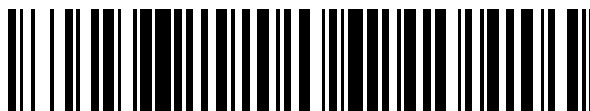


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 563**

51 Int. Cl.:

A23G 9/16 (2006.01)

A23G 9/28 (2006.01)

A23G 9/22 (2006.01)

A23G 9/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2005 E 05701071 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 1708577**

54 Título: **Procedimiento de extrusión a baja temperatura y dispositivo de microestructuración de energía optimizada y adaptado a viscosidad de masas aireadas congeladas**

30 Prioridad:

22.01.2004 DE 102004003448

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

16.10.2013

73 Titular/es:

**NESTEC S.A. (100.0%)
Avenue Nestlé 55
1800 Vevey, CH**

72 Inventor/es:

**WINDHAB, ERICH J. y
WILDMOSER, JOHANN, DR.**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 425 563 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de extrusión a baja temperatura y dispositivo de microestructuración de energía optimizada y adaptado a viscosidad de masas aireadas congeladas

5 En la presente memoria se describe un procedimiento para la fabricación de postres ultracongelados, en particular helados, bajo condiciones optimizadas para la introducción de energía mecánica con el fin de generar una microestructura homogénea finamente dispersada y condiciones simultáneamente optimizadas para la transferencia de calor disipado y de transición de fases (congelación), hasta fracciones elevadas de agua congelada a las
10 temperaturas bajas correspondientes. La invención se refiere a un dispositivo para llevar a cabo dicho procedimiento.

Antecedentes de la invención

15 Los extrusores de husillo único y de doble husillo son aparatos de procesamiento continuo bien conocidos que se utilizan principalmente en la industria de los polímeros y las cerámicas, aunque también en la alimentaria, en la que se producen, por ejemplo, productos de pasta y tentempiés. Desde 1992 (patente nº DE 4202231 C1) también se ha propuesto la utilización de extrusores para la congelación continua de postres congelados como el helado.

20 La patente nº US 5.345.781 da a conocer, por ejemplo, un dispositivo que incluye un extrusor que presenta por lo menos un doble husillo en el que sus ejes de giro se encuentran situados en paralelo entre sí. Según dicho documento, la proporción entre la altura del canal y la anchura del mismo es fija a lo largo de la longitud del extrusor. El documento nº WO97/39637 se refiere a un método para la preparación continua de dulces aireados congelados, en el que los ingredientes se homogenizan, pasteurizan, congelan y airean en un extrusor de husillo. El diseño
25 concreto del dispositivo no se encuentra bien descrito en dicho documento. La patente nº US 5.024.066 describe una instalación para preparar, por ejemplo, helado, en la que el sistema de congelación comprende una cámara cilíndrica refrigerada con un tornillo de Arquímedes. En términos de diseño, la profundidad de la rosca puede variar. Por otra parte, no se mencionan la anchura de la ranura de fuga o el perfil de las vueltas del husillo. La proporción entre la altura del canal del tornillo y el diámetro externo del mismo no varía a lo largo de la cámara.

Aspectos del procesamiento

30 Tal como se describe en varias publicaciones (ver la revisión de la literatura 2-19), un extrusor a baja temperatura permite la ultracongelación del helado y de otras masas alimentarias como yogur y pulpas de frutas hasta alcanzar una fracción elevada de agua congelada (80% a 90% respecto a la fracción de agua congelable) bajo tensiones mecánicas de acción simultánea mediante flujo cizallante.

35 El calor disipado causado por la fricción viscosa en los sistemas parcialmente congelados altamente viscosos (viscosidad dinámica de hasta 10^4 Pa·s) debe transferirse además al calor de cristalización (congelación) de manera eficiente, mientras que el equilibrio entre el calor generado y el calor transferido depende del ajuste del coeficiente de transferencia de calor k (describe la transferencia de calor a través de una capa de producto adherido a la pared interior de la carcasa del extrusor hasta y atravesando dicha pared de acero y hasta el interior de un refrigerante en evaporación en contacto con la pared exterior del barril del extrusor).

40 Hasta hoy, los coeficientes máximos de transferencia de calor se han alcanzado mediante una elección apropiada de la geometría del husillo de extrusión, con una ranura de fuga estrecha entre la punta de vuelta del barril del extrusor y la pared interior del barril del extrusor con el fin de sustituir eficientemente la capa de material congelado contigua a la pared del barril del extrusor, y mediante la utilización de un refrigerante que se evapora (por ejemplo amonio) para el enfriamiento de la carcasa del extrusor. Las tasas de cizalla generadas en el canal del husillo presentan una distribución estrecha debido a la utilización de geometrías de husillo con una altura del canal del husillo constantemente baja y un ligero desplazamiento axial de la disposición de los husillos dentro de los sistemas extrusores de doble husillo (patente nº EP 0561 118 B1). Lo anterior implica que no existen zonas extendidas con tasas de cizalla muy altas o muy bajas. A tasas de cizalla máxima de aproximadamente 20 a 30 s^{-1} para las masas de helado típicas, se alcanzan temperaturas de salida de entre -12°C y -18°C en la salida del extrusor.

45 La temperatura de estiramiento mínima de la masa en la salida del extrusor depende de las propiedades de depresión del punto de congelación de la masa y la viscosidad relacionada de la masa a la temperatura correspondiente, así como de la disipación de la energía mecánica causada por la fricción viscosa.

50 En la extrusión de la masa de helado (por ejemplo según las patentes nº EP 0561118 y nº US 5.345.781) sólo se genera un pequeño gradiente de presión a lo largo del extrusor. La diferencia de presión total entre la entrada y la salida del extrusor en general es de entre ≤ 1 y 5 bares. Lo anterior garantiza que se evita la segregación de fases de la mezcla de gas-líquido (espuma), que todavía presenta una viscosidad bastante baja en la entrada del extrusor, en gran medida. La configuración específica de husillos del extrusor, así como la disposición de los husillos (doble husillo) en el extrusor de baja temperatura según EP 0561118 ó US 5.345.781; DE 4202231C1, respectivamente,
55 aplica además una mezcla eficiente y suave de la masa. Lo anterior se consigue particularmente mediante una

distribución apropiada del flujo en la zona de solapamiento/engranado de las vueltas del husillo entre los husillos en el caso de dos husillos.

Aspectos del producto

5 Aparte del aparato anteriormente descrito y aspectos relacionados con el procedimiento, existe un gran interés en las propiedades ventajosas específicas del producto que pueden conseguirse en el helado tratado mediante extrusión a baja temperatura. Generalmente se indica que dichas propiedades ventajosas generadas por la extrusión a baja temperatura se refiere a una dispersión más fina de los componentes microestructurales del helado: cristales de hielo, burbujas de aire/celdas de aire y aglomerados de glóbulos de grasas. El grado de dichos efectos de dispersión depende además de la receta del helado. La descripción siguiente se refiere a las recetas estándares típicas del helado de vainilla; aunque con variaciones en el contenido de grasa/grasa láctea (0% a 16%) y materia seca (35% a 43%). Las propiedades especiales ventajosas conseguidas para los helados extruidos a baja temperatura se refieren a los elementos dispersados estructurantes principales en el helado, siendo los cristales de agua helada (1), las burbujas de aire/celdas de aire (2) y los aglomerados de glóbulos de grasas (3), todos ellos mucho más finamente dispersados bajo las elevadas tensiones mecánicas que actúan en la cizalla laminar y flujo de alargamiento dentro del flujo del extrusor bajo las condiciones de baja temperatura.

20 Para los cristales de hielo, los efectos secundarios de nucleación mediante desgaste y rotura de los cristales, además de la nucleación adicional de cristales de hielo primarios en la pared interna del barril, conducen a una reducción de tamaño en un factor de 2 a 3 respecto al procesamiento convencional del helado en congelador y posterior túnel de endurecimiento. Se reduce el tamaño medio de las burbujas de aire/celdas de aire en un factor de 3 a 5 respecto al procedimiento convencional, debido a que el incremento de las tensiones de cizalla que actúan conducen a la rotura de las burbujas/celdas de aire.

25 La intensidad del tratamiento mecánico en el flujo del extrusor depende fuertemente de la viscosidad de la masa, que se relaciona con la fracción de agua congelada a una temperatura específica. En una sección transversal del canal del husillo del extrusor, que forma un estrecho hueco anular, las tensiones de cizalla se distribuyen de manera bastante homogénea y estrecha (ahora zonas de flujo con picos de tensión). A lo largo de la longitud del extrusor, la entrada de energía mecánica incrementa con el tiempo de residencia del helado en el canal del extrusor, así como con el incremento de la viscosidad de la masa como resultado de una mayor fracción de agua congelada.

30 La destrucción local de la estructura del helado por una disipación excesiva de la energía y generación relacionada de calor por fricción se evita a las tasas de cizalla de procedimiento/aparato aplicadas típicamente (patente EP nº 056118).

35 En los helados que contienen grasas se presentan glóbulos de grasas con un tamaño medio atípico de diámetro de los glóbulos de aproximadamente 1 micrómetro y menor como resultado del tratamiento de mezcla del hielo en el estado líquido dentro de homogeneizadores de alta presión. Dichos glóbulos de grasa también experimentan un tratamiento mecánico incrementado en el procedimiento de extrusión a baja temperatura. Para los glóbulos de grasas, este tratamiento conduce a un desprendimiento de la superficie del glóbulo de grasa de las membranas de proteína/emulsionante y parcialmente también a una fuerte deformación de los glóbulos de grasas por la cizalla intensiva que actúa en el extrusor. Como consecuencia, dichos glóbulos de grasa tratados se espera que presenten interacciones hidrofóbicas más fuertes. En consecuencia, también se produce una afinidad incrementada con la interfaz de la burbuja de gas/aire. La interacción incrementada entre los glóbulos de grasas tratados conduce a la formación de agregados de glóbulos de grasa. Sin embargo, la movilidad de dichos glóbulos de grasa en el helado cargado a baja temperatura y altamente viscoso es baja y en consecuencia no existe la oportunidad de que la formación de agregados de glóbulos de grasa expandidos fuertemente alcance el tamaño detectable sensorialmente (bucalmente). Ello evita la generación de una estructura causante de una sensación mantecosa en boca.

50 Desde el punto de vista sensorial, los cristales de hielo más pequeños y las burbujas de gas/aire, así como los glóbulos de grasa tratados mecánicamente pero no excesivamente aglomerados conducen a una cremosidad perceptible fuertemente incrementada del producto. Simultáneamente, otros atributos sensoriales también resultan influidos de manera significativamente positiva por la extrusión a baja temperatura del helado, tales como el comportamiento de fusión, la sensación de frío en boca y la facilidad para servir en forma de bolas.

55 Debido a la mayor dispersión fina de los componentes dispersados del helado que causan el incremento anteriormente indicado de sensación de cremosidad, la extrusión a baja temperatura permite generar una cremosidad comparable a la del procesamiento convencional del helado con un contenido de grasa mucho menor.

Aspectos de construcción (husillo o husillos de extrusión)

60 Para generar una microestructura homogénea del helado (1) y simultáneamente alcanzar temperaturas de masa en la salida del extrusor muy bajas, inferiores a aproximadamente -12°C (2) (helado de vainilla estándar), la construcción del husillo o husillos de extrusor con respecto a las condiciones de flujo relacionadas a una velocidad de rotación adaptada resulta de importancia crucial.

La patente nº EP 561118 describe un extrusor de doble husillo para la estructuración por congelación continua del helado utilizando las geometrías de husillo, con canales de husillo especialmente planos (proporción entre la altura del canal H y la anchura del canal W de aproximadamente 0,1; proporción entre la altura del canal y el diámetro exterior de husillo de aproximadamente 0,1) y un ángulo de husillo de aproximadamente 22° a 30°.

5 La patente nº EP 713650 se refiere a un procedimiento que también incluye un extrusor de doble husillo para la extrusión de productos congelados. Las características del husillo se describen únicamente a partir de la proporción entre la longitud del extrusor y el diámetro del husillo.

10 La patente nº EP 0808577 describe un procedimiento comparable que utiliza un extrusor de husillo único con principios de construcción similares a los del husillo proporcionado en la patente nº EP 713650.

15 El documento nº WO97/26800 reivindica un procedimiento y aparato para la preparación de espumas comestibles congeladas similares al helado utilizando también un extrusor de husillo único. Son propiedades características de la geometría del husillo de extrusor las proporciones siguientes: longitud del husillo a diámetro interno de la carcasa del extrusor de entre 5 y 10, altura ascendente del husillo a diámetro externo del husillo de entre 1 y 2, así como un diámetro externo del husillo a diámetro interno del husillo de entre 1,1 y 1,4. El husillo de extrusión presenta únicamente 1 vuelta.

20 También se conocen extrusores de baja temperatura (extrusores de husillo único y de doble husillo) para el tratamiento del helado con 2 a 6 vueltas de tornillo, preferentemente 2 a 5, y un ángulo del husillo de entre 28° y 45°, preferentemente de entre 32° y 45°. Resulta preferente una proporción de altura general a anchura general inferior a 0,2 pero superior a 0,1. La proporción preferente de longitud del canal del husillo al diámetro interno del husillo se fija en un valor entre 2 y 10, preferentemente de entre 2 y 4. Lo anterior conduce a extrusores bastante cortos.

25 La dificultad básica en la estructuración por congelación continua del helado en los sistemas de extrusión de baja temperatura se refiere a la combinación de un tratamiento mecánico y la solidificación simultánea por la congelación continua. Ésta última conduce a un incremento de la disipación de la energía basada en la fricción viscosa que es proporcional a la viscosidad y, en consecuencia, a la necesidad de transferir dicha energía disipada además de la entalpía de cristalización liberada por el procedimiento de congelación. Esta transferencia acoplada de calor se encuentra restringida por la conductividad del calor bastante baja de la masa espumada de helado y el coeficiente de transferencia de calor k alcanzable en el flujo laminar de extrusión de baja temperatura de la masa de helado fluyente. El calor debe transferirse desde la masa fluyente de helado a través de una capa de helado no mezclada adherida a las paredes internas del barril y hasta el refrigerante en contacto con la pared externa del barril. La optimización de las condiciones de flujo en el extrusor con respecto a las propiedades de producto mejoradas al máximo es el objetivo del tratamiento de cizalla máxima para alcanzar la microestructura más finamente dispersada a una temperatura mínima en la salida del extrusor.

30 En las geometrías de husillos de extrusor, en el procesamiento por extrusión a baja temperatura descrito convencionalmente un tratamiento altamente mecánico eficiente para la microestructuración se alcanza únicamente en la zona terminal del extrusor de baja temperatura próxima a la salida del extrusor. La longitud de esta zona terminal de estructuración eficiente en general alcanza menos de 50% de la longitud total del extrusor.

35 Debido al hecho de que, en general, el helado precongelado en un congelador de helados convencional se transfiere al extrusor de baja temperatura a condiciones de entrada de -5°C y aproximadamente 35% a 45% de fracción de agua congelable congelada, esta masa experimenta únicamente tensiones de cizalla bajas en la zona de entrada en el extrusor hasta aproximadamente 50% de la longitud del extrusor. El tratamiento en este dominio de extrusor no contribuye al dispersado más fino de los componentes de la microestructura (cristales de hielo, burbujas de aire/celdas de aire, aglomerados de glóbulos de grasa).

40 Al igual que se ha demostrado en investigaciones recientes, incluso se produce un incremento en el tamaño de las burbujas de aire/celdas de aire detectado en el primer 30% a 50% de la longitud del extrusor. El motivo para ello es el desplazamiento del equilibrio dinámico entre la dispersión de las burbujas de aire y la coalescencia de las burbujas de aire hacia una mayor contribución de la coalescencia, debido a la menor acción de las tensiones mecánicas en comparación con el tratamiento previo del helado en el congelador convencional.

45 La fig. 1 muestra ejemplarmente dicho efecto del desarrollo de las burbujas de aire a lo largo de la longitud del extrusor en los primeros 150 mm de un canal de husillo de extrusor piloto (15% de la longitud del extrusor). En este dominio, el diámetro medio de burbuja se incrementa en aproximadamente 25% (ver también la fig. 2). Sólo tras 400 mm (≈40% a 45% de la longitud total, de 1.000 mm; diámetro externo de husillo de extrusión: 65 mm y altura del canal de husillo: 7 mm), se inicia la dispersión fina eficiente.

50 Algunos experimentos con diversas geometrías de husillo han confirmado que un incremento adaptado a la viscosidad del tratamiento de cizalla en el primer 25% a 70% de longitud del canal del extrusor permite mejorar esta situación notablemente hasta un engrosamiento negligible de la estructura en la zona de entrada, permitiendo de esta manera un uso mucho mejor del volumen del extrusor.

El problema

El problema de la invención es proporcionar un dispositivo para congelar masas alimentarias continuamente hasta las fracciones de agua congelada más altas posibles, superiores a 60% a 65% de la fracción de agua congelable bajo microestructuración simultánea inducida mecánicamente de los componentes dispersados como cristales de hielo, burbujas de aire/celdas de aire y glóbulos de grasa/agregados de glóbulos de grasa, bajando a diámetros medios característicos inferiores a aproximadamente 10 micrómetros y distribuciones de diámetros estrechas ($X_{90,3}/X_{10,3} \leq 10$).

10 Solución de los problemas

Los problemas se resuelven mediante las características proporcionadas en la reivindicación de patente 1.

15 Soluciones adicionales

Se describen modificaciones inventivas adicionales de la invención en las reivindicaciones de patente 2 a 14.

Ventajas

20 Mediante el procedimiento descrito pueden ultracongelarse continuamente masas de helado y de manera similar pueden microestructurarse óptimamente con una entrada de energía/potencia minimizada no posible hasta el momento. Lo anterior resulta posible gracias a las condiciones optimizadas de transferencia de calor desde la masa de helado hasta el refrigerante que se evapora, hasta fracciones de masa congelada elevadas, de entre 80% y 90% de la fracción de agua congelable, y temperaturas relacionadas muy bajas en la salida del procedimiento de extrusión de baja temperatura inventivo, de entre -12°C y -18°C.

25 La microestructura de dichas masas congeladas tratadas de esta manera conduce a una reología ventajosa que proporciona propiedades muy buenas de formación, conformado, división en porciones y facilidad de servicio en forma de bolas a temperaturas mucho más bajas que las conocidas previamente.

30 Además, todas las masas de helado extruido a baja temperatura pueden empaquetarse y almacenarse sin endurecimiento intensivo adicional (refrigeración a muy baja temperatura), permitiendo que los túneles de endurecimiento convencionales, de elevado consumo de energía, ya no resulten necesarios.

35 Además, otra ventaja se refiere a la posible reducción de la fracción de ingredientes caros, utilizados convencionalmente (por ejemplo grasa láctea, emulsionantes) para optimizar las propiedades relevantes para el consumidor, como la cremosidad necesaria en el helado procesado convencionalmente.

40 El helado, que se optimiza según la presente solicitud de patente, muestra una cremosidad mejorada con un contenido de grasa láctea mucho menor (reducción de 3% a 6%) y sin la necesidad de emulsionantes. La reducción de la grasa resulta de particular interés nutricional.

Pueden derivarse características y ventajas adicionales de los dibujos a continuación, mediante los que la invención se demuestra en parte en forma de ejemplos.

45 Se demuestra en:

- fig. 1: distribución de tamaño de los diámetros de burbuja medida a lo largo de la longitud del extrusor;
- fig. 2: diámetro máximo de burbuja como función de la temperatura a lo largo de la longitud del extrusor;
- 50 fig. 3: perfil de temperaturas típico a lo largo de la longitud del extrusor, medida en la masa del helado;
- fig. 4: construcción geométrica de la ranura de fuga entre el borde de la vuelta de husillo y la pared interna del barril;
- fig. 5: disposición de dos husillos con altura constante del canal de husillo a lo largo de la longitud del extrusor (ejemplar de husillos con dos vueltas de husillo);
- 55 fig. 6: disposición de dos husillos con altura constante del canal de husillo (ejemplar de husillos con una vuelta de husillo);
- fig. 7: disposición de dos husillos con altura constante del canal de husillo (ejemplar de husillos con dos vueltas de husillo);
- fig. 8: disposición de dos husillos con altura creciente del canal de husillo a lo largo de la longitud del extrusor y ángulo análogamente decreciente del husillo a lo largo de la longitud del extrusor (ejemplar para husillos de extrusión con dos vueltas);
- 60 fig. 9: construcción ejemplar de husillo con cortes en las vueltas de husillo (ejemplar para 2 vueltas de husillo);
- fig. 10: disposición de husillos con cortes en las vueltas de husillo y pivotes intercalados fijados en la pared interna del barril (ejemplar para dos vueltas de husillo);
- 65

- fig. 11: vista de sección transversal de la disposición de dos husillos con cortes en la vuelta de husillo y pivotes intercalados fijados a la pared interna del barril;
 fig. 12: comparación entre el desarrollo del tamaño máximo de burbuja a lo largo de la longitud de extrusión para dos configuraciones diferentes de husillos (configuración 1: convencional; configuración 2: según la invención, en la presente figura con una altura de canal de husillo adaptada).

Según el procedimiento descrito, la entrada de potencia o energía mecánica local está adaptada a la transferencia local de calor (tasa de flujo de calor de helado a refrigerante) de manera que resulta una reducción continua de la temperatura en el helado a lo largo de la longitud del extrusor, tal como se muestra en la fig. 3, y tras la mitad a dos tercios de la longitud del extrusor, se alcanza una temperatura del helado inferior a -11°C (helado de vainilla estándar con 10% de grasa láctea, 36% a 38% de contenido total de materia seca, 100% de aireación y composición de azúcar que conduce a una fracción de agua congelada a -11°C de aproximadamente 55% a 65%) o un grado de congelación $>55\%$ a 60% de fracción de agua congelada respecto al agua congelable.

El dispersado fino de las burbujas de aire/celdas de aire (fracción en número principal inferior a $10\ \mu\text{m}$, tamaño de burbuja máx. inferior a $20\ \mu\text{m}$), glóbulos de grasas/agregados de glóbulos de grasa (fracción en número principal inferior a $2\ \mu\text{m}$, tamaño máx. de aglomerado de grasa inferior a $10\ \mu\text{m}$) y en particular una reducción de la conectividad de los cristales de hielo (fracción en número principal inferior a $25\ \mu\text{m}$, diámetro máx. de cristales de hielo inferior a $50\ \mu\text{m}$) se genera en la segunda mitad a tercio final de la longitud del extrusor a temperaturas del helado inferiores a $\leq 11^{\circ}\text{C}$ o fracciones de agua congelada respectivamente $\geq 60\%$ (relacionada con la fracción de agua congelable) por las tensiones de cizalla generadas en el flujo.

Con el fin de alcanzar dicho estado microestructurado finamente dispersado final en el extrusor, la historia de dispersión en la zona de entrada hasta el segundo tercio de la longitud del extrusor resulta de la máxima importancia. Resulta necesario un predispersado eficiente máximo en esta parte del extrusor, en particular para las burbujas de aire/celdas de aire. De manera similar, la formación de agregados de cristales de aire debería reducirse o evitarse. Con este fin, resulta necesaria una entrada de energía/potencia mecánica suficientemente elevada y tensiones de dispersión relacionadas.

Con el enfriamiento/congelación crecientes e incremento relacionado de la viscosidad del helado, se adapta la entrada de energía/potencia mediante una geometría variable ajustada de los husillos para optimizar localmente la transferencia de calor. Son variables influyentes, la velocidad de giro del husillo (1), el grosor de la capa de helado (2), la densidad del helado (3) y la viscosidad del helado (4). Para una transferencia optimizada del calor resulta necesario incrementar 1 y 3 y reducir 2 y 4 en la medida de lo posible. El punto 3 resulta influido principalmente por la presión de acción local en el canal de husillo del extrusor. El punto 4 se incrementa a lo largo del canal del extrusor como consecuencia del incremento de la fracción de agua congelada. Los puntos 1 y 2 también se optimizan localmente según la invención adaptando la geometría de los husillos bajo condiciones de velocidad de giro dadas según el concepto inventivo de energía optimizada y microestructuración adaptada a la viscosidad (concepto VAM).

Dicho concepto pretende optimizar los campos de flujo locales en el extrusor, con el fin de minimizar la entrada de potencia y simultáneamente maximizar la eficiencia de dispersión de los componentes estructurales dispersados del helado y además maximiza la eficiencia de mezcla con el fin de optimizar la transferencia de calor por convección.

La implementación constructiva de dicho concepto en los extrusores de baja temperatura inesperadamente puede adaptarse simplemente tal como se demuestra en experimentos mediante: la minimización de la ranura de fuga entre el borde externo de la vuelta de husillo y la carcasa del barril (1), un contorno/perfil del borde frontal optimizado de la vuelta de husillo (2), altura del canal de husillo H adaptada localmente (3), soportada por un número localmente adaptado de vueltas de husillo (4) y/o un ángulo de husillo (5) localmente adaptado y/o cortes localmente adaptados en las vueltas de husillo (6) o pivotes localmente adaptados intercalados con los cortes en las vueltas de husillo, estando fijados los pivotes a la carcasa interna del barril (7).

Basándose en investigaciones experimentales utilizando una técnica especial de medición y muestreo, que permite medir temperaturas locales y la microestructura del helado en cada segmento de la longitud del extrusor de baja temperatura (ver en la lista de publicaciones: 17 a 20), se han derivado construcciones inventivas posteriores de la geometría de husillo del extrusor. Estas construcciones van mucho más allá que las construcciones existentes convencionalmente para la extrusión a baja temperatura.

(1) Ranura de fuga mínima entre el borde de la vuelta de husillo y la pared interna del barril

La ranura de fuga entre el borde de la vuelta de husillo y la pared interna del barril según la presente invención se fija en $<0,1\ \text{mm}$, preferentemente en $<0,05\ \text{mm}$.

(2) Contorno/perfil de borde frontal optimizado de vuelta de husillo

El flujo de la masa de helado en el borde frontal de la vuelta de husillo resulta fuertemente influenciado por el contorno/perfil de dicho borde.

La fig. 4 muestra una construcción inventiva ejemplar. La inclinación plana o la aplicación de un radio permiten generar un flujo de compresión delante del borde de la vuelta de manera que se reduce el grosor de una capa de helado congelado que queda en la pared interna del barril, en comparación con el flujo en el caso de un borde frontal afilado de la vuelta de husillo. La reducción del helado que se adhiere a la pared del barril se indica como Δs y se muestra en la fig. 4.

Incluso una pequeña reducción de este grosor de la capa adherente a la pared se ha demostrado que presenta un impacto positivo inesperadamente fuerte de la transferencia de calor de la masa de helado a la pared interna del barril. Según la invención, para un grosor de la vuelta de husillo superior a 5 mm, la ranura de fuga debe ser inferior a 0,1 mm (preferentemente inferior a 0,05 mm) y la inclinación del borde de la vuelta debe encontrarse comprendida entre 30° y 45° sobre un grosor de la vuelta de husillo ≥ 2 mm. En el caso de un contorno del radio en el borde frontal de la vuelta de husillo, el radio relacionado debería ser ≥ 2 mm.

(3) Altura del canal de husillo H localmente adaptada

Una altura del canal de husillo H reducida (ver la fig. 5) incrementa la tasa de cizalla proporcionalmente a 1/H a una velocidad de giro del husillo constante. Lo anterior conduce a un incremento relacionado de las tensiones de cizalla de dispersión. En consecuencia, el porcentaje de entrada de energía mecánica disipado en el calor de fricción viscosa también se incrementa. Un grosor reducido de la capa de masa de helado en el canal del husillo según una altura del canal de husillo reducida mejora la condición de transferencia de calor. Además, con respecto al comportamiento de flujo del helado en el canal del husillo, debe considerarse la menor viscosidad del helado a una tasa de cizalla incrementada (no newtoniana, comportamiento de flujo pseudoplástico).

Durante la alimentación de un helado convencionalmente precongelado en un congelador de helado convencional (helado de vainilla estándar; -5°C aprox., fracción de agua congelada de 35% a 40%, viscosidad a tasa de cizalla de aprox. 1 s^{-1} : 10 Pa·s) según la invención en la zona de entrada del extrusor (I), se ajusta una proporción de altura del canal de husillo y el diámetro externo del husillo de entre 0,03 y 0,07, en la zona intermedia de la longitud del extrusor (II) de entre 0,1 y 0,15 y en el tercio final de la longitud del extrusor (III) de entre 0,1 y 0,25.

Para un extrusor de doble husillo utilizado en un estudio de viabilidad con un diámetro externo de husillo de 65 mm, lo anterior lleva a alturas absolutas del canal de husillo de entre 2 y 5 mm en la zona de entrada (I), de entre 6,5 y 9 mm en la zona intermedia (II), y de hasta 6,5 a 16,25 mm en la zona de salida (III).

De una a otra zona puede producirse un cambio escalonado de la altura del canal de husillo, aunque resulta preferente un cambio continuo. En este último caso, un intervalo preferente para el ángulo entre la pared interna del barril y el contorno del tronco del husillo (α) tal como se muestra en la fig. 6, resultando en $0,4^\circ \leq \alpha \leq 0,7^\circ$ (fig. 5).

(4) Número adaptado localmente de vueltas de husillo

Un incremento del número de vueltas de husillo reduce la anchura del canal de husillo de manera inversamente proporcional y en consecuencia incrementa el número de canales de husillo resultantes (ver las figs. 6 y 7). La "frecuencia de limpieza" de la pared del barril se incrementa proporcionalmente al número de vueltas de husillo. Lo anterior mejora la transferencia de calor (i), aunque de manera similar incrementa la entrada de potencia/energía mecánica y en consecuencia el calor disipado (ii). Esto último limita a bajas temperaturas y altas viscosidades el número de vueltas de husillo. Según la invención, el extrusor se divide en tres segmentos como mínimo a lo largo de su longitud. Preferentemente en el primer tercio de la longitud del extrusor preferentemente se instalan 3 a 6 vueltas de husillo, en el segundo tercio 2 a 3 vueltas de husillo y en el tercio final 1 a 3 vueltas de husillo.

(5) Ángulo de husillo localmente adaptado

Un incremento del ángulo de husillo θ de hasta 45° incrementa las características de flujo de masa axial autotransportada del husillo de extrusor y también incrementa la mezcla. La mezcla puede incrementarse adicionalmente a ángulos de husillo mayores, lo que presenta un impacto positivo sobre la transferencia convectiva de calor. Sin embargo, lo anterior también presenta un fuerte impacto sobre el calor disipado procedente de la fricción viscosa inducida mecánicamente. Debido a lo anterior, este incremento de la viscosidad de la masa debido a la mayor fracción de agua congelada en consecuencia también limita el incremento del ángulo de husillo.

Según la invención, en la zona de entrada del extrusor se consideran ángulos de husillo de entre 45° y 90° (preferentemente se consideran 45° a 60°). El caso extremo de 90° se refiere a paletas "deflectoras" axialmente orientadas que ya no forman un husillo (ver la fig. 8). En la zona intermedia de la longitud del extrusor

preferentemente se consideran ángulos de husillo de entre 30° y 35° y en el tercio final de la longitud del extrusor de entre 25° y 30°.

(6) Cortes localmente adaptados en las vueltas de husillo

5 Los cortes locales en las vueltas de husillo según la fig. 9 permiten la transferencia de la masa de helado por estos cortes, lo que mejora la mezcla y dispersión, así como la transferencia convectiva de calor. Simultáneamente, se incrementan la fricción viscosa y el calor disipado relacionado. En consecuencia, dicho tratamiento sólo tiene sentido en el caso de que la viscosidad de la masa no sea excesivamente elevada. Según la invención, se aplican cortes en las vueltas de husillo en la zona de entrada del extrusor (hasta el primer 20% a 30% aproximadamente de la longitud del extrusor). La anchura de los cortes debería ser próxima o similar a la altura del canal de husillo. La misma regla debe ser válida para las partes sin corte de la vuelta de husillo.

(7) Pivotes intercalados localmente adaptados a los cortes en las vueltas de husillo, estando los pivotes conectados a la pared interna del barril

15 La adaptación de pivotes fijados a la pared interna del barril engranados con los cortes en las vueltas de husillo conduce a un flujo dispersante más intensivo en el hueco entre la vuelta de husillo y el pivote (ver las figs. 10 y 11). Lo anterior resulta particularmente ventajoso en el caso de que deba evitarse la recalescencia de burbujas de aire/celdas de aire en la zona de entrada del extrusor bajo condiciones de baja viscosidad. En un intervalo de altas viscosidades, la elevada disipación de energía en dichos huecos resulta desventajosa.

Según la invención, los pivotes engranados con los cortes en las vueltas de husillo de extrusor preferentemente se instalan en el primer 10% a 20% de la longitud del extrusor.

25 La fig. 12 muestra ejemplarmente el efecto de una altura del canal de husillo parcialmente optimizada sobre el desarrollo del tamaño medio de burbuja de un helado a lo largo de la longitud del extrusor. Una reducción del tamaño medio de burbuja de aproximadamente 20% a 30% en el producto final presenta una mejora significativa de la cremosidad y del comportamiento de fusión, así como sobre la estabilidad frente al choque térmico del helado.

30 Las características descritas en el resumen de las reivindicaciones de patente, así como en la descripción y en los dibujos relacionados pueden aparecer separadamente o en cualquier combinación comprendida dentro de la realización de la invención.

Lista de abreviaturas en las figuras 1 a 12:

Fig. 1: -

Fig. 2: -

Fig. 3: -

Fig. 4:
 45 S1, S2= grosor de la capa de helado adherida a la pared interna del barril (S1 según la invención, S2 convencional)
 ΔS = reducción de la capa adherente (=S2-S1)
 V_{ax} = componente axial de la velocidad de la vuelta de husillo
 n = r.p.m.
 S_p = anchura del canal de husillo
 50 x, y, z = coordenadas

Fig. 5:
 55 $H(z)$ = altura del canal de husillo (en la figura: como función de la coordenada de longitud, z)
 $De(z)$ = diámetro interno de husillo (en la figura: como función de la coordenada de la longitud, z)
 α = ángulo entre línea de contorno interno del husillo y la pared interna del barril
 θ = ángulo de husillo (entre una línea perpendicular al eje del husillo y una proyección de la vuelta de husillo en el plano del dibujo)
 δ = altura de la ranura de fuga (diferencia radial entre el radio interno del barril y el radio externo de la vuelta de husillo).

Fig. 6:
 60 A = distancia entre ejes de husillos

Fig. 7: ver anteriormente

Fig. 8:
 65 θ_a = ángulo de husillo en una determinada posición de la coordenada de longitud
 θ_b = ángulo de husillo en el extremo de husillo de la zona de entrada

Fig. 9:

b1 = longitud de la proyección de una sección de la vuelta de husillo perpendicular al eje del husillo
 Da = diámetro externo del husillo
 D = diámetro interno del barril

5

Fig. 10:

c = longitud radial de pivotes engranados que se conectan con la pared interna del barril
 d = longitud axial de los pivotes engranados conectados con la pared interna del barril
 a = longitud de la proyección de la sección de vuelta de husillo en un plano paralelo al eje del husillo.

10

Fig. 11:

f = longitud de los pivotes engranados en la pared interna del barril en la dirección circunferencial.

15

Fig. 12:

Config. 1 = configuración del husillo de extrusor convencional
 Config. 2 = configuración del husillo de extrusor según la invención.

Referencias

20

Publicaciones científicas:

1. Bolliger S., Windhab E. Prozesstechnologische Beeinflussung der Eiskristallgrößenverteilung in Eiskrem ZDS-Band SIE-15, Int. Symposium "INTERICE"; ZDS Solingen, 27-29.11.95.
2. Windhab E. Influence of mechanical forces on the disperse structuring ice cream during continuous aeration/freezing processes AICHE, Proc. 5th World Congress of Chemical Engineering 1996, 2, 169-175 (1996).
3. Bolliger S.; Windhab E. Structure and Rheology of Multiphase Foods Frozen under Mechanical Energy Input at Low Temperatures Proc. 1st Int Symp. on Food Rheology and Structure, Zürich; March 16-21, 1997; Editor: E. Windhab; B. Wolf; Vincentz Verlag, Hannover, 269-274.
4. Bolliger S.; Windhab E. The Influence of Mechanical Energy Input During The Freezing of Sorbet on its Structure Engineering & Food; Proc. Int. Conference on Engineering in Foods (ICEF 7); Brighton, Inglaterra; 14-17.4.97; Editor: R. Jowitt, Sheffield Academic Press, E 17-21.
5. Windhab E. A New Low Temperature Extrusion Process for Ice Cream Int. Dairy Federation Symposium on Ice Cream; Athens, September 18.-20.1997.
6. Windhab E.; Bolliger S. Freezern von Eiskrem ohne Härten Proc. Int. Symp. "Interice", ZDS Solingen (1997); 2-33.
7. Windhab, E. New Developments in Ice Cream Freezing Technology and Related On-Line Measuring Techniques In "Ice Cream", Int. Dairy Federation, edited by W Buchheim, ISMN 92 9098 029 3, 112-131, (1998)
8. Windhab, E. Neue Produktionskonzepte für Eiskrem auf Basis der Tieftemperaturextrusionstechnik Proc. Int. Eiskrem-Symposium, Interice, ZDSSolingen, 23.-25. November 1998, Nr. 12, 88-100 (1998)
9. Windhab, E. Low Temperature Ice Cream Extrusion Technology and related Ice Cream Properties European Dairy Magazine 1, 24-29, (1998).
10. Windhab, E.J. New Developments in Crystallization Processing Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol 57 (1999), 171-180.
11. Bolliger, S., Kornbrust, B., Goff, H.D., Tharp, B.W. Windhab, E.J. (!!!) Influence of emulsifiers on ice cream produced by conventional freezing and low temperature extrusion processing Internat. Dairy Journal 10, 497-504 (2000).
12. Windhab E. J., H. Wildmoser Tieftemperaturextrusion Proceedings Int. Seminar "Extrusion", ZDS-Solingen (D); 23-24.10.2000.
13. Wildmoser, H., Windhab E.J. Neue Eiskremstrukturcharakteristika durch Tieftemperaturextrusion-Proceedings Inter-Eis 2000; SIE-10, 52-62, Solingen (Alemania), 13-15 de noviembre de 2000.
14. Windhab E. J., Wildmoser H. Beiträge von Prozess und Rezeptur zur Kremigkeit von Eiskrem Proceedings Inter-Eis 2000, SIE-10, 77-86, ZDS-Solingen (Alemania), 13-15 de noviembre de 2000.
15. Wildmoser H, Wndhab E. Impact of flow geometry and processing parameters in ultra low temperature ice-cream extrusion (ULTICE) on ice-cream microstructure European Dairy Magazine 2001;5: 26-31.
16. Wildmoser H and Wndhab E.J. Impact of flow geometry and processing parameters in Ultra Low Temperature Ice Cream Extrusion (ULTICE) on ice cream microstructure INTERICE Tagungsband 2001; SIE-10, ZDS-Solingen.
17. Windhab EJ, Wildmoser H. Extrusion: A Novel Technology for the Manufacture of Ice Cream Proceedings Conference on Emerging technologies, IDF World Dairy Summit Auckland, Nueva Zelanda, 30 oct.-1 nov. de 2001.
18. Windhab E J, Wildmoser H Ultra Low Temperature Ice Cream Extrusion (ULTICE) Proceedings: AITA Congress "Il Gelato", Milano (Italia); 7 de mayo (2002).

60

Publicaciones de patente:

- WO 9746114, EP 0808577
- EP 0714650
- US 8516659

65

ES 2 425 563 T3

- WO 0072697 A1
- US 3647478
- US 3954366
- US 4234259
- 5 - EP 0438996 A2
- EP 0351476 A1
- DE 4202231 C1
- EP 0561118 A2
- US 5345781
- 10 - FR 2717988 A1
- DK 0082/96; WO 9726800
- WO 9739637
- WO 9817125; US 5713209
- WO 9925537
- 15 - WO 9924236

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la extrusión por congelación a baja temperatura bajo condiciones de microestructuración adaptadas a viscosidad de energía optimizada de sistemas aireados congelados tales como helado, que comprende una geometría variable de husillos a lo largo de la longitud del extrusor, localmente ajustadas según la viscosidad local con respecto a la dispersión progresiva eficiente, reducción progresiva simultánea de la temperatura y la correspondiente congelación del agua, caracterizado porque dicho dispositivo comprende: una anchura de la ranura de fuga entre vuelta de husillo y pared interna del barril inferior a 0,1 mm, preferentemente inferior a 0,5 mm,
- 5 un grosor de vuelta de husillo de entre 2 y 20 mm y 1: una inclinación del borde frontal de la vuelta de husillo respecto a la pared interna del barril de entre 10° y 45°, preferentemente de entre 30° y 35°, aplicando preferentemente la inclinación a los primeros 2 mm externos de la altura de vuelta de husillo, ó 2: borde frontal de vuelta de husillo redondeado con un radio de preferentemente ≥ 2 mm,
- 10 una altura del canal del husillo de extrusor ajustada a lo largo de la longitud del extrusor a la viscosidad de la masa, mientras que en la zona de alimentación (I) del extrusor, la proporción entre la altura del canal de husillo H y el diámetro externo del husillo D se ajusta a un valor entre 0,03 y 0,07, en la zona intermedia (de la longitud) (II) de entre 0,1 y 0,15 y en el tercio final de la longitud del extrusor, de entre 0,1 y 0,25.
- 15
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por una altura del canal de husillo continuamente creciente a lo largo de la longitud del extrusor, de manera que la línea de contorno no enroscada del tronco de husillo entre la entrada y la salida de la masa, formando los ejes longitudinales centrales del husillo un ángulo de entre 0,03° y 0,1°, preferentemente de entre 0,05° y 0,07°.
- 20
3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por uno o más husillos que comprenden 3 a 7, preferentemente 4 a 5 vueltas de husillo en el primer tercio de la longitud del extrusor, con 1 a 4, preferentemente 2 a 3 vueltas de husillo en el segundo tercio de la longitud del extrusor y con 2 a 3, preferentemente 1 a 2 vueltas de husillo en el tercio final de la longitud del extrusor en la vecindad de la salida del extrusor.
- 25
4. Dispositivo según las reivindicaciones 1 y 3, caracterizado por una reducción progresiva del número de vueltas de husillo en 2 a 10, preferentemente 3 a 5, segmentos longitudinales iguales o variables del extrusor, mientras que el número de husillos se reduce continuamente en 1 a 2 vueltas de husillo de segmento a segmento.
- 30
5. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por ángulos de husillo en la zona de entrada (I) de entre 35° y 90°, preferentemente de entre 45° y 60°, en la zona intermedia del extrusor de entre 30° y 45°, preferentemente de entre 30° y 35° y en el tercio final de la longitud del extrusor de entre 20° y 35°, preferentemente de entre 25° y 30°.
- 35
6. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por una reducción del ángulo de husillo constante o variable de entre 45° y 90°, preferentemente de entre 45° y 60° entre la zona de entrada del extrusor (I) hasta entre 20° y 35°, preferentemente entre 25° y 30° en la zona de salida del extrusor (III).
- 40
7. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por cortes en las vueltas de husillo en el primer 10% a 30%, preferentemente 15% a 20%, de la longitud del extrusor.
- 45
8. Dispositivo según las reivindicaciones 1 y 5 a 7, caracterizado por husillos que presentan más de una vuelta de husillo y cortes en las vueltas de husillo respectivas que se encuentran desplazadas axialmente, de manera que la masa se somete a un flujo de raspado/"limpieza" de cada parte de la pared interna del barril.
- 50
9. Dispositivo según las reivindicaciones 1 y 7, caracterizado por cortes en las vueltas de husillo en las que la longitud de estos cortes es 2,5 a 3 veces, preferentemente 1 a 2 veces la altura del canal de husillo y en el que las mismas dimensiones son válidas para las partes sin corte de las vueltas de husillo.
- 55
10. Dispositivo según las reivindicaciones 1, 7 y 8, caracterizado por elementos integrados, por ejemplo pivotes, conectados con la pared interna del barril, engranados con los cortes en las vueltas de husillo durante el giro del husillo.
- 60
11. Dispositivo según las reivindicaciones 1 y 9, caracterizado por elementos, por ejemplo pivotes, conectados con la pared interna del barril en 2 a 10, preferentemente 3 a 5 posiciones diferentes dispuestas regular o irregularmente en el perímetro de la pared interna del barril.
12. Dispositivo según las reivindicaciones 1 y 9 a 11, caracterizado por más de una vuelta de husillo en las que los cortes en estas vueltas de husillo presentan la misma posición axial para permitir el engranado con los elementos integrados, por ejemplo pivotes.

13. Dispositivo según las reivindicaciones 1 y 12, caracterizado por una disposición de extrusor de un solo husillo o de dos husillos para la extrusión a baja temperatura de masas aireadas congeladas y características de geometría adaptadas según una o más de las reivindicaciones 1 a 12.

5 14. Procedimiento de extrusión por congelación de baja temperatura para la microestructuración adaptada a viscosidad de energía optimizada de masas aireadas congeladas tales como helado, que comprende a lo largo de la longitud del canal del husillo de extrusor un tratamiento mecánico adaptado según zonas de la masa aireada parcialmente congelada que ha sido adaptada según zonas a su viscosidad local, caracterizado porque se lleva a cabo en un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 de manera que en cada una de las zonas
10 posteriores se consigue la dispersión de burbujas de aire/celdas de aire y simultáneamente una reducción de la temperatura y un correspondiente incremento de la fracción de agua congelada.

15 15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado porque para una temperatura convencional de masa de helado de vainilla estándar de $\leq -11^{\circ}\text{C}$ o más generalmente se consiguen fracciones de masa de agua congelada de aproximadamente $\geq 60\%$ respecto a la fracción de agua congelable total en el primer 50% a 75% de la longitud del extrusor medida desde la entrada del extrusor, preferentemente 50% a 65% de la longitud.

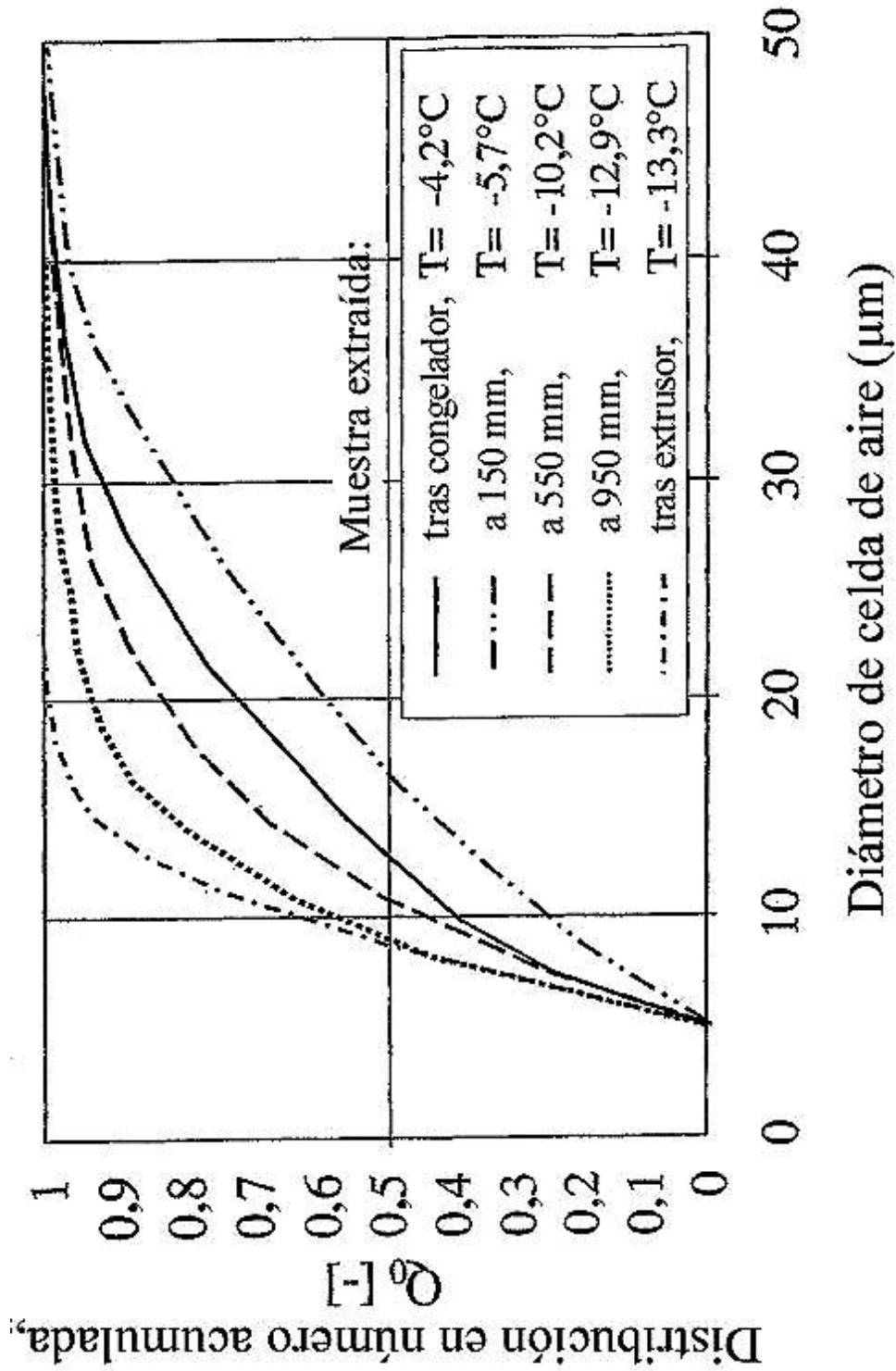


Fig. 1

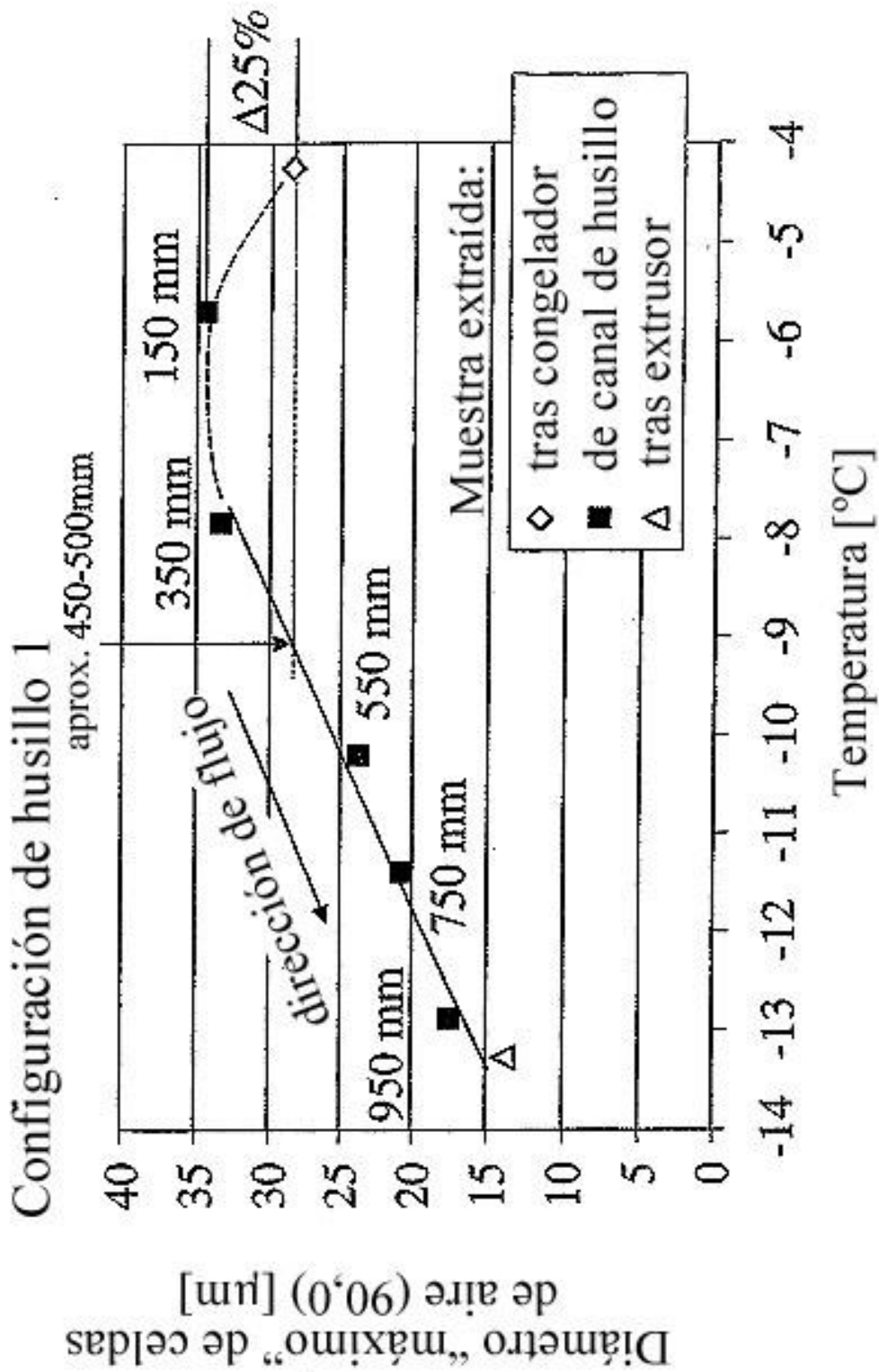


Fig. 2

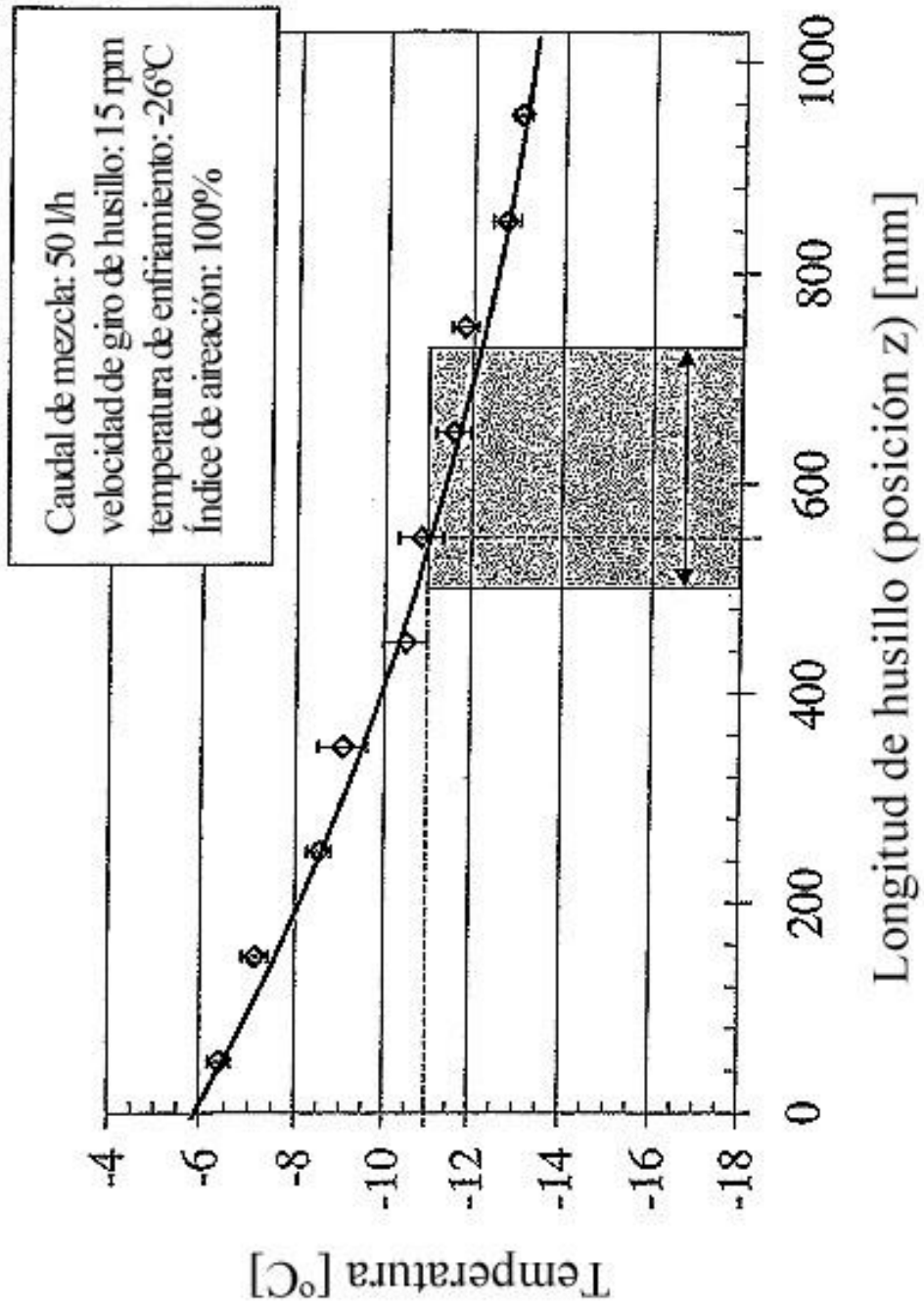


Fig. 3

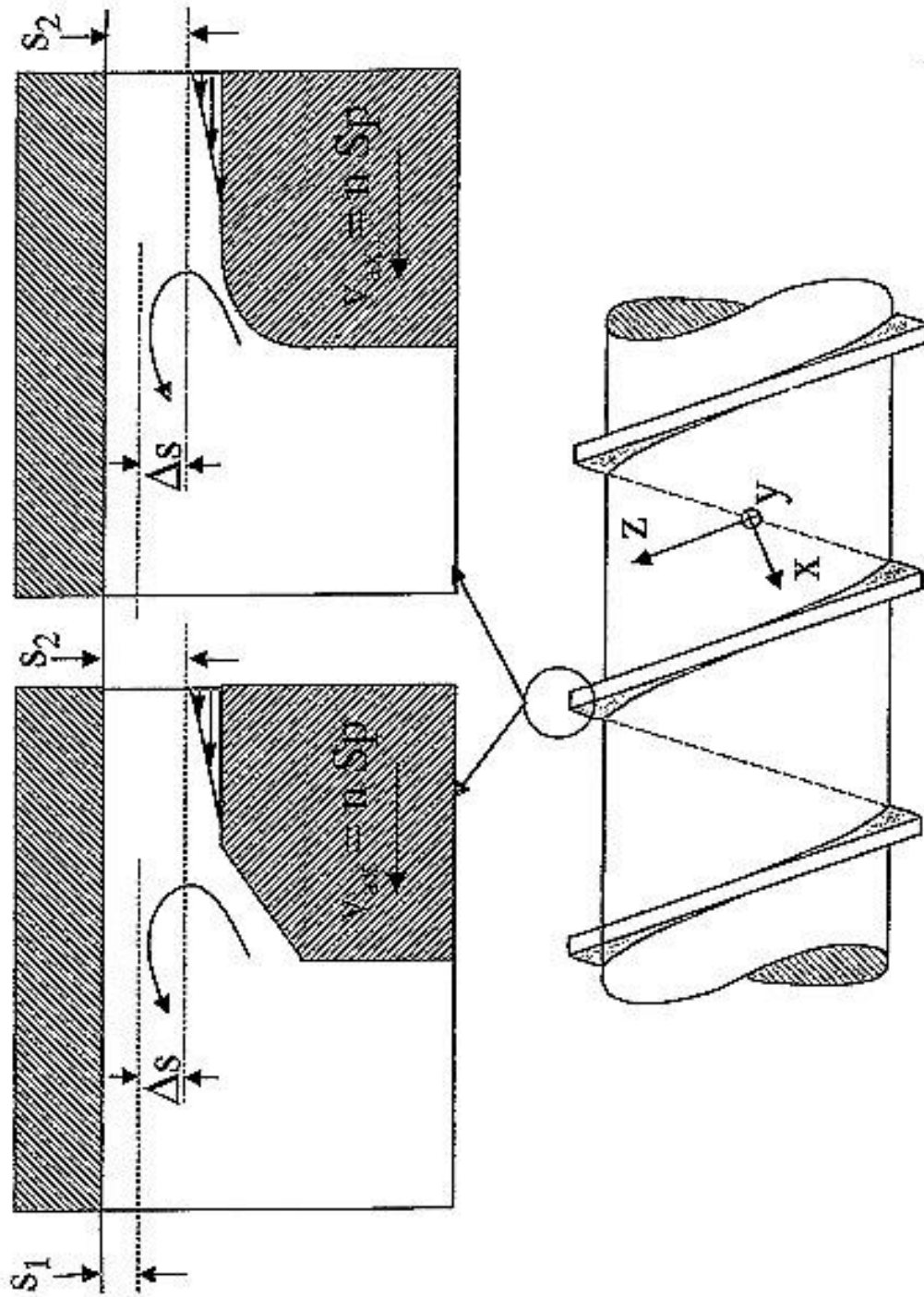


Fig. 4

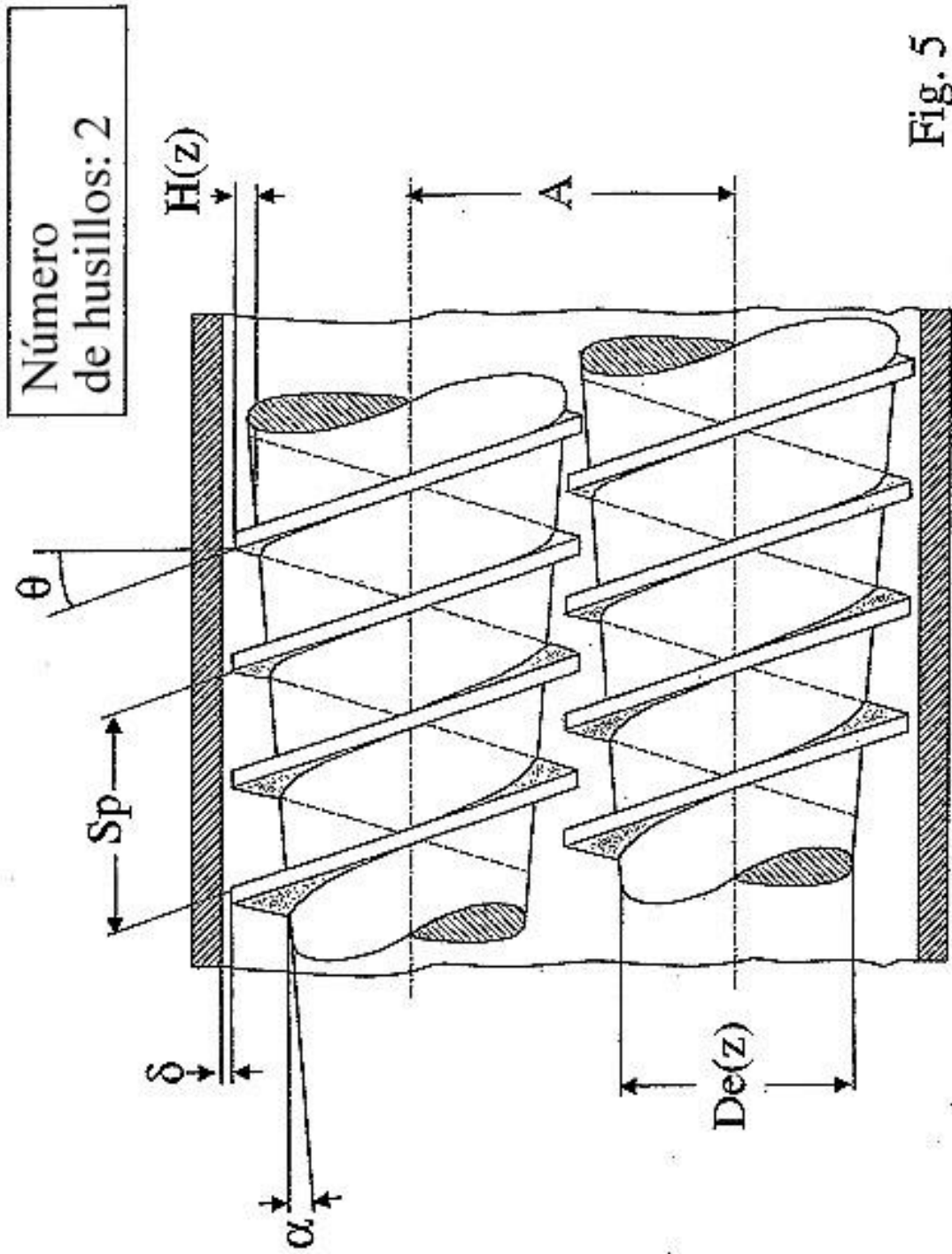


Fig. 5

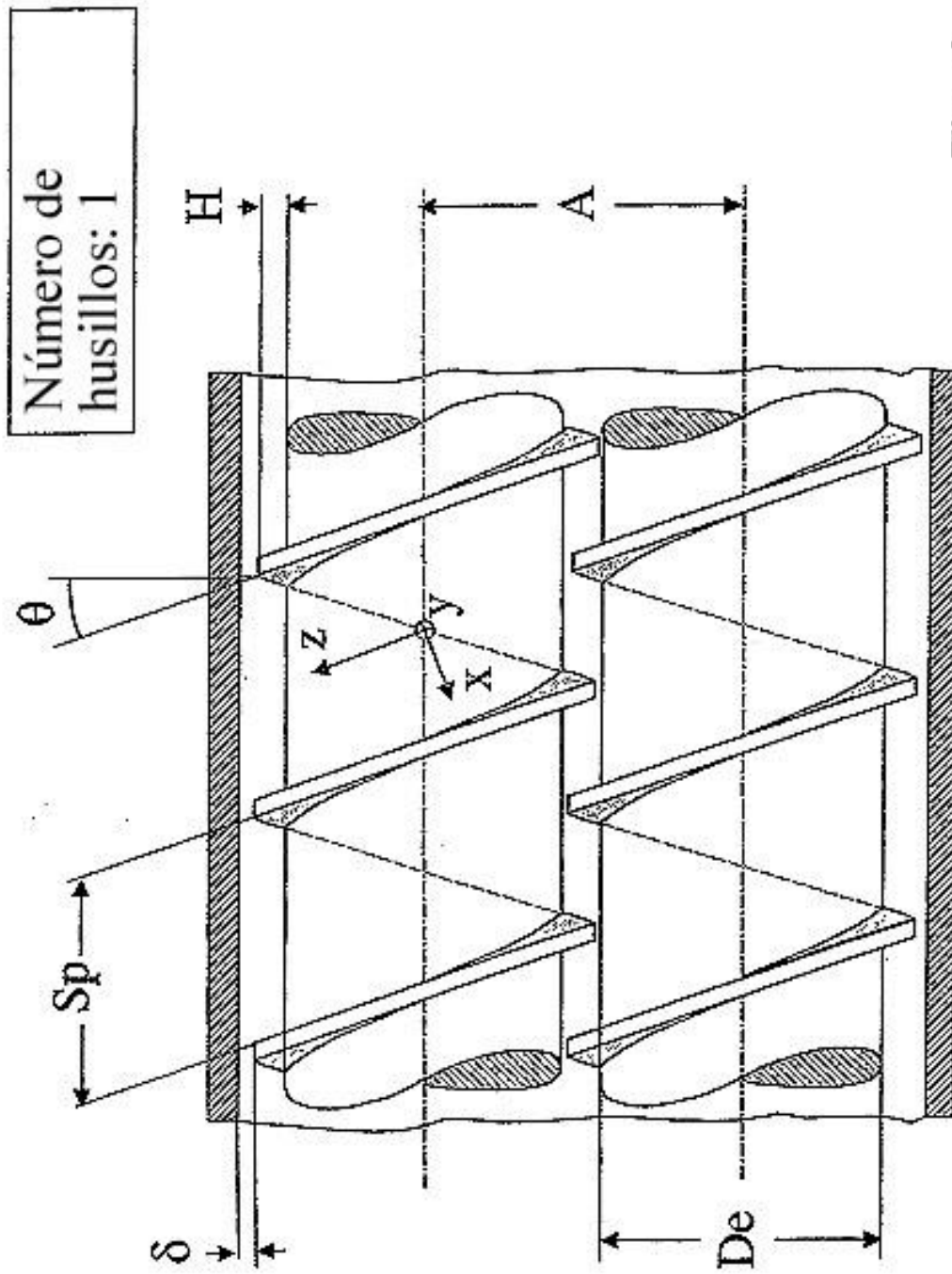


Fig. 6

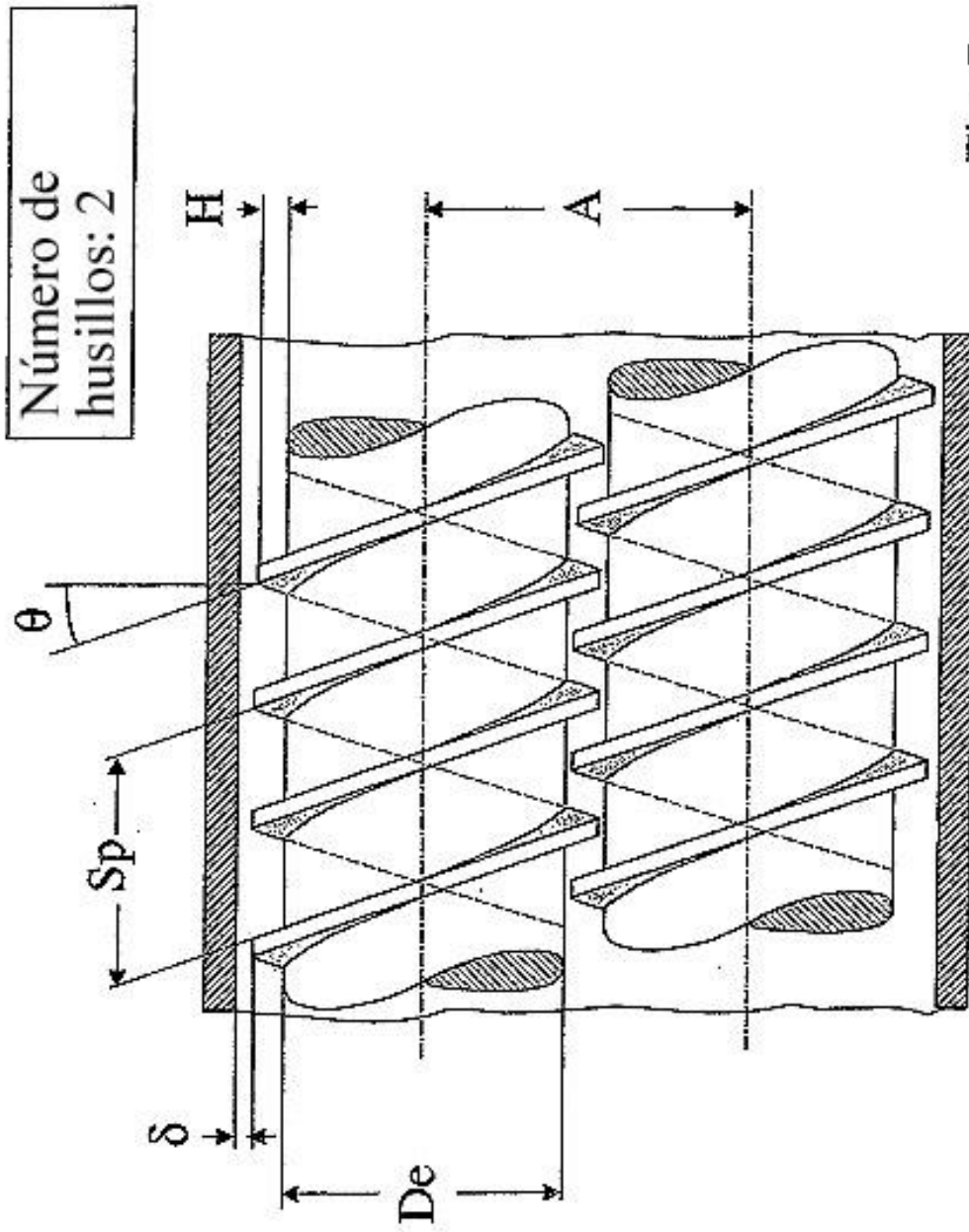


Fig. 7

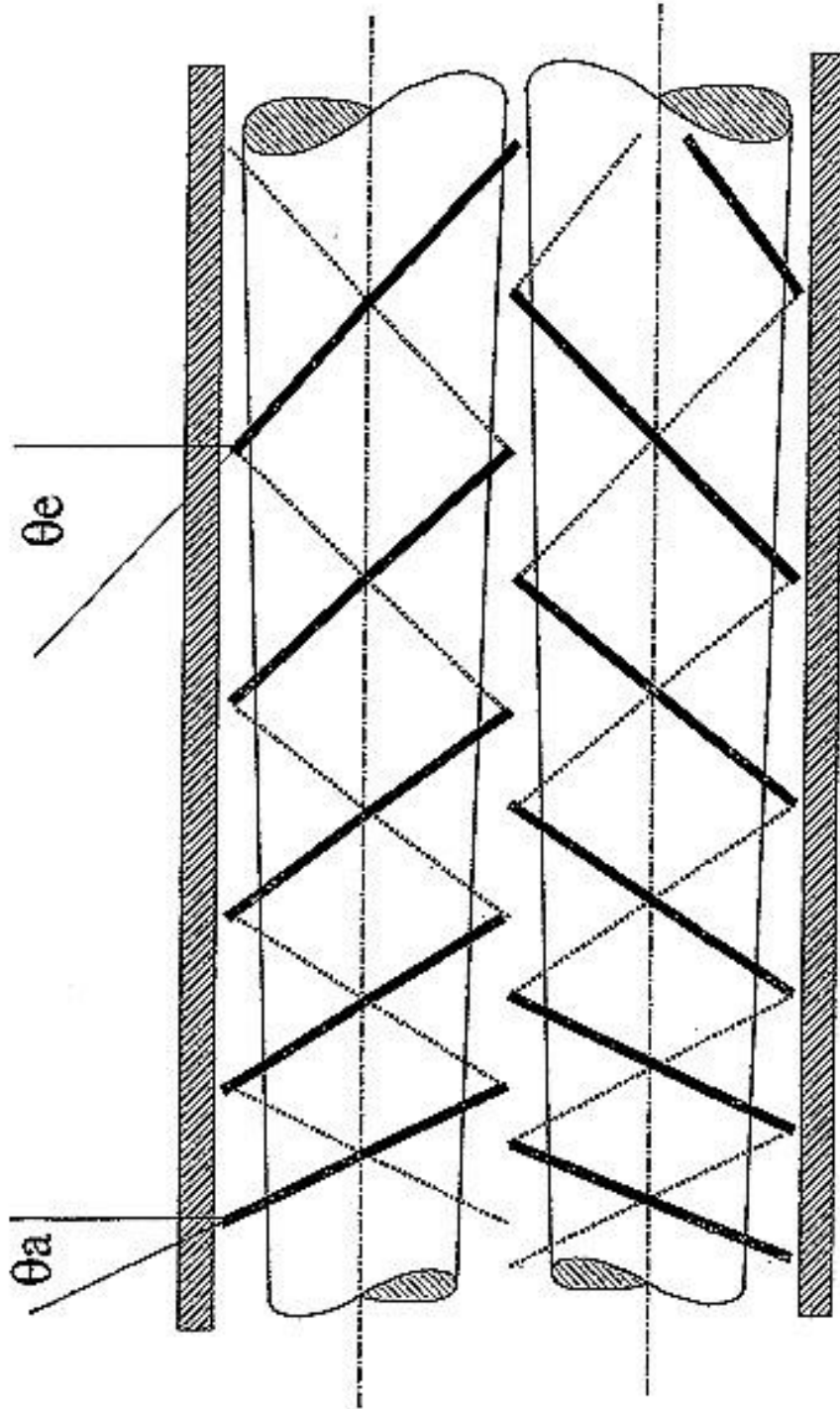


Fig. 8

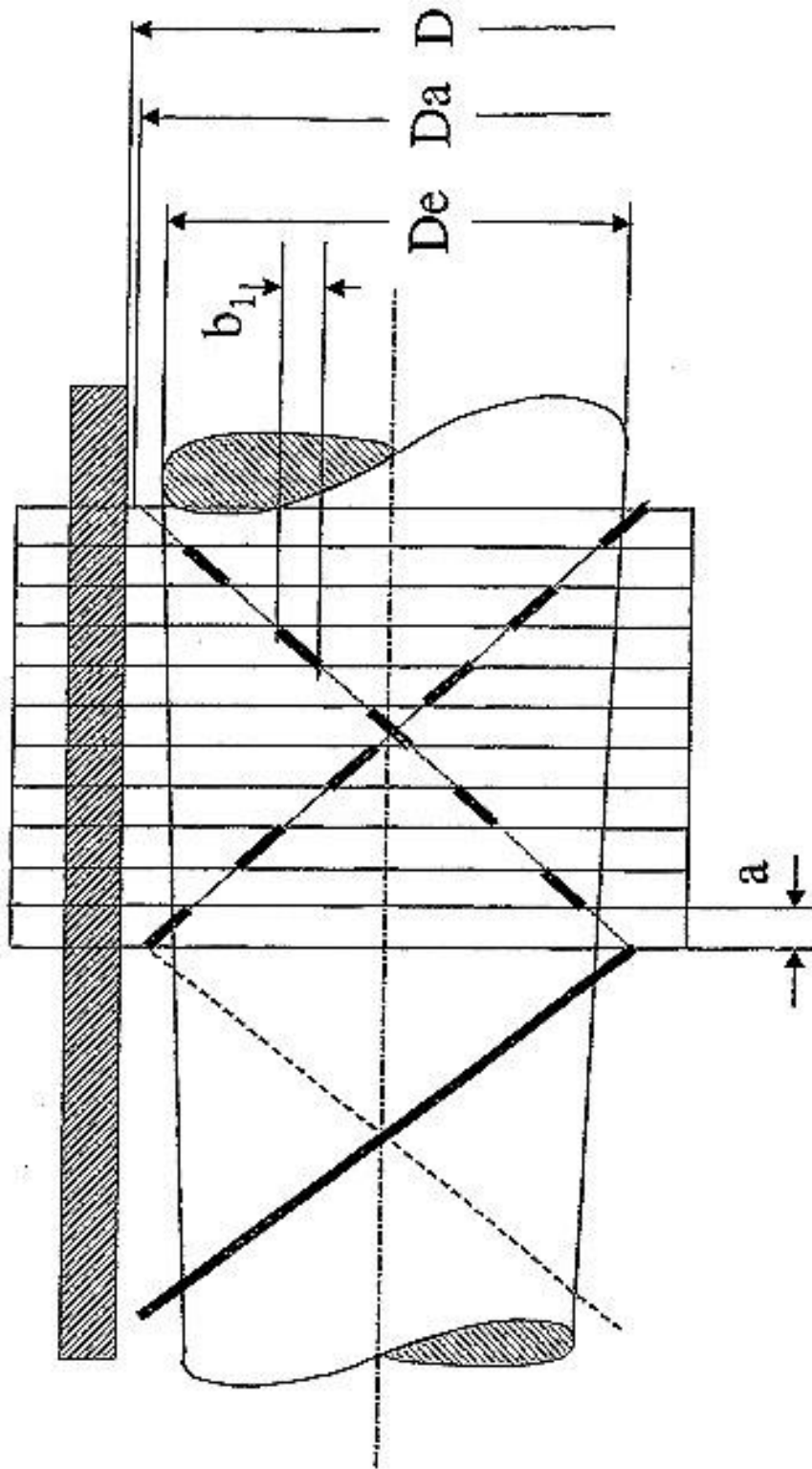


Fig. 9

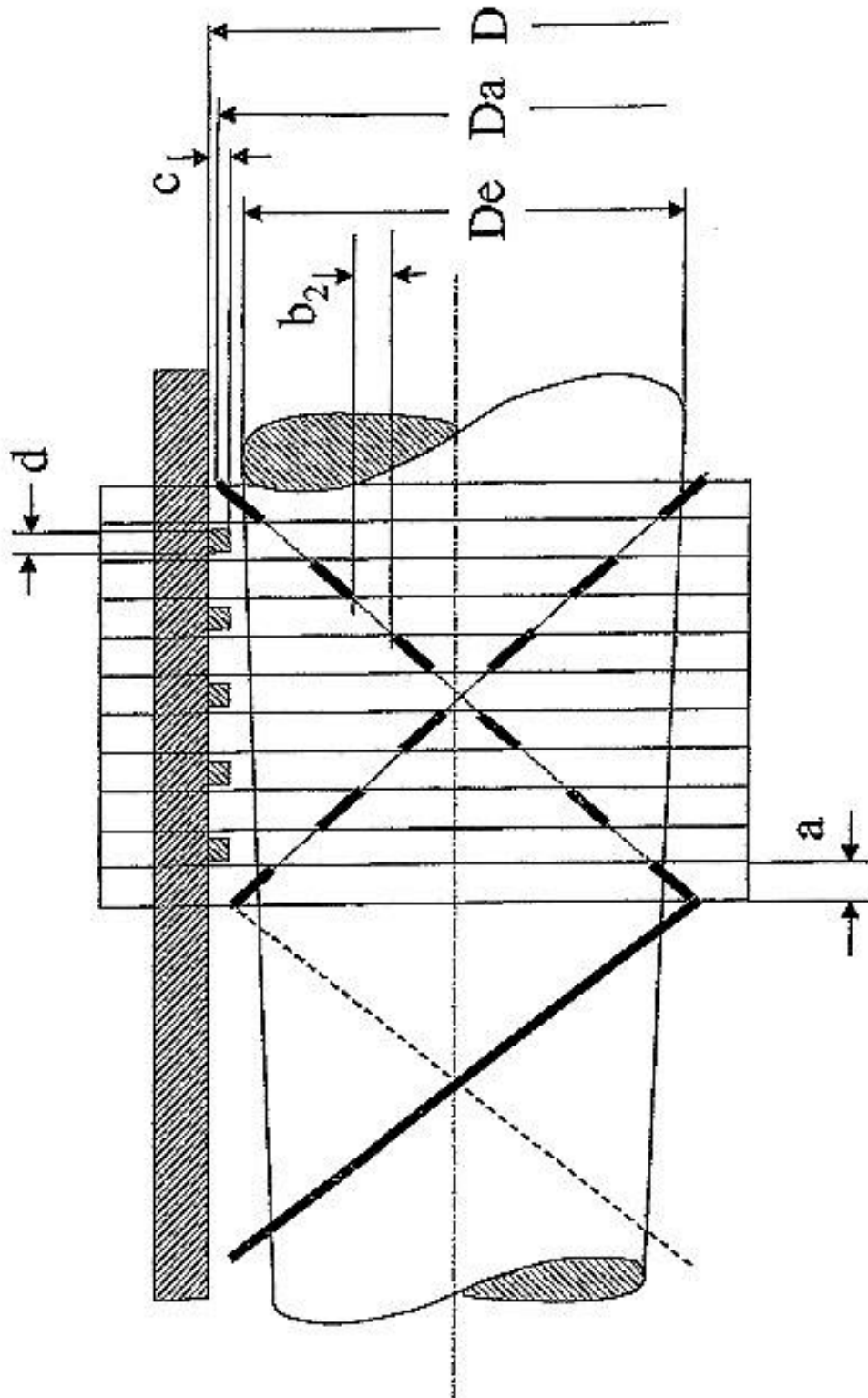


Fig. 10

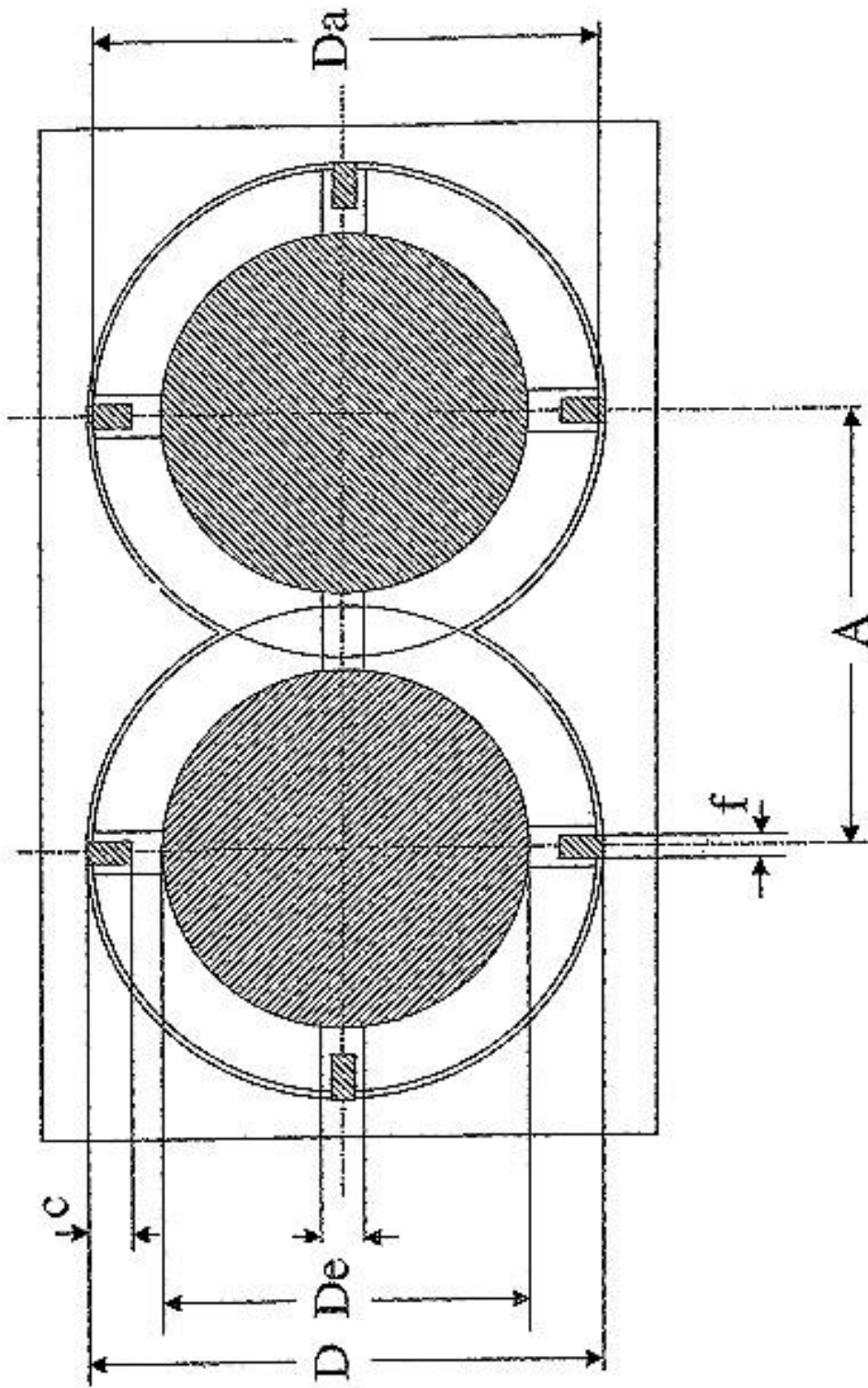


Fig. 11

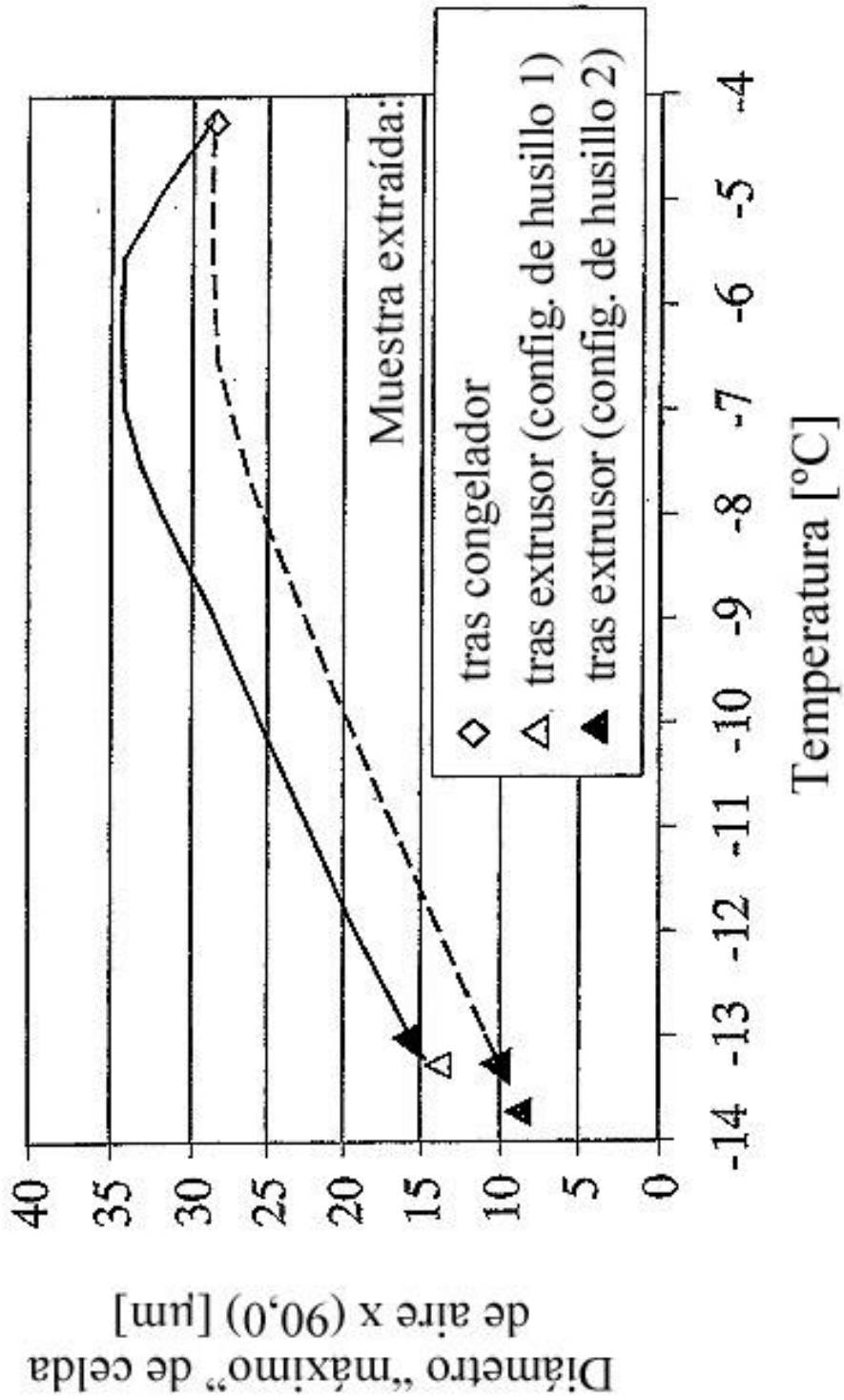


Fig. 12