

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 695**

51 Int. Cl.:

**B29C 35/00** (2006.01)

**B29C 35/02** (2006.01)

**B29C 33/30** (2006.01)

**B29C 33/02** (2006.01)

**B29C 33/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2010 E 10773665 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2013 EP 2490875**

54 Título: **Control por zonas de la temperatura de una herramienta**

30 Prioridad:

**20.10.2009 GB 0918362**

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

**20.03.2014**

73 Titular/es:

**SURFACE GENERATION LIMITED (100.0%)  
Brackenbury Court, Lyndon Barns, Edith Weston  
Road  
Rutland Leicestershire LE15 8TW, GB**

72 Inventor/es:

**HALFORD, BEN JOHN**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 449 695 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

Control por zonas de la temperatura de una herramienta.

5 Esta invención está relacionada con un sistema de utillaje calentado, en particular a un sistema de utillaje calentado para un mayor control de las propiedades del material de un artículo fabricado en dicho sistema de utillaje.

10 Muchos materiales se moldean usando varias herramientas de moldeo. En algunas industrias, por ejemplo en la industria de fundición de metales, es bien sabido que la velocidad y la temperatura a las que un material se solidifica afecta a las propiedades del material del artículo. Este efecto se produce habitualmente a una escala microscópica y, por ejemplo, puede incluir características tales como la proporción de amorfidad o cristalinidad del producto final. Cuando se usan materiales, tales como metales, el artículo puede tratarse después de extraerse de la herramienta o el molde, por ejemplo mediante tratamiento térmico y enfriamiento brusco, para controlar las propiedades del material; sin embargo, estos procesos son lentos e incrementan el tiempo y los costes de producción.

15 Cuando se moldean materiales poliméricos, en particular resinas termoendurecibles, que también pueden contener un material de relleno, el artículo acabado no puede tratarse normalmente mediante un proceso secundario para controlar sus propiedades estructurales después de salir de la herramienta. Algunas herramientas pueden mantenerse en un entorno controlado por temperatura, por ejemplo una autoclave, para regular la temperatura de toda la superficie de la herramienta y esto puede ser eficaz para artículos con un área de sección transversal constante y relativamente delgada.

20 Cuando se usan herramientas para producir artículos gruesos o, en particular, que tienen un grosor variable, los problemas asociados con las variaciones en las propiedades del material del producto acabado se acentúan por las variaciones de pérdida de calor de las secciones de diferente grosor.

25 Cuando se usan resinas termoendurecibles surgen más complicaciones debido a la naturaleza exotérmica del proceso de curado/reticulación. La temperatura del polímero termoendurecido y curado no es solo el resultado de la temperatura de la herramienta, sino también de la velocidad de reacción local y de la capacidad que tiene el calor de escapar del área en la que se está produciendo la reacción. Esto dará como resultado que el polímero termoendurecible se cure a velocidades diferentes en distintos puntos a lo largo de su perfil, dando como resultado diferentes propiedades del material como consecuencia de la diferente estructura molecular.

30 Metales y polímeros termoplásticos experimentarán diferentes cristalinidades en áreas de diferente grosor ya que la velocidad de enfriamiento variará dependiendo de la extracción de calor. Las autoclaves pueden usarse para controlar esto, pero con el fin de superar las diferencias debidas a las diferentes velocidades de enfriamiento de las partes gruesas y las partes delgadas de un artículo, normalmente se usa un enfriamiento muy gradual, lo que aumenta el tiempo de producción. Además, las autoclaves no hacen un uso eficiente de la energía y requieren grandes espacios para alojar el área que ocupan, que normalmente es mucho mayor que la herramienta real para el artículo.

35 Aunque las diferentes propiedades de material que se originan en los sistemas de utillaje actuales pueden predecirse, hasta cierto punto, no pueden controlarse. En muchos casos, el diseño de los artículos, en particular de aquéllos que van a moldearse a partir de polímeros termoendurecibles, busca un equilibrio entre un diseño ideal y un diseño que sea práctico para su procesamiento. En particular, si una solución ideal para una parte comprende un único artículo de gran tamaño que presenta secciones de diferente grosor, varios artículos más pequeños, que presentan cada uno un grosor más uniforme, pueden fabricarse y ensamblarse para obtener un mejor control de las propiedades del material de cada sección del artículo.

40 Un problema adicional con las técnicas de moldeo actuales, y en particular asociado con las autoclaves, es que no pueden controlarse para modificar las propiedades del material de los artículos que producen. Por ejemplo, si se necesitara una parte termoplástica, por ejemplo PEEK, de grosor variable que tuviera secciones más gruesas necesarias para tener una alta cristalinidad y ofrecer resistencia y secciones más delgadas de menor cristalinidad para ofrecer flexibilidad, entonces las tecnologías actuales no son eficaces a la hora de crear tal parte en un único proceso de moldeo.

45 La presente invención mitiga al menos parcialmente los problemas mencionados anteriormente con procesos de mecanizado conocidos.

50 El documento US-A-3 763 293 da a conocer un sistema de herramienta según el preámbulo de la reivindicación 1 y un procedimiento de fabricación de un artículo según el preámbulo de la reivindicación 9.

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de herramienta según la reivindicación 1.

65 Al poder calentar y/o enfriar de manera constante y local las zonas de la herramienta y controlar de ese modo la transferencia de calor hacia dentro y hacia fuera del artículo dentro de la herramienta, las propiedades del material

del artículo acabado pueden controlarse durante el proceso de moldeo.

En una realización preferida, el sistema de herramienta comprende además una pluralidad de sensores para detectar una propiedad del artículo dentro de las zonas de la herramienta y producir señales indicativas de dicha propiedad.

El sistema de control tiene un medio de entrada que recibe dicha señal indicativa de dicha propiedad y el sistema de control controla los medios de calentamiento y de enfriamiento en respuesta a dicha señal para calentar o enfriar dichas zonas de la herramienta. La propiedad detectada puede ser una de las siguientes: temperatura, constante dieléctrica, deformación, penetración de ultrasonidos, dureza o cualquier otro parámetro adecuado que pueda usarse para indicar la velocidad de curado del polímero. De esta manera, la propiedad del material puede controlarse con información directa en todo el proceso de moldeo. El sensor puede medir la propiedad indirectamente, por ejemplo midiendo la temperatura, siendo la temperatura detectada un indicador de una propiedad del material, por ejemplo la cristalinidad que se genera a diferentes velocidades en función de la temperatura, o puede medir la propiedad más directamente usando medios tales como la constante dieléctrica, que es proporcional a, por ejemplo, la cristalinidad. Controlar el calentamiento y/o el enfriamiento en función de estas propiedades permite moldear un artículo acabado con propiedades conocidas, y el control independiente de estas propiedades en diferentes zonas de la herramienta permite que un artículo que va a moldearse tenga diferentes propiedades necesarias de material producidas de manera repetible según una especificación en diferentes áreas del artículo.

Un ejemplo de un producto de este tipo puede ser un cono de morro moldeado para un coche de carreras. Es necesario que los laterales del cono sean delgados y altamente rígidos para controlar el flujo de aire en el mismo con un reforzamiento mínimo y, por lo tanto, necesitará un alto nivel de cristalinidad en la estructura del material. Sin embargo, es necesario que el morro del cono sea menos frágil y que pueda recibir impactos de pequeños objetos, por ejemplo fragmentos de piedras lanzados por otro coche, sin que se rompa. Por lo tanto, la parte de morro del cono necesitará más amorfidad y, por lo tanto, será menos frágil y tendrá una mayor capacidad para soportar un impacto de este tipo.

Según una realización de la invención, algunas espigas de utillaje tienen medios de calentamiento asociados a las mismas y otras espigas de utillaje tienen medios de enfriamiento asociados a las mismas.

Cada zona de herramienta calentada/enfriada tiene un calentador en línea independiente asociado a la misma, que puede comprender un canal interno en cada zona de herramienta por debajo de la superficie de la herramienta a través del cual pasa un fluido de calentamiento/enfriamiento. El sistema también puede comprender al menos un depósito para un fluido de calentamiento y/o enfriamiento.

El sistema comprende además una pluralidad de trayectorias de flujo de fluido para dirigir el flujo de dicho fluido de calentamiento/enfriamiento hacia espigas de herramienta individuales. Cada trayectoria de flujo tiene un calentador en línea en la misma para calentar el fluido que pasa a través de la misma.

El sistema de herramienta puede comprender trayectorias de retorno de flujo de fluido para devolver dicho fluido de calentamiento/enfriamiento desde dichas espigas de herramienta a un depósito y puede comprender una pluralidad de dichos depósitos, conteniendo cada depósito un fluido de calentamiento/enfriamiento que puede mantenerse a una temperatura diferente. De esta manera, un único calentador/enfriador puede estar asociado a cada depósito en lugar de a cada espiga de herramienta calentada/enfriada, reduciéndose de ese modo el número de calentadores/enfriadores necesarios. Las espigas de herramienta enfriadas pueden enfriarse mediante aire a temperatura ambiente y, por lo tanto, pueden no necesitar un aparato físico para enfriar el fluido de enfriamiento. Si se usa aire ambiente para el enfriamiento no se reciclará hacia el depósito, sino que se expulsará a la atmósfera.

La activación del calentador en línea hace que el fluido pase de ser un fluido de enfriamiento a ser un fluido de calentamiento.

En una disposición preferida, el sistema de herramienta comprende una pluralidad de zonas de herramienta activas que presentan medios de calentamiento y de enfriamiento asociados a las mismas, y una pluralidad de zonas de herramienta pasivas que no contienen ningún medio de calentamiento o enfriamiento asociado a las mismas, donde las zonas de herramienta pasivas son adyacentes a y/o están intercaladas con las zonas de herramienta activas.

En una realización alternativa, el sistema de herramienta comprende una pluralidad de zonas de herramienta calentadas y una pluralidad de zonas de herramienta enfriadas, estando intercaladas las zonas de herramienta enfriadas entre las zonas de herramienta calentadas. De esta manera, las zonas de herramienta que no se calientan/enfrían directamente (las zonas de herramienta pasivas) se calientan/enfrían indirectamente mediante transferencia de calor con zonas de herramienta adyacentes directamente calentadas/enfriadas.

Las zonas calentadas, las zonas enfriadas o las zonas pasivas pueden tener sensores asociados a las mismas, los cuales forman parte del sistema de circuitos de control. En particular, los sensores en las zonas pasivas permiten

que la transferencia de temperatura hacia el interior del artículo en estas zonas se supervise y controle estrechamente a través de la transferencia de calor con zonas calentadas adyacentes.

5 En una realización preferida, el sistema de utillaje comprende una pluralidad de espigas de herramienta que están dispuestas como un mosaico para formar la superficie de herramienta y en el que al menos algunas de las espigas de herramienta tienen canales de fluido en las mismas a través de los cuales pasa un fluido de calentamiento/enfriamiento.

10 Las espigas de herramienta calentadas pueden tener un calentador de fluido en línea interno para calentar el fluido que pasa a través de la espiga de herramienta. En una disposición, las espigas de herramienta a través de las cuales pasa el fluido de calentamiento/enfriamiento contienen un inserto que define al menos parte de la trayectoria de flujo de fluido. El inserto puede extraerse/intercambiarse y diferentes trayectorias de flujo de fluido en el inserto aumentarán o reducirán el tiempo de permanencia del fluido que pasa a través del mismo y/o puede alterar la distancia entre el fluido de calentamiento/enfriamiento y la superficie de la herramienta. De esta manera, la transferencia de calor hacia la superficie de la herramienta puede modificarse. Además, pueden usarse espigas comunes y pueden insertarse diferentes insertos para modificar la transferencia de calor para diferentes zonas de la herramienta.

15 En una disposición, el sistema de utillaje comprende además una pluralidad de válvulas de control, normalmente abiertas, para controlar el flujo del fluido de calentamiento/enfriamiento hacia las zonas de la herramienta. De esta manera, si se produce una avería en el sistema, las válvulas se abrirán en caso de fallo y el fluido no calentado fluirá a través de las mismas para reducir la temperatura de la herramienta. Las válvulas pueden ser válvulas de control de flujo variable o pueden ser válvulas de dos estados o tres estados.

20 El sistema puede comprender un sensor o sensores para detectar una propiedad de material de dicho material del artículo y proporcionar una señal indicativa de dicha propiedad a dicho controlador antes de iniciar el proceso de moldeo, estando adaptado el controlador para modificar el control de dichos medios de calentamiento y de enfriamiento en respuesta a dicha propiedad de material detectada. De esta manera, antes del inicio de, o durante, un proceso de moldeo pueden modificarse parámetros del control del proceso para tener en cuenta la variación en los lotes del material del artículo.

25 En una realización preferida, el sistema de utillaje comprende además una segunda herramienta dispuesta sustancialmente de manera opuesta a la primera herramienta y que puede ser sustancialmente idéntica a la primera herramienta.

30 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de un artículo según la reivindicación 9.

35 El procedimiento puede comprender además detectar al menos una propiedad del artículo en cada zona de herramienta y producir señales indicativas de dicha propiedad en cada zona de herramienta.

40 El procedimiento puede incluir dicho sistema de control que recibe las señales indicativas de dicha propiedad y que controla los medios de calentamiento y de enfriamiento en respuesta a dicha señal para calentar o enfriar dichas zonas de herramienta. Los sensores, que pueden ser sensores de temperatura, sensores dieléctricos, medidores de deformación, sensores piezoeléctricos, sensores de ultrasonidos o sensores de dureza, detectan la propiedad del material.

45 El procedimiento comprende además preferentemente moldear una pieza sacrificial del material de artículo en una sección de detección y en el que dicha pieza de material de artículo en dicha sección de detección tiene sensores incorporados en la misma. Varios sensores pueden incorporarse en dicha pieza sacrificial de material de artículo en ubicaciones que tienen diferentes áreas de sección transversal de material de artículo y que controlan los medios de calentamiento y de enfriamiento de zonas de herramienta en un área particular de sección transversal de molde en respuesta a las señales generadas por los sensores en una área de sección transversal correspondiente.

50 De esta manera, los sensores pueden incorporarse en una pieza del material de artículo para detectar una propiedad del material, a medida que se produce durante el proceso de moldeo, a mitad de un moldeo. Los sensores pueden incorporarse en secciones transversales de diferente área para suministrar una señal precisa de los cambios en la propiedad del material que se producen durante el propio moldeo sin necesidad de colocar sensores en el artículo. Por supuesto, en algunas aplicaciones puede ser posible colocar los sensores en el artículo y dejarlos incorporados en el mismo cuando el artículo se saca de la herramienta.

55 Un procedimiento comprende preferentemente regular la transferencia de calor hacia dentro y hacia fuera del artículo para producir, dentro de una tolerancia predeterminada, propiedades de material específicas en el artículo acabado. Preferentemente, las propiedades específicas del material del artículo se controlan de manera individual en zonas de herramienta específicas. La propiedad de material específica puede ser una de las siguientes: amorfidad/cristalinidad de densidad, tamaño de cristal, índice de reticulación y vulcanización.

5 En una realización, el procedimiento comprende detectar una propiedad de material de dicho material de artículo antes del inicio del proceso de moldeo y suministrar una señal indicativa de dicha propiedad a dicho controlador antes del inicio del proceso de moldeo, modificando el controlador el control de dichos medios de calentamiento y de enfriamiento durante el proceso de moldeo en respuesta a dicha propiedad de material detectada antes del inicio del proceso de moldeo. De esta manera, el control puede modificarse para tener en cuenta diferentes propiedades de material entre lotes de material.

10 En otra realización, el artículo se fabrica mediante moldeo con transferencia de resina y las zonas de herramienta se calientan secuencialmente desde el punto de inyección de la resina en la dirección del flujo de resina para elevar la temperatura del molde a medida que el borde de ataque del flujo de resina pasa por el mismo reduciéndose de este modo la viscosidad de la resina en la superficie de contacto entre la resina y la preforma a medida que fluye hacia la herramienta. Las zonas de herramienta pueden calentarse antes de que el borde de ataque del flujo de resina llegue allí, de tal manera que cuando la resina pasa por la zona de herramienta la temperatura de la superficie de la herramienta ya ha alcanzado su valor máximo y está empezando a enfriarse.

15 Las zonas de herramienta pueden definirse por el usuario o pueden definirse automáticamente por el sistema. En una realización, el controlador del sistema supervisa el rendimiento de las zonas de herramienta y si no es posible que el controlador caliente las zonas de herramienta hasta las temperaturas requeridas, entonces puede redefinir las zonas de herramienta. Si, por ejemplo, el rendimiento de un calentador disminuye debido a una avería, las zonas de herramienta pueden redefinirse para incluir otro calentador en la misma zona de herramienta que el calentador de bajo rendimiento.

20 Si se usan múltiples calentadores se dividen preferentemente entre diferentes fases de un suministro eléctrico trifásico. Además, el controlador controla el uso de los calentadores para garantizar que no se produzca una situación en la que haya un consumo de energía significativamente desequilibrado en cualquier fase individual de la electricidad. Esto puede incluir, por ejemplo, usar calentadores cuando no son estrictamente necesarios. Por ejemplo, cuando se desea enfriar una zona, el calentador asociado a la misma puede pulsarse periódicamente para llevar una pequeña carga en su fase eléctrica. Puesto que el flujo de fluido seguirá por debajo de la temperatura de la herramienta, seguirá produciéndose el enfriamiento aunque a una menor velocidad a causa del ligero aumento de temperatura debido a la pulsación del calentador. Tales procedimientos pueden ayudar a equilibrar el suministro eléctrico usado en la invención.

25 Para facilitar el equilibrio de la corriente, el sistema de utillaje puede estar dotado de dos niveles diferentes de enfriamiento, por ejemplo conmutando entre un alto flujo de refrigerante y un bajo flujo de refrigerante. El alto flujo de refrigerante puede usarse cuando se necesita un enfriamiento extremo o puede usarse en combinación con el uso de los calentadores descritos anteriormente para llevar a cabo el enfriamiento cuando los calentadores son alimentados o parcialmente alimentados sin perder potencia de enfriamiento en comparación con el inferior caudal de refrigerante normal.

30 A continuación se describirán, a modo de ejemplo, realizaciones específicas de la invención con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

35 Las Figuras 1 y 2 muestran una herramienta de un sistema de herramienta según el primer aspecto de la invención.

40 La Figura 3 muestra una sección a través de una espiga de herramienta usada en el sistema de herramienta.

45 La Figura 4 muestra un sistema de herramienta según la invención.

50 La Figura 5 muestra un sistema de herramienta alternativo según la invención.

55 La Figura 6 muestra un sistema de control según la invención.

60 La Figura 7 muestra un primer perfil de temperatura según la invención.

65 La Figura 8 muestra un segundo perfil de temperatura según la invención.

La Figura 9 muestra una sección transversal a través de una herramienta de un sistema según la invención.

La Figura 10 muestra un diagrama esquemático de una realización de un sistema de herramienta según la invención.

Las Figuras 11 y 12 muestran secciones transversales a través de espigas de herramienta usadas en el sistema de herramienta de la invención.

Haciendo referencia a las Figuras 1 y 2, se muestra una herramienta (100) que comprende una pluralidad de

espigas de herramienta (102), donde cada una presenta una superficie (104) en una cara de herramienta que puede ser plana o que puede tener una superficie contorneada. La superficie de herramienta está dividida en una pluralidad de zonas de herramienta (106), comprendiendo cada zona una o más espigas de herramienta. En el ejemplo mostrado en la Figura 2, cada zona (106) es una matriz 3x3 de espigas de herramienta (102). La superficie de herramienta (104) de la Figura 2 es plana solamente con fines ilustrativos y en la práctica puede tener una superficie de herramienta contorneada/conformada. Cada zona de herramienta (106) tiene al menos una espiga calentada/enfriada (102a) (véase la Figura 3) asociada a la misma. La espiga calentada/enfriada puede ser una única espiga o, si cada zona de herramienta (106) comprende más de una espiga de herramienta (102), pueden usarse espigas calentadas y enfriadas diferentes. Controlando la aplicación de calor y de frío a las zonas de herramienta (106), la transferencia de energía hacia dentro y hacia fuera de un artículo que está fabricándose en la herramienta (100) puede controlarse localmente en momentos específicos durante el proceso de moldeo. Como está bien documentado, la temperatura y la velocidad a la que los materiales se solidifican afectan a varias propiedades de los materiales, por ejemplo la amorfidad, la cristalinidad, la dureza, la resistencia a los impactos, etc. Por lo tanto, controlando cuidadosamente el flujo de calor hacia dentro y hacia fuera de un artículo durante el proceso de moldeo pueden controlarse las propiedades del material del artículo acabado. En algunos casos, puede ser necesario un control para garantizar que el artículo tenga propiedades de material constantes y en otros casos puede ser deseable crear un artículo a partir de un único material que tenga diferentes propiedades en diferentes áreas del artículo. El número de espigas de herramienta (102) en una zona de herramienta (106) dependerá de la sutileza de control necesaria. Si se necesita un gran control de temperatura localizada, cada zona de herramienta (106) puede comprender una única espiga calentada/enfriada (102a). En una disposición alternativa, no mostrada, la herramienta puede comprender una pluralidad de zonas de herramienta activamente calentadas y enfriadas que presentan en las mismas espigas calentadas/enfriadas (102a) y una pluralidad de zonas de herramienta pasivamente calentadas/enfriadas que se calientan/enfrían por transferencia de calor con zonas de herramienta adyacentes activamente calentadas/enfriadas.

Para una herramienta dada, las zonas de calor pueden ser definidas por el usuario cuando se diseña la herramienta o, por ejemplo, pueden asignarse automáticamente por el controlador. El controlador puede redefinir las zonas durante el proceso de moldeo. Esto podría suceder, por ejemplo, como resultado del proceso de moldeo o puede deberse a que el molde no ha alcanzado la temperatura deseada por el controlador. En el primer caso, si durante, por ejemplo, un proceso de moldeo con transferencia de resina, la resina se inyecta desde un extremo del molde, entonces puede ser deseable calentar la herramienta progresivamente en bandas empezando por el punto de entrada para garantizar que a medida que el borde de ataque de la resina que está inyectándose humedece y se impregna en el material de preforma, se calienta para reducir su viscosidad, pudiendo fluir más fácilmente. Una vez que el material se haya inyectado completamente, las zonas pueden redefinirse, por ejemplo, para proporcionar diferentes propiedades de materiales a diferentes áreas de la parte. Como alternativa, si, por ejemplo, uno los calentadores está averiado y no pudo proporcionar calor a una zona, esa zona puede dividirse y acoplarse a las zonas adyacentes para mantener el control (aunque posiblemente con un menor grado de sutileza) de la temperatura de superficie de herramienta en esa zona.

En funcionamiento, las espigas de herramienta estarán rodeadas por un armazón, el cual no se muestra. El armazón sujeta firmemente todas las espigas. El armazón también puede calentarse a la misma temperatura que las espigas adyacentes al mismo, de manera que cuando las espigas se expanden y se contraen con el calentamiento y el enfriamiento, también lo hará el armazón. Todo el armazón puede calentarse y enfriarse o, como alternativa, solamente las esquinas del armazón pueden calentarse/enfriarse.

Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra un ejemplo de una espiga calentada/enfriada (102a). La espiga de herramienta tiene una superficie contorneada (104) para formar, durante el funcionamiento, un artículo. La espiga de herramienta (102a) tiene una entrada (108) para suministrar un fluido de enfriamiento/calentamiento a la espiga (102a) y una salida (110) para expulsar de la espiga (102a) el fluido de calentamiento/enfriamiento usado.

La Figura 11 muestra una variación de la espiga de herramienta (102b) de la Figura 3. En esta realización, un inserto de intercambio de calor (105) está colocado en la espiga de manera adyacente al extremo de la espiga que forma la superficie de herramienta (104). El inserto tiene una trayectoria de flujo de fluido (107) (en este caso en forma de hélice alrededor de su borde externo para aumentar el tiempo de permanencia del fluido calentado en el área de la espiga adyacente a la superficie de herramienta para permitir extraer más calor del fluido). Esta mayor longitud de la trayectoria del flujo permite una mayor transferencia de calor. Pueden usarse diferentes insertos (105) con diferentes trayectorias de flujo en las espigas para gestionar la transferencia de calor en diferentes espigas. Esto permite estandarizar las espigas (102a) y personalizar todo el sistema de herramienta para obtener las características de transferencia de calor requeridas en las áreas correctas de la herramienta.

La Figura 12 muestra una realización adicional de la espiga de herramienta en la que las espigas de herramienta están dotadas de un calentador interno (109) que calienta el fluido a medida que pasa al interior de la espiga de herramienta y a medida que se aproxima a la superficie de la herramienta. El calentador puede usarse con la espiga de herramienta de la Figura 11 o puede usarse con la espiga de herramienta de la Figura 3, es decir, con o sin el inserto (105).

Haciendo referencia a la Figura 4 se muestra un sistema de herramienta (112) según la invención. Cada zona de herramienta (106) tiene un calentador de aire soplado individual (114) asociado a la misma. Cuando están operativos, los calentadores (114) calientan el aire, el cual entra después en la espiga (102a), a través de la entrada (108), circula en la espiga, calentando/enfriando de ese modo la espiga, y después sale a través de las salidas (110) y es expulsado a la atmósfera. Cada calentador (114) tiene un controlador local (116) asociado al mismo, que puede ser un controlador de PID o un controlador similar, para controlar que los calentadores (114) produzcan el intercambio de calor requerido con el artículo en la herramienta. Un controlador maestro (118) recibe señales desde sensores (120) en la herramienta que detectan propiedades de material del artículo a medida que se solidifica, y controla los controladores locales en respuesta a dichas señales recibidas. Los sensores pueden ser, por ejemplo, sensores dieléctricos y aunque algunos se omiten por motivos de claridad, pueden proporcionarse sensores para cada zona de la herramienta. El controlador maestro (118) tiene un medio de entrada de datos (122) mediante el cual un usuario puede introducir una secuencia de calentamiento/enfriamiento requerida para las zonas de herramienta (106). El medio de entrada de datos (122) puede ser un medio interactivo mediante el cual el usuario puede introducir y guardar directamente comandos y secuencias de control o puede comprender simplemente un puerto de datos/receptor inalámbrico, etc., mediante el cual el controlador puede recibir un programa de control legible por máquina generado de manera externa al sistema de herramienta. Al haber diferentes calentadores para cada zona de herramienta, en caso de que falle uno de los calentadores el calor suministrado por las espigas calentadas adyacentes (102a) puede modificarse para garantizar que se produzca un artículo satisfactorio. Puesto que esto permite el funcionamiento del sistema de herramienta, incluso aunque falle un componente puede aumentar la eficacia como resultado de un menor tiempo de inactividad no planificado ya que los fallos de los componentes pueden producirse durante un tiempo de inactividad normal de la herramienta.

Haciendo referencia a la Figura 5 se muestra un sistema de herramienta alternativo. Cada zona de herramienta (106) tiene al menos una espiga calentada/enfriada (102a) asociada a la misma. Las espigas calentadas/enfriadas (102a) pueden ser una única espiga común o, como se muestra, pueden ser dos espigas diferentes. El sistema comprende dos depósitos (124), (126), uno de los cuales se calienta y el otro se enfría mediante medios de calentamiento/enfriamiento (128), (130) y cada depósito está conectado a una pluralidad de zonas de herramienta a través de conductos con válvulas (132). Las válvulas (134) son controladas por controladores locales (136) que, a su vez, son controlados por un controlador maestro (118). El funcionamiento del sistema es muy similar al descrito anteriormente, ya que el controlador maestro controla los controladores locales en función de las señales recibidas desde los sensores (120) (no mostrados). Conductos de retorno devuelven fluido desde las espigas calentadas/enfriadas a los depósitos. De esta manera se usa un sistema de calentamiento y enfriamiento en bucle cerrado para aumentar la eficacia global de los circuitos de calentamiento/enfriamiento. Además, un único depósito puede dar servicio a varias, o a todas, las zonas de herramienta.

La Figura 10 muestra una disposición diferente en la que el sistema de herramienta está dotado de un depósito (150) de fluido comprimido, preferentemente aire, que suministra una pluralidad de conductos (152) que transportan el fluido a las zonas de herramienta (106) del sistema de herramienta (112). Cada conducto (152) tiene un calentador en línea (114) asociado al mismo controlado por un controlador (118). Aunque se ilustra como un único elemento, en este caso el uso del controlador de palabras es genérico y deberá apreciarse que el controlador puede incluir diferentes niveles de controlador, como se describe en este documento. Cada conducto tiene además una válvula de control de flujo (154) asociada al mismo que puede ser una válvula continuamente variable o que puede tener caudales prefijados. Por ejemplo, la válvula puede ser una válvula de tres estados que presenta una posición cerrada, una posición medio abierta y una posición totalmente abierta.

Las válvulas (154) son válvulas que se abren en caso de fallo, de manera que si se produce una pérdida de energía se proporciona todo el flujo a lo largo de la herramienta y los calentadores se desactivan, enfriándose por tanto la herramienta y suprimiéndose el calor residual o un calor producido de manera química. Como alternativa, los calentadores (114) pueden colocarse en la trayectoria de fluido dentro de cada zona de herramienta, es decir, dentro de las espigas de herramienta de una zona de herramienta.

Pueden usarse diferentes fluidos de calentamiento y de enfriamiento en función de las temperaturas requeridas. Los fluidos de calentamiento pueden incluir aire, agua y aceite calentados, y los fluidos de enfriamiento pueden incluir aire, agua, una mezcla de agua/glicol y gases de refrigeración enfriados o a temperatura ambiente; por ejemplo, el circuito de enfriamiento puede ser un circuito de enfriamiento de compresión/expansión tradicional.

Haciendo referencia a la Figura 6 se muestra un diagrama esquemático del control de un sistema de herramienta. Un controlador maestro (118) recibe señales de control desde una memoria (119) que pertenece al control general del sistema. Por ejemplo, esto puede ser un gráfico de tiempo frente a temperatura para cada zona de herramienta detallada para proporcionar características de material deseadas en el artículo acabado. El controlador maestro (118) recibe señales desde al menos un sensor (120) que detecta, en tiempo real, determinadas propiedades de material del artículo. Por ejemplo, pueden ser la temperatura del artículo, la constante dieléctrica del artículo o la densidad del artículo, la deformación del artículo o la absorción de energía, por ejemplo ultrasonidos, por parte del artículo.

Normalmente habrá más de un sensor asociado al artículo; por ejemplo, si diferentes áreas del artículo necesitan

diferentes propiedades finales del material, entonces resulta beneficioso tener un sensor (120) asociado a cada área de diferente propiedad de material requerida. Las señales recibidas se almacenan en una base de datos de datos históricos para futuras referencias. El controlador maestro (118) compara la señal actual del sensor con la señal requerida y puede enviar una señal de entrada al controlador local (116) para ajustar la temperatura de la espiga (102a) asociada al mismo. Además, el controlador maestro (118) puede identificar patrones en los datos entrantes y compararlos con datos históricos almacenados por el controlador maestro (118) y, por tanto, puede identificar patrones en el calentamiento/enfriamiento para cualquier artículo particular. Incluso en una situación controlada, el calentamiento y el enfriamiento del artículo pueden variar cada día en función de los materiales que estén usándose. Por ejemplo, en resinas termoendurecibles la velocidad del endurecimiento de la resina dependerá de la constitución exacta, la temperatura ambiente, la cantidad de tiempo durante el cual se ha mezclado antes de su uso, etc. Comparando las tendencias del artículo actual con los datos históricos, el controlador maestro (118) puede identificar con prontitud si la temperatura del artículo puede salirse de las tolerancias específicas y puede modificar las cifras de la tabla de consulta (121) que el controlador local (114) usa para aumentar o reducir el perfil de calentamiento para espigas de herramienta (102a) específicas.

Haciendo referencia a la Figura 7 se muestra un perfil de temperatura sencillo para moldear una pieza bruta de artículo impregnada y termoendurecible. La temperatura de las espigas de herramienta se incrementa primero rápidamente hasta los 85 grados haciendo pasar un fluido calentado (por ejemplo agua) a través de las espigas de herramienta de una herramienta (100) según la invención. Después, la temperatura se mantiene a 85 grados durante 5 minutos para que la pieza bruta impregnada con resina (un producto preimpregnado) se consolide. A medida que las espigas de herramienta individuales (102) en contacto con el artículo o al menos una espiga de herramienta (102a) asociada a una zona de herramienta se calienta directamente, el calor puede introducirse rápidamente en el artículo. Cinco minutos después la temperatura se incrementa de nuevo, esta vez hasta 120 grados, para que el polímero se reticule. Después de un límite de tiempo predeterminado o después de que se reciba una señal predeterminada desde un sensor, las espigas de herramienta se enfrían rápidamente haciendo pasar un fluido de enfriamiento a través de los cuerpos de las espigas. Una vez más, haciendo pasar el fluido de enfriamiento directamente a través de la espiga de herramienta (102a) se consigue una rápida reducción de la temperatura y se enfría rápidamente la herramienta al final del proceso, minimizándose de este modo el tiempo de ciclo. Puesto que la temperatura se ha controlado cuidadosamente a lo largo del proceso, no solo se necesita menos tiempo, sino que se obtienen propiedades de material consistentes en el artículo acabado. Puesto que la herramienta tiene múltiples zonas, pudiendo controlarse de manera independiente la temperatura de cada una, entonces cada zona puede tener un perfil y controlarse de la misma manera que una sola zona. Haciendo referencia a la Figura 8 se muestra un perfil de control más complejo para un sistema de herramienta que presenta 5 zonas de herramienta, requiriendo cada zona de herramienta un perfil de calentamiento/enfriamiento diferente en el tiempo. Los medios de enfriamiento pueden incluir refrigerantes para poder enfriar las espigas de herramienta por debajo de la temperatura ambiente (véase la línea discontinua). Una ventaja de esto es que áreas específicas del artículo pueden mantenerse a temperaturas específicas durante el proceso de moldeo. Por ejemplo, si estaba realizándose un moldeo con un inserto específico que requiere mantenerse por debajo de una temperatura específica para evitar daños, por ejemplo un sensor o una pieza de aparatos electrónicos que serán una parte funcional integrante del artículo, entonces la región del artículo en la que este inserto está ubicado puede mantenerse a una temperatura que garantice la integridad constante del sensor/aparato electrónico. Otras partes del artículo pueden calentarse a mayor temperatura para producir, por ejemplo, mayores niveles de reticulación en el polímero. Tal control durante el moldeo no es posible, por ejemplo, usando una autoclave.

La Figura 9 muestra un sistema de herramienta que tiene una pluralidad de espigas de herramienta calentadas (102a) incorporadas en una placa superior de herramienta (138) para formar una cavidad de artículos (140). Las espigas (102a) tienen una superficie contorneada compleja (142). En un área distinta de la herramienta, una cavidad de sensores (144) está formada entre una serie de espigas de herramienta (102b) y la placa superior de herramienta (138). Las espigas de herramienta (102b) están dispuestas a alturas regulares y sensores (120) están ubicados a profundidades predefinidas en la cavidad de sensores (144). Durante el proceso de moldeo, el material del mismo lote que el usado para el artículo se introduce en la cavidad de sensores (144) al mismo tiempo que se introduce en la cavidad de artículos (140). El material del artículo puede ser, por ejemplo, un material de polímero expandido y reticulado. A medida que el material del artículo se solidifica, los datos recogidos con los sensores (120) de la cavidad de sensores (144) se usan para controlar el flujo de calor hacia y desde las espigas (102a) de la cavidad de artículos (140). Los datos de los sensores (120) se toman a una serie de profundidades en el material del artículo y se usan para controlar el calor proporcionado a espigas (102a) que se corresponden con profundidades similares del material de artículo en la cavidad de artículos. De esta manera pueden usarse datos en tiempo real procedentes del centro del material del artículo sin necesidad de comprometer la integridad del artículo puesto que los sensores (120) que se colocaron dentro del artículo real permanecen ahí una vez que el artículo se haya solidificado. Una vez que haya terminado el proceso, el material de la cavidad de sensores (144) se descarta junto con los sensores (120) del mismo. En casos extremos en los que se usan niveles de control muy altos puede fabricarse una herramienta gemela en la que se forman dos cavidades de artículos idénticas al lado la una de la otra, donde ambas son controladas de la misma manera con espigas de herramienta calentadas (102a). Una de las cavidades de artículos forma un artículo de detección sacrificial y el otro artículo es el elemento producido. De esta manera se consigue reproducir de la mejor manera posible las condiciones internas del artículo. Sin embargo, debe apreciarse que si es aceptable la presencia de pequeños objetos extraños incorporados en la parte acabada, los sensores pueden

incorporarse en el material del artículo durante el proceso de moldeo y dejarse en el artículo una vez haya terminado el proceso.

5 Debe apreciarse que aunque la invención se ha descrito en relación con una única cara de herramienta, en muchas aplicaciones se usará una herramienta con dos caras de herramienta y que una cara de herramienta superior según esta invención también puede usarse en combinación con una cara de herramienta inferior para proporcionar un calentamiento y un enfriamiento activos desde ambos lados de la herramienta.

10 La invención puede usarse con cualquier fluido adecuado y puede incluir reciclar el fluido (especialmente si es un líquido) y/o recuperar el calor del fluido que retorna.

15 La invención se describe con referencia a una herramienta que comprende una pluralidad de espigas de herramienta; sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que aunque la construcción de las espigas de herramienta es particularmente ventajosa para permitir una construcción modular, la herramienta puede fabricarse usando una superficie de herramienta continua y el calentamiento/refrigeración conseguidos proporcionando el calentamiento y el enfriamiento a la superficie de herramienta inversa y esto, según la invención, no está limitado a herramientas de tipo espiga. Asimismo, las articulaciones de las espigas pueden soldarse entre sí para proporcionar una superficie de herramienta continua. La superficie de herramienta puede mecanizarse con acabado después de soldarse para mecanizarse con la tolerancia final.

20 Un sistema de utillaje que solo tenga espigas calentadas o espigas enfriadas también está dentro del alcance de la invención, pudiendo aplicarse a algunas situaciones y ofreciendo muchos de los beneficios asociados a las espigas de herramienta calentadas y enfriadas.

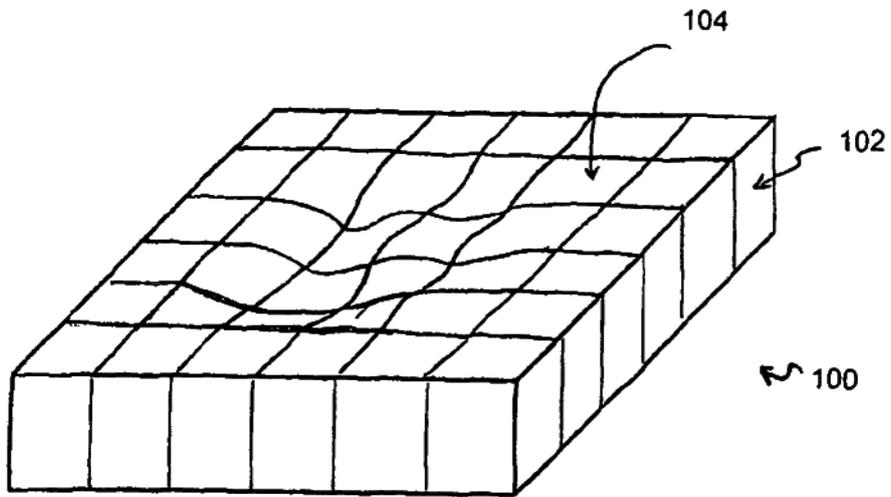
**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de herramienta (100) para moldear un artículo, comprendiendo el sistema:
- 5 una herramienta que tiene una superficie de herramienta (104) para formar un artículo, comprendiendo la superficie de herramienta una pluralidad de zonas de herramienta (106);
- una pluralidad de trayectorias de flujo de fluido para dirigir el flujo de fluido de calentamiento/enfriamiento hacia zonas de herramienta individuales;
- 10 medios de calentamiento y de enfriamiento; y
- medios de control (116) adaptados para controlar los medios de calentamiento y de enfriamiento;
- caracterizado por que:**
- 15 los medios de calentamiento y de enfriamiento comprenden un calentador en línea (114) para calentar el fluido que pasa a través de la trayectoria de flujo de fluido respectiva, estando asociados los calentadores (114) de manera independiente a la trayectoria de flujo de al menos algunas de dichas zonas de herramienta (106),
- 20 y **por que** los medios de control (116) están configurados para calentar o enfriar de manera individual las zonas de herramienta (106) activando de manera selectiva los calentadores en línea con el fin de pasar de un fluido de enfriamiento a un fluido de calentamiento para regular la transferencia de calor hacia dentro y hacia fuera del artículo en cada zona de herramienta en cualquier momento particular en todo el proceso de moldeo.
- 25 2. Un sistema de herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de sensores (12) para detectar una propiedad del artículo en las zonas de herramienta y producir señales indicativas de dicha propiedad en cada zona de herramienta.
- 30 3. Un sistema de herramienta (100) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicho sistema de control tiene unos medios de entrada (122) que reciben dichas señales indicativas de dicha propiedad y, en función de dichas señales, dicho sistema de control controla los medios de calentamiento y de enfriamiento según criterios programados para calentar o enfriar dichas zonas de herramienta.
- 35 4. Un sistema de herramienta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, en el que los sensores (120) detectan uno de los siguientes: temperatura, constante dieléctrica, absorción/transmisión de ultrasonidos, deformación y dureza.
- 40 5. Un sistema de utillaje (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una pluralidad de válvulas de control normalmente abiertas (134) para controlar el flujo del fluido de calentamiento/enfriamiento hacia las zonas de herramienta.
- 45 6. Un sistema de utillaje (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que las válvulas (134) son válvulas de control de flujo variable.
7. Un sistema de utillaje (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una segunda herramienta dispuesta de manera sustancialmente opuesta a la primera herramienta.
- 50 8. Un sistema de utillaje (100) de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la segunda herramienta es sustancialmente idéntica a la primera herramienta.
9. Un procedimiento de fabricación de un artículo, que comprende:
- 55 colocar un material que va a moldearse en una herramienta (100) que tiene una superficie de herramienta (104) para formar un artículo, comprendiendo la superficie de herramienta una pluralidad de zonas de herramienta (106) y una pluralidad de trayectorias de flujo de fluido para dirigir el flujo de un fluido de calentamiento/enfriamiento hacia zonas de herramienta individuales;
- 60 activar medios de calentamiento y de enfriamiento asociados a al menos algunas de dichas zonas de herramienta para variar la temperatura de superficie de herramienta de cada zona de herramienta;
- caracterizado por que:**
- 65 los medios de calentamiento y de enfriamiento comprenden un calentador en línea (114) para calentar el fluido que pasa a través de la trayectoria de flujo de fluido respectiva, estando asociados los calentadores de manera

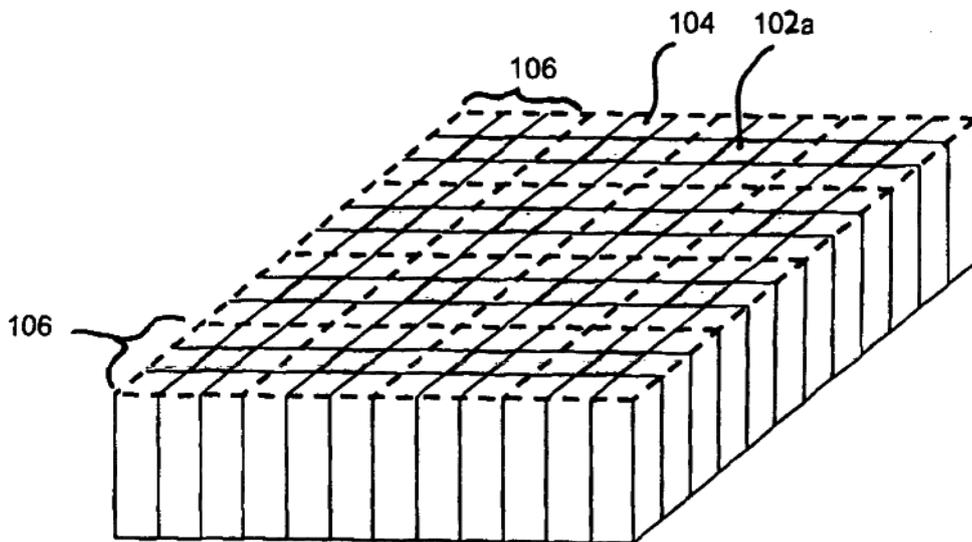
independiente a la trayectoria de flujo de al menos algunas de dichas zonas de herramienta (106); y

que comprende controlar de manera activa los medios de calentamiento y de enfriamiento (114) para regular la transferencia de calor hacia dentro y hacia fuera del artículo en cada zona de herramienta (106) en cualquier momento particular en todo el proceso de moldeo activando de manera selectiva los calentadores en línea con el fin de pasar de un fluido de enfriamiento a un fluido de calentamiento.

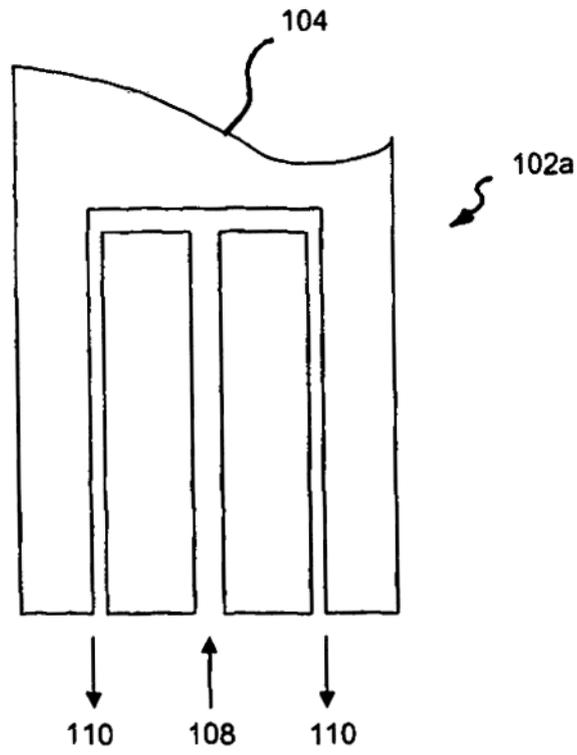
- 5
10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además:
- 10 detectar una propiedad del artículo en cada zona de herramienta y producir señales indicativas de dicha propiedad detectada en cada zona de herramienta.
11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que dicho sistema de control recibe dichas señales indicativas de dicha propiedad y controla los medios de calentamiento y de enfriamiento en respuesta a dicha señal para calentar o enfriar dichas zonas de herramienta.
- 15
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que la propiedad detectada es una de las siguientes: temperatura, constante dieléctrica y dureza.
- 20
13. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende regular la transferencia de calor hacia dentro y hacia fuera del artículo para producir, dentro de una tolerancia predeterminada, propiedades de material específicas en el artículo acabado.
- 25
14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que las propiedades específicas del material de artículo se controlan individualmente dentro de zonas de herramienta específicas (106).
- 30
15. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende además proporcionar un sensor (120) para detectar una propiedad de material de dicho material de artículo antes del inicio del proceso de moldeo y proporcionar una señal indicativa de dicha propiedad a dicho controlador antes del inicio del proceso de moldeo, y en el que el controlador modifica el control de dichos medios de calentamiento y de enfriamiento durante el proceso de moldeo en respuesta a dicha propiedad de material detectada antes del inicio del proceso de moldeo.



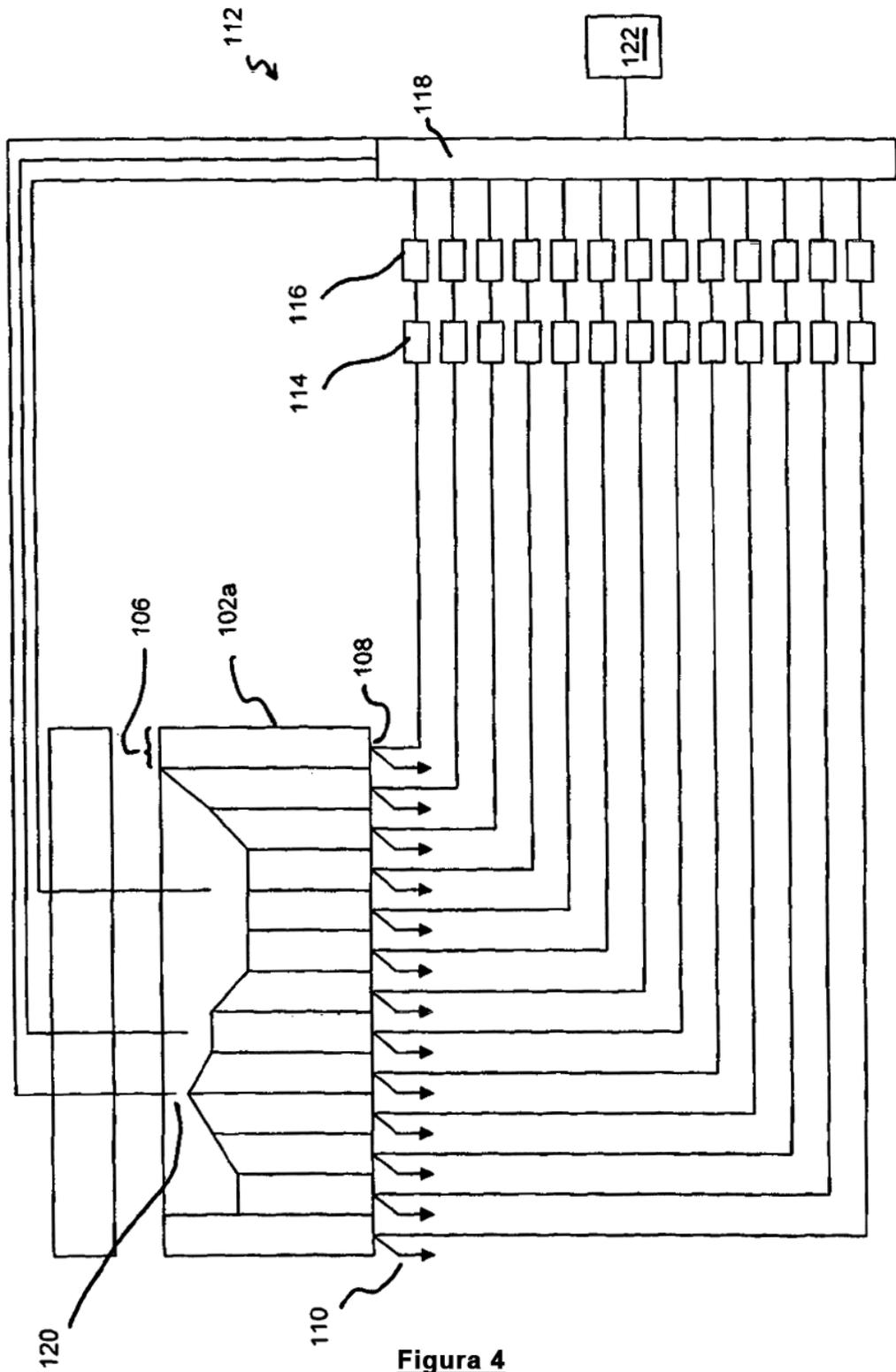
**Figura 1**



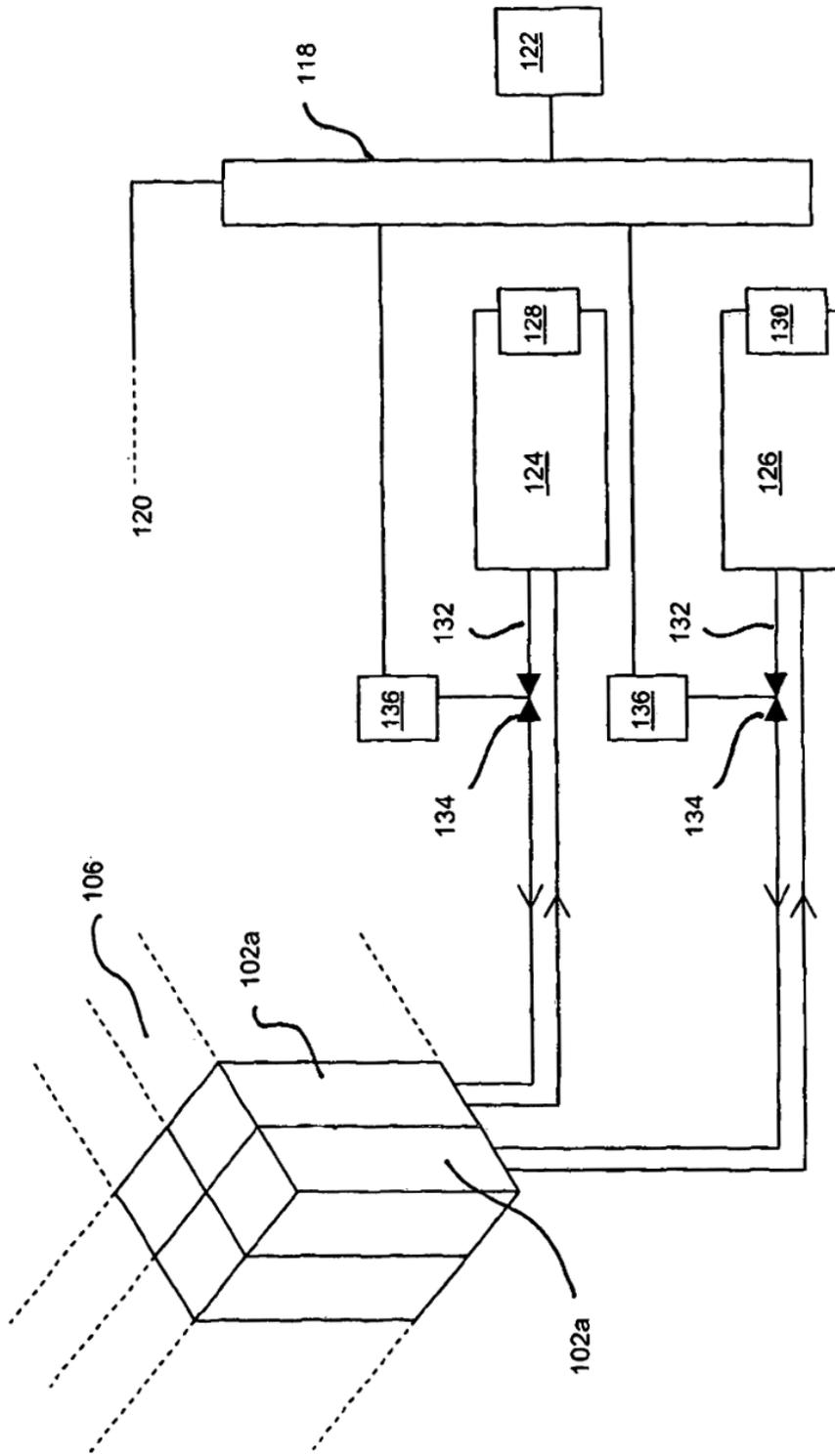
**Figura 2**



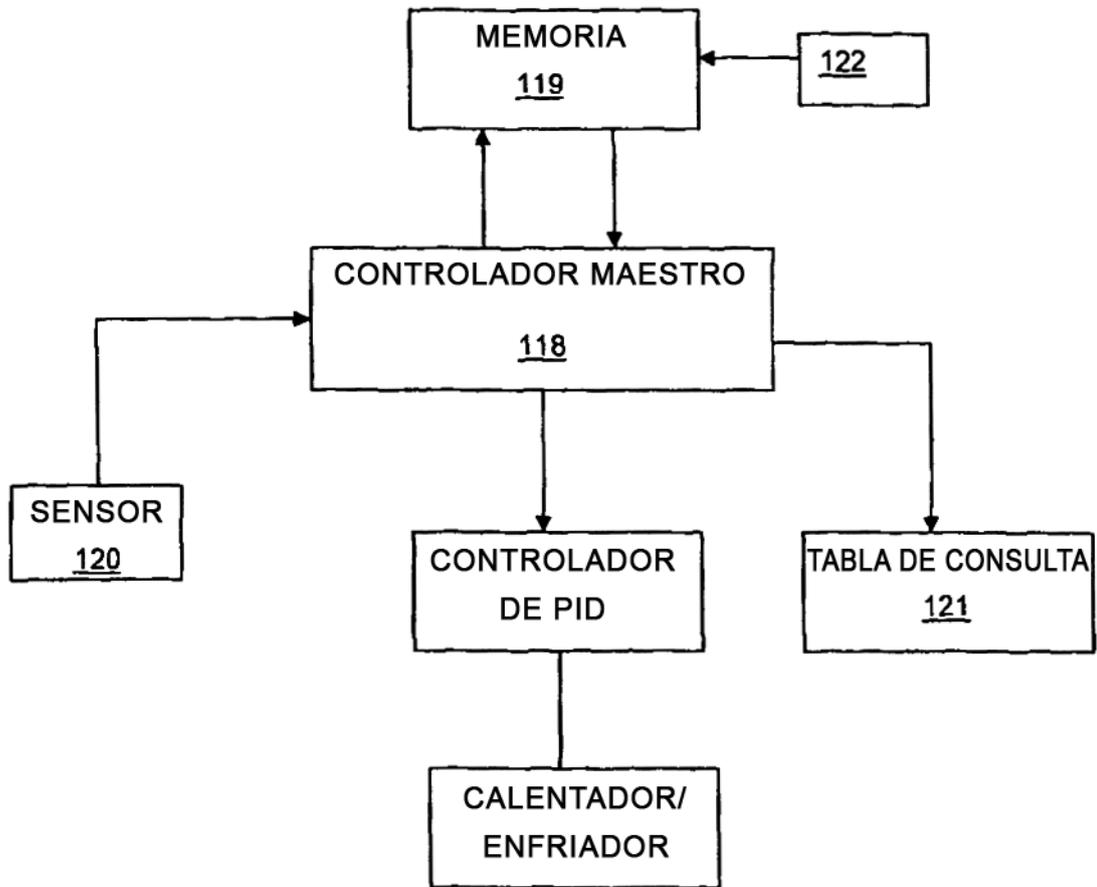
**Figura 3**



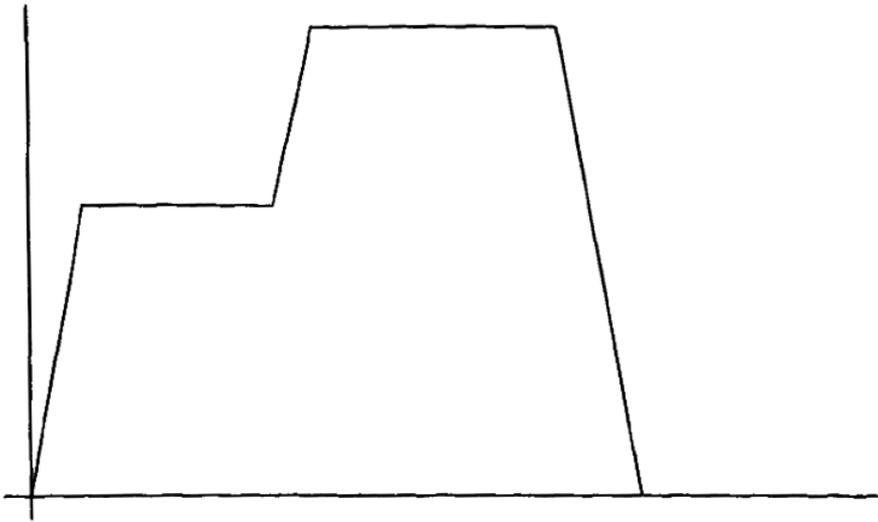
**Figura 4**



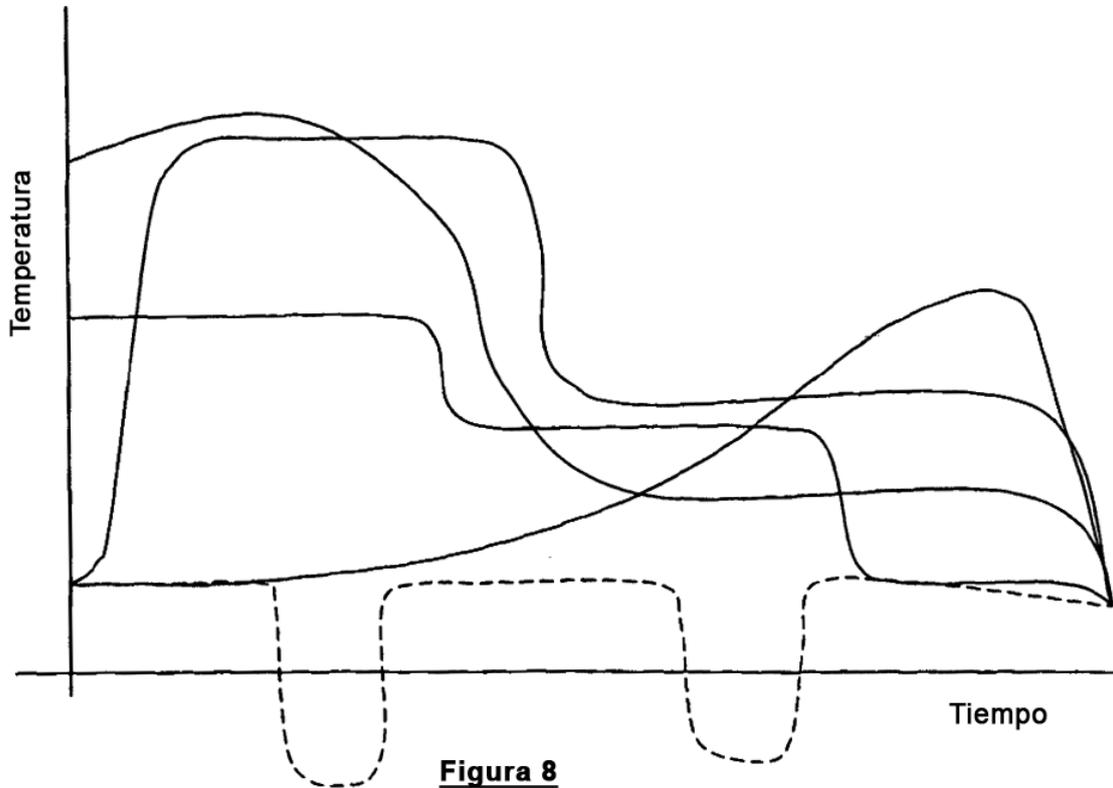
**Figura 5**



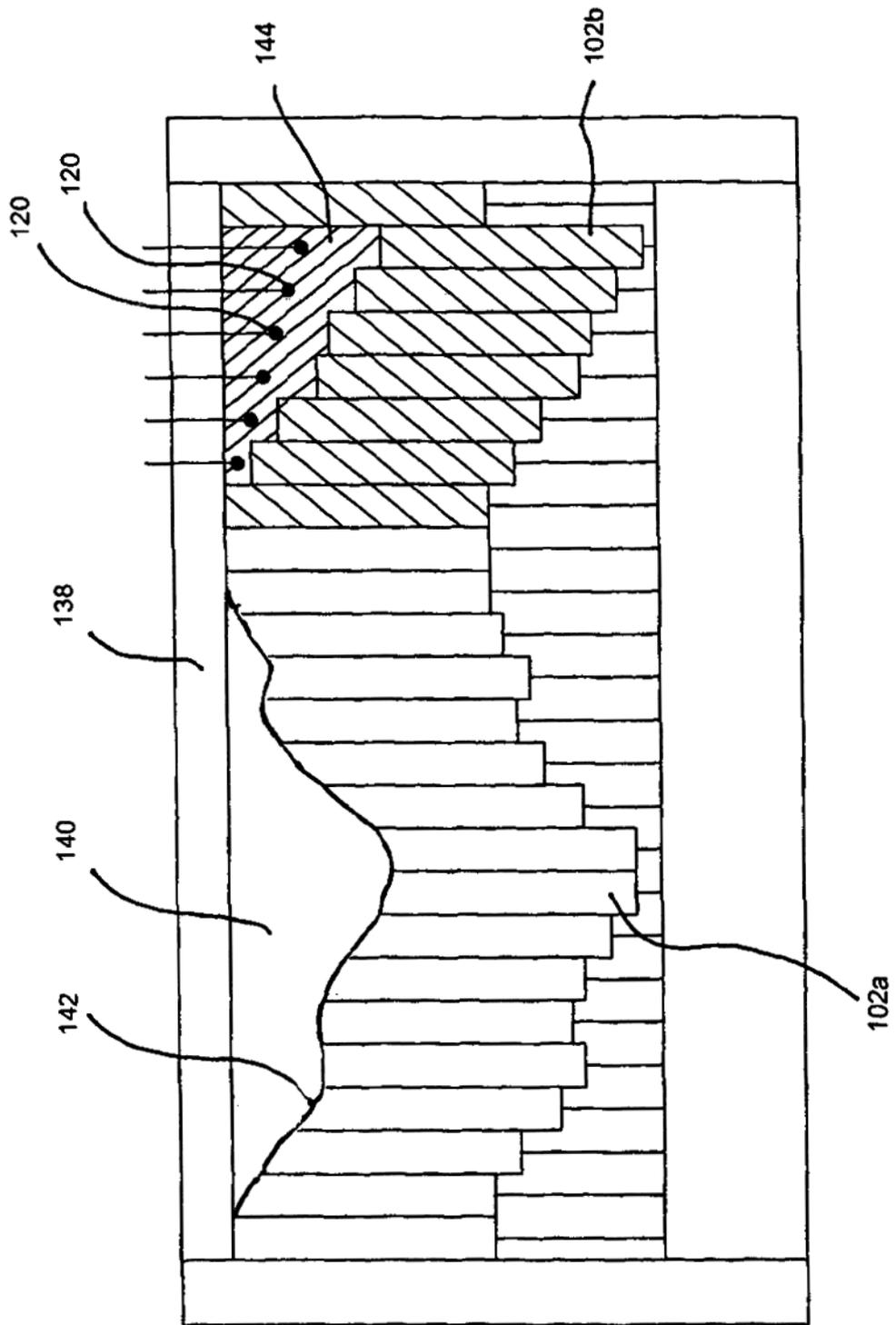
**Figura 6**



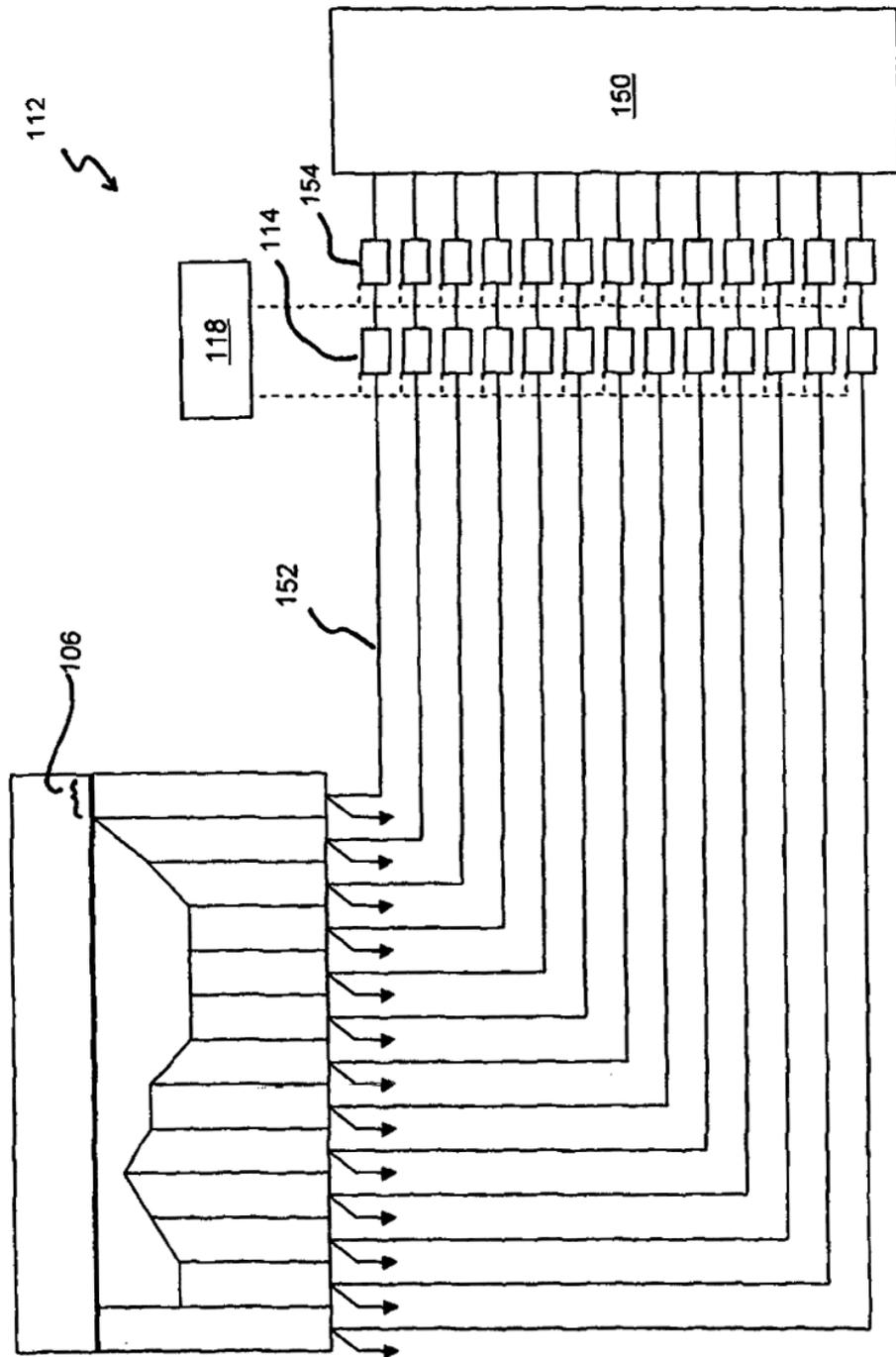
**Figura 7**



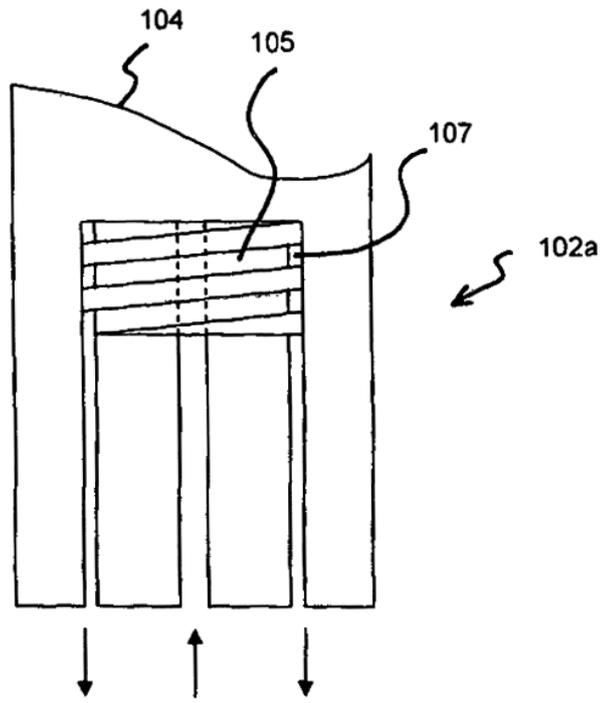
**Figura 8**



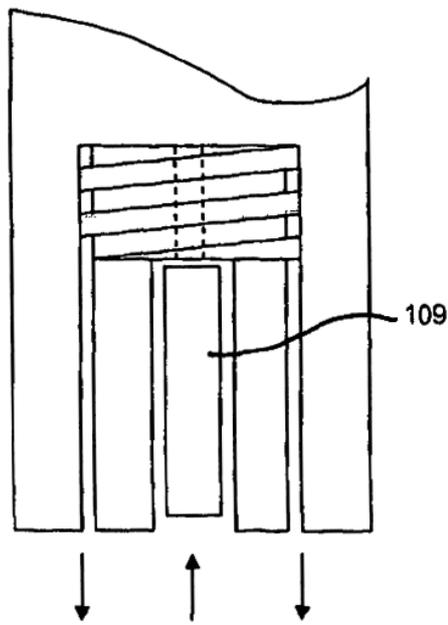
**Figura 9**



**Figura 10**



**Figura 11**



**Figura 12**