a una presión no mayor que la presión de formación de espuma de la mezcla 12. Comienzan a formarse burbujas en toda la mezcla 12. Debido al gradiente de velocidad antes mencionado.

5 las burbujas que se forman en o cerca del borde de la mezcla fluyente 12 tienden a moverse hacia el centro de la mezcla 12. Esto se muestra en forma exagerada en la Figura 4, en donde se ve que una burbuja (mostrada secuencialmente como 34a, 34b y 34c) emigra hacia el centro de la mezcla fluyente 12 cuando la mezcla 12 fluye hacia la cavidad del molde 18 y la rellena.

10 Hay al menos dos mecanismos que contribuyen a esta emigración de las burbujas de gas dentro de la mezcla hacia el centro de la corriente fluyente. El primer mecanismo es un efecto de inercia del fluido que fluye alrededor de las burbujas de gas dispersadas. Es un efecto similar al bien conocido principio aerodinámico que origina fuerzas de elevación en una superficie de sustentación.

15 Consideremos una burbuja cerca del límite del molde inferior/polímero. La burbuja se moverá a una velocidad equivalente a la velocidad del polímero a lo largo del centro de masa de la burbuja. El polímero situado por debajo del ecuador de la burbuja de gas se mueve a una velocidad menor que la burbuja y el polímero situado por encima del ecuador de la burbuja se mueve a una velocidad superior que la de la burbuja. Así, para un observador situado en el

20 centro de la burbuja, el polímero por encima del ecuador se mueve hacia delante y el situado por debajo del ecuador retrocede hacia la fuente de inyección. Cerca del límite,

25

el fluido que fluye con relación a la burbuja y a un lado del límite se constriñe. La constricción actúa como una fuerza motriz para la emigración de la burbuja hacia el centro de la corriente de flujo. La magnitud de la fuerza puede ser bastante grande cuando la burbuja se aproxima a la pared del molde. La fuerza disminuye cuando aumenta la distancia de la burbuja a la pared. Las observaciones experimentales de la emigración de los fluidos y los sólidos dispersados en otros fluidos se han recogido en la bibliografía técnica. Recientemente análisis teóricos han sido capaces de predecir la emigración de los sólidos esféricos y gotitas deformables dispersados en líquidos viscosos.

El segundo mecanismo que puede contribuir a la emigración de la burbuja desde los límites sólidos hacia el centro de la corriente de flujo implica la elasticidad de la masa fundida del polímero. La mezcla fluyente 12 es un fluido viscoelástico. Los efectos de la elasticidad de la masa fundida sobre las fuerzas que actúan sobre las burbujas dispersadas pueden visualizarse mejor haciendo referencia al Ejemplo dado antes en la discusión de las fuerzas de inercia. La burbuja se mueve a una velocidad equivalente a la velocidad del polímero a lo largo de la trayectoria por el centro de masa de la burbuja. El fluido en cada lado del ecuador de la burbuja tiene un mo-

vimiento con relación a la burbuja. Consideremos una burbuja localizada cerca de la superficie del molde inferior. Un elemento de fluido polímero que se situa directamente enfrente de la burbuja y por debajo del ecuador de la burbuja debe estirarse para pasar entre la burbuja y el límite del molde. En un fluido viscoelástico, este alargamiento da lugar a una fuerza de tracción en el elemento fluido. Fuerzas de tracción similares aparecen en los elementos fluidos que fluyen sobre la superficie superior de la burbuja. Sin embargo, debido a que estos elementos fluidos no están constreñidos por el límite del molde no necesitan alargarse tanto. Por tanto, las fuerzas de tracción que actúan sobre la superficie superior de la burbuja son inferiores a las que actúan sobre la superficie inferior. Esta desigualdad de fuerzas conduce a una fuerza neta que actúa para mover la burbuja hacia el centro del molde. Estas fuerzas de tracción elásticas pueden ser bastante grandes cerca de un límite y disminuyen cuando aumenta la distancia de la burbuja desde el límite.

Aunque ambas fuerzas antes discutidas (es decir, la fuerza de inercia y la fuerza que implica la elasticidad de la masa fundida) son pequeñas, cada una es significativa y se refuerzan una con la otra. El resultado neto es una emigración definida de las burbujas desde el borde del plástico. Muestras recartadas de los

artículos producidos de acuerdo con el invento muestran burbujas en forma de gota con desgarradura con el extremo más grande de las burbujas inclinado tanto desde el borde hacia el centro como en dirección del flujo, como se muestra en la Figura 4. Esta prueba experimental es consistente con las teorías antes adelantadas, referentes a las dos fuerzas que actúan sobre las burbujas.

Los mecanismos anteriores requieren que las burbujas dispersadas estén sumergidas totalmente en la fase continua fluyente y no en contacto con la superficie del molde. Mientras se mantiene el estado de "no deslizamiento", las burbujas que se forman dentro del polímero fluyente y cerca de la superficie de contacto polímero/molde emigrarán desde esa superficie de contacto. Sin embargo, se piensa que aparte del estado límite de no deslizamiento se requiere que las burbujas que se forman en la superficie del polímero sean forzadas a alejarse de esa superficie y entren en el polímero. Para conseguir este resultado deseado, aparentemente debe de existir cierta cantidad mínima de adhesión entre el polímero fundido y la superficie interior del molde, como se explica a continuación.

El mecanismo para el movimiento de las burbujas desde el contacto directo con la superficie del molde se cree que resulta de la disminución de presión experimentada por el polímero fluyente y el momento del po-

límero fluyente justamente aguas arriba de la burbuja. La Figura 5 muestra una burbuja hipotética que permanece sobre la superficie del molde. El gradiente de velocidad en la fase continua es tal que no existe flujo en la superficie límite y la velocidad aumenta a medida que aumenta la distancia desde la superficie. El polímero aguas arriba que está obstruido por la burbuja debe deformar la burbuja o bien circular alrededor de la burbuja. Las fuerzas que actúan para restringir la deformación de la burbuja son la tensión interfacial y la presión interna de la burbuja. Estas no son suficientes para superar el momento del polímero justamente aguas arriba de la burbuja. Por tanto la burbuja experimenta las deformaciones ilustradas en las Figuras 6 a 8. Se pueden considerar también las presiones y los gradientes de presión que existen en la región localizada de la burbuja. El flujo de polímero resulta un gradiente de presión. Por tanto, la presión P_1 es mayor que la presión P_2 . La presión interna en la burbuja, P_B , es casi constante en el valor medio de P_1 y P_2 . La zona 3 en la Figura 5 está situada en el centro de la burbuja antes de que comience la deformación. Entre las zonas 1 y 3 de la Figura 5, existe luego un gradiente de presión a través de la superficie de contacto de la burbuja $P_1 - P_B$. Por ser la presión P_1 ligeramente mayor que P_B hace que el polímero fluya hacia la superficie del molde. En la región

entre las zonas 3 y 2, la presión P_B es mayor que P_2 lo que da como resultado que la burbuja fluya ligeramente desde la superficie del molde. El resultado de estos flujos apareados, accionados por los gradientes de presión localizados, es que la burbuja es forzada desde el contacto con la superficie del molde.

Con el fin de hacer funcionar el mecanismo antes descrito, sin embargo, es necesario que el polímero tenga una adhesión suficiente a la superficie del molde para impedir que el gas de la burbuja escape cerca del borde delantero de la burbuja entre el polímero y la superficie del molde. Considerando la Figura 5 se ve que también la presión en la burbuja es P_B y que la presión en el punto 2, el borde delantero de la burbuja, es P_2 . P_2 es ligeramente menor que P_B . El gradiente de presión que actúa a lo largo de este borde delantero de la burbuja tenderá a formar al polímero fuera de la superficie del molde. Esto permitiría que el gas de la burbuja formara un defecto superficial orientado en la dirección de flujo si la adhesión fuera insuficiente. Sin embargo, si la adhesión polímero/molde es suficientemente alta para resistir esta fuerza de presión, el polímero permanecerá en contacto con el molde y la burbuja se verá forzada a abandonar la superficie del molde y entrar en el polímero fluyente por el mecanismo anteriormente

discutido.

5 La discusión que antecede que se refiere a la adhesión es la mejor explicación de los inventores del mecanismo mediante el cual las burbujas individuales se mueven por la superficie y entran en el plástico fluyente. Se han encontrado muy pocos casos (a) en donde se mantuvo el estado límite de no deslizamiento, y (b) en donde la temperatura en la superficie de contacto era igual o superior a la temperatura de formación de réplica, 10 en los cuales unos pocos defectos superficiales debían haber sido causados por una adhesión insuficiente, tal como se ha descrito en lo que antecede. Y en aquellos pocos casos, los defectos deben haber sido el resultado de otras causas. Por tanto, se puede establecer, con una 15 confianza de casi el 100%, que cuando se mantiene el estado límite de no deslizamiento, y cuando la temperatura en la superficie de contacto se mantiene igual o por encima a la temperatura de formación de réplica, también se obtendrá la adhesión requerida anteriormente descrita. 20

25 Con el fin de superar el problema que se ilustra en las Figuras 9-14, es necesario mantener la temperatura en la superficie de contacto entre el plástico fluyente y la superficie interna del molde a una temperatura igual o por encima de la temperatura de formación

de réplica. La Figura 9 muestra la zona designada como "B" en la Figura 3, en forma ampliada, y las Figuras 10-14 son vistas ampliadas de la misma zona, tomadas sucesivamente, en las cuales la mezcla fundida 12 ha fluido progresivamente más lejos a lo largo de la trayectoria de flujo, estando indicada por flechas en cada Figura la dirección del flujo. En la Figura 9, se considera una burbuja 36 cerca del centro del borde delantero 32 de la mezcla fluyente 12. En la Figura 10, después de que la mezcla fundida 12 ha circulado ligeramente más lejos a lo largo de la trayectoria de flujo que fue mostrada en la Figura 9, la burbuja se ha roto por el borde delantero 32 para formar un agujero 38. Como la mezcla fundida 12 continúa circulando (siendo la velocidad de flujo más alta en el centro que cerca de los bordes), el agujero 38 es alargado y se mueve desde cerca del centro del borde delantero 32 hacia la superficie de la mezcla fundida 12 que es adyacente a la superficie interior 30 del molde 20. Esto se muestra en las Figuras 11 y 12. Después de todavía más flujo, el agujero 38 se transfiere a la superficie de la mezcla fundida 12 que es adyacente a la superficie interior 30 del molde 20, como se muestra en las Figuras 13 y 14. A no ser que se corrija, este agujero 38 formará una veta (es decir la representación de una elipse alargada) sobre la superficie del artículo de espuma estructural.

Los defectos superficiales que son el resultado del fenómeno ilustrado en las Figuras 9-14 (abreviadamente, este fenómeno será denominado "problema del borde delantero") han sido observados solamente en los casos en donde se consiguió un estado límite de no deslizamiento. (También puede ocurrir, pero probablemente en menor extensión, cuando no se consiga el estado límite de no deslizamiento. Sin embargo, las marcas de deslizamiento y otros defectos superficiales que entonces ocurren tenderían a enmascarar los defectos causados por el problema del borde delantero). El problema del borde delantero ocurre debido a que la parte central del plástico fluyente se mueve más rápidamente que las porciones exteriores que se encuentran adyacentes a la superficie interior del molde. (Las razones para esto fueron explicadas anteriormente en la discusión del estado límite de no deslizamiento). El resultado es que la superficie del plástico fluyente en el borde delantero se comporta de un modo que puede compararse al borde frontal de una pista sin fin de un tanque (carro de combate) en movimiento. Como el plástico fluye en la cavidad del molde, un elemento dado del plástico que está situado en la superficie cerca del centro del borde delantero de flujo, será empujado hacia fuera desde el centro por el siguiente elemento de plástico que está emergiendo en el centro de

la masa fluyente. Como este proceso continúa, el elemento primeramente mencionado del plástico se moverá desde el centro hacia el borde, y llegará a ser eventualmente parte de la superficie del plástico fluyente que es adyacente a la superficie interior del molde. Por consiguiente, si tal elemento contiene una burbuja reventada, la burbuja será transferida a dicha superficie adyacente, y a no ser que se tome una acción correctiva, aparecerá como defecto alargado sobre la superficie del artículo de espuma estructural.

Los defectos que son causados por el problema del borde delantero se corrigen manteniendo la superficie de contacto entre el plástico fluyente y la superficie interior del molde a una temperatura igual o superior a la que se denomina en la presente memoria "temperatura de formación de réplica". La temperatura de formación de réplica debe determinarse experimentalmente para cualquier formulación de polímero dada (incluyendo el tipo y el peso molecular del polímero, y la presencia o ausencia de un aditivo plastificante), la construcción del molde y la geometría, y otras condiciones de tratamiento, particularmente el régimen de inyección. Los Ejemplos que se dan contienen instrucciones para hacer esta determinación.

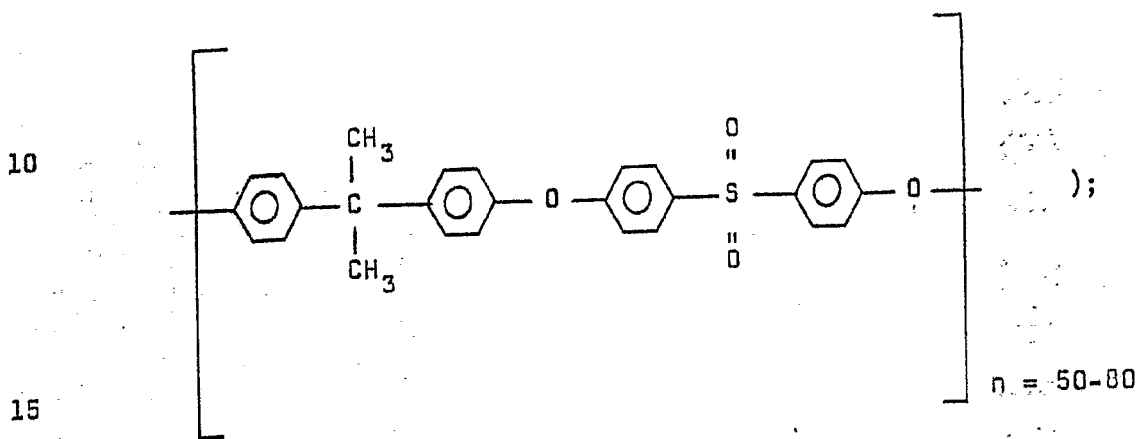
La discusión anterior proporciona la

base teórica para los resultados que se observan cuando se lleva a la práctica el invento. Los Ejemplos que figuran a continuación presentan ilustraciones concretas de la aplicación de los principios del invento.

5 La siguiente etapa del procedimiento del invento es rigidizar el material termoplástico después de que se ha expandido en el molde. Esto puede conseguirse por medios tales como por enfriamiento del artículo de modo suficiente que retenga su integridad estructural cuando
10 se retira del molde. Pueden emplearse para este fin medios de transferencia de calor convencionales. Con un polímero amorfo, usualmente es suficiente enfriar a aproximadamente 20°C por debajo de su temperatura de transición vítrea. Con un polímero cristalino, usualmente es suficiente una
15 temperatura de aproximadamente 10° a aproximadamente 50°C por debajo de su punto de fusión, dependiendo de su grado de cristalinidad.

El invento emplea polímeros termoplásticos tales como: polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, copolímero de etileno/acetato de vinilo, copolímero de etileno/acrilato de etilo, y otros homopolímeros e interpolímeros de olefinas; poliestireno y copolímeros de estireno tales como polímeros de acrilonitrilo, estireno, y butadieno; policarbonatos tales como policarbonato a base de 4,4'-bisfenol-A; homopolímeros y copolímeros.
20
25

de acetal; poliamidas tales como nylon 6 y nylon 6/6; éteres poliaril-polihidroxílicos (por ejemplo el producto de condensación, catalizado por base y de alto peso molecular, de 4,4'-bisfenol A y epiclorhidrina); polisulfonas (es decir, un polímero que puede representarse por la fórmula:



20 poliésteres tales como poli(tereftalato de etileno); poli(metacrilato de metilo) y otros polímeros acrílicos; y otros polímeros termoplásticos, que pueden emplearse bien solos o en mezclas. Pueden emplearse en el polímero termoplástico aditivos convencionales tales como estabilizadores frente al calor y la luz, anti-oxidantes, cargas, tintas y otros colorantes.

25 El agente de expansión que se emplea en el

invento puede ser un material disuelto que es un gas en las condiciones de presión y temperatura que existen en la cavidad del molde. Tales materiales incluyen nitrógeno, dióxido de carbono, pentano, cloruro de metileno, tricloromonofluorometano, diclorodifluorometano, y triclorotrifluoroetano. Los hidrocarburos halogenados, tales como los ilustrados anteriormente y otros hidrocarburos alifáticos halogenados de C_1 a C_4 son particularmente interesantes porque frecuentemente constituyen disolventes poderosos para el polímero termoplástico. Como resultado, en tales casos, dichos hidrocarburos disminuyen la viscosidad del polímero, y, en consecuencia con la base teórica anteriormente discutida para el invento, mejoran la operación del invento. Por ejemplo, empleando un agente de expansión a base de hidrocarburo halogenado, pueden emplearse frecuentemente temperaturas de moldeo y de la masa fundida inferiores. Pueden obtenerse frecuentemente resultados similares empleando una presión de nitrógeno más alta que la que se ha empleado hasta ahora comúnmente, por ejemplo, presiones de nitrógeno de al menos 21 kg/cm^2 , preferiblemente al menos 35 kg/cm^2 y más preferiblemente al menos 56 kg/cm^2 . El empleo de una presión de nitrógeno más elevada es particularmente útil con poliestireno.

También pueden emplearse agentes quími-

cos de expansión, bien sea solos, o en mezclas de los mismos, o en mezclas con un material disuelto. Agentes químicos de expansión ilustrativos incluyen compuestos azoicos, compuestos de N-nitroso, sulfonil-hidrazidas, sulfonil-semi carbazidas, y sales y ésteres de ácido azodicarboxílico. Ejemplos ilustrativos específicos incluyen azodicarbonamida, azobisisobutironitrilo, dinitroso-pentameten-tetramina, N,N'-dinitroso-N,N'-dimetil-tereftalimida, 4,4'-oxibis(bencenosulfonil-hidrazida), p-toluensulfonil-semicarbazida, p,p'-oxibis(bencenosulfonil-semicarbazida), la sal de bario del ácido azodicarboxílico y azodicarboxilato de diisopropilo.

El procedimiento del invento puede emplearse en la mayoría de los equipos que se emplean actualmente en el comercio para producir espuma estructural por el procedimiento de baja presión. Por ejemplo, el aparato descrito en la patente de EE.UU. 3.436.446 de Angell puede emplearse para llevar a cabo el invento. La única modificación que puede requerirse en la mayoría de tales equipos está constituida por medios para controlar la velocidad a la cual la mezcla susceptible de formar espuma se introduce en la cavidad del molde, y medios para controlar la temperatura del molde. Tales medios son bien conocidos por el experto en la técnica. Por ejemplo, la velocidad de introducción de la mezcla susceptible de formar espuma

en la cavidad del molde puede controlarse mediante el empleo de una estrangulación o una válvula de control de flujo en el orificio en el que se inyecta la mezcla en la cavidad del molde. Una de tales válvulas se describe en la patente de Estados Unidos 3.780.764 de Geist. La temperatura del molde puede controlarse por medios tales como vapor o canales de aceite caliente, calentamiento por resistencia eléctrica, y agua de enfriamiento para enfriar el molde con el fin de rigidizar el artículo después de que se forma en el molde.

En los Ejemplos que siguen, los artículos de espuma estructural fueron moldeados en un aparato similar en todos sus aspectos esenciales al representado en la Figura 1 de la patente de Estados Unidos 3.436.446 de Angell. El aparato tiene siete boquillas de llenado o inyección (identificadas en la patente de Angell como la parte Nº 23) en centros de 15,24 cm. en una línea perpendicular al plano de la vista representada en dicha Figura 1. Para cualquier operación dada, puede emplearse una cualquiera o una combinación de las boquillas. El caudal en la cavidad del molde fue controlado mediante el empleo de un controlador de flujo o una válvula de estrangulación, como se muestra en la patente de Estados Unidos 3.780.764 de Geist. Para cualesquiera condiciones dadas (por ejemplo polímero, temperatura, y presión), la

válvula de estrangulamiento está calibrada contando el número de vueltas de la posición cerrada y midiendo el tiempo transcurrido para un peso dado de material que pasa a la cavidad del molde.

5 En los Ejemplos, se emplearon cuatro moldes diferentes. El molde A era de forma rectangular, con 12,7 cm. de ancho, por 50,8 cm. de largo y un 1,27 cm. de espesor. El orificio de inyección era circular, con un diámetro de 1,58 cm, situado en la parte media entre 10 los lados estando su centro a una distancia de 8,89 cm. desde un extremo. El material del molde era acero, con una de sus caras brillantes chapada en cromo. Se calentó eléctricamente* y se enfrió con agua. Las dimensiones para este molde, y los otros moldes, se refieren a la 15 cavidad del molde. Los moldes de metal reales eran placas planas que estaban separadas por bastidores separadores cuyas alturas eran igual a los grosores de las cavidades del molde. La expulsión del gas en el molde A se consi-

20 * El control de temperatura con los moldes calentados eléctricamente era un poco impreciso. El molde se calentó a la temperatura deseada y luego se cortó la corriente eléctrica suministrada a los calentadores. Por consiguiente, las 25 temperaturas reales del molde en el momento de la inyección puede ser algunos grados diferentes de la recogida. Esta diferencia no se considera importante.

guió simplemente por ajuste imperfecto entre las placas planas y el bastidor separadora. En los moldes B, C y D, las partes extremas rectangulares de los bastidores separadores tenían sus dimensiones de altura reducidas en 5 762 micras tanto en la parte superior como en la inferior, con el fin de conseguir la expulsión del gas.

El molde B tenía una sección rectangular de 20,32 centímetros de ancho por 60,96 centímetros de largo, con una sección triangular que se extendía 10 16,51 centímetros desde un extremo. El orificio de inyección (que tenía 1,58 centímetros de diámetro) estaba a 30,48 centímetros del extremo cuadrado del molde. El grosor de la cavidad del molde era 0,95 centímetros. El material del molde era aluminio. Un lado tenía un pulido 15 elevado (aproximadamente de 0,1 micras), y el otro lado tenía secciones con diversos dibujos superficiales, incluyendo un acabado mate, cuero simulado un dibujo lenticular, y un dibujo que incluye puntos y estrellas. El molde tiene canales de calentamiento y enfriamiento en ambos lados 20 en dirección perpendicular a su eje largo. Los canales estaban sobre centros de 2,54 centímetros. El calentamiento y el enfriamiento pueden hacerse por aceite caliente y frío, o por vapor de agua y agua fría.

El molde C es semejante al molde B excepto que la sección rectangular es de 67,31 centímetros 25

de largo y la sección triangular se extiende 10,16 centímetros desde un extremo.

El molde D es semejante al molde B, excepto que no se emplea la parte triangular en un extremo del molde.

El procedimiento experimental fue como sigue (el aparato referido es el mostrado en la Figura 1 de la patente de EE.UU. nº 3.436.446 de Angell) a menos que se indique otra cosa:

El polímero se alimenta en el extrusor, donde se calienta y funde. El agente de expansión se añade al extrusor. La mezcla fundida del polímero y agente de expansión se bombea desde el extrusor al acumulador. La mezcla se inyecta luego desde el acumulador a la cavidad del molde, empleando la válvula de estrangulamiento antes descrita para controlar la velocidad. Aproximadamente un minuto después de terminar la inyección, se corta el calor y se conecta el agua de enfriamiento*. El enfriamiento continúa durante aproximadamente cuatro minutos, después de lo cual se abre el molde y se retira el artículo de espuma estructural. Se tarda tres o cuatro minutos entre cada ciclo para volver a calentar el molde.

* La temperatura del agua de enfriamiento era aproximadamente 20°C.

Durante cada experimento se anotaron los parámetros siguientes:

1. Temperatura de la masa fundida, °C - la temperatura de la mezcla fundida susceptible de formar espuma;
- 5 2. Temperatura del molde, °C;
3. Tipo de agente de expansión;
4. Tiempo de carga, segundos - tiempo durante el cual fluye la mezcla fundida susceptible de formar espuma en el molde;
- 10 5. Presión de descarga del extrusor, kg/cm^2 - presión en el extremo de descarga, incluyendo el agente de expansión;
6. Presión del cuerpo cilíndrico del extrusor, kg/cm^2 - medida en la parte central del cuerpo cilíndrico del extrusor, antes del momento en que se añadió el agente de expansión;
- 15 7. Presión del agente de expansión, kg/cm^2 - Presión del agente de expansión en el sitio de la inyección;
8. ΔP , kg/cm^2 - la presión del agente de expansión en el sitio de la inyección menos la presión del cuerpo cilíndrico del extrusor. Esto mide la presión que impulsa la fuerza que hace fluir el gas en el cuerpo cilíndrico del extrusor. Es proporcional al caudal del gas y por tanto a la cantidad de agente de expansión gaseoso puesto en la mezcla;
- 20
- 25

9. Presión del acumulador, kg/cm^2 ;
10. Peso del material introducido, kilogramos - peso de la mezcla susceptible de formar espuma inyectada en la producción de cada artículo de espuma estructural; y
- 5 11. Presión de la prensa, toneladas - Esta era la presión de sujeción aplicada a las dos mitades del molde para mantenerlo cerrado durante cada operación.

EJEMPLOS 1 - 3

10

El polímero termoplástico empleado en estos experimentos era poliestireno A, un poliestireno de alto impacto que contenía una pequeña cantidad de aceite mineral para aumentar el flujo. El polímero tenía las propiedades siguientes:

15

Peso molecular medio numérico - 75.000;

Peso molecular medio ponderal - 225.000;

Capacidad del plastrómetro de extrusión, según ASTM-D1238

20

(condición G) aproximadamente 300 miligramos por minuto,

Punto de reblandecimiento Vicat, según ASTM-D1525, 98°C, y

Punto de termodistorsión, según ASTM-D648, 85°C.

25

El molde C se empleó para producir tres artículos de espuma estructural. Los parámetros del proce-

dimiento fueron como se muestran en la Tabla I a continuación.

TABLA I

	Ejemplo		
	1	2	3
5			
Temperatura de la masa fundida, °C.	232	232	232
Temperatura del molde, °C.	94	94	172
Agente de expansión.	N ₂	N ₂	N ₂
10			
Tiempo de relleno, seg,	23	20	21
Presión del extrusor, descarga, kg/cm ² .	224	224	224
Presión del extrusor, cuerpo <u>ci</u> líndrico, kg/cm ² .	115	115	115
15			
Presión del agente de expansión, kg/cm ² .	129	157	129
Δ P, kg/cm ² .	14	42	14
Presión del acumulador, kg/cm ² .	210	210	210
Peso del material introducido, 20			
kilogramos	1,04	1,02	1,03
Presión de la prensa, toneladas.	15	15	15

25 El artículo producido en el Ejemplo 1 tenía una superficie que contenía vetas indicativas del problema del borde delantero. Los artículos de los Ejem-

plos 2 y 3 tenían buenas superficies que tenían solamente unas cuantas vetas en los extremos, probablemente debido a que había muy poco o ningún flujo sobre estos últimos centímetros. La presión del nitrógeno añadido en el Ejemplo 2
5 actuó como disolvente para disminuir la viscosidad de la masa fundida, con lo cual se disminuye la temperatura de formación de réplica. Los ejemplos 2 y 3 ilustran también el hecho de que es necesario algo de flujo con el fin de conseguir una réplica fiel. Por consiguiente, pueden necesi-
10 tarse orificios de rebose o provisión para algo de "evaporación súbita", con el fin de asegurar una réplica fiel desde la zona cercana al orificio de carga hasta el extremo lejano de la pieza. Con piezas del peso y dimensiones de estos Ejemplos 1-3, debería haber sido suficiente un
15 rebose del orden de 0,045 Kg para obtener el flujo deseado en el extremo lejano. Con piezas de diferentes dimensiones, debería ser necesario correspondientemente más o menos rebose. Es interesante para los expertos en la técnica determinar el rebose necesario.

20 Se considera que se consiguió un estado límite de no deslizamiento en cada uno de los Ejemplos 1-3. Las vetas descritas se originaron por el problema del borde delantero.

25 En los Ejemplos anteriores, como en la mayor parte de los Ejemplos presentados en esta memoria,

5 hay una gran diferencia entre la temperatura de la masa fundida y la temperatura del molde. En tales casos, la temperatura en la superficie de contacto polímero/molde se aproximará a la temperatura del molde en lugar de a la temperatura de la masa fundida, debido a que la conductividad térmica de los moldes de metal empleados en el presente invento es mucho mayor que la de la masa fundida.

EJEMPLOS 4 - 7

10

En estos Ejemplos, se empleó poliestireno B. Es el mismo polímero básico que el poliestireno A, pero se omite el aceite mineral plastificante. Los pesos moleculares son los mismos que los del poliestireno A; las otras propiedades que lo caracterizan son las siguientes:

15

Plástímetro de extrusión - 250 miligramos/minuto
Punto de reblandecimiento - 102 °C.
Vicat

20

Punto de termodistorsión - 88 °C

25

Se empleó el molde B para producir cuatro artículos de espuma estructural. (El orificio de inyección para el molde en estos Ejemplos estaba en la punta de la sección triangular del molde). En el Ejemplo 5,

el agente de expansión, designado "FC" (para "fluorocarburo"), era diclorodifluorometano. Los parámetros del procedimiento fueron como se muestra en la Tabla II siguiente.

5

TABLA II

		EJEMPLO			
		4	5	6	7
	Temperatura de la masa fundida, °C.	232	232	232	232
10	Temperatura del molde, °C.	176	160	138	160
	Agente de expansión.	N ₂	FC	N ₂	N ₂
	Tiempo de relleno, seg.	24	21	20	18
	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	231	238	238	238
15	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	122,5	122,5	122,5	122,5
	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	136,5	210	192,5	192,5
	ΔP, kg/cm ² .	14	n/a*	70	70
20	Presión del acumulador, kg/cm ² .	210	210	210	210
	Peso del material introducido, kilogramos	0,9	0,84	1,01	1,01
	Presión de la prensa, toneladas	50	50	50	50

25

*El agente de expansión de fluorocarburo se empleó en proporciones de 10 partes en peso por 100 partes en peso de poliestireno.

El artículos del Ejemplo 4 tenía defectos en la superficie que se asemejaban a la burbuja mostrada en la Figura 7.

5 El artículo del Ejemplo 5 era excelente. Virtualmente era una réplica perfecta de la superficie del molde, excepto en el tramo último de 2,54 centímetros de flujo, donde había algunas vetas.

10 Los artículos de los Ejemplos 6 y 7 eran bastante buenos, siendo un poco mejor el Ejemplo 7. La diferencia entre los Ejemplos 6 y 7 era que había unas cuantas vetas en los últimos 12,7 ó 15,2 centímetros del extremo desde el orificio de carga en el Ejemplo 6, mientras que en el Ejemplo 7 era satisfactorio hasta el extremo. Excepto como se observó, la réplica de la superficie del molde fue casi perfecta en estos dos artículos.

15 Por un diseño apropiado del molde, las condiciones del Ejemplo 6 podrían emplearse indudablemente para producir un artículo comercialmente aceptable. Por ejemplo, el empleo de una cavidad de rebose proporciona flujo adecuado hasta el extremo del artículo moldeado, ajustándose el rebose.

20 Es instructivo comparar el Ejemplo 4 con el Ejemplo 3. La presencia de la pequeña cantidad de plastificante en el Ejemplo 3 permitió la producción de un artículo aceptable a 171 °C (temperatura del molde),

mientras que a 176 °C sin el plastificante la superficie era inaceptable.

EJEMPLOS 8 - 12

5

Se empleó el molde A para producir artículos de espuma estructural de un polietileno de elevada densidad que tenía un índice de fusión de 8 y una densidad de 0,96. Los parámetros del procedimiento fueron como se muestran a continuación:

10

15

20

25

5.7.75

TABLA III

	Temperatura de la masa fundida, °C.	171
5	Temperatura del molde, °C.	135
	Agente de expansión, Tiempo de relleno, seg.	N ₂ variaba
	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ² .	238
10	Presión del extrusor, cuerpo ci- lindrico, kg/cm ² .	98
	Presión del agente de expansión, kg/cm ² .	112
	Δ P, kg/cm ² .	14
15	Presión del acumulador, kg/cm ² .	214
	Peso del material introducido, kilogramos	0,54
	Presión de la prensa, toneladas	15

20

Los tiempos de relleno fueron variados
como se muestran en la Tabla IV siguiente:

25

TABLA IV

Ejemplo	Tiempo de relleno, segundos	Observaciones
5	8	Ampollas y alveolos
	9	Amplollas y alveolos
10	9	Algunas ampollas y alveolos y vetas cerca del extremo del molde
10	16	Buena superficie para dos tercios del molde, desde el orificio de relleno al extremo opuesto; después pocos alveolos y vetas; había pocas ampollas en el bebedero.
15	27	Igual que el 11, excepto que fue mejor el último tercio.

20 En las condiciones de los Ejemplos 11 y 12, el flujo fue insuficiente cerca del extremo de la cavidad del molde para eliminar todas las imperfecciones de la superficie. Por consiguiente, en esta región se obtuvieron pocos alveolos y vetas.

25 Fueron singularmente infructuosos los ensayos de moldeo de artículos de espuma estructural que

tenían réplica de superficie fiel en el molde A, a partir de un polietileno de elevada densidad que tenía un índice de fusión de aproximadamente 0,1, empleando las mismas condiciones generales establecidas en los Ejemplos 8-12, excepto que la temperatura de la masa fundida era 232°C, la temperatura de molde era 135°C a 163°C, el ΔP era de 21 kg/cm² y los tiempos de relleno fueron de hasta 103 segundos. Las imperfecciones de la superficie eran acusadas. La plastificación del polímero indudablemente debería ser necesaria con el fin de producir como buen resultado una buena superficie en este molde de sección delgada. Esta plastificación, como cuando se emplea un agente de expansión solvatante, puede deducirse de los Ejemplos 11 y 12, puesto que el polímero de estos Ejemplos puede considerarse como una versión plastificada del material de índice de fusión 0,1.

EJEMPLOS 13 - 17

En esta serie, se empleó el molde D para producir artículos de espuma estructural a partir del poliestireno A. El procedimiento difería del de los Ejemplos anteriores en que se empleó un molde más frío y se intentó conseguir la temperatura de formación de réplica en la superficie de contacto polímero/molde prin-

5 cipalmente por calentamiento de la masa fundida a una temperatura más elevada. Con el fin de evitar la fuga
demasiada rápida de calor de la masa fundida en el molde (que actúa como un sumidero de calor), lo que reduciría la temperatura en la superficie de contacto por debajo de la temperatura de formación de réplica, se colocó en el lado de fondo de la cavidad del molde una capa fina de un material aislante entre el cuerpo principal del molde y una capa de lámina u hoja de metal, que luego comprendía la superficie interior del molde. Con fines de
10 comparación, el lado superior del molde no tenía capa aislante.

15 El artículo de espuma estructural se dejó en la prensa durante 3 minutos después del final de la inyección y luego se retiró. En estos Ejemplos, no fue necesario volver a calentar el molde después de cada operación. Con lo cual se eliminó el calentamiento y enfriamiento alternativo del molde durante cada ciclo.

20 La descripción de la capa aislante y la hoja o lámina de metal empleado en cada uno de estos Ejemplos es la siguiente:

25

5.7.75

TABLA V

<u>Ejemplo</u>	<u>Capa aislante</u>	<u>Capa de metal</u>
5	13 Lámina de fibra de amianto densificada de 0,31 centímetros	Hoja de aluminio de 127 micras
	14 Lámina de fibra de amianto densificada de 762 micras	Hoja de aluminio de 127 micras
10	15 Lámina de fibra de amianto densificada de 0,31 centímetros	Placa de acero inoxidable de 940 micras
	16 Lámina de fibra de amianto densificada de 762 micras	Placa de acero estañado de 381 micras
15	17 Lámina de fibra de amianto densificada de 762 micras	Placa de acero estañado de 381 micras

Los parámetros del procedimiento de estos Ejemplos fueron como se muestra en la Tabla VI a continuación:

20

25

TABLA VI

	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>
5					
Temperatura de la masa fundida, °C.	266	266	266	266	266
Temperatura del molde, °C.	21	21	21	21	71
Agente de expansión.	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
Tiempo de relleno, seg.	21	24	21	24	24
10					
Presión del extrusor, descarga, kg/cm ² .	224	224	224	224	224
Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ² .	112	115	112	115	115
Presión del agente de expansión, kg/cm ² .	168	171	168	171	171
15					
Δ P, kg/cm ² .	56	56	56	56	56
Presión del acumulador, kg/cm ² .	210	210	210	210	210
Peso del material introducido, kilogramos	0,91	0,92	0,91	0,92	0,92
20					
Presión de la prensa, tonelada.	15	15	15	15	15

Descripción de los resultados

25 Ejemplo 13 - El lado frío (es decir, el lado superior en donde no se empleó capa aislante) tenía el modelo

de superficie similar a grano madera que es característico de la espuma estructural comercial. El lado de fondo mostró excelente réplica. Estaba satinado y mostraba claramente la superficie provista de hoyuelos de la lámina de amianto, que se mostraba a través de la hoja de aluminio. Había muy pocas vetas en los extremos finales del artículo.

5
10
Ejemplo 14 - El lado frío fue el mismo que en el Ejemplo 13. El lado de fondo tenía una réplica bastante buena, pero había más vetas en los extremos que en el Ejemplo 13.

15
Ejemplo 15 - El lado frío fue el mismo que en el Ejemplo 13. El fondo tenía una réplica perfecta solamente en un radio de aproximadamente 7,62 centímetros alrededor del orificio de relleno. A continuación existían vetas.

20
Ejemplo 16 - El lado frío era el mismo que en el Ejemplo 13. El lado de fondo tenía claramente una réplica bastante buena, pero había algunas vetas hacia los extremos.

25
Ejemplo 17 - El lado superior tenía pocas marcas de deslizamiento y vetas. El lado de fondo era excelente. Se obtuvo una réplica perfecta de la superficie del molde, con completa ausencia de defectos de cualquier clase.

Esta serie de Ejemplos 13-17 ilustra un modo ampliamente preferido de realización del invento. De acuerdo con este modo preferido, el molde se divide en una parte del cuerpo que tiene una capacidad calorífica relativamente alta, una hoja o lámina de metal u otro miembro que tiene una capacidad calorífica relativamente baja que comprende la superficie interior del molde, y una capa de aislamiento térmico entre dicha parte del cuerpo y dicho miembro. La parte del cuerpo se mantiene a una temperatura sustancialmente constante que está por debajo de la temperatura de formación de réplica a la que se desea mantener la superficie de contacto molde/polímero mientras se inyecta el polímero en el molde. Preferiblemente, la parte del cuerpo se mantiene a una temperatura bastante fría para hacer rígido el polímero. La masa fundida que se introduce en la cavidad del molde está a una temperatura superior a la temperatura de formación de réplica. La capa de aislamiento es suficientemente gruesa para evitar que la parte del cuerpo más fría del molde reduzca la temperatura en la superficie de contacto molde/polímero por debajo de la temperatura de formación de réplica hasta después que haya terminado la inyección de la mezcla en la cavidad del molde. Sin embargo, preferiblemente es suficientemente delgada de modo que el polímero pueda en-

friarse, por flujo de calor en la porción del cuerpo, en un período de tiempo razonable a una temperatura suficientemente baja para hacerla rígida. Naturalmente, el miembro que tiene una capacidad calorífica relativamente baja (que comprende la superficie interior del molde) puede ser integral con la capa aislante.

EJEMPLO 18

En este Ejemplo, se describe un procedimiento para determinar la temperatura de formación de réplica. Se emplearon los seis polímeros termoplásticos siguientes:

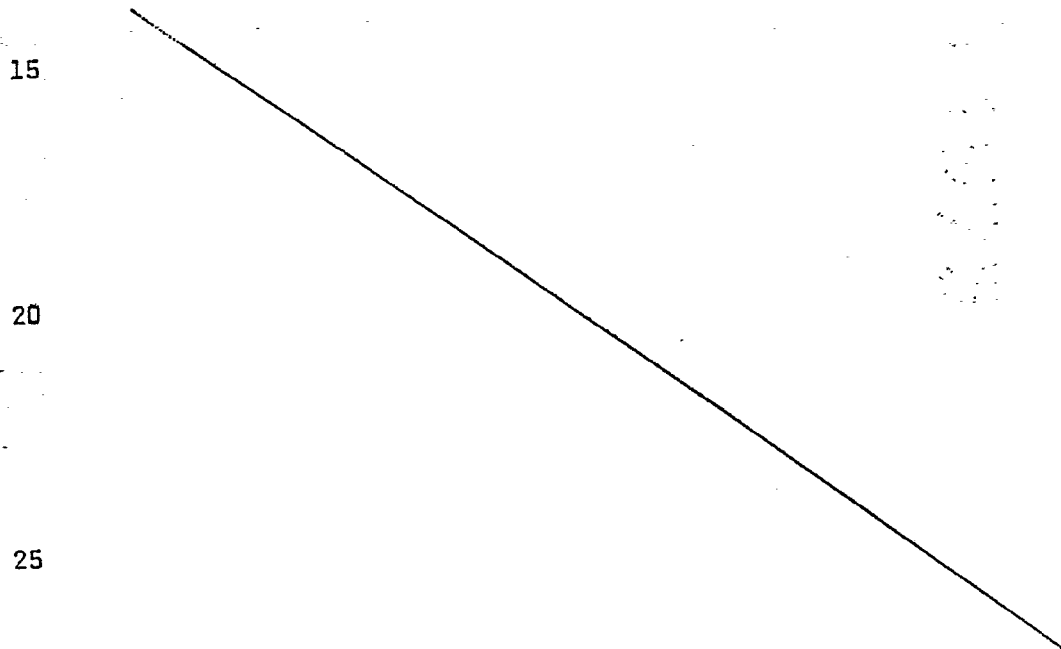


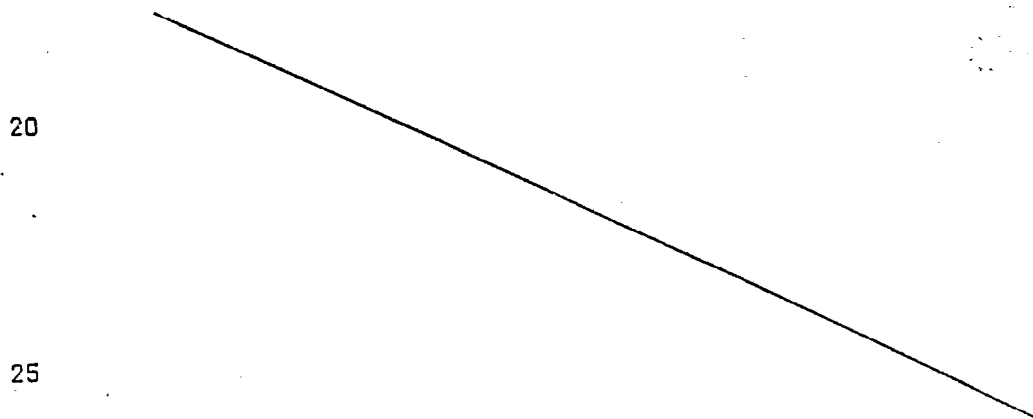
TABLA VII

5	<u>Polímero</u>	Punto de ter- modistorsión (1), °C	Punto de re- blandecimien- to Vicat (2), °C.	Indice de fusión (3) (gramos/10 minutos)
	Polipropileno (Hércules Profax 5623)	58,2	149,5	1,82
10	Poliestireno A	80,2	98,9	0,31
	Poliestireno C	75,3	92,2	0,93
	ABS ⁽⁴⁾ (Borg-Warner Cyclac EP-3510)	79,9	99,7	0,28
15	Alta densidad elevada (0,96)	46,0	--	7,13
20	Polietileno Baja densidad (0,92)	--	95,7	0,26
	Polietileno			
25	(1) Por ASTM-D648			
	(2) Por ASTM-D1525, 5g-6g/minuto			
	(3) Por ASTM-D1238, Estado E			
	(4) Terpolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno			

Estos seis polímeros se caracterizaron además midiendo sus viscosidades a 200°C a diversos regímenes de cizallamiento, en un reómetro capilar modelo Instron 3211. Los resultados de estas medidas se muestran en las gráficas que se incluyen en la presente memoria como Figuras 15-20.

El reómetro se hizo trabajar del modo "régimen de cizallamiento constante", empleando una matriz que tenía un diámetro de 1,01 mm. y una longitud de 2,4 mm. La viscosidad es proporcional a la tensión de cizallamiento (calculada por métodos conocidos a partir de la carga registrada) dividida por la magnitud de cizallamiento.

Se produjeron una serie de artículos de espuma estructural a partir de cada uno de estos polímeros, empleando el procedimiento generalizado con el molde A, y las condiciones siguientes:



**POOR
QUALITY**

TABLA VIII

		Poli-pro- pileno	Polies- tireno	A	Poliestireno C	ABS	HDPE	LDPE
5	Temperatura de la masa fundida, °C	227	227	227	227	246	194	227
	Temperatura del molde, °C.	Variaba	Variaba	Variaba	Variaba	Variaba	Variaba	Variaba
10	Agente de expansión	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
	Tiempo de relleno, seg.	18-21	34-42	26-30	23-27	25-39	39-50	39-50
	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	189	196	196	189	189	189	189
	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	52	77	77	98	49	84	84
15	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	80,5	105	105	126	77	126	126
	△ P, kg/cm ²	28	28	28	28	28	42	42
	Presión del acumulador, kg/cm ²	168	169	169	168	168	168	168
20	Peso del material introducido, kg	0,49±0,04	0,63±0,04	0,67±0,04	0,67±0,06	0,51±0,02	0,60±0,02	0,60±0,02
	Presión de la prensa, toneladas	15	15	15	15	15	15	15

25

TABLA VIII

	Polipro- pileno	Polies- tireno A	Poliest C	
5	Temperatura de la masa fundida, °C	227	227	227
	Temperatura del molde, °C.	Variaba	Variaba	Vari
	Agente de expansión	N ₂	N ₂	N ₂
10	Tiempo de relleno, seg.	18-21	34.42	26-3
	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	189	196	196
	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	52	77	77
15	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	80,5	105	105
	Δ P, kg/cm ²	28	28	28
	Presión del acumulador, kg/cm ²	168	189	189
20	Peso del material introducido, kg	0,49±0,04	0,63±0,04	0,67±0
	Presión de la prensa, toneladas	15	15	15

25

5.7.75

- 61 -

**POOR
QUALITY**

A VIII

Polies- tireno <u>A</u>	Poliestireno <u>C</u>	ABS	HDPE	LDPE
227	227	246	194	227
Variaba	Variaba	Variaba	Variaba	Variaba
N ₂ 34.42	N ₂ 26-30	N ₂ 25-39	N ₂ 23-27	N ₂ 39-50
196	196	189	189	189
77	77	98	49	84
105	105	126	77	126
28	28	28	28	42
189	189	168	168	168
0,63±0,04	0,67±0,04	0,67±0,06	0,51±0,02	0,60±0,02
15	15	15	15	15

**POOR
QUALITY**

Se produjeron diversos artículos de espuma estructural empleando velocidades de relleno y otras condiciones del procedimiento que proporcionaron estados límites de no deslizamiento en la superficie de contacto entre el plástico fluyente y la superficie interior del molde. Estas condiciones se mantuvieron esencialmente constantes para un polímero dado, variándose la temperatura del molde, generalmente en incrementos de 45 °C. Los artículos se midieron luego en cuanto a la lisura de la superficie en el lado opuesto al bebedero, empleando un rugosímetro que mide las imperfecciones de la superficie ("picos" y "valles") en micropulgadas. El procedimiento fue el siguiente: Se aproximó el eje longitudinal del artículo. El brazo y el punzón del rugosímetro se pasaron entonces sobre una serie de líneas imaginarias de 2,54 cm (1 pulgada) que intersecaban y eran perpendiculares a dicho eje. Se situaron 40,6, 35,5, 25,4, 20,3 y, algunas veces, 15,2 cm. desde el extremo más próximo al bebedero. Se tomaron la media de estas cinco o seis lecturas según el valor del rugosímetro del artículo. Los resultados se representan en gráficas del valor del rugosímetro (en micropulgadas) frente a la temperatura del molde. Las gráficas se incluyen en esta memoria como las Figuras 21-26. Al interpretar las gráficas, una lectura más baja es indicativo de una superficie más lisa, siendo el

límite la lisura del molde (aproximadamente 0,127 micras). La temperatura de formación de réplica es aquella temperatura del molde por encima de la cual no se obtiene una reducción significativa en la lectura del rugosímetro.

5

El rugosímetro empleado era un tipo VB Mototrace modelo 5, que se obtuvo de la Division Micrométrica de Bendix Corporation. Se hizo trabajar a una velocidad de trazo de 0,76 cm/seg. El método en el instrumento da una lectura directa en micropulgadas. Para cada lectura, se tomó la media.

10

Los resultados de las medidas del rugosímetro están de acuerdo con las observaciones visuales. Los análisis visuales de los mismos artículos se presentan en las Tablas siguientes:

15

20

25

5.7.75

TABLA IX

Polipropileno

	Temperatura del molde, °C	Observaciones
5	107 y más baja	Vetas
	121	Vetas
10	135	Pocas ampollas sin remediar
	149	Réplica fiel, excepto por unos cuantos alveolos diseminados
	163	Satisfactorio
	176 y más alta	Satisfactorio

15

TABLA X

Poliestireno A

	Temperatura del molde °C	Observaciones
20	93 y más baja	Vetas,
	121	Vetas, pero mejor
	135	Vetas comenzando en el centro entre el bebedero y el extremo
25	149	Vetas parcialmente remediadas en la tercera última parte
	163	Vetas casi remediadas en la cuarta última parte
	176	Réplica fiel
	190 y más alta	Satisfactorio

TABLA XI

Poliestireno C

	Temperatura del molde, °C	Observaciones
5		
	107 y más baja	Vetas
	121 y 135	Menor veteado
	149	Mucho menor veteado
10	163	Réplica fiel
	176 y más alta	Satisfactorio

TABLA XII

Terpolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno

	Temperatura del molde, °C	Observaciones
15		
20	121 y más baja	Vetas
	149	Menos Vetas
	176	Veteado mucho menor
	190	Veteado mucho menor
	204 y más alta	Réplica fiel
25		

TABLA XIII

Polietileno de alta densidad

	Temperatura del molde, °C	Observaciones
5		
	118 y más baja	Vetas
	132	Satisfactorio, excepto por vetas en los últimos 12,7 cm (flujo insuficiente)
10		
	149	Satisfactorio, excepto por veteado menor en los últimos 7,6-10,1 cm.
	163 y 176	Satisfactorio, excepto por veteado menor en los últimos 5,08 cm.
15		
	188 y más alta	Satisfactorio.
20		
25		

TABLA XIV

Polietileno de baja densidad

5	Temperatura del molde, °C	Observaciones
	176	Alveolos no remediados
	190	Alveolos no remediados, pero mejor
10	204	Satisfactorio, excepto al final
	238 y más alta	Satisfactorio.

15 Las temperaturas de formación de réplica determinadas visualmente se indican en los gráficos (Figuras 21-26) como T_R .

20 Se debe poner énfasis en que los valores particulares para las temperaturas de formación de réplica obtenidos en la presente memoria se mantuvieron solamente para las formulaciones del polímero, las temperaturas de la masa fundida, las velocidades de relleno y otros parámetros de procedimiento particulares, diseño de la boquilla y geometría del molde y construcción del molde (incluyendo características de superficie), que se emplearon

25

en estos experimentos. Sin embargo, las temperaturas de formación de réplica para otras formulaciones de polímeros, las temperaturas de la masa fundida, las velocidades de relleno, los parámetros del procedimiento, los diseños de boquillas, y/o la geometría y la construcción del molde, pueden determinarse de forma similar.

La evaluación de la lisura de la superficie puede hacerse por observación visual, por medios ópticos, o por otros medios mecánicos en lugar de emplear un rugosímetro. Además, en lugar de variar la temperatura del molde, puede variarse otros parámetros. Tales parámetros incluyen la temperatura de la masa fundida, la naturaleza y proporción del agente de expansión, los aditivos plastificantes, la velocidad de relleno, el número de orificios de relleno o una combinación de estos. En muchos casos, la temperatura de formación de réplica se determinará variando la temperatura del molde, la temperatura de la masa fundida o ambas. En cualquier caso, no importa que parámetro del procedimiento o combinación de parámetros se varía, el principio es el mismo - la determinación de aquellas condiciones en las que la temperatura es mayor, la velocidad de relleno más lenta, etc, deja de proporcionar una parte que tiene una réplica de la superficie significativamente mejorada. La temperatura así determinada, es entonces la temperatura de formación

de réplica para la formulación de polímero, velocidad de relleno, diseño de la boquilla, construcción y geometría del molde específicos, etc., empleada en la determinación.

5 Para algunas aplicaciones de empleo final, puede no ser necesario producir una parte que tenga réplica de superficie absolutamente fiel. Tales casos pueden producirse debido a que la parte ha de ser pintada (la pintura disimularía los defectos menores de superficie), o por alguna otra razón. Por consiguiente, debería estar dentro del
10 espíritu del invento alcanzar un grado controlado y previamente determinado de réplica. Como ilustración específica, la Figura 22 muestra la temperatura de formación de réplica (bajo las condiciones del experimento) del poliestireno A que ha de alcanzarse a una temperatura del molde de aproximadamente 176 °C. En algunos casos, puede ser aceptable el grado de réplica alcanzado a una temperatura del molde de por ej. 135°C o 149°C. Sería mediblemente menos caro trabajar empleando la temperatura del molde más baja, debido a que se requeriría menos energía para calentar y enfriar y serían posible tiempos de ciclo más cortos.
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200
205
210
215
220
225
230
235
240
245
250
255
260
265
270
275
280
285
290
295
300
305
310
315
320
325
330
335
340
345
350
355
360
365
370
375
380
385
390
395
400
405
410
415
420
425
430
435
440
445
450
455
460
465
470
475
480
485
490
495
500
505
510
515
520
525
530
535
540
545
550
555
560
565
570
575
580
585
590
595
600
605
610
615
620
625
630
635
640
645
650
655
660
665
670
675
680
685
690
695
700
705
710
715
720
725
730
735
740
745
750
755
760
765
770
775
780
785
790
795
800
805
810
815
820
825
830
835
840
845
850
855
860
865
870
875
880
885
890
895
900
905
910
915
920
925
930
935
940
945
950
955
960
965
970
975
980
985
990
995
1000
1005
1010
1015
1020
1025
1030
1035
1040
1045
1050
1055
1060
1065
1070
1075
1080
1085
1090
1095
1100
1105
1110
1115
1120
1125
1130
1135
1140
1145
1150
1155
1160
1165
1170
1175
1180
1185
1190
1195
1200
1205
1210
1215
1220
1225
1230
1235
1240
1245
1250
1255
1260
1265
1270
1275
1280
1285
1290
1295
1300
1305
1310
1315
1320
1325
1330
1335
1340
1345
1350
1355
1360
1365
1370
1375
1380
1385
1390
1395
1400
1405
1410
1415
1420
1425
1430
1435
1440
1445
1450
1455
1460
1465
1470
1475
1480
1485
1490
1495
1500
1505
1510
1515
1520
1525
1530
1535
1540
1545
1550
1555
1560
1565
1570
1575
1580
1585
1590
1595
1600
1605
1610
1615
1620
1625
1630
1635
1640
1645
1650
1655
1660
1665
1670
1675
1680
1685
1690
1695
1700
1705
1710
1715
1720
1725
1730
1735
1740
1745
1750
1755
1760
1765
1770
1775
1780
1785
1790
1795
1800
1805
1810
1815
1820
1825
1830
1835
1840
1845
1850
1855
1860
1865
1870
1875
1880
1885
1890
1895
1900
1905
1910
1915
1920
1925
1930
1935
1940
1945
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
2055
2060
2065
2070
2075
2080
2085
2090
2095
2100
2105
2110
2115
2120
2125
2130
2135
2140
2145
2150
2155
2160
2165
2170
2175
2180
2185
2190
2195
2200
2205
2210
2215
2220
2225
2230
2235
2240
2245
2250
2255
2260
2265
2270
2275
2280
2285
2290
2295
2300
2305
2310
2315
2320
2325
2330
2335
2340
2345
2350
2355
2360
2365
2370
2375
2380
2385
2390
2395
2400
2405
2410
2415
2420
2425
2430
2435
2440
2445
2450
2455
2460
2465
2470
2475
2480
2485
2490
2495
2500
2505
2510
2515
2520
2525
2530
2535
2540
2545
2550
2555
2560
2565
2570
2575
2580
2585
2590
2595
2600
2605
2610
2615
2620
2625
2630
2635
2640
2645
2650
2655
2660
2665
2670
2675
2680
2685
2690
2695
2700
2705
2710
2715
2720
2725
2730
2735
2740
2745
2750
2755
2760
2765
2770
2775
2780
2785
2790
2795
2800
2805
2810
2815
2820
2825
2830
2835
2840
2845
2850
2855
2860
2865
2870
2875
2880
2885
2890
2895
2900
2905
2910
2915
2920
2925
2930
2935
2940
2945
2950
2955
2960
2965
2970
2975
2980
2985
2990
2995
3000
3005
3010
3015
3020
3025
3030
3035
3040
3045
3050
3055
3060
3065
3070
3075
3080
3085
3090
3095
3100
3105
3110
3115
3120
3125
3130
3135
3140
3145
3150
3155
3160
3165
3170
3175
3180
3185
3190
3195
3200
3205
3210
3215
3220
3225
3230
3235
3240
3245
3250
3255
3260
3265
3270
3275
3280
3285
3290
3295
3300
3305
3310
3315
3320
3325
3330
3335
3340
3345
3350
3355
3360
3365
3370
3375
3380
3385
3390
3395
3400
3405
3410
3415
3420
3425
3430
3435
3440
3445
3450
3455
3460
3465
3470
3475
3480
3485
3490
3495
3500
3505
3510
3515
3520
3525
3530
3535
3540
3545
3550
3555
3560
3565
3570
3575
3580
3585
3590
3595
3600
3605
3610
3615
3620
3625
3630
3635
3640
3645
3650
3655
3660
3665
3670
3675
3680
3685
3690
3695
3700
3705
3710
3715
3720
3725
3730
3735
3740
3745
3750
3755
3760
3765
3770
3775
3780
3785
3790
3795
3800
3805
3810
3815
3820
3825
3830
3835
3840
3845
3850
3855
3860
3865
3870
3875
3880
3885
3890
3895
3900
3905
3910
3915
3920
3925
3930
3935
3940
3945
3950
3955
3960
3965
3970
3975
3980
3985
3990
3995
4000
4005
4010
4015
4020
4025
4030
4035
4040
4045
4050
4055
4060
4065
4070
4075
4080
4085
4090
4095
4100
4105
4110
4115
4120
4125
4130
4135
4140
4145
4150
4155
4160
4165
4170
4175
4180
4185
4190
4195
4200
4205
4210
4215
4220
4225
4230
4235
4240
4245
4250
4255
4260
4265
4270
4275
4280
4285
4290
4295
4300
4305
4310
4315
4320
4325
4330
4335
4340
4345
4350
4355
4360
4365
4370
4375
4380
4385
4390
4395
4400
4405
4410
4415
4420
4425
4430
4435
4440
4445
4450
4455
4460
4465
4470
4475
4480
4485
4490
4495
4500
4505
4510
4515
4520
4525
4530
4535
4540
4545
4550
4555
4560
4565
4570
4575
4580
4585
4590
4595
4600
4605
4610
4615
4620
4625
4630
4635
4640
4645
4650
4655
4660
4665
4670
4675
4680
4685
4690
4695
4700
4705
4710
4715
4720
4725
4730
4735
4740
4745
4750
4755
4760
4765
4770
4775
4780
4785
4790
4795
4800
4805
4810
4815
4820
4825
4830
4835
4840
4845
4850
4855
4860
4865
4870
4875
4880
4885
4890
4895
4900
4905
4910
4915
4920
4925
4930
4935
4940
4945
4950
4955
4960
4965
4970
4975
4980
4985
4990
4995
5000
5005
5010
5015
5020
5025
5030
5035
5040
5045
5050
5055
5060
5065
5070
5075
5080
5085
5090
5095
5100
5105
5110
5115
5120
5125
5130
5135
5140
5145
5150
5155
5160
5165
5170
5175
5180
5185
5190
5195
5200
5205
5210
5215
5220
5225
5230
5235
5240
5245
5250
5255
5260
5265
5270
5275
5280
5285
5290
5295
5300
5305
5310
5315
5320
5325
5330
5335
5340
5345
5350
5355
5360
5365
5370
5375
5380
5385
5390
5395
5400
5405
5410
5415
5420
5425
5430
5435
5440
5445
5450
5455
5460
5465
5470
5475
5480
5485
5490
5495
5500
5505
5510
5515
5520
5525
5530
5535
5540
5545
5550
5555
5560
5565
5570
5575
5580
5585

ra del molde en este caso.

EJEMPLO 19

5 En este Ejemplo, se describe un procedi-
 miento para determinar un tiempo de relleno que permitirá
 mantener un estado límite de no deslizamiento en la super-
 ficie de contacto entre el termoplástico fluyente y la su-
 perficie interior del molde.

10 Un molde de aluminio calentado por vapor
 que tiene una cavidad de molde de 15,2 cm por 53 cm por
 1,27 cm se empleó en el aparato antes descrito. El molde
 contenía un bebedero u orificio de inyección, de 1,58 cm
 de diámetro, el centro del cual estaba a 7,3 cm de un ex-
15 tremo de la cavidad. El fondo del molde contenía cuatro
 transductores de presión embutidos de 2,22 cm de diámetro
 situados a diversas distancias a lo largo del eje largo
 del molde. Los transductores se conectaron a un instru-
 mentos que registraba continuamente la presión en cada
20 uno durante el tiempo en que el plástico llenaba el mol-
 de. Los primeros dos transductores, que eran a los que se
 considera particularmente, estaban situados a 10,6 cm y
 23,2 cm respectivamente del extremo del bebedero del mol-
 de. (Las distancias son a los centros de cada transduc-
25 tor).

Se hicieron una serie de artículos de espuma estructural a partir de los seis polímeros antes descritos en el Ejemplo 18. Las condiciones empleadas en los experimentos están descritas en la Tabla XV a continuación:

5

10

15

20

25

5.7.75

**POOR
QUALITY**

TABLA XV

	Polipropileno	Poliestireno A	Poliestireno C	ABS	HDPE	LDPE
Temperatura de la masa fundida, °C	238	232	243	249	201	193
Temperatura del molde, °C	110	182	138	182	118	182
Agente de expansión	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
Tiempo de relleno, seg	Variaba	Variaba	Variaba	Variaba	Variaba	Variaba
Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	189	196	196	245	189	196
Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	52	77	77	140	35	63
Presión del agente de expansión, kg/cm ²	80	80	80	168	63	91
Δ P, kg/cm ²	28	28	28	28	28	28
Presión del acumulador, kg/cm ²	168	189	189	224	168	161
Peso del material introducido, Kilogramos	0,71±0,01	0,78±0,03	0,73±0,01	0,80±0,03	0,75±0,04	0,76±0,03
Presión de la prensa, toneladas.	20	20	20	50	15	20

TABLA XV

	<u>Polipro- pileno</u>	<u>Poliesti- reno A</u>	<u>Poliest C.</u>
Temperatura de la masa fundida, °C	238	232	243
Temperatura del molde, °C	110	182	138
Agente de expansión	N ₂	N ₂	N ₂
Tiempo de relleno, seg	Variaba	Variaba	Vari
Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	189	196	196
Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	52	77	77
Presión del agente de expansión, kg/cm ²	80	80	80
Δ P, kg/cm ²	28	28	28
Presión del acumulador, kg/cm ²	168	189	189
Peso del material introducido, Kilogramos	0,71±0,01	0,78±0,03	0,73±
Presión de la prensa, toneladas.	20	20	20

5.7.75

- 72 -

**POOR
QUALITY**

A XV

<u>Poliesti- reno A</u>	<u>Poliestireno C.</u>	<u>ABS</u>	<u>HDPE</u>	<u>LDPE</u>
232	243	249	201	193
182	138	182	118	182
N ₂ Variaba	N ₂ Variaba	N ₂ Variaba	N ₂ Variaba	N ₂ Variaba
196	196	245	189	196
77	77	140	35	63
80	80	168	63	91
28	28	28	28	28
189	189	224	168	161
0,78±0,03	0,73±0,01	0,80±0,03	0,75±0,04	0,76±0,03
20	20	50	15	20

**POOR
QUALITY**

La disminución de presión entre los dos primeros transductores durante el relleno del molde se determinó a diversos tiempos de relleno. Estos datos se presentan en la presente memoria en las Figuras 27-32, como gráficas de la disminución de presión, ΔP , frente al tiempo de relleno. (La disminución de presión es directamente proporcional a la tensión de cizallamiento). Las gráficas indican también los tiempos de relleno por debajo de los cuales se mantuvo un estado de deslizamiento y por encima de los cuales se mantuvo un estado de no deslizamiento, según se determinó por observación visual de las partes. Estas observaciones visuales se muestran a continuación en las Tablas XVI a XXI.

TABLA XVI
Polipropileno

Tiempo de relleno, segundos	Observaciones
1	Deslizamiento - escamas y fractura
4	Deslizamiento - escamas y fractura
12	Menor deslizamiento, o bien artículo satisfactorio
14	Mucho menor deslizamiento, o bien artículo satisfactorio
22 y más	artículo satisfactorio; no deslizamiento

TABLA XVII

Poliestireno A

	<u>Tiempo de relleno,</u>	<u>Observaciones</u>
	<u>segundos</u>	
5	10 y menos	Deslizamiento - agujeros pequeños sobre la superficie
10	12 y 16	Dificultad para determinar - podía haber existido deslizamiento, originando defectos de superficie menores que fueron remediados casi completamente por temperatura de molde elevada.
15	20 y 23	No deslizamiento; flujo insuficiente en el extremo que dejó algunos defectos allí.
20	35 y más	Artículo satisfactorio; no deslizamiento
25		

TABLA XVIII

Poliestireno C

	<u>Tiempo de relleno, segundos</u>	<u>Observaciones</u>
5	1	Deslizamiento - alveolos y costras
	2	Deslizamiento - escamas
	3	Deslizamiento - escamas, fractura, algunos alveolos.
10	6	Deslizamiento - escamas y fractura
	9	Deslizamiento - escamas y alveolos
	10,5	Deslizamiento, pero menor - pocos alveolos y escamas
15	13-20	No evidencia de deslizamiento - pocos alveolos no remediados (problema del borde delantero)
	23	No deslizamiento; artículo correcto, excepto para muy pocos alveolos en el extremo.

20

En este experimento, se obtuvo el estado límite de no deslizamiento con tiempos de relleno de 13 segundos y mayores. Sin embargo, el problema del borde delantero no fue corregido (a esta temperatura del molde bastante baja) hasta que el tiempo de relleno no fue de

25

23 segundos. Es instructivo comparar este experimento con el Ejemplo 18, en el que, empleando un molde diferente (que tenía diferentes características de superficie, conductividad térmica y flujo de calor) pero el mismo polímero, se obtuvo una temperatura de formación de réplica de aproximadamente 163°C para tiempos de relleno de 26-30 segundos.

TABLA XIX

Terpolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno

Tiempo de relleno, segundos	Observaciones
12 y menos	Alveolos y marcas de deslizamiento
18	Pocos alveolos y menor deslizamiento
28	No deslizamiento, pero problema del borde delantero no completamente corregido
33	No deslizamiento; artículo satisfactorio, excepto en los extremos.
39	No deslizamiento, artículo satisfactorio.

TABLA XX

Polietileno de elevada densidad

Tiempo de relleno, segundos	Observaciones
5	
2	Deslizamiento, burbujas justo debajo de la superficie
5	Deslizamiento, pero superficie bastante buena debido a que los defectos fueron casi solucionados.
10	
10-15	Alguna prueba de menor deslizamiento
22	Probablemente no deslizamiento, algunos defectos no solucionados en el extremo
26 y más	No deslizamiento

15

La transición entre el deslizamiento y el no deslizamiento no era clara debido a que la temperatura era demasiado elevada. Con polímeros de alta fluidez de este tipo, la transición debería ser más precisa si la temperatura de fusión y/o la temperatura del molde fueran más bajas.

20

25

5.7.75

TABLA XXI

Polietileno de baja densidad

	<u>Tiempo de relleno,</u> <u>segundos</u>	<u>Observaciones</u>
5	7-15	Deslizamiento; muchos agujeros pequeños en la superficie
	19	Deslizamiento; todavía agujeros pequeños en la superficie
10	26	No deslizamiento; sin embargo burbujas justo debajo de la superficie.
	32-45	No deslizamiento, pero algunas burbujas justo debajo de la superficie.

15

EJEMPLO 20

Se empleó el molde A (empleando separadores de 0,95 cm en lugar de 1,27 cm) para fabricar artículos de espuma estructural de polisulfona, en las condiciones siguientes:

20

25

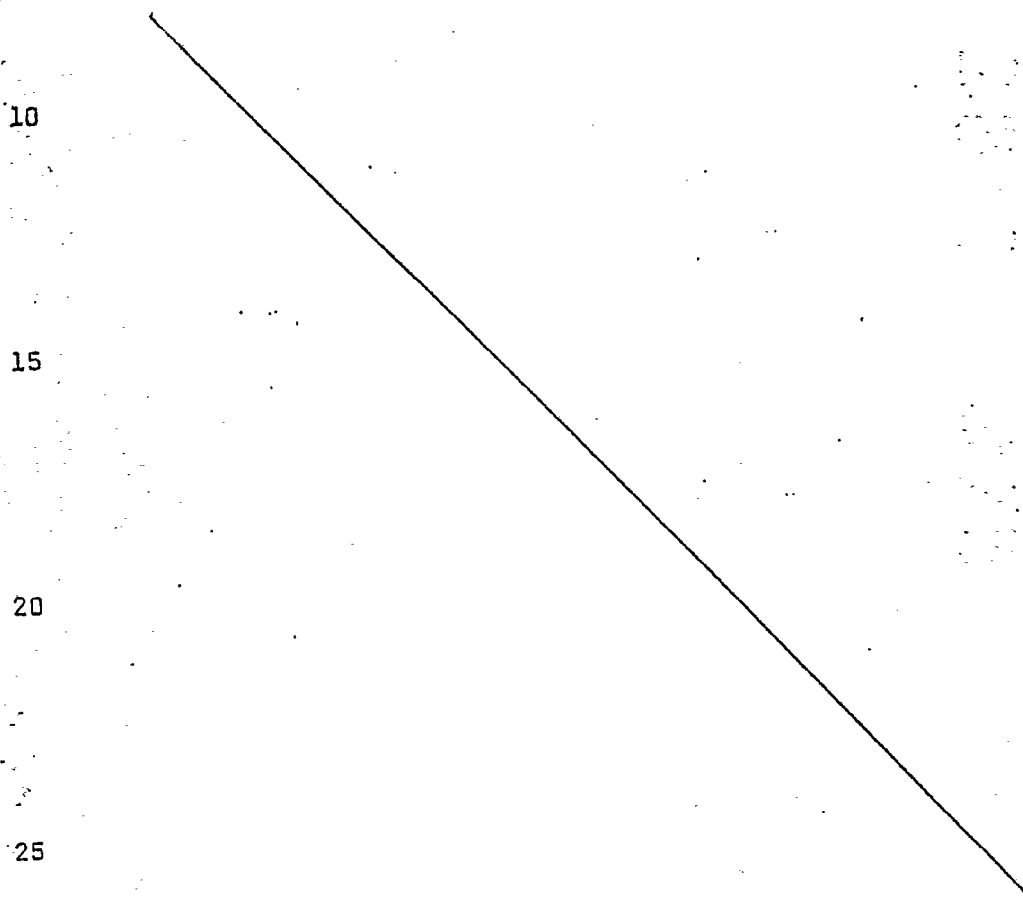
5.7.75

TABLA XXII

	<u>Nº del experimento</u>			
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
5	Temperatura de la masa fundida, °C.	315	la misma	
	Temperatura del molde, °C.	215	232	265 287
	Agente de expansión	N ₂	el mismo	
	Tiempo de relleno, seg.	29	27	26 21
	Presión del extrusor, des carga, kg/cm ²	259	la misma	
10	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	63	la misma	
	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	112	112	126 126
	ΔP, kg/cm ²	49	49	63 63
15	Presión del acumulador, kg/cm ²	217	la misma	
	Peso del material introducido, kg.	0,60±0,02	el mismo	
	Presión de la prensa, toneladas	15	la misma	
20			<u>Comentarios</u>	
		<u>Nº del experimento</u>		
		1	Vetas	
		2	Mejor, pero todavía vetas.	
		3	Pocas vetas y alveolos.	
25		4	Artículo satisfactorio	

EJEMPLO 21

Se empleó el molde A, empleando separadores de 0,95 cm, para producir artículos de espuma estructural de LEXAN 500 (un policarbonato de bisfenól 1-A que contiene 10% en peso de fibras de vidrio picadas) en las condiciones siguientes:



5.7.75

TABLA XXIII

		<u>Nº de experimento</u>		
		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
5	Temperatura de la masa fundida, °C.	282		la misma
	Temperatura del molde, °C.	215	249	500
	Agente de expansión.	N ₂		el mismo
	Tiempo de relleno, seg.	15	15	14
10	Presión del extrusor, des carga, kg/cm ²	273		la misma
	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	147		la misma
15	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	189		la misma
	ΔP, kg/cm ²	42		el mismo
	Presión del acumulador, kg/cm ²	224		la misma
	Peso del material introducido, kg.	0,54		el mismo
20	Presión de la prensa, to neladas	15		la misma

	<u>Nº de experimento</u>	<u>Comentarios</u>
	1	Burbujas veteadas
25	2	Mejor, pero todavía con algunas burbujas
	3	Artículo satisfactorio.

EJEMPLO 22

Se moldeó la parte superior de un aparato de televisión del polietileno de alta densidad descrito en el Ejemplo 18. El polímero contenía 20 partes, en peso, por 100 partes de polímero, de fibras de vidrio picadas de 6,35 mm y aproximadamente 1,25% en peso de pigmento de dióxido de titanio. La pieza era rectangular en líneas generales, de 71 centímetros de largo por 38 centímetros de ancho, y 0,95 centímetros de grueso y tenía los extremos curvados que tenían aproximadamente un radio de 7,6 centímetros de curvatura. Tenía dos salientes transversales, separados 51 centímetros, en el lado del fondo. El molde tenía dos bebederos de 1,58 centímetros de diámetro, ambos situados en el eje longitudinal de la pieza, estando uno a 3,17 centímetros de un saliente y estando el otro a 17,1 centímetros del otro saliente. Las condiciones del moldeo fueron las siguientes:

20

25

5.7.75

El lavabo medía 48 centímetros de ancho por 43 centímetros de profundidad por aproximadamente 28 centímetros de alto. El espesor de la pieza era de aproximadamente 6,35 a 9,52 milímetros. El lavabo contenía agujeros para desagüe, rebose e instalaciones de grifos. Había cuatro bebederos en el molde. Las condiciones de moldeo fueron las siguientes:

TABLA XXV

10	Temperatura de la masa fundida, °C	226
	Temperatura del molde, °C	149 (parte superior); 21 (fondo)
	Agente de expansión	N ₂
	Tiempo de relleno, seg.	15
15	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	175
	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	35
	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	98
20	ΔP , kg/cm ²	63
	Presión del acumulador, kg/cm ²	161
	Peso del material introducido, kg	3,24
	Presión de la prensa, toneladas.	40

25 Hubo una réplica del molde perfecta sobre

la superficie superior de la pieza. La superficie inferior tenía vetas y líneas de soldadura visibles entre los bebederos.

5 Los Ejemplos 22 y 23 ilustran el aspecto del invento en el que se obtuvo una réplica fiel del molde en solamente una parte previamente determinada de la superficie de la pieza de espuma estructural, en lugar de la superficie completa. Los Ejemplos 13-17 ilustran también este aspecto.

10

EJEMPLO 24

15 Se produjeron tres bolos de espuma estructural empleando el molde de bolos descrito por Angell, en la patente de Estados Unidos 3.268.636, a partir de un polietileno de elevada densidad que tenía una densidad de 0,96 y un índice de fusión de 0,2. (El polímero no fue el descrito en los Ejemplos de la patente de Angell, puesto que el polímero ya no está comercialmente disponible). El
20 El polímero contenía 1% en peso de pigmento de dióxido de titanio y 0,5% en peso de azodicarbonamida como agente de expansión. Las condiciones empleadas fueron las siguientes:

25

5.7.75

TABLA XXVI

		<u>Nº del experimento</u>		
		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
	Temperatura de la masa fundida, °C.	199	199	199
5	Temperatura del molde, °C.	131	132	260
	Tiempo de relleno, segundos.	10	43	54
	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	280	280	280
10	Presión del acumulador, kg/cm ²	217	217	217
	Peso del material introducido, Kg.	1,50	1,46	1,54
	Presión de la prensa, toneladas.	15	15	15
15	<u>Nº del experimento</u>	<u>Comentarios</u>		
	1	Bastante satinado en aproximadamente 50% de la superficie, pero contenía alveolos, marcas de fractura y marcas de soldadura.		
20	2	Un poco mejor que 1, pero todavía contenía alveolos, marcas de fractura y algunas marcas de soldadura.		
25	3	Mucho mejor, pero todavía contenía alveolos. No contenía marcas de soldadura. Sin embargo, se alcanzó una réplica fiel solamente en el cuello del bolo y alrededor del fondo del bolo (que era la parte superior del molde) donde había flujo.		

EJEMPLO 25

En esta serie de experimentos, se empleó el molde A para moldear artículos de espuma estructural de diversos polímeros termoplásticos diferentes. Las condiciones empleadas, los polímeros empleados y los comentarios se muestran en las Tablas XXVII a la XXX, a continuación:

10

15

20

25

5.7.75

TABLA XXVII

Poliestireno A

		<u>Nº del experimento</u>				
		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
5	Temperatura de la masa fundida, °C.	199	204	215	224	232
	Temperatura del molde, °C.	199	204	215	224	232
	Agente de expansión	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
	Tiempo de relleno, seg.	24	47	26	36	36
10	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	280	280	259	252	245
	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	105	105	112	112	112
	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	136	136	136	140	140
	ΔP , kg/cm ²	31	31	24	28	28
15	Presión del acumulador, kg/cm ²	217	217	217	217	217
	Peso del material introducido, kg	0,68	0,71	0,63	0,64	0,643
	Presión de la prensa, toneladas.	15	15	15	15	15
20	<u>Nº del experimento</u>	<u>Comentarios</u>				
	1	Pequeñas burbujas visibles muy cerca de la superficie				
	2	Alveolos sobre la pieza entera; pequeñas burbujas visibles muy cerca de la superficie.				
25	3	Algunos alveolos; pequeñas burbujas visibles muy cerca de la superficie				
	4-5	Excelente pieza, salvo por algunos alveolos cerca del borde y pocas burbujas visibles cerca de la superficie				

TABLA XXVIII

		<u>ABS</u>		
		<u>Nº del experimento</u>		
		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
5	Temperatura de la masa fundida, °C.	213	221	226
	Temperatura del molde, °C.	213	221	226
	Agente de expansión.	N ₂	N ₂	N ₂
	Tiempo de relleno, seg.	34	33	28
10	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	259	252	245
	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	133	133	133
	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	168	168	168
15	ΔP, kg/cm ²	35	35	35
	Presión del acumulador, kg/cm ²	217	217	217
	Peso del material introducido, kg	0,66	0,65	0,62
	Presión de la prensa, toneladas,	15	15	15
20	<u>Nº del experimento</u>	<u>Comentarios</u>		
	1	Pequeñas burbujas visibles muy cerca de la superficie, algunos alveolos; evidencia de algún deslizamiento sobre la superficie.		
	2	Algunos defectos de burbuja cerca de los bordes, por otra parte excelente.		
25	3	Igual que 2		

TABLA XXIX

Polietileno de elevada densidad

		<u>Serie número</u>		
		<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
5	Temperatura de la masa fundida, °C.	160	168	176
	Temperatura del molde, °C.	160	168	176
	Agente de expansión.	N ₂	N ₂	N ₂
	Tiempo de relleno, seg.	54	46	48
	Presión del extrusor, descarga, kg/cm ²	245	245	245
10	Presión del extrusor, cuerpo cilíndrico, kg/cm ²	63	66	70
	Presión del agente de expansión, kg/cm ²	98	98	98
	Δ P, kg/cm ²	35	31	28
15	Presión del acumulador, kg/cm ²	217	217	217
	Peso del material introducido, kg	0,49	0,49	0,53
	Presión de la prensa, toneladas	15	15	15
	<u>Nº del experimento</u>	<u>Comentarios</u>		
	1	Pequeñas burbujas visibles muy próximas a la superficie		
20	2	Algunas imperfecciones, pero en una extensión menor y más próximas al extremo más lejano de la pieza (es decir, lejos del bebedero).		
	3	Excelente, excepto para una pequeña zona en el extremo más alejado de la pieza.		
25				

TABLA XXX

Poliestireno A más 20 partes en peso, por 100 partes de polímero de fibras de vidrio picadas de centímetros

	<u>Serie número</u>				
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
5					
10					
15					
20					

	<u>Nº del Experimento</u>	<u>Comentarios</u>
	1	Burbujas visibles próximas a la superficie; pequeños agujeros lejos de la mitad de la pieza.
25	2	Iguales comentarios que 1
	3	Iguales comentarios, pero mejor que 2
	4	Iguales comentarios, pero mejor que 3
	5	Artículo satisfactorio, excepto algunos agujeros pequeños en los 3,81 centímetros más alejados de la pieza.

Los experimentos descritos en el Ejemplo 25 se realizaron con el fin de determinar si se podía demostrar que la propiedad reológica, viscosidad, estaba correlacionada con la solución del problema de borde delantero. Se sabía que cuando la temperatura del molde aumentaba (manteniéndose otros parámetros constantes) se podía, para velocidades de relleno en las que no ocurría deslizamiento, solucionar eventualmente los defectos del borde delantero. Se encontró que si se mide la viscosidad de la masa fundida a la temperatura de la superficie de contacto molde/masa fundida (en que la temperatura que era suficiente para eliminar el problema del borde delantero), y si esta viscosidad era similar para una serie ampliamente diversa de polímeros, entonces esto debería ser una demostración que confirma fuertemente la teoría de que la solución del problema del borde delantero estaba relacionada directamente con la propiedad reológica, viscosidad.

Los experimentos descritos en el Ejemplo 18 permiten determinar una temperatura de formación de réplica para la serie de masa fundida, procedimiento y condiciones de molde dadas. Debido a que las temperaturas de la masa fundida y del molde fueron diferentes en todos los casos mostrados en ese Ejemplo, las temperaturas en las superficies de contacto molde/masa fundida no eran

conocidas. Por consiguiente, las viscosidades en la superficie de contacto no podían determinarse, debido a que la viscosidad depende de la temperatura.

Los experimentos descritos en el Ejemplo 25 eliminan la dificultad antes mencionada. En estos casos, la temperatura del molde y la temperatura de la masa fundida eran siempre idénticas. Se determinó la temperatura de la masa fundida y del molde mínima que produce una pieza exenta de imperfecciones de superficie. Esta temperatura es citada en esta memoria como la temperatura de formación de réplica isotérmica, T_{R-I} . De las gráficas de viscosidad frente a la temperatura, a un régimen de cizallamiento de 9 segundos⁻¹, mostrado en las Figuras 33-35, se determinó la viscosidad del material termoplástico a T_{R-I} . Estas viscosidades se muestran en la Tabla XXXI a continuación:

TABLA XXXI

<u>Polímero</u>	<u>$T_{R-I}, ^\circ C$</u>	<u>Viscosidad (a 9 seg⁻¹), poises</u>
20 Poliestireno A	224 - 226	$2,7 \times 10^4$
ABS	221	$2,8 \times 10^4$
HDPE	176	$1,3 \times 10^4$

El poliestireno A que contenía 20 partes por 100 de fibras de vidrio picadas tenía una T_{R-I} de apro-

ximadamente 274 °C. A esta temperatura, el material termoplástico tenía una viscosidad de $1,3 \times 10^4$ poises, a 9 seg^{-1} .

Aunque no se determinó isotérmicamente la temperatura de formación de réplica para la polisulfona, los
5 datos presentados antes en el Ejemplo 20 indican que la T_{R-I} para la polisulfona debería estar entre 287° y 315°C. La viscosidad de la polisulfona a un régimen de cizallamiento de 9 seg^{-1} a 287° y 315° °C es aproximadamente de $2,8 \times 10^4$ y $1,03 \times 10^4$ poises, respectivamente.

10 Se observa que las viscosidades de estos materiales a sus temperaturas de formación de réplica isotérmica respectivas están dentro de un factor de aproximadamente 2, que es muy próximo para este tipo de determinación.

15 Un problema de estas determinaciones (y una probable razón de por que las viscosidades están solamente dentro de un factor de aproximadamente 2) es que las viscosidades de los materiales termoplásticos se determinaron a 9 seg^{-1} . (La viscosidad es una función del régimen de cizallamiento, como se puede ver en las Figuras 15-20). Para
20 haber sido exacta la correlación en este experimento, la solución del problema del borde delantero debería haber tenido que ocurrir a 9 segundos⁻¹. No se sabe exactamente cual es el régimen de cizallamiento durante el proceso de solución, ni se ha podido determinar. Se entiende
25 que la solución es un procedimiento de un régimen de ciza-

llamiento bajo, posiblemente más bajo que 9 segundos⁻¹.
(Con el equipo analítico disponible actualmente por los
inventores, un régimen de cizallamiento de 9 segundos⁻¹
era el más bajo que podía emplearse para medir la visco-
sidad).

5
10
15
20
25

Es importante observar que, para los
mismos materiales termoplásticos, T_{R-I} es superior que
 T_R como se determinó en el Ejemplo 18. Los experimentos
recogidos en el Ejemplo 18 utilizaban temperatura de ma-
sa fundida más elevadas, del orden que debería emplearse
normalmente para el procedimiento. Llevando a cabo los
experimentos isotérmicos, se observa que la temperatura
del molde se aumentó por encima de T_R , y que la tempera-
tura de fusión se disminuyó respecto a la empleada en el
Ejemplo 18. Esto ilustra el hecho de que la determinación
de T_R es sensible a los valores particulares elegidos
para los otros parámetros. Aunque se cree que la tempera-
tura de la superficie de contacto está más próxima a la
del molde que la temperatura de la masa fundida (a menos
que se emplee el procedimiento de los Ejemplos 13-17),
esta última tenderá todavía a falsear la temperatura,
elevándose generalmente.

Otro factor importante en el experimen-
to isotérmico es que no hay flujo de calor de la masa
fundida al molde, puesto que ambos están a la misma
temperatura, (excepto cerca de los bordes insuficiente-

mente calentados, donde hay alguna pérdida de calor en el bastidor separados). Esto es importante debido a que cada uno de los polímeros tienen diferentes conductividades térmicas y en el tipo de experimento recogido en el Ejemplo 18, debería esperarse transferir calor al molde a velocidades diferentes. Esta diferencia en la velocidad de transferencia de calor afectará a la temperatura de la superficie de contacto. Por consiguiente, no se debería esperar de los experimentos del Ejemplo 18 que proporcionasen una buena correlación con las propiedades reológicas.

Debería insistirse que ni siquiera el valor de T_{R-I} es absoluto. Además de la dependencia de la construcción y geometría del molde, el diseño de la boquilla, la velocidad de relleno, la presión del nitrógeno y similares, depende también de la presión ejercida por la masa fundida sobre las paredes de la cavidad del molde. Aunque las densidades de las partes hechas en este Ejemplo son aproximadamente equivalentes, ni siquiera esto asegura que las presiones ejercidas sobre las paredes del molde sean idénticas. Cuando aumenta la presión interna del molde, el material tenderá a fluir contra el molde y tenderá a solucionar las imperfecciones del borde delantero. El método verdadero y absoluto para determinar T_{R-I} para los diferentes polímeros en condiciones equivalentes, debería asegurar también que las presiones del molde sean idénticas, en el tiempo y en la situación a lo largo de la parte. Se entien-

de que la parte del factor de diferencia 2 en las viscosidades es originada por las presiones desiguales del molde.

5 Todos los valores de las viscosidades que se recogen en esta solicitud se determinaron sin emplear la corrección Rabinowitsch para el régimen de cizallamiento, y sin hacer las correcciones finales para la tensión de cizallamiento. Por tanto, los valores de viscosidad
10 mostrados en las gráficas son realmente los que se denominan normalmente en la técnica: viscosidades "aparentes".

Las discusiones de la teoría que están contenidas en esta memoria son la mejor explicación de la demostración experimental. Sin embargo, no se desea estar
15 vinculado a estas teorías en el caso de que todas o parte de las teorías demostraran posteriormente ser falsas.

EJEMPLO 26

20 Por el procedimiento descrito en el Ejemplo 25, se determinó T_{R-I} para un copolímero de etileno/propoleno (índice de fusión = 4, densidad = 0,95), que era de 193°C. A esta temperatura y a un grado de cizallamiento de 9 segundos⁻¹, la viscosidad de este copolímero es 1,6 x
25 10^4 poises.

el artículo, en donde una mezcla que comprende un material termoplástico susceptible de formar espuma fundido y un agente de expansión se introduce en una cavidad del molde definida por la superficie interior del molde, manteniéndose la cavidad del molde a una presión por debajo de la presión de formación de espuma de dicha mezcla, con lo cual dicha mezcla fluye y se expande en dicha cavidad del molde y dicho material termoplástico se vuelve rígido mientras está en dicha cavidad del molde, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de: (a) mantener una superficie de contacto entre dicha mezcla y dicha porción previamente determinada de dicha superficie interior del molde, a medida que dicha mezcla fluye dentro de dicha cavidad del molde; (b) mantener un estado límite de no deslizamiento entre dicha mezcla y dicha superficie interior del molde en dicha superficie de contacto, a medida que dicha mezcla fluye dentro de dicha cavidad del molde; y (c) mantener la temperatura en dicha superficie de contacto a una temperatura de al menos la temperatura de formación de réplica de dicho material termoplástico, a medida que dicha mezcla fluye dentro de dicha cavidad del molde.

2a.- Procedimiento según la reivindicación 1a, en donde dicho estado límite de no deslizamiento se mantiene introduciendo dicha mezcla en dicha

cavidad del molde a una velocidad tal que, a medida que dicha mezcla fluye dentro de dicho molde, las fuerzas de dicha mezcla en dicha superficie de contacto son (a) menores que el valor máximo de la fuerza de fricción estática entre dicha mezcla y dicha porción previamente determinada de dicha superficie interior del molde, y (b) menor que la resistencia de la masa fundida de dicho material termoplástico fundido.

3a.- Procedimiento según la reivindicación 1a, en donde la temperatura en dicha superficie de contacto se mantiene igual o superior a dicha temperatura de formación de réplica manteniendo la temperatura de al menos la porción de dicho molde que incluye dicha porción previamente determinada de dicha superficie interior igual o superior a dicha temperatura de formación de réplica.

4a.- Procedimiento según la reivindicación 2a, en donde la temperatura de dicha superficie de contacto se mantiene igual o superior a dicha temperatura de formación de réplica manteniendo la temperatura de al menos la porción de dicho molde que incluye dicha porción previamente determinada de dicha superficie interior igual o superior a dicha temperatura de formación de réplica.

5a.- Procedimiento según la reivindicación 1a, en donde dicho molde incluye una porción del cuer-

po que tiene una capacidad calorífica relativamente elevada, en donde dicha porción previamente determinada de la superficie interior de dicho molde comprende un miembro que tiene una capacidad calorífica relativamente baja, en donde dicha porción del cuerpo y dicho miembro están separados por una capa aislante de calor, en donde dicha porción del cuerpo se mantiene a una temperatura por debajo de dicha temperatura de formación de réplica, y en donde dicha mezcla está a una temperatura por encima de dicha temperatura de formación de réplica cuando se introduce en dicha cavidad del molde, con lo cual dicha superficie de contacto se mantiene a una temperatura igual o superior a dicha temperatura de formación de réplica mientras dicha mezcla fluye en dicha cavidad del molde.

6a.- Procedimiento según la reivindicación 1a, en donde dicho material termoplástico consiste esencialmente en al menos un miembro del grupo que consiste en polímero olefínico, polímero de estireno, policarbonato, poliamida, éter poliaril-polihidroxílico, polisulfona, poliéster, polímero acrílico, polímero de acetal y sus mezclas.

7a.- Procedimiento según la reivindicación 6a, en donde dicho material termoplástico consiste esencialmente en al menos un miembro del grupo que consiste en poliestireno, polietileno de alta densidad, polietil-

439232

leno de baja densidad, polipropileno, terpolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno, polisulfona, policarbonato y sus mezclas.

5

8^a.- Procedimiento según la reivindicación 1^a, en donde dicho agente de expansión se selecciona del grupo que consiste en nitrógeno, dióxido de carbono, pentano, hidrocarburo halogenado de C₁ a C₄, un compuesto azoico, un compuesto N-nitroso, un compuesto de sulfonil-hidrazida, un compuesto de sulfonil-semicarbazona y sus mezclas.

10

9^a.- Procedimiento según la reivindicación 8^a, en donde dicho agente de expansión se selecciona del grupo que consiste en nitrógeno, diclorodifluorometano, azodicarbonamida y sus mezclas.

15

10^a.- Procedimiento según la reivindicación 1^a, en el que el volumen de dicha mezcla que se introduce en dicha cavidad del molde es menor que el volumen de dicha cavidad.

20

11^a.- Procedimiento según la reivindicación 10^a, en donde dicho estado límite de no deslizamiento se mantiene introduciendo dicha mezcla en dicha cavidad del molde a una velocidad tal que, a medida que dicha mezcla fluye dentro de dicho molde, las fuerzas en dicha mezcla en dicha superficie de contacto son (a) menor que el valor máximo de la fuerza de fricción estática

25

4.1.1977

ca entre dicha mezcla y dicha porción previamente deter-
minada de dicha superficie interior del molde, y (b) me-
nor que la resistencia de la masa fundida de dicho mate-
rial termoplástico fundido.

5

12a.- Procedimiento según la reivindica-
ción 10a, en donde la temperatura de dicha superficie
de contacto se mantiene igual o superior a dicha tempe-
ratura de formación de réplica manteniendo la temperatu-
ra de al menos la porción de dicho molde que incluye di-
cha porción previamente determinada de dicha superficie
interior igual o superior a dicha temperatura de forma-
ción de réplica.

10

15

13a.- Procedimiento según la reivindica-
ción 11a, en donde la temperatura en dicha superficie
de contacto se mantiene igual o superior a dicha tempe-
ratura de formación de réplica manteniendo la tempera-
tura de al menos la porción de dicho molde que incluye
dicha porción previamente determinada de dicha superfi-
cie interior igual o superior a dicha temperatura de
formación de réplica

20

25

14a.- Procedimiento según la rei-
vindicación 10a; en donde dicho molde incluye una por-
ción del cuerpo que tiene una capacidad calorífica re-
lativamente alta, en donde dicha porción previamente de-
terminada de la superficie interior de dicho molde com-

4.1.77

prende un miembro que tiene una capacidad calorífica re-
lativamente baja, en donde dicha porción de cuerpo y di-
cho miembro están separados por una capa de aislamiento
de calor, en donde dicha porción del cuerpo se mantiene
5 a una temperatura por debajo de dicha temperatura de for-
mación de réplica y en donde dicha mezcla está a una tem-
peratura superior a dicha temperatura de formación de ré-
plica cuando se introduce en dicha cavidad del molde,
con lo cual dicha superficie de contacto se mantiene
10 igual o superior a dicha temperatura de formación de ré-
plica mientras dicha mezcla fluye en dicha cavidad del
molde.

15 15ª.- Procedimiento según la reivindicación 10ª, en donde dicho material termoplástico consis-
te esencialmente en al menos un miembro del grupo que
consiste en polímero olefínico, polímero de estireno,
policarbonato, poliamida, éter poliaril-polihidroxílico,
polisulfona, poliéster, polímero acrílico; polímero de
acetal y sus mezclas.

20 16ª.- Procedimiento según la reivindicación 15ª, en donde dicho material termoplástico con-
siste esencialmente en al menos un miembro del grupo que
consiste en poliestireno, polietileno de alta densidad,
polietileno de baja densidad, polipropileno, terpolíme-
ro de acrilonitrilo-butadieno-estireno, polisulfona, po-
25

4.1.77

licarbonato y sus mezclas.

5

17^a.- Procedimiento según la reivindicación 10^a, en donde dicho agente de expansión se selecciona del grupo que consiste en nitrógeno, dióxido de carbono, pentano, un hidrocarburo halogenado de C₁ a C₄, un compuesto azoico, un compuesto N-nitroso, un compuesto de sulfonil-hidrazida, un compuesto de sulfonil-semicarbazida y sus mezclas.

10

18^a.- Procedimiento según la reivindicación 17^a, en donde dicho agente de expansión se selecciona del grupo que consiste en nitrógeno, diclorodifluorometano, azodicarbonamida y sus mezclas.

15

19^a.- Procedimiento para moldear artículos termoplásticos de espuma.

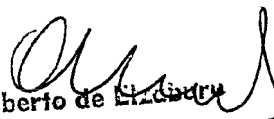
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de ciento cinco hojas escritas a máquina por una sola cara.

20

Madrid, 07.ENE.1977

P.A.


Alberto de Elizaga
Por Poder,

25

4.1.77

JMM/.

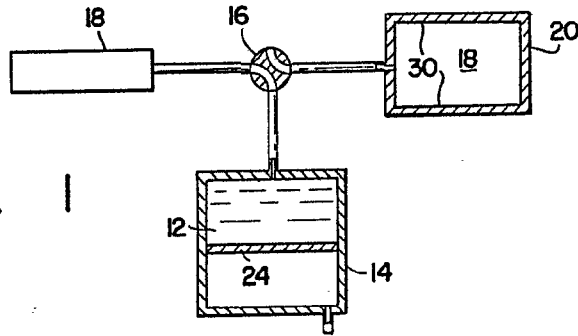


FIG. 1

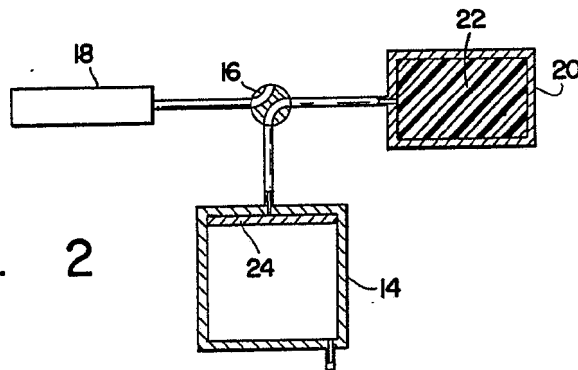


FIG. 2

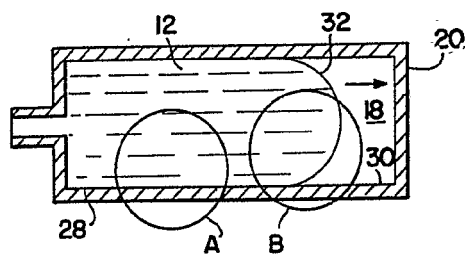


FIG. 3

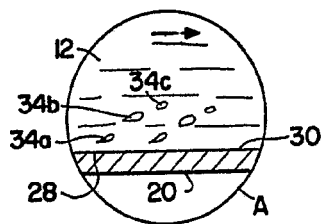


FIG. 4

Albergo de Elegero
Por Poder

FIG. 5

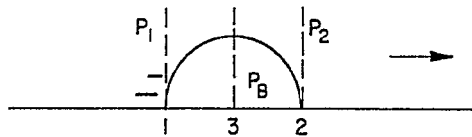


FIG. 6

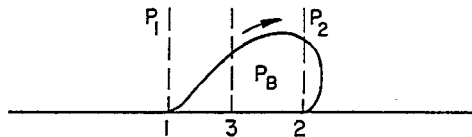


FIG. 7

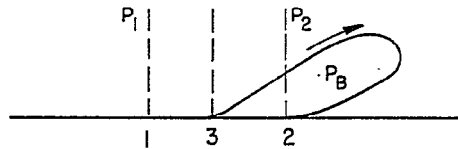
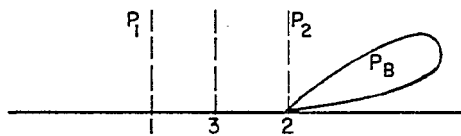


FIG. 8



Alberto de Echeverri
Por Poder

FIG. 9

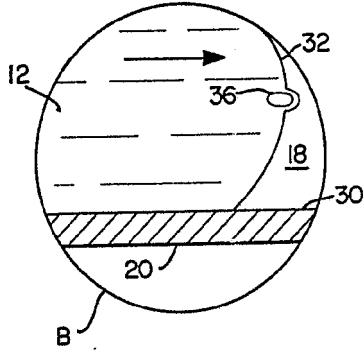


FIG. 10

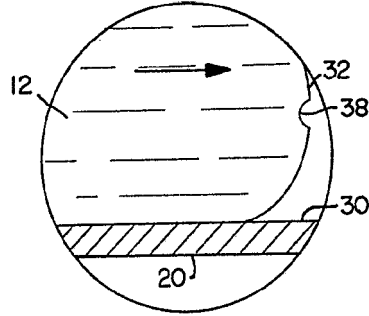


FIG. 11

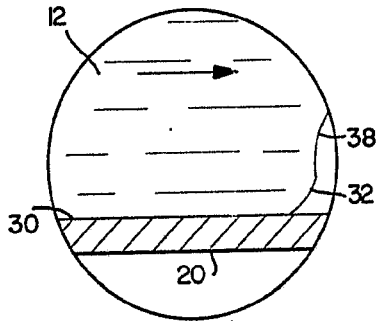


FIG. 12

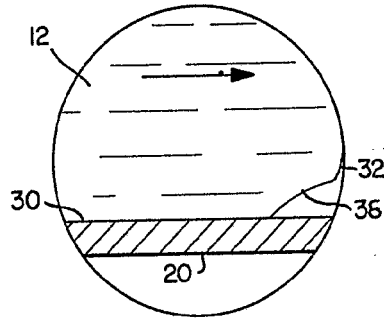


FIG. 13

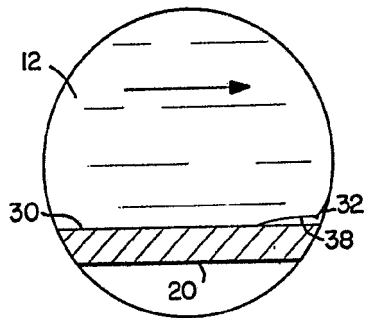
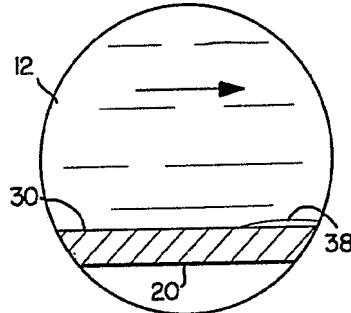
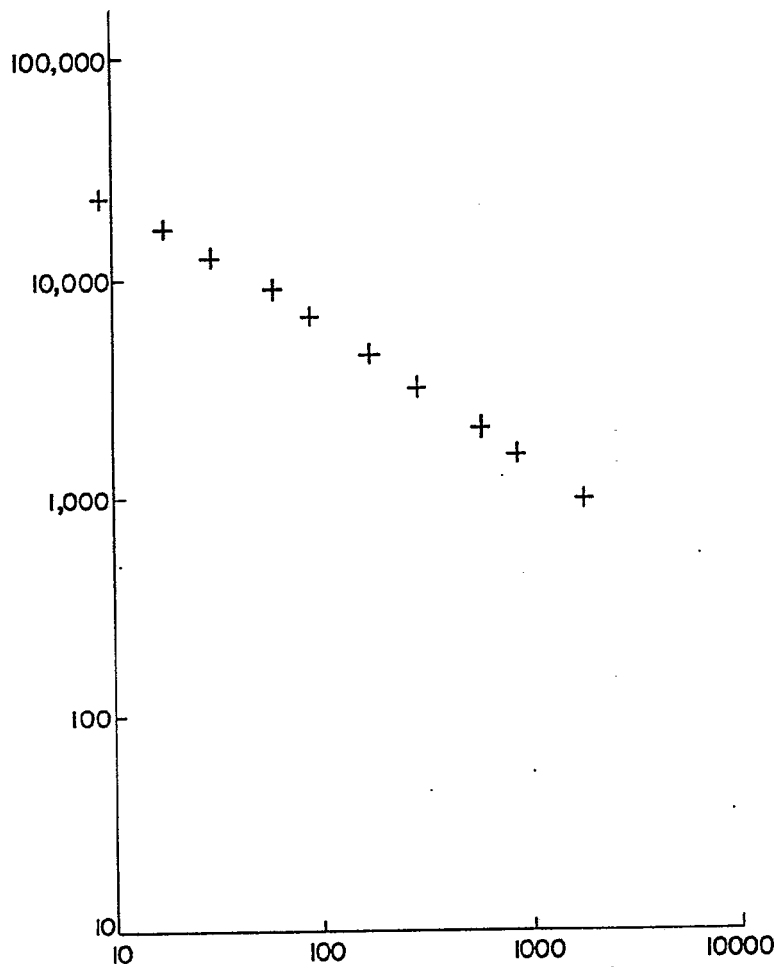


FIG. 14

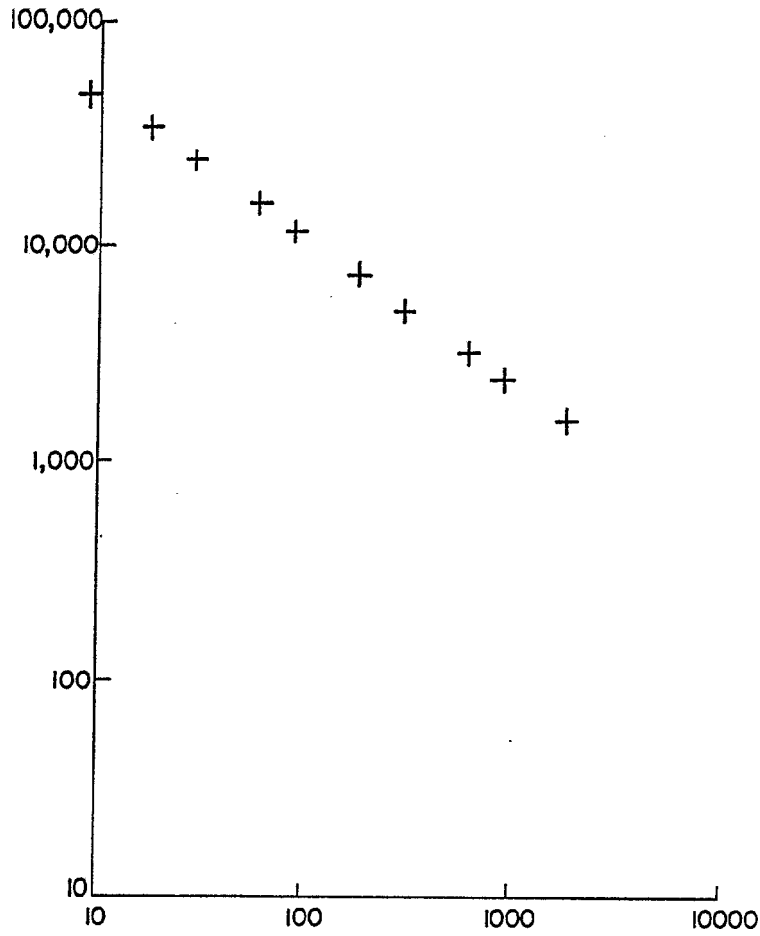


Alberto de Encarnación
Por Poder.



F I G. 15

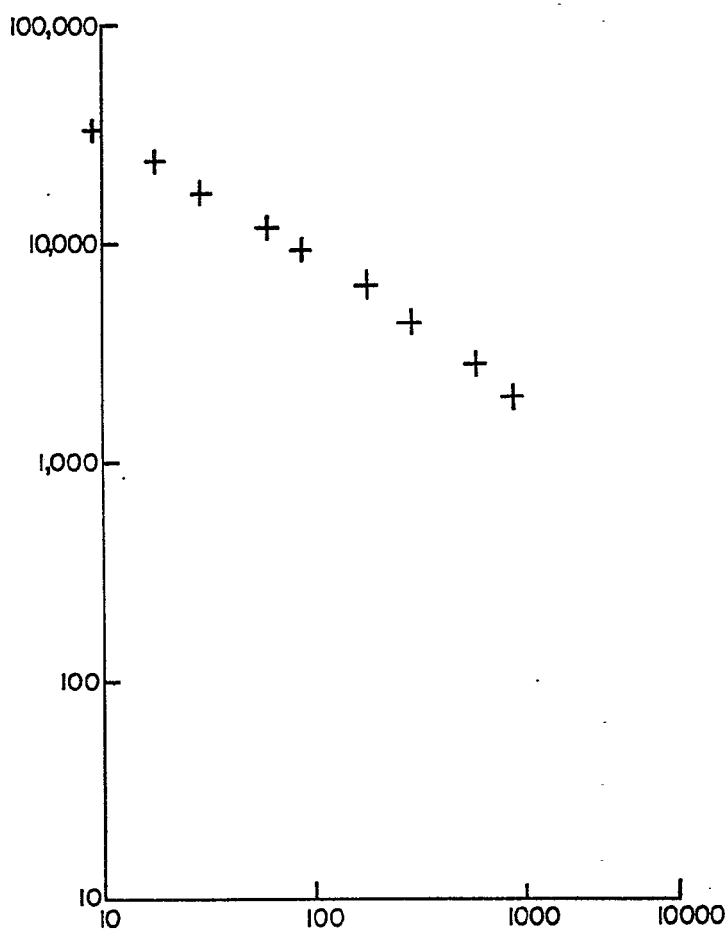
Alberto de Elcano
For Poder.



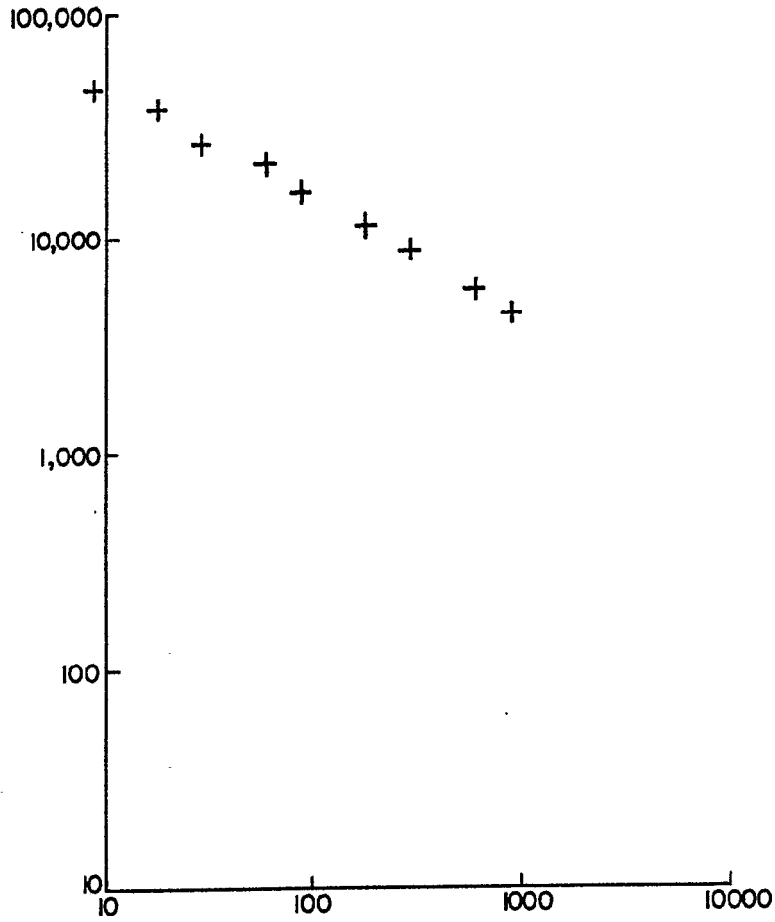
F I G. 16

Alberto de Alencastro
Por Poder

F I G. 17

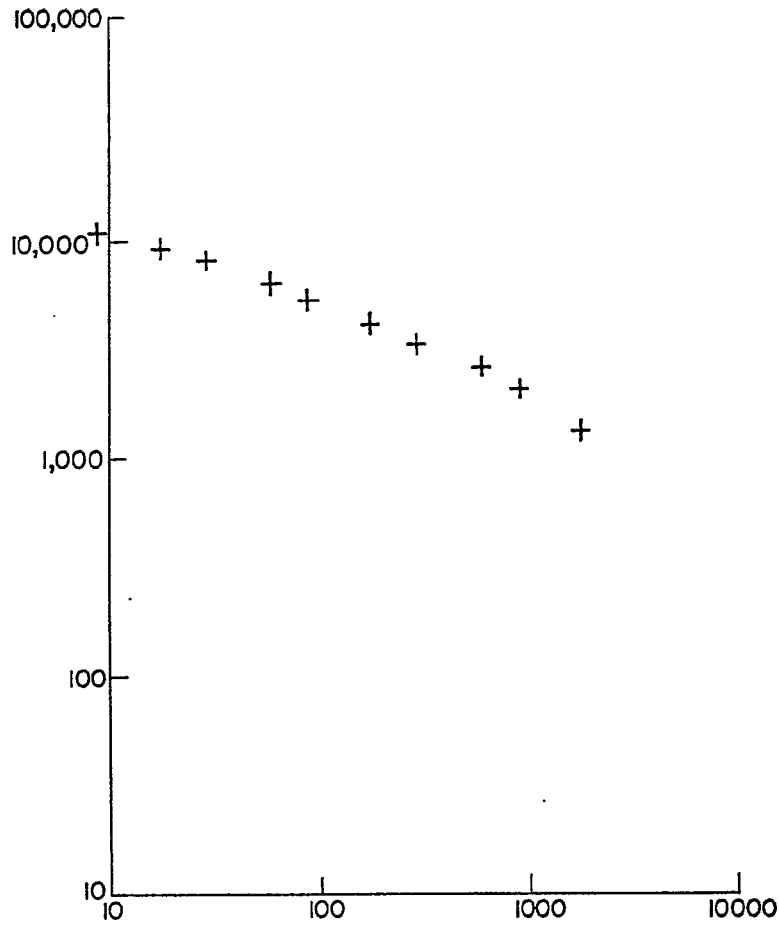


Alberto de Elgueta
Por Poder.



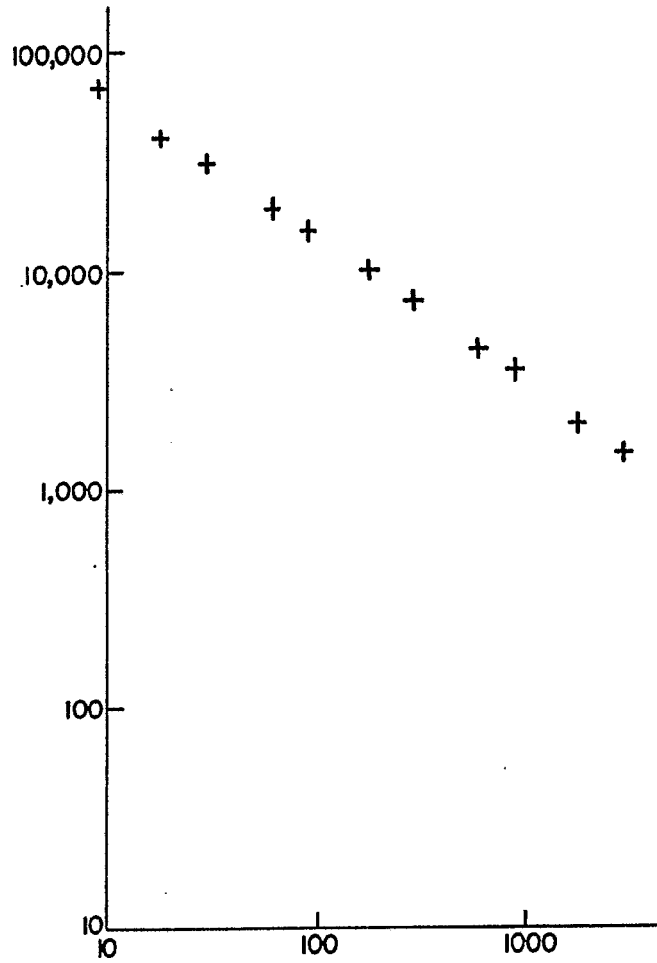
F I G. 18

Alberto de Elencoro
Por Poder



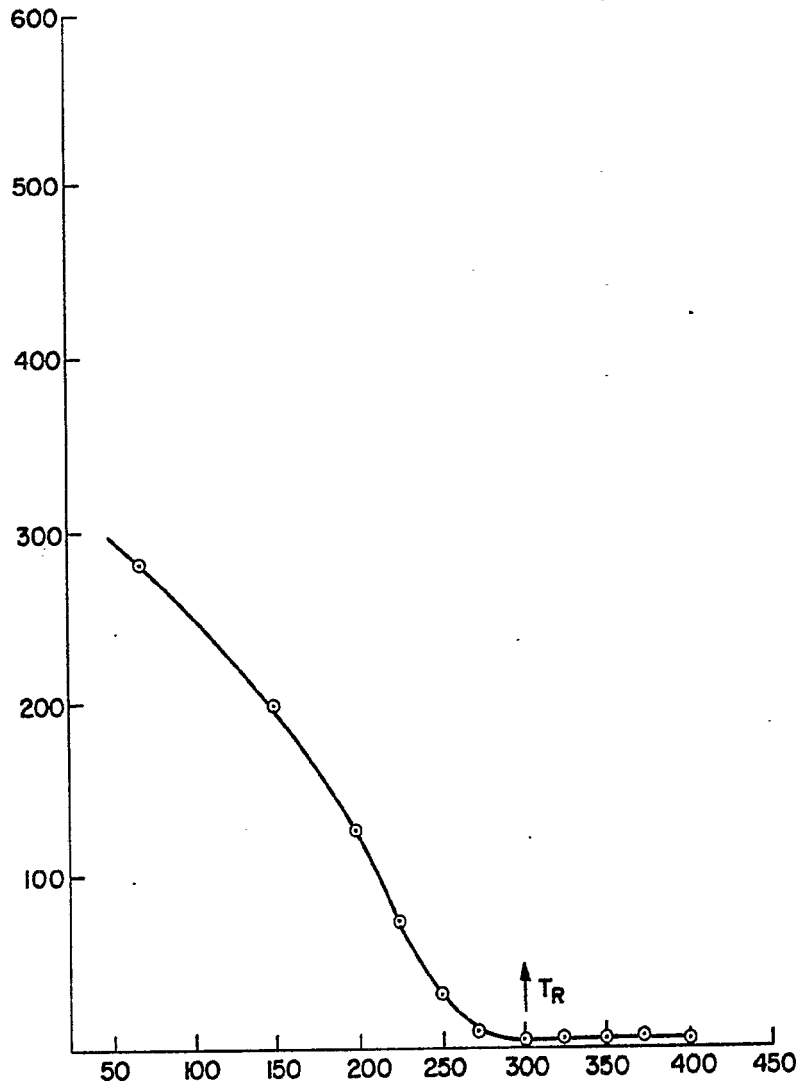
F I G. 19

Alberto de Eixaburu
Por Poderes *Alta*



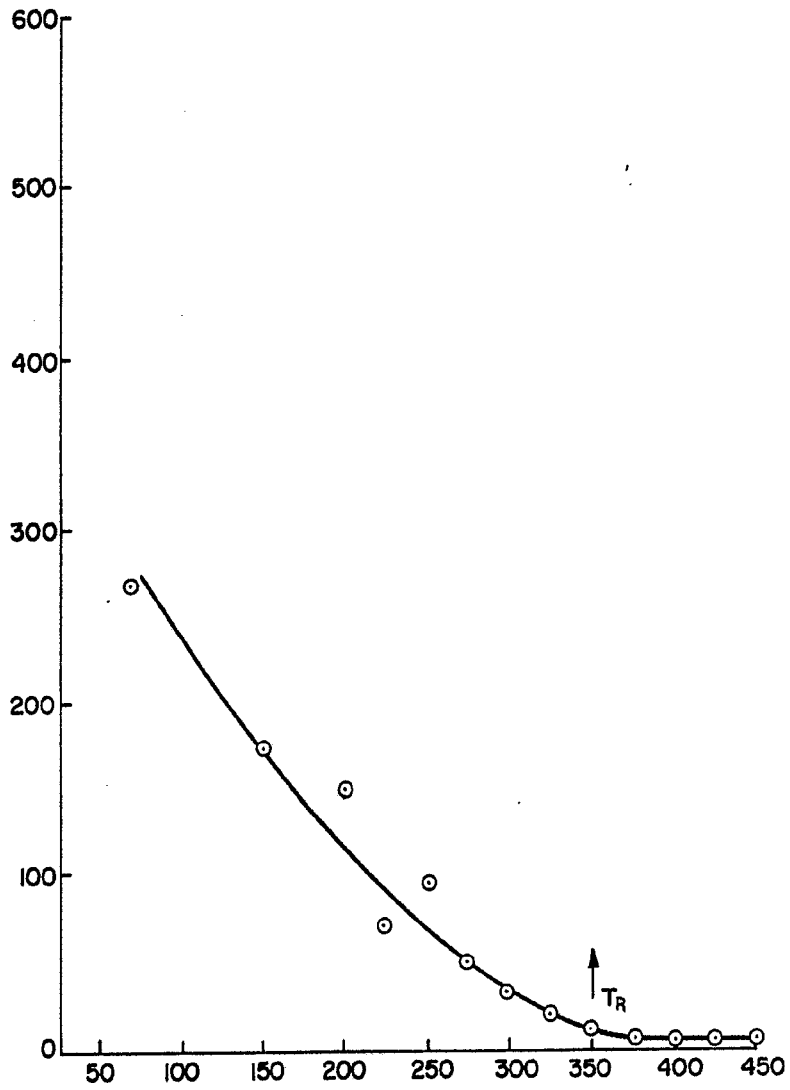
F I G. 20

Alberto de Elvoro
Por Poder,
Alto



F I G. 21

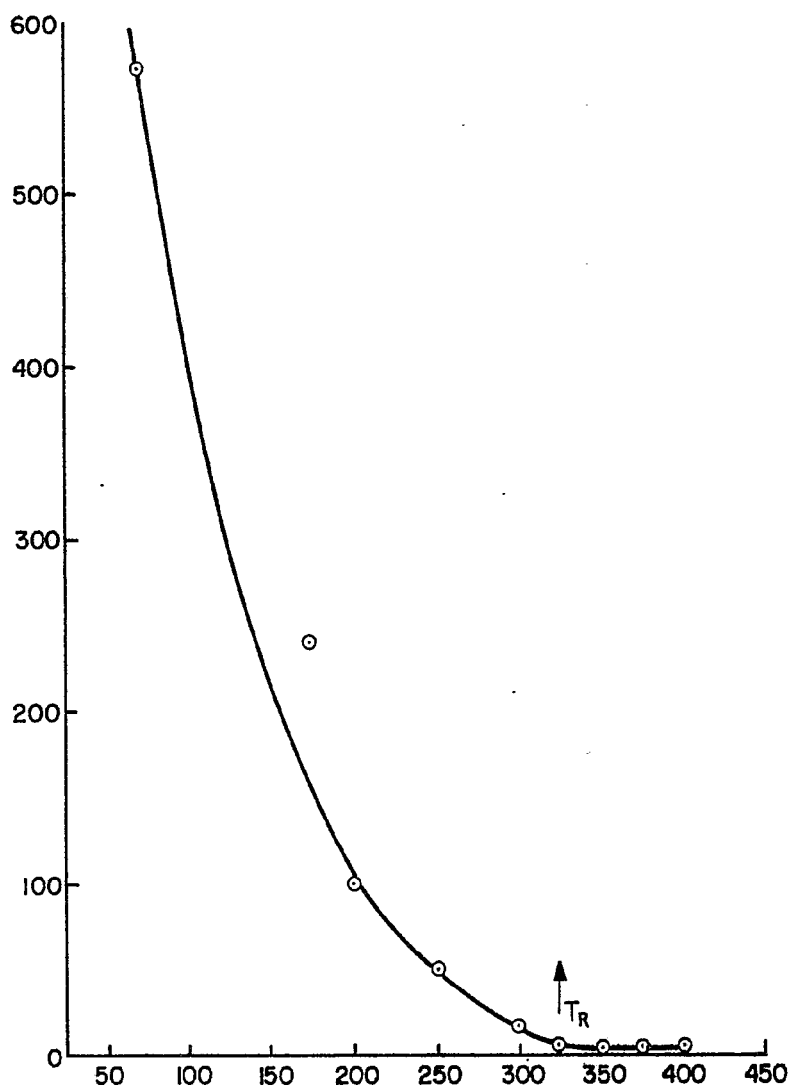
Alberto de Elacuru
Per Poder



F I G. 22

Alberto De Elia
Per Podestà

F I G. 23



Alberto de C.
Por Foder: *[Signature]*

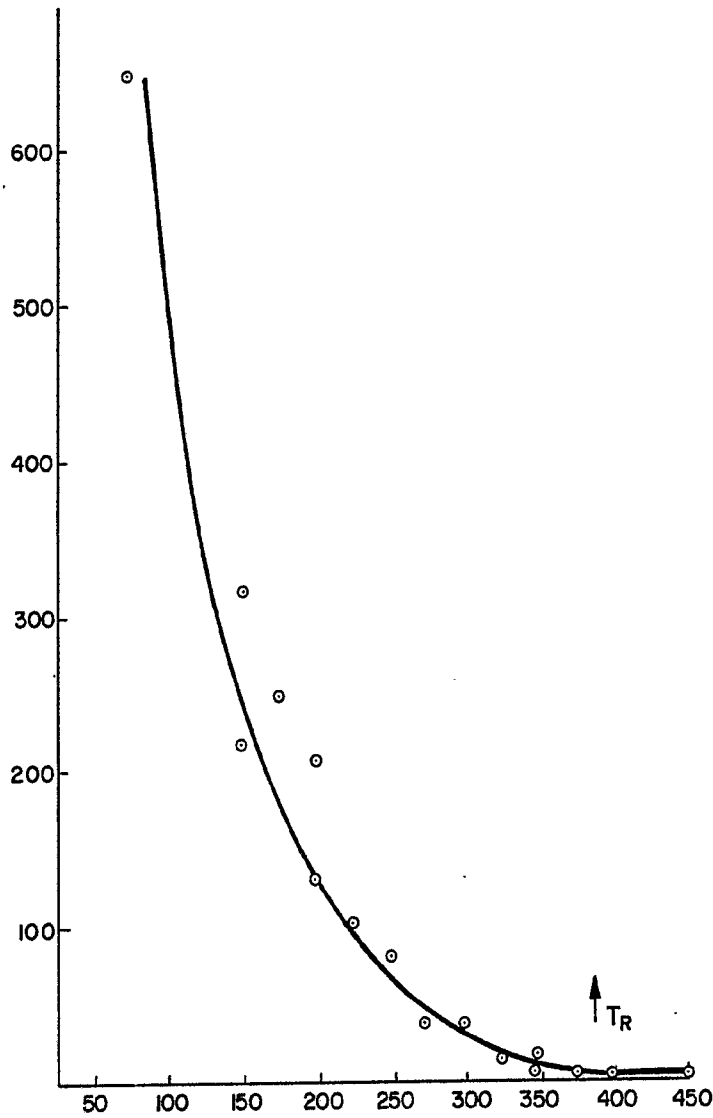


FIG. 24

Alberto De Felice
For Peder

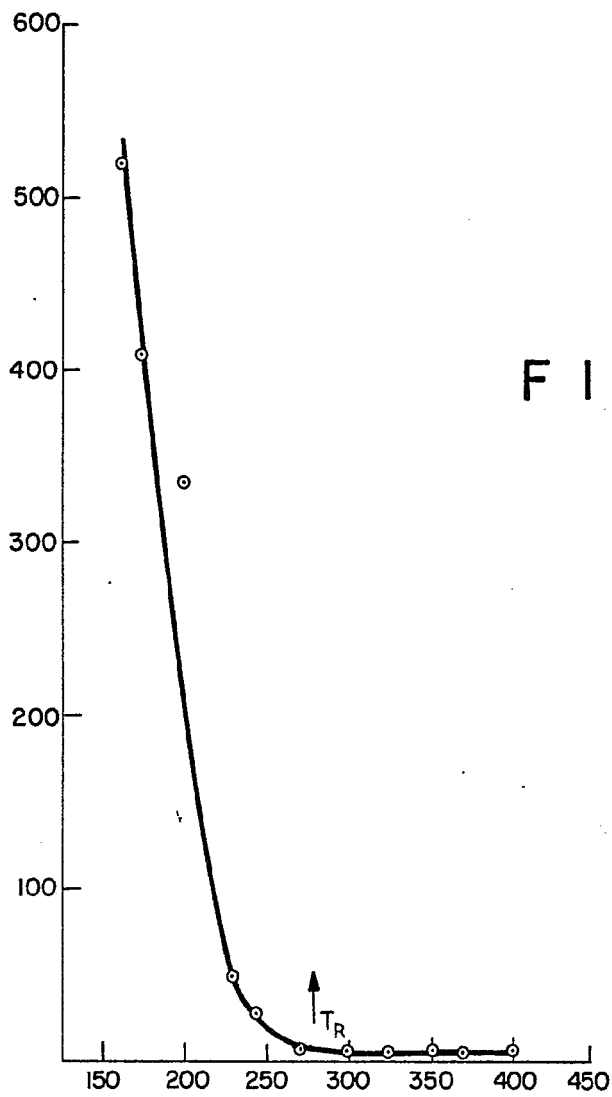
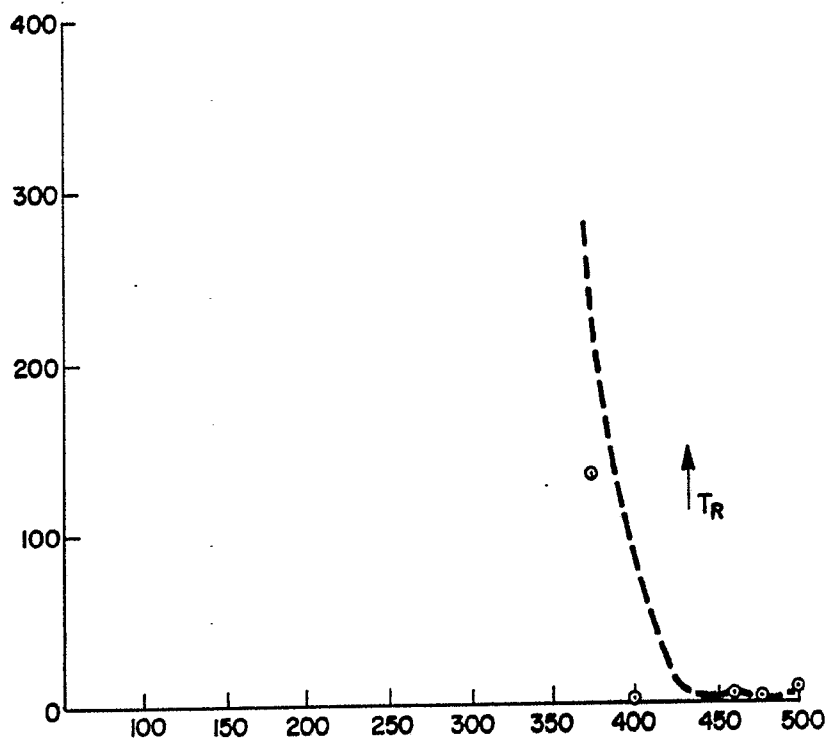


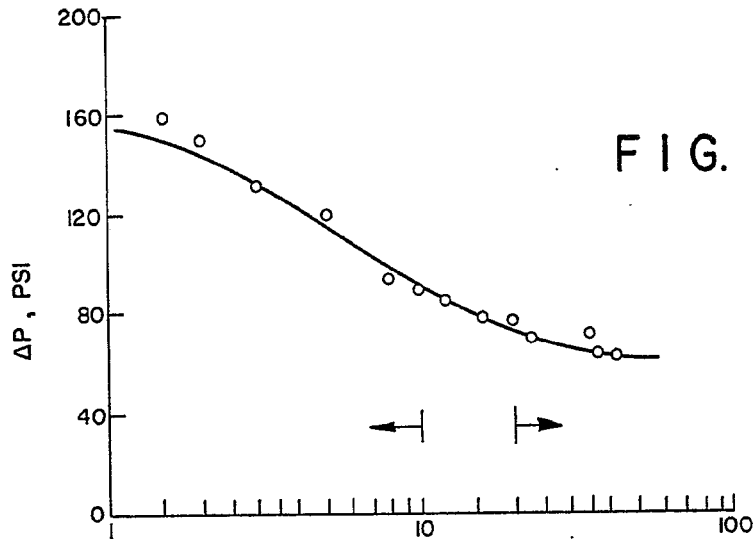
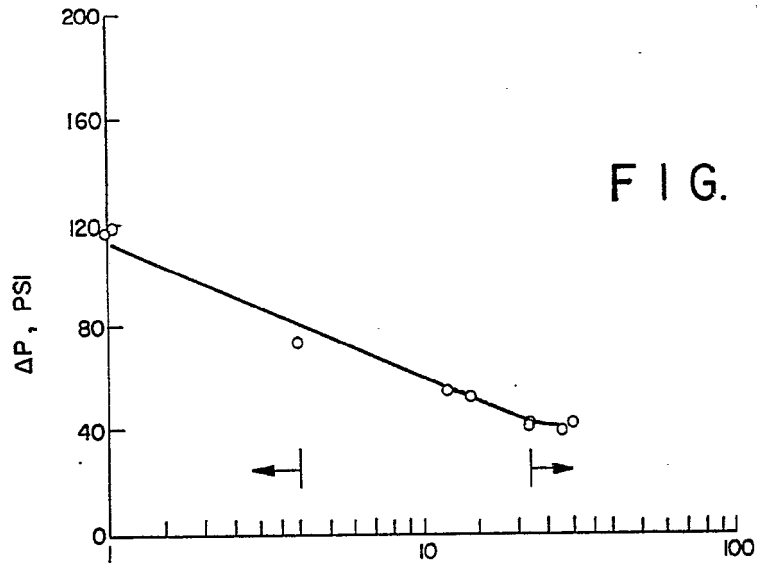
FIG. 25

Alberto de E.
Por Feder. *Alta*

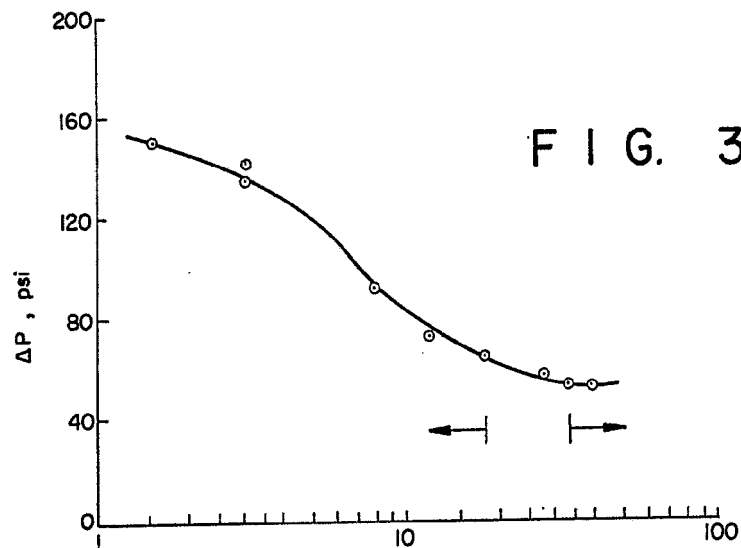
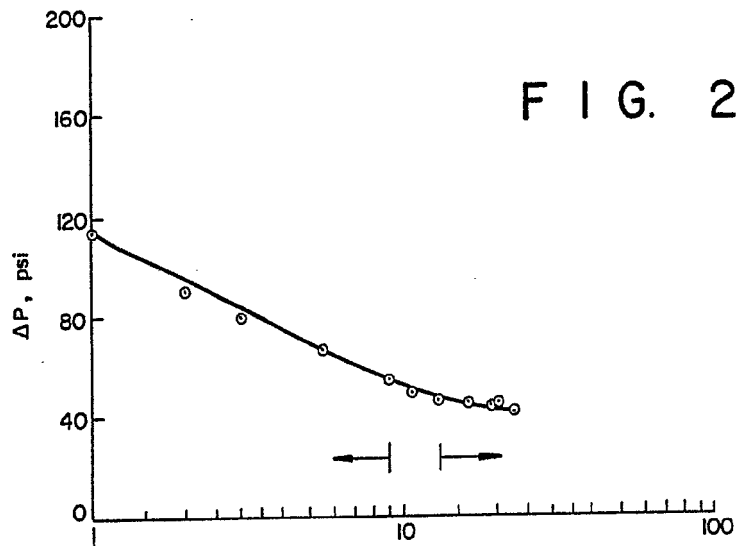
FIG. 26



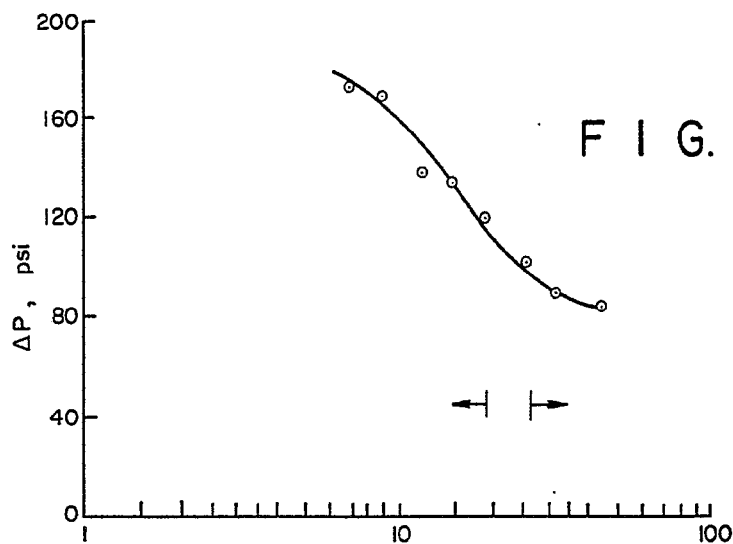
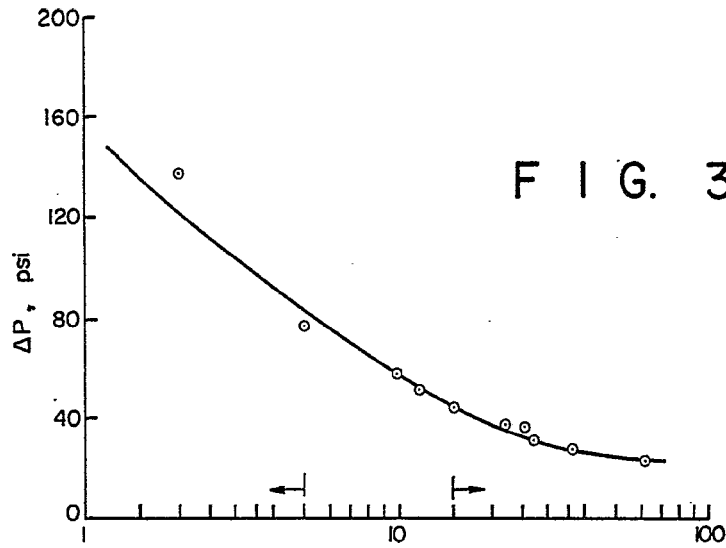
Alberte de El...
For Fodern...
Arta



Alberto de Euzenry
Por Poder.



Alberto de S. *[Signature]*
For Feder.



Alberto de Encarnación
Per Rodas

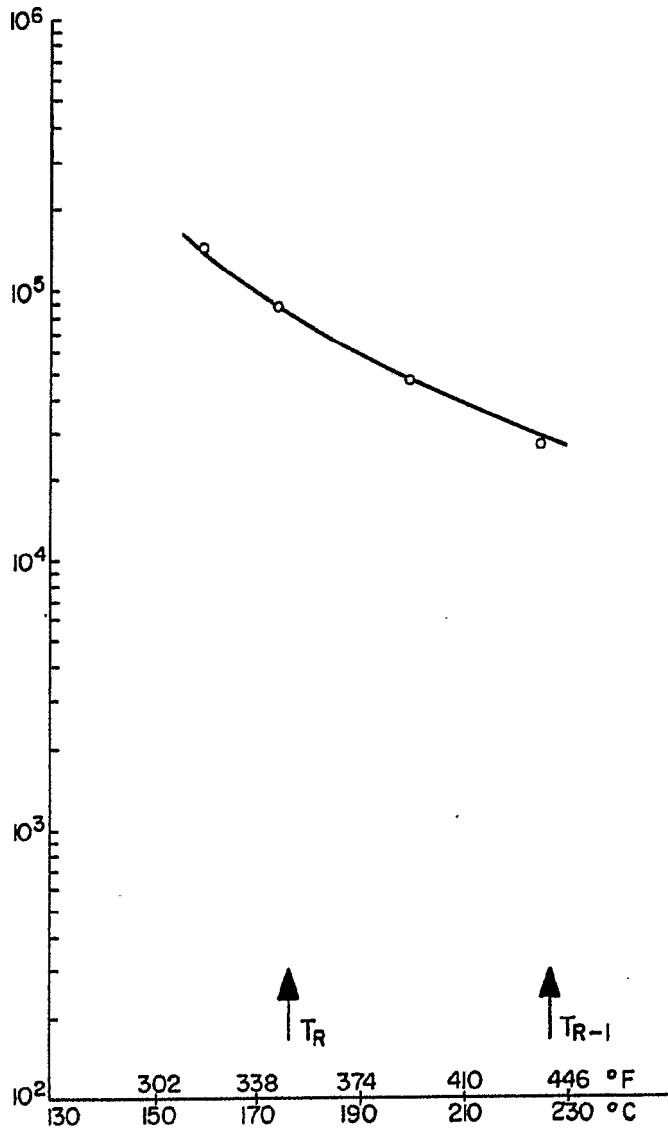
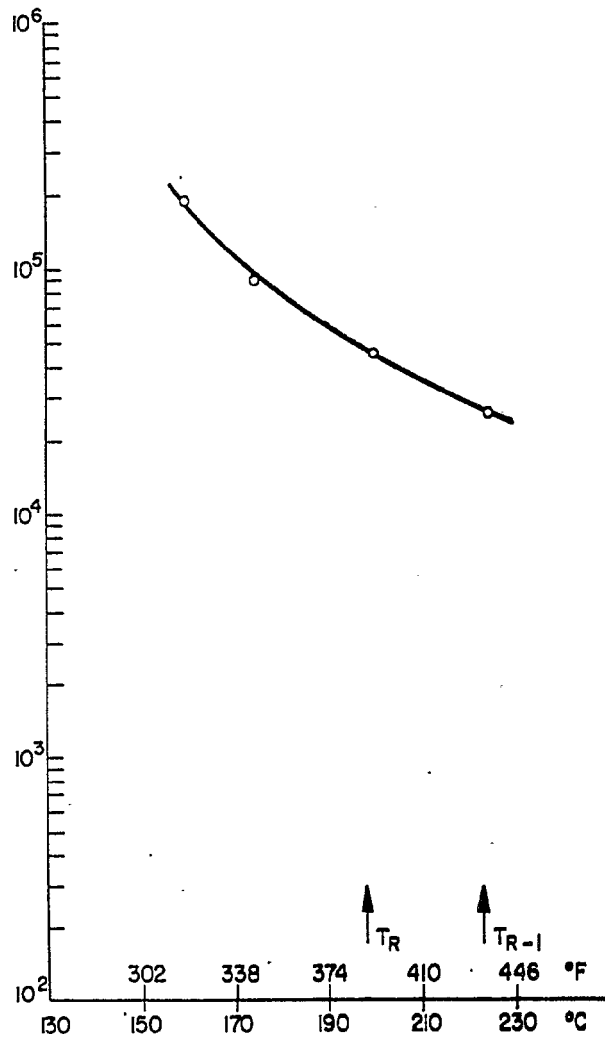


FIG. 33

Alberto de Eizaburu
Por Poder *[Signature]*

PC 0729



F I G. 34

Alberto de *[Signature]*
For Food

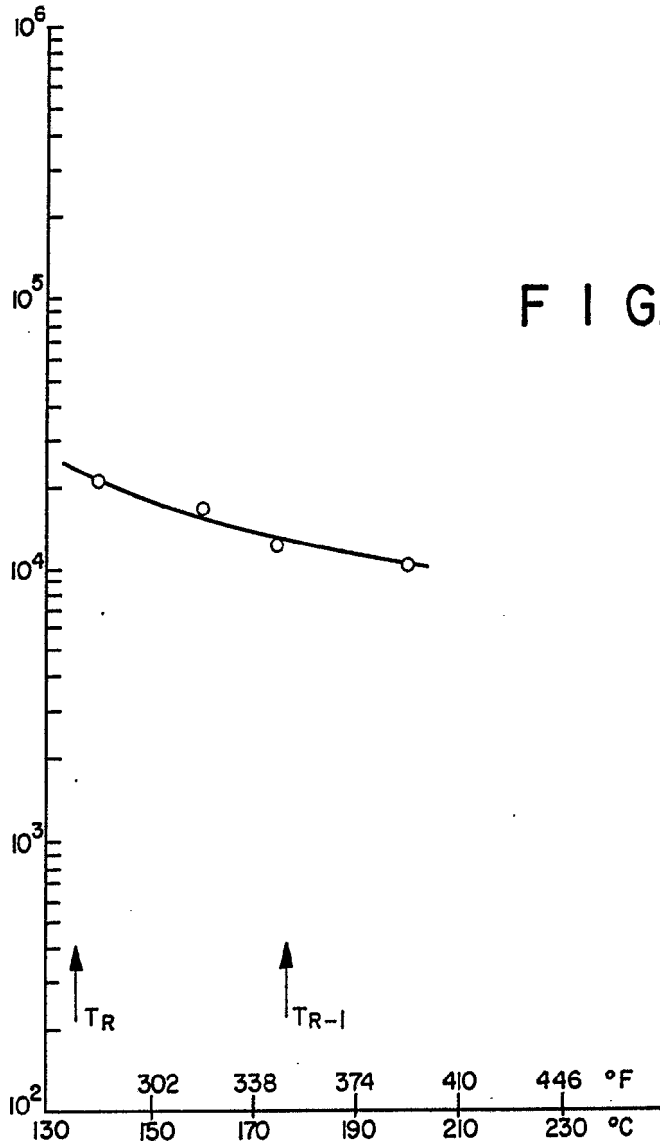


FIG. 35

Alberto *[Signature]*
Per Foder.