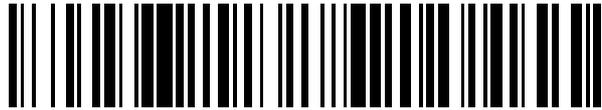


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 467 112**

51 Int. Cl.:

C09K 3/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2009 E 09825510 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 2350223**

54 Título: **Método de formación de un cierre hermético termoplástico de diámetro grande**

30 Prioridad:

07.11.2008 US 112421 P

21.11.2008 US 116901 P

03.04.2009 US 166543 P

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

11.06.2014

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN PERFORMANCE PLASTICS
CORPORATION (100.0%)**

**1199 Chillicothe Road
Aurora, OH 44202, US**

72 Inventor/es:

VAIDEESWARAN, KARTHIK;

SOUSA, JOSE R.;

GHALAMBOR, HAMID REZA;

CLARK, SARAH L.;

CELIK, CEYHAN;

HILDRETH, JR., GARY CHARLES y

JOSHI, HELINA

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 467 112 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

Método de formación de un cierre hermético termoplástico de diámetro grande

CAMPO DE LA DESCRIPCIÓN

5 En general, esta descripción se refiere a cierres herméticos termoplásticos, y en particular a cierres herméticos termoplásticos de diámetro grande.

ANTECEDENTES

El documento US 6 123 891 describe un método de formación de un anillo de cierre hermético.

10 De manera creciente, varias industrias se están enfocando hacia los equipos a gran escala para cumplir las demandas operacionales. A medida que la industria desarrolla equipos a gran escala, busca componentes a gran escala, tales como cierres herméticos y o-anillos. Con frecuencia, el equipo a gran escala se encuentra ubicado en entornos agrestes y lejanos, lo que aumenta la demanda de cierres herméticos duraderos y resistentes. Por ejemplo, a medida que la industria de petróleo y gas persigue las perforaciones en aguas profundas, aumenta la escala de los equipos usados y, como resultado de ello, aumenta la demanda de productos a gran escala, más duraderos que puedan soportar los entornos agrestes. No obstante, los métodos convencionales para la formación de cierres herméticos termoplásticos no producen cierres herméticos de gran diámetro que tengan propiedades mecánicas deseables.

15 Un método convencional incluye el moldeo por compresión. Los cierres herméticos por compresión convencionales tienen propiedades mecánicas pobres, tales como bajo estiramiento hasta rotura. Como resultado de ello, los cierres herméticos formados a través de las técnicas convencionales de moldeo por compresión tienen baja durabilidad y pobre rendimiento.

20 Otras técnicas convencionales limitan el tamaño de los cierres herméticos que se pueden fabricar y tienden a producir una cantidad significativa de residuo. Por ejemplo, se pueden cortar los cierres herméticos circulares a partir de una lámina sometida a extrusión de material termoplástico, lo que deja una cantidad significativa de material residual. Además, el tamaño de los cierres herméticos se encuentra limitado por la lámina de material termoplástico.

25 Como tal, sería deseable un nuevo método de formación de un cierre hermético.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente descripción se puede comprender mejor, y sus numerosas características y ventajas serán evidentes para los expertos en la técnica haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

La Fig 1 y la Fig. 2 incluyen ilustraciones de cierres herméticos ejemplares.

30 La Fig. 3 y la Fig. 4 incluyen diagramas de bloque de métodos ejemplares para la formación de cierres herméticos.

La Fig. 5 incluye una ilustración de un dispositivo de conformación.

La Fig. 6 incluye una ilustración de un dispositivo de calentamiento ejemplar.

La Fig. 7 incluye una ilustración de un patrón ejemplar para corte.

La Fig. 8 incluye una ilustración de una varilla termoplástica ejemplar.

35 La Fig. 9 incluye una ilustración de un material ejemplar sometido a extrusión.

La Fig. 10 incluye una ilustración de un dispositivo de soldadura ejemplar.

El uso de los mismos símbolos de referencia en diferentes dibujos indica elementos idénticos o similares.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

40 En una realización particular, un método para formar un anillo de cierre hermético incluye calentar una varilla sometida a extrusión, unir los extremos de la varilla sometida a extrusión para formar un anillo semi-terminado, y recocer el anillo semi-terminado. El anillo semi-terminado se puede someter a maquinizado o se puede procesar de manera adicional para formar un anillo de cierre hermético, un anillo de respuesto u otro dispositivo de cierre hermético, denominados de forma colectiva como anillos de cierre hermético en la presente memoria. En un ejemplo, la unión de los extremos de la varilla sometida a extrusión incluye soldar los extremos de la varilla sometida a extrusión por medio de fusión de los extremos y presión de los extremos juntos. En particular, el calentamiento de las varillas sometidas a extrusión incluye calentar las varillas hasta una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea. Por ejemplo, las varillas sometidas a extrusión se pueden calentar hasta un índice térmico dentro

del intervalo de 0,65 a 0,999. En otro ejemplo, se somete a recocido el anillo semi-terminado a una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea durante un período de al menos dos horas.

En otra realización ejemplar, el anillo de cierre hermético incluye un material termoplástico sometido a extrusión que tiene un estiramiento hasta rotura de soldadura de al menos 5 % de acuerdo con la especificación de ensayo ASTM D638. El anillo de cierre hermético tiene una circunferencia de al menos 1,5 metros. Por ejemplo, el anillo de cierre hermético tiene un diámetro de al menos 1,3 metros. En un ejemplo, el anillo de cierre hermético incluye al menos una soldadura. En un ejemplo particular, el material termoplástico sometido a extrusión incluye un material termoplástico que tiene una temperatura de transición vítrea mayor que 100 °C. En otro ejemplo, el material termoplástico sometido a extrusión tiene un coeficiente de fricción no mayor que 0,45. Además, el material termoplástico puede tener una resistencia de tracción con un rendimiento de al menos 3100 psi (21,4 MPa).

Como se ilustra en la Figura 1, un anillo 100 de cierre hermético puede incluir una varilla termoplástica 102. En un ejemplo, la varilla termoplástica es una varilla termoplástica sometida a extrusión, tal como una varilla fundida sometida a extrusión. En particular, la varilla termoplástica sometida a extrusión no es pasta sometida a extrusión. Alternativamente, la varilla 102 puede ser una varilla moldeada por compresión. Los extremos de la varilla termoplástica 102 se pueden unir por medio de una soldadura 104. En otra realización ilustrada en la Figura 2, un anillo 200 de cierre hermético puede incluir varillas termoplásticas 202 y 204. Las varillas termoplásticas 202 y 204 se pueden unir en sus extremos en las soldaduras 206 y 208. Aunque los métodos descritos en la presente memoria generalmente se describen con relación a anillos de cierre hermético formados a partir de una varilla doblada individual, se pueden ampliar los métodos a anillos de cierre hermético formados a partir de más de una varilla termoplástica, por ejemplo, 2, 3, 4 ó más varillas sometidas a extrusión.

La Figura 3 incluye una ilustración de un método ejemplar 300 para formar un anillo de cierre hermético. El método incluye calentar una varilla termoplástica sometida a extrusión, como se ilustra en 302. Alternativamente, la varilla puede ser una varilla moldeada por compresión. La varilla termoplástica puede estar formada por un material termoplástico, tal como un polímero termoplástico de alto rendimiento o sometido a estudio técnico. Por ejemplo, el material termoplástico puede incluir un polímero, tal como una policetona, poliaramida, un poliimida termoplástica, una poliéterimida, un poli(sulfuro de fenileno), una poliétersulfona, una polisulfona, una polifenilén sulfona, una poliamidoimida, polietileno de peso molecular ultra elevado, un fluoropolímero termoplástico, una poliamida, un polibencimidazol, un polímero de cristal líquido o cualquiera de sus combinaciones. En un ejemplo, el material termoplástico incluye una policetona, una poliaramida, una poliimida, una poliéterimida, una poliamidoimida, un poli(sulfuro de fenileno), un fluoropolímero, un polibencimidazol, uno de sus derivados o una de sus combinaciones. En un ejemplo particular, el material termoplástico incluye un polímero, tal como una policetona, una poliimida termoplástica, una poliéterimida, un poli(sulfuro de fenileno), una poliéter sulfona, una polisulfona, una poliamidoimida, uno de sus derivados o una de sus combinaciones. En otro ejemplo, el material termoplástico incluye policetona, tal como poliéter éter cetona (PEEK), poliéter cetona, poliéter cetona cetona, poliéter cetona éter cetona cetona o uno de sus derivados o una de sus combinaciones. Un ejemplo de fluoropolímero termoplástico incluye etileno propileno fluorado (FEP), politetrafluoroetileno (PTFE), poli(fluoruro de vinilo) (PVDF), perfluoroalcoxi (PFA), un terpolímero de tetrafluoroetileno, hexafluoropropileno y fluoruro de vinilideno (THV), policlorotrifluoroetileno (PCTFE), copolímero de etileno y tetrafluoroetileno (ETFE), copolímero de etileno y clorotrifluoroetileno (ECTFE) o cualquiera de sus combinaciones. Un polímero de cristal líquido ejemplar incluye polímeros de poliéster aromáticos, tales como los descritos en XYDAR® (Amoco), VECTRA® (Hoechst Celanese), SUMIKOSUPER™ o EKONOL™ (Sumitomo Chemical), DuPont HX™ o DuPont ZEMTE™ (E.I. DuPont de Nemours), RODRUN™ (Unitika), GRANLAR™ (Grandmont) o cualquiera de sus combinaciones. En un ejemplo adicional, el polímero termoplástico puede ser un polietileno de peso molecular ultra elevado. Se puede usar polietileno de peso molecular ultra elevado en este proceso aunque su temperatura de transición vítrea sea de aproximadamente -160 °C.

El material termoplástico también puede incluir un material de relleno, tal como un lubricante sólido, un material de relleno cerámico o mineral, un material de relleno polimérico, un material de relleno de fibra, un material de relleno de material particulado metálico o cualquiera de sus combinaciones. Un lubricante sólido ejemplar incluye politetrafluoroetileno, sulfuro de molibdeno, disulfuro de tungsteno, grafito, grafito expandido, nitruro de boro, talco, fluoruro de calcio, fluoruro de cerio o cualquiera de sus combinaciones. Un material mineral o cerámico ejemplar incluye alúmina, sílice, dióxido de titanio, fluoruro de calcio, nitruro de boro, mica, volastonita, carburo de silicio, nitruro de silicio, circonia, negro de carbono, pigmentos o cualquiera de sus combinaciones. Un material de relleno polimérico ejemplar incluye poliimida, polímeros de cristal líquido tales como poliéster Ekonol®, polibencimidazol, politetrafluoroetileno, cualquiera de los polímeros termoplásticos listados anteriormente, o cualquiera de sus combinaciones. Una fibra ejemplar incluye fibras de nailon, fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de poliacrilonitrilo, fibras de poliamida, fibras de politetrafluoroetileno, fibras de basalto, fibras de grafito, fibras cerámicas o cualquiera de sus combinaciones. Metales ejemplares incluyen bronce, cobre, acero inoxidable o cualquiera de sus combinaciones. Una sal ejemplar incluye un sulfato, un sulfuro, un fosfato o cualquiera de sus combinaciones.

En una realización ejemplar, la varilla puede estar formada por un material compuesto sometido a extrusión. Por ejemplo, el material compuesto puede estar formado por una matriz de material termoplástico y un material de relleno. En un ejemplo particular, la carga es un lubricante sólido. En otro ejemplo, el material de relleno incluye un fluoropolímero. En otro ejemplo, el material de relleno incluye una combinación de lubricante sólido y fluoropolímero.

En una realización, el material compuesto incluye una matriz de policetona, tal como un PEEK, e incluye un material de relleno de lubricante sólido. En otra realización ejemplar, el material compuesto incluye una matriz de policetona, tal como un PEEK, e incluye un material de relleno de carbono que puede estar seleccionado entre grafito, negro de carbono, fibra de carbono y cualquiera de sus combinaciones.

5 En otra realización, la varilla puede estar formada parcialmente por un material compuesto y puede estar parcialmente formada por un material que no está relleno. Como se ilustra en la Figura 8, una varilla 900 puede incluir una parte central 902 formada por un material compuesto y puede incluir partes terminales 904 y 906 formadas por un polímero que no está relleno. Por ejemplo, la parte central 902 puede ser un polímero relleno, tal como un material de PEEK relleno con PTFE, y las partes terminales 904 y 906 pueden estar formadas por un polímero que no está relleno, tal como PEEK puro. En una realización particular, se puede formar una varilla, tal como la varilla 900 de la Figura 8, a partir de un material sometido a extrusión que tiene una composición que cambia a lo largo del eje longitudinal. Por ejemplo, la Figura 9 incluye una ilustración de un material 1000 sometido a extrusión que incluye partes 1002 de material compuesto y partes 1004 que no están rellenas. En un ejemplo, el material 1000 sometido a extrusión se puede cortar en partes 1004 que no están rellenas para formar una varilla, tal como la varilla 900 de la Figura 8. En un ejemplo particular, el material 1000 sometido a extrusión puede estar formado por medio de extrusión de dos materiales a través de una boquilla sencilla y variando la velocidad de extrusión de los dos materiales de manera opuesta.

En un ejemplo, el calentamiento de la varilla sometida a extrusión incluye calentar la varilla sometida a extrusión hasta una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea del material termoplástico de la varilla. En particular, la varilla termoplástica se puede calentar hasta una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea, pero menor que el punto de fusión del material termoplástico. Por ejemplo, la varilla termoplástica sometida a extrusión se puede calentar hasta un índice de rotura dentro del intervalo de 0,60 a 0,999. El índice térmico es una proporción de la temperatura a la cual se calienta el material dividido entre el punto de fusión. En otro ejemplo, el índice térmico puede estar dentro de un intervalo de 0,70 a 0,999, tal como un intervalo de 0,8 a 0,999, o incluso un intervalo de 0,9 a 0,99.

En un ejemplo, el material termoplástico tiene un punto de fusión de al menos 250 °C. Por ejemplo, el material termoplástico puede tener un punto de fusión de al menos 300 °C, tal como al menos 320 °C. Además, el material termoplástico puede tener una temperatura de transición vítrea de al menos 100 °C, tal como al menos 125 °C o incluso al menos 145 °C. La excepción a esto es polietileno de peso molecular ultra elevado que tiene una temperatura de transición vítrea de -160 °C y un punto de fusión de 135 °C.

Volviendo a la Figura 3, una vez calentada, la varilla termoplástica sometida a extrusión se dobla, como se ilustra en 304. Por ejemplo, aunque la varilla termoplástica está a una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea, se puede doblar la varilla con la forma deseada. En un ejemplo, la varilla se puede aplicar entre un sistema de tres rodillos. En otro ejemplo, la varilla se puede doblar y colocar en el interior de un molde. En un ejemplo adicional, la varilla se puede fijar a un molde circular y se puede doblar a través de la rotación del molde. La Figura 5 describe un mecanismo ejemplar para doblar la varilla termoplástica, descrito con más detalle a continuación.

En un ejemplo particular, la varilla es una varilla recta. Además, la varilla puede tener un corte transversal, tal como un corte transversal circular o un corte transversal poligonal. En un ejemplo, el corte transversal es un corte transversal poligonal, tal como un polígono con al menos cuatro lados. En particular, el polígono puede ser un rectángulo o un cuadrado. Como alternativa al calentamiento y el doblado, se puede someter a extrusión una varilla sometida a extrusión en la forma de un arco y los extremos del arco se pueden unir para formar un dispositivo de cierre hermético. En otra alternativa, los arcos se pueden cortar a partir de láminas del material, tal como láminas sometidas a extrusión o láminas moldeadas por compresión, y los extremos del arco se pueden unir.

Una vez doblados, los extremos de la varilla se unen, como se ilustra en 306 de la Figura 3. Por ejemplo, el primer y segundo extremos de una varilla se pueden unir juntos. En otro ejemplo, se pueden unir los extremos de la varilla a los respectivos extremos de otra varilla u otras varillas. Se pueden unir los extremos de la varilla a través de soldadura caliente en masa fundida, moldeo por inyección, adhesivo, soldadura ultrasónica o cualquiera de sus combinaciones. En un ejemplo particular, los extremos de la varilla se unen por medio de soldadura caliente en masa fundida. Por ejemplo, la soldadura caliente en masa fundida puede incluir aplicar una fuente de calor a los extremos de la varilla para fundir las partes de la varilla en posición proximal a los extremos y una vez fundidas, presionar los extremos juntos. En dicho ejemplo, los extremos de la varilla se funden sin fundir la varilla completa.

Una vez que se ha producido la unión, la varilla sometida a extrusión forma un anillo semi-terminado. El anillo semi-terminado se puede recocer, como se ilustra en 308. En un ejemplo, el anillo semi-terminado se somete a recocido a una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea del material termoplástico. El anillo semi-terminado se somete a recocido durante un período de al menos 2 horas. El anillo semi-terminado puede además someterse a maquinizado o se puede procesar para formar un anillo de cierre hermético.

En otra realización, la Figura 4 ilustra un método ejemplar 400 que incluye calentar la varilla sometida a extrusión, como se ilustra en la Figura 402. Por ejemplo, la varilla sometida a extrusión puede incluir un material termoplástico, tal como PEEK. La varilla puede ser una varilla recta. En un ejemplo, el PEEK puede tener un punto de fusión de

aproximadamente 343 °C. La varilla sometida a extrusión se puede calentar hasta una temperatura dentro de un intervalo de 200 °C a 342 °C. En un ejemplo particular, la varilla sometida a extrusión se calienta en un horno de aire caliente.

5 Una vez calentada, la varilla sometida a extrusión se puede doblar, como se ilustra en 404. Por ejemplo, mientras la varilla termoplástica está a una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea, preferentemente con un índice térmico dentro del intervalo de 0,6 a 0,999, la varilla se dobla. En un ejemplo particular, la varilla se puede insertar en el interior de una máquina de conformación, tal como la máquina que se ilustra en la Figura 5, y se dobla para dar lugar a la forma deseada.

10 Por ejemplo, la Figura 5 incluye una ilustración de una máquina de conformación 500 ejemplar. La máquina de conformación 500 incluye un molde circular 502 que pivota alrededor de un eje 503. Alrededor de la circunferencia del molde circular 502 hay una ranura 504 para encajar el artículo 506. En particular, el artículo 506 se puede fijar a la ranura por medio del elemento de sujeción 508. Además, la máquina de conformación 500 puede incluir un conjunto de rodillos 510 distribuidos alrededor de la circunferencia del molde circular 502. Se puede unir un eje de un rodillo 510 a bolas de cojinete que recorren las trayectorias 512 o varillas guía. Por consiguiente, los rodillos 510 se pueden encajar con el molde circular 502 o se pueden desencajar y mover fuera del molde circular 502.

15 Durante el uso, el elemento de fijación 508 fija el artículo 506 al molde circular 502. El molde circular 502 rota y el elemento de fijación 508 rota con el molde circular 502, moviendo el artículo 506 alrededor de la circunferencia del molde circular 502 y hasta el interior del ranura 504. A medida que el elemento de fijación 508 se mueve a través de un rodillo 510, el rodillo 510 se encaja en el artículo 506 y el molde circular 502, aplicando una fuerza radial sobre el artículo 506. Por consiguiente, el artículo 506 se conforma para dar lugar a una estructura de arco que se puede usar para formar un anillo de cierre hermético. En otro ejemplo, el molde circular 502 se puede someter a tratamiento térmico para calentar de forma conductiva el artículo 506. En otro ejemplo, el doblado se puede llevar a cabo en un medio caliente, tal como un horno.

20 Volviendo a la Figura 4, se dejar enfriar la varilla doblada sometida a extrusión, como se ilustra en 406. Por ejemplo, se puede enfriar la varilla doblada sometida a extrusión hasta una temperatura por debajo de una temperatura de transición vítrea. En particular, se puede dejar enfriar la varilla doblada sometida a extrusión hasta una temperatura próxima a temperatura ambiente. En un ejemplo, se enfría la varilla doblada con convección forzada. Posteriormente, se puede retirar la varilla doblada del molde.

25 En un ejemplo, el espesor del corte transversal de la varilla sometida a extrusión, que se convierte en el espesor radial una vez doblada, puede ser menor que 1/5 o 20 % del diámetro exterior de un círculo definido por medio del arco de la varilla doblada sometida a extrusión. Por ejemplo, el diámetro exterior del círculo que incluye un arco definido por la varilla doblada puede ser de al menos 5 veces el espesor radial de la varilla, tal como al menos 10 veces el espesor radial, o incluso al menos 20 veces el espesor radial. En una realización particular, el espesor radial es de al menos 25,4 mm (1 pulgada), tal como de al menos 50,8 mm (2 pulgadas).

30 El corte transversal de la varilla sometida a extrusión puede estar dentro de la forma de un círculo o en la forma de un polígono. En particular, el polígono puede tener al menos tres lados, tal como al menos cuatro lados. En un ejemplo, el polígono tiene un corte transversal de cuatro lados, tal como un rectángulo o un cuadrado. En un ejemplo particular, el área de corte transversal de la varilla es de al menos 6,45 cm² (1 pulgada cuadrada), tal como de al menos 12,90 cm² (2 pulgadas cuadradas) o incluso al menos 19,40 cm² (3 pulgadas cuadradas). Además, el área de corte transversal puede que no sea mayor que 323 cm² (50 pulgadas cuadradas).

35 En la preparación para unir los extremos de la varilla, la varilla se puede secar de manera opcional, como se ilustra en 408. Por ejemplo, la varilla se puede calentar hasta una temperatura mayor de 100 °C. En un ejemplo particular, la varilla se puede calentar hasta una temperatura de al menos aproximadamente 110 °C, tal como al menos 130 °C, o incluso al menos aproximadamente 145 °C, durante un período de al menos una hora, tal como al menos dos horas, o incluso tres horas o más. Alternativamente, se puede retirar la varilla del molde en estado caliente, pero por debajo de su temperatura de transición vítrea. Mientras la varilla está caliente, se pueden unir los extremos, tal como a través de un proceso de soldadura en masa fundida descrito anteriormente, que sirve para mantener la varilla en condición seca sin una etapa de secado adicional.

40 Una vez secos, se pueden unir los extremos de la varilla sometida a extrusión tal como por medio de soldadura en masa fundida. En un ejemplo, se funden los extremos de la varilla, como se ilustra en 410, y se presionan juntos, como se ilustra en 412, para formar un anillo semi-terminado. En un ejemplo, los extremos se funden usando una fuente de calor. Por ejemplo, la fuente de calor puede ser una fuente de calor de contacto en la que ambos extremos se ponen en contacto con la fuente de calor y se funden por medio de conducción. En un ejemplo, la fuente de calor de contacto es una placa caliente lisa. En otro ejemplo, la fuente de calor puede ser una fuente de calor que no es de contacto, tal como una fuente de calor radiante o una fuente de calor convectiva. Alternativamente, los extremos se pueden unir usando técnicas, tales como técnicas de radiofrecuencia que incluyen técnicas de microondas, técnicas inductivas, técnicas de láser o cualquiera de sus combinaciones.

La Figura 10 y la Figura 6 incluyen ilustraciones de un aparato de soldadura térmica ejemplar. Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 10, el aparato 600 de soldadura térmica puede incluir un par de fijaciones 602 y 604 para fijar los respectivos extremos 606 y 608 de una varilla termoplástica doblada. Las fijaciones 602 y 604 se pueden guiar en una trayectoria a lo largo de raíles 610 y 612 para mover los extremos 606 y 608 uno hacia el otro. Las fijaciones 602 y 604 se pueden mover a lo largo de los raíles 610 y 612 por medio de mecanismos de accionamiento 614 y 616. En un ejemplo, los mecanismos de accionamiento 614 y 616 pueden ser servo motores con células de carga para controlar la fuerza suministrada a los extremos 606 y 608. Alternativamente, los mecanismos de accionamiento 614 y 616 pueden incluir dispositivos motrices hidráulicos, electromecánicos, inductivos, neumáticos u otros. Además, el aparato de soldadura 600 puede incluir un brazo 622 que se extiende hasta un diámetro externo del anillo en una ubicación 620. El brazo 622 puede restringir el diámetro externo del anillo, por ejemplo, para generar una forma circular al contrario que una forma ovalada o de huevo. Por ejemplo, el brazo 622 puede aplicar una fuerza radial al anillo, tal como una fuerza dirigida hacia un centro radial del anillo. Alternativamente, se puede usar más que un brazo para restringir el diámetro del anillo con el fin de generar la forma deseada, tal como un anillo circular, un anillo ovalado o un anillo con forma de huevo.

El aparato 600 de soldadura en caliente puede también incluir un dispositivo de calentamiento 618. Durante el uso, el dispositivo de calentamiento 618 se puede mover al interior de la trayectoria de los extremos 606 y 608. En el caso de un dispositivo de calentamiento por contacto, los extremos 606 y 608 se pueden mover para que entren en contacto con cualquier lado del dispositivo de calentamiento 618 con el fin de fundir los extremos 606 y 608. En otro ejemplo, el dispositivo de calentamiento 618 puede ser un dispositivo de calentamiento que no es de contacto. La Figura 6 ilustra un dispositivo de calentamiento ejemplar que no es de contacto. Por ejemplo, el dispositivo 700 de calentamiento que no es de contacto puede incluir una fuente térmica 702, tal como una fuente térmica radiante o una fuente térmica convectiva. En una realización, la fuente térmica 702 se separa de los extremos 606 y 608 por medio de una placa 708. Los extremos se colocan cerca de la placa 708 y se calientan para formar un área fundida con una interfaz plana entre las partes fundida y no fundida de los extremos 606 y 608. En un ejemplo, la placa 708 no incluye una abertura o cavidad. En una realización ilustrada, de manera opcional, el dispositivo 700 de calentamiento que no es de contacto puede incluir una cavidad o abertura. Opcionalmente, el dispositivo de calentamiento 700 puede incluir un reborde 706 que rodea la cavidad o abertura 704. Se puede ubicar una cavidad o abertura similar a la de la cavidad o abertura 704 en el lado opuesto del dispositivo de calentamiento 700. Alternativamente, se puede usar más que una fuente de calor con una cavidad o abertura para fundir los extremos 606 y 608.

Durante el uso, se pueden colocar los extremos 606 y 608 cerca de la placa 708 o, si está presente, se pueden insertar opcionalmente en el interior de una cavidad o abertura 704 del dispositivo de calentamiento 700. Los extremos 606 y 608 no entran en contacto con la fuente de calor 702. Por ejemplo, se pueden disponer los extremos 606 y 608 en una posición a menos de 5 mm de la fuente de calor 702, tal como no más de 2 mm, o incluso no más que 1 mm desde la fuente de calor 702. Una vez fundidos, se extraen los extremos 606 y 608 de la cavidad o abertura 704, si está presente. Se retira el dispositivo de calentamiento 618 de la trayectoria de los rodillos 606 y 608, y se presionan los rodillos 606 y 608 juntos por medio de las fijaciones 602 y 604 movidos por los mecanismos de accionamiento 614 y 616. Se pueden usar brazos para restringir el diámetro externo del anillo durante el proceso de soldadura.

Volviendo a la Figura 4, se presionan juntos los extremos de la varilla sometida a extrusión a una presión de al menos 3,45 (50 psi). Por ejemplo, la presión puede ser de al menos 5,17 bar (75 psi), tal como al menos 6,89 bar (100 psi). En una realización particular, el uso de una fuente de calor que no es de contacto y presiones deseables tiene como resultado una soldadura esencialmente libre de huecos que tiene una resistencia deseable y durabilidad. Por ejemplo, se pueden presionar juntos los extremos con la fuerza suficiente para someter a extrusión una parte del material entre los extremos de la varilla. En un ejemplo, se funde una parte suficiente de ambos extremos de la varilla y se presionan juntos los extremos de la varilla con la fuerza suficiente para someter a extrusión el material equivalente a al menos 3,18 mm (1/8") de la varilla por cada 6,52 cm² (1 pulgada cuadrada) de corte transversal de la varilla. Por ejemplo, se pueden presionar los extremos juntos para someter a extrusión al menos 6,35 mm (1/4") de la varilla por cada 6,45 cm² (1 pulgada cuadrada) de corte transversal de la varilla, tal como al menos 12,7 mm (1/2") de la varilla por cada 6,45 cm² (1 pulgada cuadrada) de corte transversal de la varilla. El mantenimiento de una presión en la masa fundida más elevada que el entorno circundante durante la soldadura puede reducir los huecos. Otros métodos para mantener una presión elevada incluyen rebajar la presión circundante por medio de soldadura en un entorno de vacío o restringir la capacidad del material en masa fundida para experimentar extrusión entre los extremos fundidos a medida que experimentan una fuerza de empuje de manera conjunta. En particular, dichos métodos proporcionan una soldadura libre de huecos, definida como una soldadura libre de huecos que tiene una dimensión más larga mayor que 0,4 mm.

Una vez soldado, el anillo semi-terminado se puede recocer, como se ilustra en 414. Por ejemplo, se puede recocer el anillo semi-terminado a una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea del material termoplástico sometido a extrusión durante un período de al menos dos horas, tal como al menos cuatro horas, o incluso al menos seis horas. En un ejemplo particular, se puede secar el anillo semi-terminado, por ejemplo, a una temperatura mayor que 100 °C, tal como una temperatura mayor que 120 °C, durante un período de al menos una hora, tal como al menos dos horas. Se puede elevar la temperatura hasta la temperatura de recocido a una tasa dentro del intervalo de 5 °C por hora a 15 °C por hora, tal como de 8 °C por hora a 120 °C por hora. En particular, la temperatura de

- recocido puede ser de al menos 1,2 veces la temperatura de transición vítrea, tal como al menos 1,5 veces, o incluso al menos 1,7 veces la temperatura de transición vítrea, con la condición de que no se supere el punto de fusión. Una vez que se ha alcanzado la temperatura de recocido, se puede mantener la temperatura durante un período de al menos dos horas, tal como al menos cuatro horas, al menos seis horas, o incluso ocho horas o más.
- 5 Posteriormente, se puede enfriar el anillo a una tasa controlada, tal como una tasa dentro del intervalo de 5 °C por hora a 15 °C por hora, tal como un intervalo de 8 °C por hora a 12 °C por hora, hasta una temperatura de menos que la temperatura de transición vítrea. Posteriormente, se puede dejar enfriar el anillo semi-terminado hasta temperatura ambiente. En un ejemplo, se deja el anillo en el horno mientras se apaga hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- 10 Como se ilustra en 416, se pueden reducir las rebabas o el flujo en masa fundida de la superficie externa tras el recocido. Por ejemplo, se pueden someter las rebabas o el flujo en masa fundida de las soldaduras a abrasión o corte en el anillo semi-terminado. Alternativamente, se pueden someter las rebabas o el flujo en masa fundida a abrasión o corte antes del recocido. Además, se puede someter el anillo semi-terminado a maquinizado para formar un anillo de cierre hermético.
- 15 Además, el método de la Figura 4 puede incluir la rebaja de los extremos de la varilla antes de la unión de los mismos. Por ejemplo, se puede cortar la varilla doblada en un arco uniforme y se puede usar el arco con otros arcos para formar un anillo de cierre hermético. La Figura 7 incluye una ilustración de molde ejemplar 800 para el corte de varillas. En un ejemplo, el molde 800 incluye una fijación 802 para fijar la varilla. Se puede asegurar la fijación 802 por medio de soportes 808. Además, el molde 800 puede incluir una ranura de corte 804 a lo largo de la cual se puede llevar a cabo el corte. Opcionalmente, el molde 800 puede incluir una ranura de distancia 806 o guía sobre la cual se puede fijar un mecanismo de corte para garantizar un corte recto a través de la ranura de corte 804. Durante el uso, se puede colocar una varilla doblada en el interior de una fijación 802. Se puede guiar un mecanismo de corte, tal como una sierra y o una rueda abrasiva rotatoria, a través de la ranura de corte 804 para formar arcos uniformes y extremos uniformes hasta los arcos.
- 20
- 25 Como resultado de ello, se pueden formar los anillos de cierre hermético con propiedades deseables de materiales termoplásticos sometidos a estudio técnico. En particular, los anillos de cierre hermético generados por medio de dichos métodos tienen propiedades mecánicas deseables además de tener un diámetro y circunferencia grandes. Por ejemplo, el método anterior es particularmente útil en la formación de anillos de cierre hermético que tienen una circunferencia de al menos 0,62 metros, tal como al menos 1,0 metros, al menos 1,5 metros, al menos 2,0 metros, al menos 4,1 metros, al menos 4,5 metros, o incluso al menos 4,8 metros. En una realización particular, se puede usar el método para formar un anillo de cierre hermético que tiene un diámetro de al menos 0,2 metros a partir de un material termoplástico. Por ejemplo, el anillo de cierre hermético puede tener un diámetro de al menos 0,47 metros, tal como al menos 1,0 metros, al menos 1,3 metros, al menos 1,45 metros, o incluso al menos 1,55 metros. Además o en una realización alternativa, el anillo de cierre hermético puede tener un diámetro no mayor que 3,0 metros.
- 30
- 35 El anillo de cierre hermético puede estar formado por un material termoplástico sometido a estudio técnico que tenga propiedades deseables. Por ejemplo, la varilla termoplástica puede estar formada por un material termoplástico, tal como un polímero termoplástico de alto rendimiento o sometido a estudio técnico. Por ejemplo, el material termoplástico puede incluir un polímero, tal como una policetona, poliaramida, un poliimida termoplástica, una poliéterimida, un poli(sulfuro de fenileno), una poliétersulfona, una polisulfona, una polifenilén sulfona, una poliamidoimida, polietileno de peso molecular ultra elevado, un fluoropolímero termoplástico, una poliamida, un polibencimidazol, un polímero de cristal líquido o cualquiera de sus combinaciones. En un ejemplo, el material termoplástico incluye una policetona, una poliaramida, una poliimida, una poliéterimida, una poliamidoimida, un poli(sulfuro de fenileno), un fluoropolímero, un polibencimidazol, uno de sus derivados o una de sus combinaciones. En un ejemplo particular, el material termoplástico incluye un polímero, tal como una policetona, una poliimida termoplástica, una poliéterimida, un poli(sulfuro de fenileno), una poliéter sulfona, una polisulfona, una poliamidoimida, uno de sus derivados o una de sus combinaciones. En otro ejemplo, el material termoplástico incluye policetona, tal como poliéter éter cetona (PEEK), poliéter cetona, poliéter cetona cetona, poliéter cetona éter cetona cetona o uno de sus derivados o una de sus combinaciones. Un ejemplo de fluoropolímero termoplástico incluye etileno propileno fluorado (FEP), politetrafluoroetileno (PTFE), poli(fluoruro de vinilo) (PVDF), perfluoroalcoxi (PFA), un terpolímero de tetrafluoroetileno, hexafluoropropileno y fluoruro de vinilideno (THV), policlorotrifluoroetileno (PCTFE), copolímero de etileno tetrafluoroetileno (ETFE), copolímero de etileno y clorotrifluoroetileno (ECTFE) o cualquiera de sus combinaciones. Un polímero de cristal líquido ejemplar incluye polímeros de poliéster aromáticos, tal como los disponibles con los nombres comerciales de XYDAR® (Amoco), VECTRA® (Hoechst Celanese), SUMIKOSUPER™ o EKONOL™ (Sumitomo Chemical), DuPont HX™ o DuPont ZENITE™ (E.I. DuPont de Nemours), RODRUN™ (Unitika), GRANLAR™ (Grandmont) o cualquiera de sus combinaciones. En un ejemplo adicional, el polímero termoplástico puede ser un polietileno de peso molecular ultra elevado. Además, el anillo de cierre hermético puede estar formado por un material compuesto que incluye un material termoplástico y un material de relleno, tal como un fluoropolímero, un lubricante sólido, o una de sus combinaciones.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60 El material termoplástico puede tener un punto de fusión de al menos 250 °C. Por ejemplo, el punto de fusión puede ser de al menos 300 °C, tal como de al menos 320 °C. Además, el material termoplástico puede tener, de manera deseable, una temperatura de transición vítrea elevada, tal como una temperatura de transición vítrea de al menos 100 °C. Por ejemplo, la temperatura de transición vítrea puede ser de al menos 125 °C, tal como al menos 145 °C.

En un ejemplo adicional, el anillo de cierre hermético puede tener un coeficiente de fricción no mayor que 0,45. Por ejemplo, es posible que el coeficiente de fricción no sea mayor que 0,4, tal como no mayor que 0,35, o incluso no mayor que 0,3. En particular, es posible que el coeficiente de fricción no sea mayor que 0,2, tal como no mayor que 0,1.

5 Además, el material termoplástico puede tener propiedades mecánicas deseables. Por ejemplo, el material termoplástico puede tener una resistencia a la tracción a un rendimiento de al menos 3.100 psi (21,4 MPa), tal como al menos 10.000 psi (68,9 MPa), o incluso al menos 15.000 (103 MPa). En un ejemplo adicional, el material termoplástico puede tener un módulo de tracción de al menos 100 ksi (0,69 GPa), tal como al menos 759 ksi (5,16 GPa), al menos 850 kis (5,86 GPa), o incluso al menos 1000 ksi (6,89 GPa). Además, el material termoplástico soldado puede tener un valor deseable de estiramiento hasta rotura de la soldadura. Por ejemplo, el estiramiento hasta rotura de la soldadura puede ser de al menos 5 %, tal como al menos 7 %, al menos 10 %, al menos 15 %, al menos 20 % o incluso al menos 30 %. Se determina el estiramiento hasta rotura de la soldadura a través del ensayo de tracción de muestras soldadas de acuerdo con ASTM D638. Se puede o no reconocer las muestras soldadas.

15 En un ejemplo en el que se forma un cierre hermético de un material compuesto que incluye el material termoplástico y al menos un fluoropolímero dispersado en el interior del material termoplástico, el material compuesto puede tener un estiramiento hasta rotura de la soldadura de al menos 3 %. Por ejemplo, el estiramiento hasta rotura de la soldadura puede ser de al menos 5 %, tal como al menos 8 %, al menos 10 %, al menos 15 %, o incluso al menos 18 %. En un ejemplo, la resistencia a la tracción de la soldadura es de al menos 40 MPa, tal como al menos 50 MPa, al menos 60 MPa o incluso al menos 70 MPa. En particular, la resistencia a la tracción de la soldadura de material compuesto es de al menos 50 % de la resistencia a la tracción de la soldadura de material no relleno, tal como de al menos 60 %, o incluso al menos 70 % de la resistencia de tracción de la soldadura de material no relleno.

20 Como se ha descrito con relación a la Figura 1 y la Figura 2, el anillo de cierre hermético puede incluir una soldadura. Dependiendo del tamaño del anillo y el número de juntas usadas para formar el anillo, el anillo de cierre hermético puede incluir más que una soldadura, tal como dos soldaduras, o incluso tres soldaduras o más.

25 Se puede usar el método de soldadura ejemplar para soldar arcos de termoplásticos moldeados por compresión que se cortan a partir de una placa para crear un anillo semi-terminado con las propiedades deseables tras el recocido. Mientras que se usa la soldadura en la presente memoria para indicar específicamente un método de calentamiento de los extremos de las varillas y presión de los extremos, se pueden usar otras técnicas de unión para unir los extremos de las varillas. Por ejemplo, otras técnicas de unión pueden incluir el moldeo por inyección para unir extremos, tratamiento ultrasónico, calor de inducción, o una técnica irradiativa, tal como una técnica de láser o de microondas. Los extremos unidos formados a través de la soldadura se denominan en la presente memoria como una soldadura y los extremos unidos formados a través de soldadura u otra técnica de unión se denominan junta en la presente memoria.

30 Además, la soldadura o unión de los arcos o partes se puede usar para formar cierres herméticos conformados circulares, ovulares, poligonales o complejos. Por ejemplo, el cierre hermético puede tener forma poligonal, tal como un triángulo, cuadrado, rectángulo, pentágono, hexágono, heptágono, octágono o cualquiera de sus combinaciones. El polígono puede tener al menos cuatro lados, tal como al menos 6 lados, al menos 8 lados, o incluso al menos 10 lados. En otro ejemplo, una forma compleja puede ser un polígono irregular de la figura 8 u otras formas complejas. En particular las formas pueden ser cerradas. Alternativamente, las formas pueden ser abiertas, presentando una o más rupturas a lo largo de su alcance.

35 Las realizaciones particulares del método anteriormente descrito proporcionan ventajas técnicas con respecto a las técnicas convencionales. Al tiempo que se reduce el residuo, dichas realizaciones presentes también permiten la producción de anillos de cierre hermético de gran tamaño de material termoplástico que tienen propiedades mecánicas deseables. En particular, las presentes realizaciones proporcionan anillos de cierre hermético que tienen una circunferencia de al menos 1,5 metros o un diámetro mayor superior a 1,3 metros con propiedades deseables de estiramiento hasta rotura. Dichas propiedades son indicativas de la durabilidad e idoneidad del anillo de cierre hermético. Además, dichos métodos proporcionan anillos de cierre hermético formados por materiales termoplásticos sometidos a estudio técnico que normalmente tienen temperaturas de fusión y temperatura de transición vítrea mayores y que, de forma característica, tienen un módulo elevado y elevada resistencia de tracción. Además, dichos materiales termoplásticos sometidos a estudio técnico tienen coeficientes de fricción deseables.

40 En particular, los métodos anteriores permiten la formación de anillos de cierre hermético de circunferencia grandes a partir de varillas sometidas a extrusión de materiales deseables. Las técnicas convencionales para la formación de anillos de cierre hermético están limitadas en cuanto a diámetro o están limitadas en cuanto al material de uso. Las técnicas convencionales basadas en el corte de anillos de cierre hermético a partir de láminas sometidas a extrusión sufren de límites para el diámetro de sellado y sufren de variabilidad entre las propiedades en las direcciones de la máquina y transversal que se transfieren al anillo de cierre hermético. Normalmente, resulta difícil someter a extrusión termoplásticos apropiados en láminas mayores que 1 metro. Las técnicas convencionales de moldeo por compresión están limitadas en cuando al material de uso y proporcionan propiedades mecánicas pobres. Por el contrario, los presentes métodos proporcionan un anillo que se puede usar con una variedad de materiales,

proporciona un anillo de cierre hermético cuyas propiedades en la dirección circunferencial están relacionadas con las propiedades en la dirección de la máquina de la varilla sometida a extrusión y tiene una durabilidad y propiedades mecánicas deseables.

- 5 Además, las realizaciones particulares del material compuesto relleno de fluoropolímero se adaptan para el uso en los métodos anteriores. Por ejemplo, el material de relleno de fluoropolímero particular permite la soldadura del anillo de cierre hermético para producir un estiramiento hasta rotura de la soldadura deseable, mientras otros materiales compuestos rellenos proporcionan un estiramiento hasta rotura de la soldadura menos deseable.

EJEMPLOS

EJEMPLO 1

- 10 Se calientan cuatro varillas PEEK hasta diferentes temperaturas (150 °C, 200 °C, 285 °C y 310 °C) y se conforman alrededor de una rueda de acero. Se mide la aptitud de conformación de las varillas de PEEK calientes como la distancia existente entre los dos extremos de la varilla de 86,4 cm² (34 pulgadas) al tiempo que se enrollan fuertemente alrededor de una rueda de acero de 39,4 cm (15,5 pulgadas) de diámetro. La Tabla 1 muestra la aptitud de conformación.

- 15 TABLA 1. Aptitud de Conformación de las Varillas Termoplásticas

Temperatura (°C)	Aptitud de conformación (pulgadas)
150	NF
200	17,0
285	16,7
310	16,5
NF - No apto para conformación	

La varilla que se calienta hasta 150 °C es demasiado rígida para la conformación. Al aumentar la temperatura, aumenta la flexibilidad de PEEK. A un valor de alrededor de 310 °C, la varilla de PEEK tiene una aptitud de conformación relativamente elevada.

- 20 EJEMPLO 2

- Se calientan tres varillas de PEEK hasta 310 °C y se someten a conformación alrededor de una rueda de acero. Se retiran los arcos de la rueda cuando las temperaturas del núcleo alcanzan una temperatura especificada. Se mide la relajación del arco de PEEK enfriado para determinar el retro-combado. Como se ilustra en la Tabla 2, las varillas de PEEK experimentan retro-combado significativo cuando se retiran de la rueda a temperaturas por encima de la temperatura de transición vítrea de PEEK. Cuando se retiran por debajo de la temperatura de transición vítrea, los arcos de PEEK muestran un retro-combado similar y relativamente reducido.

- 25 TABLA 2. Retro-combado de las Varillas Termoplásticas

Temperatura (°C)	Retro combado (pulgadas)
200	3
125	0,25
22	0,25

EJEMPLO 3

- 30 Se usan catorce barras de PEEK sometidas a extrusión de 4"x1"x1" disponibles en McMaster-Carr para preparar siete barras soldadas por medio de soldadura en placa caliente de contacto. Se conforma una muestra tras secar a

90 °C durante 3 horas antes de la soldadura. Se conforman las muestras restantes a partir de varillas que se secan a temperaturas dentro del intervalo de 135 °C a 190 °C durante 2 horas.

5 Se preparan las muestras por medio de calentamiento de los extremos de varilla con una temperatura de dispositivo de calentamiento dentro del intervalo de 385 °C a 450 °C y poniendo en contacto los extremos de varilla juntos a una presión de 100 psi. Se someten las muestras a maquinizado para el ensayo de tracción. Además, se someten algunas muestras a recocido a temperaturas de 250 °C durante un período de 4 horas. Se comparan las muestras con una muestra sometida a extrusión disponible en McMaster-Carr y un control sometido a extrusión disponible en Ensinger. La Tabla 3 ilustra las propiedades de estiramiento hasta rotura de las muestras.

TABLA 3. Estiramiento hasta Rotura de Muestras Soldadas

Muestra (temp. de soldadura, tiempo de soldadura)	Estiramiento medio hasta rotura (%)
Sometida a extrusión	28
Sometida a extrusión y no recocida	22
Sometida a extrusión y recocida	23
No recocida a 420°C, 40s	9
Recocida a 420°C, 20s	13
No recocida a 445°C, 40s	7
Recocida a 445°C, 40s	12
Recocida a 385°C, 20s	3
Recocida a 450°C, 20s	9

10 El PEEK sometido a extrusión de McMaster-Carr exhibe un pobre estiramiento hasta rotura cuando se compara con PEEK sometido a extrusión disponible en Ensinger. Las muestras de PEEK soldadas generalmente exhiben un estiramiento hasta rotura más bajo en comparación con las referencias no soldadas. Las muestras recocidas exhiben un estiramiento hasta rotura mejor con respecto a las muestras no recocidas.

15 Cuando se evalúan los valores de estiramiento hasta rotura como función de la temperatura de placa caliente y el tiempo de calentamiento durante la soldadura, tanto la temperatura de placa caliente como el tiempo de calentamiento tienen influencia sobre el rendimiento mecánico. La Tabla 4 ilustra las propiedades de estiramiento hasta rotura. Comparando las muestras a una temperatura de placa caliente de 385 °C y tiempos de calentamiento de 20 s, 40 s y 60 s, el tiempo de calentamiento de 40 s proporcionó un estiramiento hasta rotura de 13 % para la muestra recocida. El calentamiento a 60 s proporcionó resultados similares.

20 TABLA 4. Estiramiento hasta Rotura (%) de las Muestras

Temp. (°C)	Tiempo de Contacto (s)		
	20s	40s	60s
445	9	11	
420	13		
385	3	13	12

25 Como función de la temperatura, la muestra de 420 °C exhibe un estiramiento hasta rotura deseable, incluso para las muestras con tiempos de calentamiento cortos. A 20 s, la temperatura de placa caliente de 420 °C proporciona valores de estiramiento hasta rotura más elevados que una temperatura de placa caliente de 385 °C y 445 °C. Por

consiguiente, parece que 385 °C es demasiado bajo para afectar a la unión y parece que 445 °C es demasiado caliente, lo que potencialmente degrada el material.

EJEMPLO 4

5 Las muestras se conforman a partir de PEEK sometido a extrusión disponible en Ensinger. Se lleva a cabo la soldadura usando una soldadura de contacto de placa caliente y una soldadura que no es de contacto de placa caliente. Las barras de PEEK sometidas a extrusión se secan a 150 °C durante dos horas y media.

10 Se lleva a cabo la soldadura con una placa caliente a una temperatura dentro del intervalo de 400 °C y 420 °C. La soldadura de contacto incluye poner en contacto los extremos de la varilla con la placa caliente durante un período dentro del intervalo de 40 s a 60 s. Se lleva a cabo una soldadura que no es de contacto con la placa caliente a 500 °C con un tiempo de residencia de 240 s. Durante el calentamiento, los extremos de la varilla que no son de contacto se mantienen de 1 mm a 2 mm de la placa. Una vez fundidos, los extremos se presionan juntos para formar las muestras.

Se someten las muestras de contacto de placa caliente a una temperatura alrededor de 250 °C durante un período de 4 horas a 8 horas. La Tabla 5 ilustra el estiramiento hasta rotura.

15 TABLA 5. Efecto del Recocido sobre las Propiedades Mecánicas

Recocido	Estiramiento medio hasta rotura (%)
Control que no es de contacto	12
Control	18
250°C, 4 horas	13
250°C, 8 horas	33
300°C, 4 horas	19

En base al estiramiento hasta rotura ilustrado, parece que el recocido a 250 °C durante un período de 8 horas proporciona propiedades deseables de estiramiento hasta rotura. Otros períodos de recocido y temperaturas proporcionaron valores menores de estiramiento hasta rotura.

20 EJEMPLO 5

25 Se sueldan las muestras de PEEK sometidas a extrusión. Se secan las muestras a una temperatura de 150 °C durante tres horas. La soldadura se lleva a cabo a unas temperaturas de placa de 420 °C durante un período de 40 s. Los extremos se presionan juntos a una presión de 100 psi. Se someten a recocido todas las soldaduras a 250 °C durante un período de 8 horas. Se someten las muestras a maquinizado para el ensayo de tracción. La Tabla 6 ilustra los resultados de estiramiento medio hasta rotura y distribución.

TABLA 6. Propiedades Mecánicas de PEEK Soldados

	420°C,40s	420°C, 60s
Estiramiento medio (%)	37,19	37,05
% de muestras con Estiramiento > 20 %	35	43

EJEMPLO 6.

30 De acuerdo con los ejemplos anteriores, se conforman las muestras a partir de PEEK sometido a extrusión y seco disponible en Ensinger o Quadrant. Se calientan los extremos de las muestras a 420 °C durante al menos 40 s y se presionan juntos durante un período de al menos 40 s. Se someten las muestras a recocido a una temperatura de 250 °C durante un período de 8 horas. Se someten las muestras a maquinizado durante el ensayo de propiedades mecánicas. La Tabla 7 ilustra el estiramiento hasta rotura de las muestras en el procedimiento conforme a ASTM D638.

TABLA 7. Estiramiento hasta Rotura para los Materiales de PEEK Soldados

	Estiramiento medio hasta rotura (%)		
	Control	Contacto	No es de Contacto
Ensinger	14,24	18,77	22,46
Quadrant	19,35	33,88	38,44

EJEMPLO 7

5 Durante los experimentos llevados a cabo con relación a otros ejemplos, los solicitantes apreciaron que existió una tendencia a atribuir el fallo prematuro a los huecos cercanos a las superficies soldadas. Se preparan las muestras de manera similar a la del Ejemplo 5. Se presionan juntos los extremos fundidos de las varillas a una presión de al menos 3,45 bar (50 psi). Se somete el material, en una cantidad equivalente a al menos 3,18 mm (1/8") de la longitud de la varilla por pulgada cuadrada de corte transversal, a extrusión entre las varillas cuando se presionan juntas. Las detecciones de CT ilustran que el material sometido a extrusión retira los huecos, dejando una unión de bajo contenido en huecos. Otros métodos para mantener una presión dentro de la masa fundida más elevada que la presión circundante incluyen rebajar la presión circundante por medio de soldadura en un entorno de vacío o restringir la capacidad del material en masa fundida para experimentar extrusión entre los extremos fundidos a medida que se presionan juntos.

EJEMPLO 8

15 Una calidad de PEEK sometido a extrusión con propiedades excelentes para sellado comprende 15 % de PTFE. Tiene las siguientes propiedades en forma de varilla sometida a extrusión.

TABLA 8. Propiedades de Varilla Sometida a Extrusión de PEKK relleno con PTFE

Propiedad	ASTM N°.	Valor US	Unidades en SI
General			
Forma	---	Pellas (Grav)	Pellas (Grav)
Composición (Poliétercetonacetona)	---	PTFE de relleno	PTFE de relleno
Contenido de Material de Relleno (Valor Nominal)	---	15 %	15 %
Peso Específico	D792	1,39	1,39 g/ml
Contracción del Molde Lineal, pul/pul	D955	0,01	0,01 cm/cm
Absorción de Humedad @ 24 h., %	D570	0,1	0,10%
Propiedades Mecánicas			
Resistencia de tracción (Rotura), ksi	D638	12	83 MPa
Módulo de tracción, Mpsi	D638	0,5	3,4 GPa
Estiramiento (Rotura),%	D638	15	15 %
Resistencia Flexural (Rendimiento), ksi	D790	21	144 MPa
Módulo Flexural Mpsi	D790	0,5	3,4 GPa
Izod, Probeta Entallada, piel-libra/pulgada @1/8"	D256	0,8	0,6 J/cm

ES 2 467 112 T3

Propiedad	ASTM N°.	Valor US	Unidades en SI
Dureza, Shore D	D2240	85	85
Propiedades Térmicas			
Punto de Fusión, °F	DSC	650	343 °C
Tg (Transición Vítre), °F	DSC	290	143 °C
Tasa de Inflamabilidad (UL 94)	UL 94	V-0	V-0
HDT@264psi, °F	D648	340	171 °C
Otros			
Coeficientes Cinéticos de Fricción	D1894	0,1	0,1
Coeficientes Estáticos de Fricción	D1894	0,1	0,1

Una varilla sometida a extrusión de material compuesto de PEEK relleno con PTFE también tiene un estiramiento hasta rotura aceptable de 10 % y un coeficiente de fricción bajo.

5 Un tercer material compuesto contiene 10 % de PEEK relleno con negro de carbono. Tiene un estiramiento hasta rotura deseable al tiempo que proporciona al PEEK propiedades de disipación estática.

EJEMPLO 9

10 Se sueldan las muestras de PEEK sometidas a extrusión. Como viene indicado, se seca un subgrupo de muestras a una temperatura de 150 °C durante tres horas. Se lleva a cabo la soldadura a unas temperaturas de placa de 420 °C durante un período de entre 40 s y 60 s. Se presionan los extremos. Como viene indicado, se somete a recocido un subgrupo de muestras a 250 °C durante un período de 8 horas. Se someten las muestras a maquinizado para el ensayo de tracción.

15 Se someten a ensayo las muestras usando detección por Tomografía de Computación (CT y detección por ultrasonidos. Se lleva a cabo la detección CT con los parámetros 150 kV, 50 mA, micrómetro Voxel, 800 imágenes y 1 s de tiempo. Se lleva a cabo la detección por ultrasonidos por medio de NDT ultrasónico con una frecuencia de transductor de 50 MHz.

20 La Tabla 9 muestra una comparación de la detección de huecos por medio de técnicas de detección. Como se ilustra, CT detecta huecos cerca de la superficie y huecos que tienen un tamaño menor que 0,38 mm. La detección por ultrasonidos es menos eficaz para detectar huecos cerca de la superficie o que tienen un tamaño menor que 0,38 mm. Normalmente, se someten los cierres herméticos a maquinizado, retirando los huecos cerca de la superficie y un número limitado de huecos de tamaño menor que 0,4 mm tiene escasa influencia sobre el rendimiento, tal como estiramiento y resistencia a la tracción.

TABLA 9. Detección de Huecos Usando Técnicas de Detección

Referencia	Tamaño de Huevo, mm (si los hubiera)	NDT Ultrasónico	Resultados CT
Sin pre-secado, recocido normal	0,38, Superficie	Sin huecos	Huecos
Sin pre-secado, recocido normal	-	Sin huecos	Sin huecos
Pre-secado, recocido normal	Huecos Grandes	Huecos	Huecos
Pre-secado, recocido normal	Huecos Grandes, Superficie	Huecos	Huecos
Sin pre-secado, no recocido	0,7 mm, Superficie	Sin huecos	Huecos

Referencia	Tamaño de Huevo, mm (si los hubiera)	NDT Ultrasónico	Resultados CT
Pre-secado, no recocido	-	Sin huecos	Sin huecos

Se someten a ensayo las muestras anteriores en cuanto a las propiedades de tracción y estiramiento. Como se ilustra en la Tabla 10, la muestra media carente de huecos exhibe un estiramiento grande, mientras que las muestras que tienen huecos detectables por medio de NDT Ultrasónico fallaron en cuanto la soldadura y exhiben escaso o nulo estiramiento.

TABLA 10. Propiedades de Estiramiento de las Muestras

Muestra	Estiramiento (%)
Media (Soldada a 420°C, 40s)	37,19
Media (Soldada a 420°C, 60s)	37,05
Porosidad Superficial (Soldada a 420°C, 60s)	7,22
Porosidad Superficial (Soldada a 420°C, 40s)	5,34
Porosidad Subsuperficial (Soldada a 420°C, 60s)	2,57

Como se ilustra en la Tabla 10, el estiramiento medio para las muestras es significativamente mayor que 20 %. Cuando están presentes huecos, ya sea en la superficie o por debajo de ella, el estiramiento se reduce de forma significativa.

En un ejemplo, un método para someter a ensayo los huecos incluye determinar los ajustes de un dispositivo de detección por ultrasonidos sobre un ensayo comparativo con respecto a otra técnica de detección, tal como detección por CT. Por ejemplo, se puede detectar un conjunto de muestras que incluye una variedad de condiciones de huecos o tipos usando una técnica CT y una técnica de ultrasonidos. Se pueden someter a ensayo las muestras en cuanto a una propiedad, tal como una propiedad mecánica, por ejemplo, resistencia a la tracción o estiramiento, para determinar qué constituye un defecto significativo o un defecto que tenga influencia sobre la propiedad. Se pueden determinar los parámetros deseables para la técnica de detección por ultrasonidos que tienen como resultado la detección de defectos significativos, al tiempo que supone un éxito limitado en la detección de defectos insignificantes.

En una realización particular, un método de conformación del anillo de cierre hermético incluye calentar una varilla termoplástica a una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea. La varilla termoplástica tiene un primer y segundo extremos. El método además comprende doblar la varilla termoplástica para dar lugar a una estructura circular al tiempo que la temperatura se encuentra por encima de la temperatura de transición vítrea, unir el primer y segundo extremos de la varilla termoplástica para formar un anillo semi-terminado, y recocer el anillo semi-terminado.

En una realización, un método para formar el anillo de cierre hermético incluye calentar una varilla sometida a extrusión hasta una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea. La varilla sometida a extrusión tiene un primer y segundo extremos. El método además incluye doblar la varilla sometida a extrusión para dar lugar a una estructura circular al tiempo que la temperatura está por encima de la temperatura de transición vítrea, unir el primer y segundo extremos de la varilla sometida a extrusión para formar un anillo semi-terminado, y recocer el anillo semi-terminado.

En otra realización ejemplar, un método de conformación del anillo de cierre hermético incluye una varilla sometida a extrusión a una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea de un material de la varilla sometida a extrusión. La varilla sometida a extrusión tiene un primer y segundo extremos. El método además incluye doblar la varilla sometida a extrusión al tiempo que la temperatura está por encima de la temperatura de transición vítrea, enfriar la varilla doblada sometida a extrusión hasta una temperatura por debajo de la temperatura de transición vítrea, soldar en masa fundida los extremos primero y segundo de la varilla sometida a extrusión para formar un anillo semi-terminado, y recocer el anillo semi-terminado.

- 5 En una realización ejemplar, un método de conformación de un anillo de cierre hermético incluye calentar la primera y segunda varillas sometidas a extrusión hasta una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea y por debajo del punto de fusión de un material de las varillas sometido a extrusión. Las varillas sometidas a extrusión tienen extremos primero y segundo. El método además incluye doblar las varillas sometidas a extrusión al tiempo que la temperatura está por encima de la temperatura de transición vítrea, unir los primeros extremos de la primera y segunda varillas sometidas a extrusión y los segundos extremos de las varillas primera y segunda sometidas a extrusión, para formar un anillo semi-terminado, y recocer el anillo semi-terminado.
- 10 En otra realización ejemplar, un método de conformación de un anillo de cierre hermético incluye cortar arcos a partir de una lámina moldeada por compresión o sometida a extrusión. Los arcos tienen extremos primero y segundo. El método además incluye unir los extremos primero de los arcos primero y segundo y los extremos segundos de los arcos primero y segundo, para formar un anillo semi-terminado, y recocer el anillo semi-terminado.
- 15 En una realización adicional, un aparato incluye un molde circular que comprende una ranura dispuesta alrededor de la circunferencia del molde circular. El molde circular es para pivotar alrededor de un punto central. El aparato también incluye un elemento de fijación para fijar un artículo en la ranura del molde circular. El elemento de fijación está configurado para seguir el movimiento pivotante del molde circular. El aparato además incluye una pluralidad de rodillos distribuidos alrededor de la circunferencia del molde circular. Cada rodillo de la pluralidad de rodillos está configurado para encajarse y aplicar una fuerza radial al artículo una vez que el elemento de fijación pasa por la posición de cada rodillo.
- 20 En otra realización ejemplar, un anillo de cierre hermético incluye un material termoplástico que tiene un estiramiento hasta rotura de la soldadura de al menos 5 %. El anillo de cierre hermético tiene un diámetro de al menos 1,3 metros.
- 25 En otra realización ejemplar, un anillo de cierre hermético tiene una soldadura e incluye un material termoplástico que tiene una temperatura de transición vítrea de al menos 100 °C. El material termoplástico tiene un estiramiento hasta rotura de al menos 5 %. El anillo de cierre hermético tiene un diámetro de al menos 1,3 metros. El anillo de cierre hermético tiene un coeficiente de fricción no mayor que 0,45.
- 30 En una realización adicional, el anillo de cierre hermético incluye un material de PEEK sometido a extrusión que tiene un estiramiento hasta rotura de la soldadura de al menos 5 %. El anillo de cierre hermético tiene un diámetro de al menos 1,3 metros.
- 35 En otra realización, un aparato incluye una primera fijación para ajustar un primer extremo de un miembro de arco termoplástico y una segunda fijación para ajustar un segundo extremo del miembro de arco termoplástico. La primera y segunda fijaciones mueven el primer y segundo extremos a lo largo de una trayectoria en un movimiento relativo de una con respecto a la otra. El aparato también incluye un dispositivo de calentamiento que incluye una fuente de calor. El dispositivo de calentamiento está configurado para moverse en la trayectoria. La primera y segunda fijaciones mueven el primer y segundo extremos a las proximidades de la fuente de calor sin entrar en contacto con la misma. El primer y segundo extremos se funden al menos de forma parcial. La primera y segunda fijaciones mueven el primer y segundo extremos, al menos parcialmente fundidos, para que entren en contacto uno con el otro.
- 40 En una primera realización, el anillo de cierre hermético incluye una soldadura y un material termoplástico con un estiramiento hasta rotura de la soldadura de al menos 3 %. En un ejemplo de la primera realización, el anillo de cierre hermético tiene una circunferencia de al menos 0,62 metros, tal como una circunferencia de al menos 1,5 metros. En otro ejemplo, el anillo de cierre hermético tiene un diámetro de al menos 0,2 metros, tal como de 1,3 metros.
- 45 En otro ejemplo, el material termoplástico está seleccionado entre el grupo que consiste en policetona, poliaramida, poliimida, poliéterimida, poliamidoimida, poli(sulfuro de fenileno), polisulfona, fluoropolímero termoplástico, uno de sus derivados y una de sus combinaciones. Por ejemplo, el material termoplástico puede estar seleccionado entre el grupo que consiste en una policetona, una poliaramida, una poliimina, una poliéterimida, una poliamidoimida, un poli(sulfuro de fenileno), un polifenileno sulfona, un fluoropolímero, un polibecimidazol, uno de sus derivados y una de sus combinaciones. En otro ejemplo, el material termoplástico es un material de policetona seleccionado entre el grupo que consiste en poliéter éter cetona, poliéter cetona, poli éter cetona cetona, uno de sus derivados y una de sus combinaciones. En un ejemplo adicional, el material termoplástico comprende polietileno de peso molecular ultra elevado.
- 50 En un ejemplo particular, el anillo de cierre hermético tiene un coeficiente de fricción no mayor que 0,45, tal como no mayor que 0,35. El material termoplástico puede tener un punto de fusión de al menos 250 °C, tal como al menos 300 °C, o incluso al menos 320 °C. El material termoplástico puede tener una temperatura de transición vítrea de al menos 100 °C, tal como de al menos 125 °C, o incluso al menos 145 °C.
- 55 En un ejemplo adicional de la primera realización, el material termoplástico tiene una resistencia de tracción de al menos 3100 psi, tal como de al menos 10000 psi, o incluso al menos 15000 psi. El material termoplástico puede

tener un módulo de tracción de al menos 100 ksi, tal como al menos 750 kilos por pulgada cuadrada, o incluso al menos 850 ksi.

En otro ejemplo de la primera realización, el estiramiento hasta rotura de la soldadura es de al menos 5 %, tal como al menos 10 %, al menos 15 % o incluso al menos 20 %.

- 5 En un ejemplo de la primera realización, el anillo de cierre hermético tiene un espesor radial no mayor que 20 % del diámetro. Además, el anillo de cierre hermético puede tener un corte transversal en forma de un polígono, tal como un polígono que tiene al menos cuatro lados.

En un ejemplo adicional, el material termoplástico puede incluir un material de relleno lubricante sólido, tal como PTFE o negro de carbono.

- 10 En una segunda realización, un anillo de cierre hermético tiene una soldadura y comprende un material termoplástico que tiene una temperatura de transición vítrea de al menos 100 °C. El material termoplástico con la soldadura tiene un estiramiento hasta rotura de al menos 3 %. El anillo de cierre hermético tiene una circunferencia de al menos 0,62 metros. El anillo de cierre hermético tiene un coeficiente de fricción no mayor que 0,45. En un ejemplo de la segunda realización, el coeficiente de fricción no es mayor que 0,4, tal como no mayor que 0,35.

- 15 En otro ejemplo de la segunda realización, el estiramiento hasta rotura es de al menos 5 %, tal como al menos 10 %, al menos 15 %, o incluso al menos 20 %. El material termoplástico puede tener un módulo de tracción de al menos 100 ksi. En un ejemplo, la temperatura de transición vítrea es de al menos 125 °C, tal como al menos 145 °C.

- 20 En una tercera realización, un anillo de cierre hermético incluye un material de PEEK sometido a extrusión que tiene un estiramiento hasta rotura de al menos 3 %. El anillo de cierre hermético tiene una circunferencia de al menos 1,5 metros. En un ejemplo de la tercera realización, el material de PEEK sometido a extrusión es un material compuesto que comprende una sustancia de relleno. Por ejemplo, la sustancia de relleno puede incluir un lubricante sólido, tal como un PTFE. En otro ejemplo, la sustancia de relleno incluye un material cerámico o mineral. En un ejemplo adicional, la sustancia de relleno incluye negro de carbono.

- 25 En un ejemplo adicional de la tercera realización, el estiramiento hasta rotura es de al menos 5 %, tal como de al menos 10 %, al menos 15 %, o incluso al menos 20 %. Además, el anillo de cierre hermético puede además incluir una soldadura.

En una cuarta realización, un anillo de cierre hermético tiene una junta e incluye un material compuesto que incluye un material termoplástico y un lubricante sólido. El material compuesto con la junta tiene un estiramiento hasta rotura de la soldadura de al menos 3 %. El anillo de cierre hermético tiene un coeficiente de fricción no mayor que 0,45.

- 30 En una realización ejemplar, un método para someter a ensayo los cierres herméticos incluye detectar un conjunto de cierres herméticos usando una técnica de ultrasonidos. El conjunto de cierres herméticos incluye un subgrupo de cierres herméticos con un defecto. La técnica de ultrasonidos tiene un parámetro asociado. El método además incluye la detección del conjunto de cierres herméticos usando una técnica de tomografía computerizada, sometiendo a ensayo cada cierre hermético del conjunto de cierres herméticos en cuanto a una propiedad mecánica,
35 y determinando un valor del parámetro asociado de la técnica de ultrasonidos para proporcionar la detección del defecto.

En un ejemplo, se conforman los cierres herméticos de un material de policetona y en el que el defecto comprende un hueco que tiene su dimensión más larga no mayor que 0,4 mm. En otro ejemplo, el parámetro es la frecuencia. En un ejemplo adicional, la propiedad mecánica es el estiramiento.

- 40 Nótese que no se requieren todas las actividades descritas anteriormente en la descripción general o en los ejemplos, que es posible no se requiera una parte de una actividad específica, y que se pueden llevar a cabo una o más actividades adicionales además de las descritas. Aún más, el orden en el cual se listan las actividades no necesariamente es el orden en el que se llevan a cabo.

- 45 En la memoria descriptiva anterior, se han descrito los conceptos haciendo referencia a realizaciones específicas. No obstante, el experto en la técnica apreciará que se pueden llevar a cabo varias modificaciones y cambios sin alejarse del alcance de la invención que se explica en las reivindicaciones siguientes. Por consiguiente, la memoria descriptiva y las figuras deben interpretarse como ilustrativas en lugar de en sentido restrictivo, y se pretende que todas las modificaciones citadas queden incluidas dentro del alcance de la invención.

- 50 Según se usa en la presente memoria, se pretende que los términos "comprende", "comprender", "incluye", "incluir", "tiene", "tener" o cualquiera de sus variaciones, cubran una inclusión no exclusiva. Por ejemplo, un aparato que comprende una lista de características no se limita necesariamente solo a esas características, sino que puede incluir otras características que no se listan de forma expresa o que son inherentes a dicho proceso, método, artículo o aparato. Además, a menos que se afirme expresamente lo contrario, "o" hace referencia a un o-inclusivo y no a un o-exclusivo. Por ejemplo, una condición A o B se cumple por parte de los siguientes: A es verdadero (o se encuentra

presente) y B es falso (o no está presente), A es falso (o no está presente) y B es verdadero (o está presente) y tanto A como B son verdaderos (o están presentes).

5 También, el uso de "un" o "una" se emplea para describir elementos y componentes descritos en la presente memoria. Esto se hace únicamente por motivos de conveniencia y para proporcionar un sentido general del alcance de la invención. La presente descripción se debería leer para incluir uno o al menos uno y el singular también incluye el plural, al menos que resulte obvio que significa lo contrario.

10 Se han descrito los beneficios, otras ventajas y soluciones a los problemas anteriormente con respecto a realizaciones específicas. No obstante, los beneficios, ventajas, soluciones a problemas, y cualesquiera características anteriores pueden provocar que tenga lugar un beneficio, ventaja, o solución más pronunciada y no se encuentre limitado a una característica crítica, necesaria o esencial de cualquiera o de todas las reivindicaciones.

15 Tras la lectura de la memoria descriptiva, los expertos artesanos apreciarán que determinadas características que se describen, por motivos de claridad, en la presente memoria en el contexto de realizaciones separadas, se pueden proporcionar en combinación de una realización individual. Por el contrario, por motivos de brevedad, varias características que se describen en el contexto de una realización individual, también se pueden proporcionar por separado o en cualquier subcombinación. Además, las referencias a los valores afirmados en los intervalos incluyen todos y cada uno de los valores de este intervalo.

REIVINDICACIONES

1. Un método de conformación de un anillo de cierre hermético que comprende:
 - calentar una varilla termoplástica sometida a extrusión a una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea, presentando la varilla sometida a extrusión un primer y segundo extremos;
- 5 2. El método de la reivindicación 1, en el que la unión comprende:
 - doblar la varilla sometida a extrusión para dar lugar a una estructura circular al tiempo que se mantiene la temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea;
 - unir el primero y segundo extremos de la varilla sometida a extrusión para formar un anillo semi-terminado; y
 - recocer el anillo semi-terminado.
- 10 3. El método de la reivindicación 2, en el que la unión comprende:
 - calentar el primer y segundo extremos hasta una temperatura por encima del punto de fusión del material de la varilla sometida a extrusión; y
 - presionar el primer y segundo extremos juntos.
- 15 4. El método de la reivindicación 3, en el que el calentamiento del primer y segundo extremos incluye calentar con una fuente térmica que no es de contacto.
 - insertar el primer extremo de la varilla sometida a extrusión en el interior de una primera cavidad de la fuente térmica que no es de contacto e insertar el segundo extremo de la varilla sometida a extrusión en el interior de una segunda cavidad de la fuente térmica.
- 20 5. El método de la reivindicación 3, en el que la presión del primer y segundo extremos juntos incluye presionar el primer y segundo extremos juntos con una presión de al menos 344,74 kPa (50 psi).
 - presionar el primer y segundo extremos juntos para someter el material a extrusión en la cantidad de al menos 0,005 mm² (1/8") del material de la varilla por mm² (pulgada cuadrada) de corte transversal de la varilla.
- 25 6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que además comprende secar la varilla doblada y sometida a extrusión antes de la unión.
 - enfriar la varilla doblada y sometida a extrusión hasta una temperatura por debajo de la temperatura de transición vítrea tras doblar y retirar la varilla enfriada, doblada y sometida a extrusión a partir de un dispositivo de conformación usado para doblar la varilla sometida a extrusión.
- 30 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que además comprende enfriar la varilla doblada y sometida a extrusión hasta una temperatura por debajo de la temperatura de transición vítrea tras doblar y retirar la varilla enfriada, doblada y sometida a extrusión a partir de un dispositivo de conformación usado para doblar la varilla sometida a extrusión.
 - elevar la temperatura del anillo semi-terminado hasta una temperatura mayor que la temperatura de transición vítrea, mantener el anillo semi-terminado a la temperatura durante un período de al menos 2 horas y enfriar el anillo semi-terminado.
- 35 8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además cortar la varilla doblada y sometida a extrusión en posición proximal con respecto al primer extremo antes de la unión.
 - calentar hasta un índice de calentamiento dentro de un intervalo de 0,6 a 0,999..
- 40 9. El método de la reivindicación 11, en el que el índice de calentamiento está dentro del intervalo de 0,7 a 0,999.
 - doblar hasta un radio de al menos 5 veces el espesor radial de la varilla sometida a extrusión.

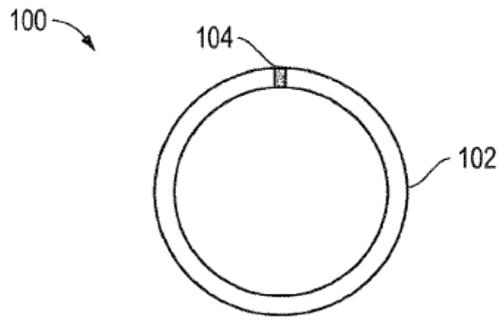


FIG. 1

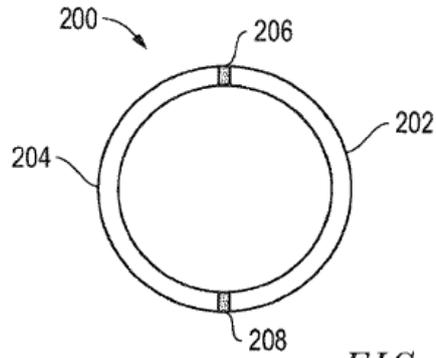


FIG. 2

300

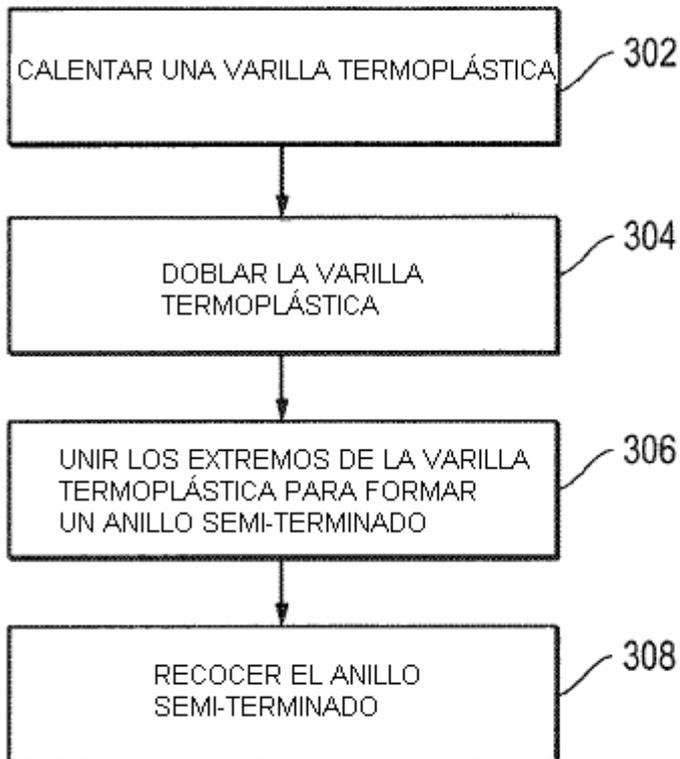


FIG. 3

400 ↗

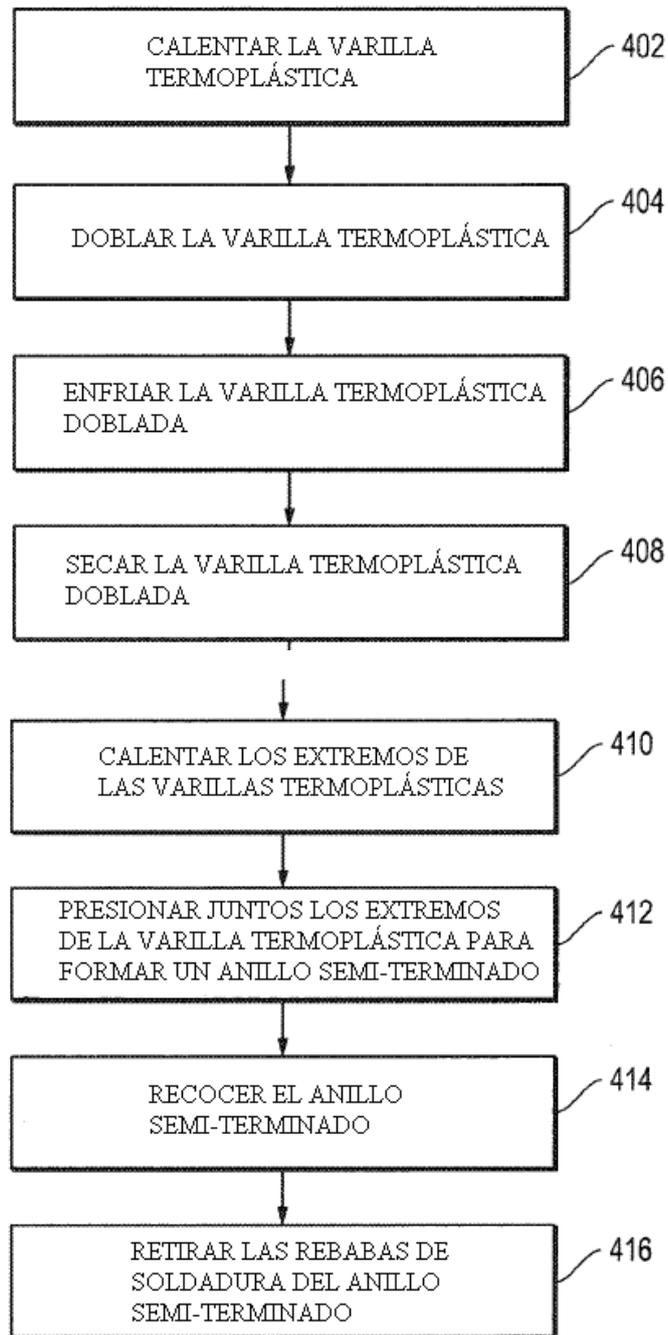


FIG. 4

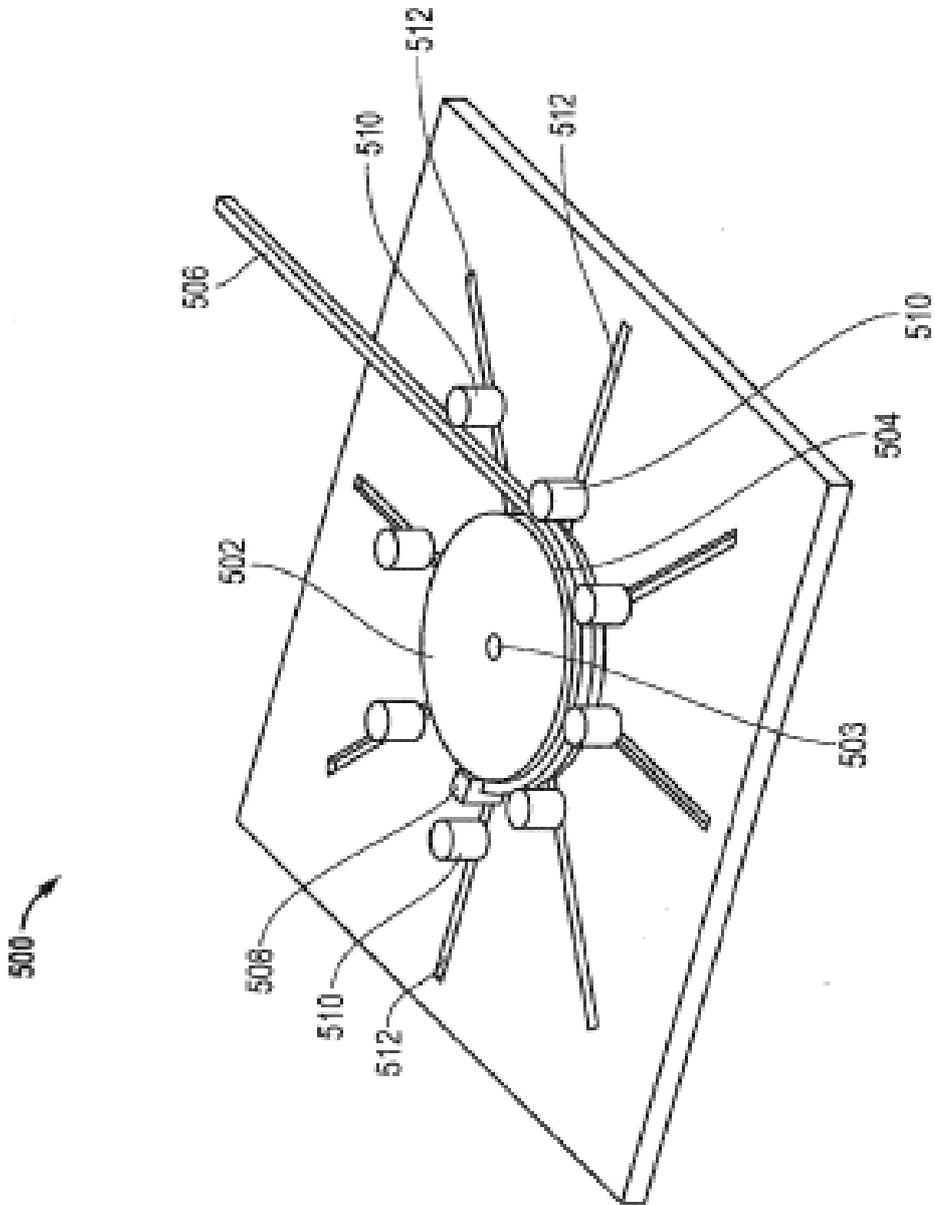


FIG. 5

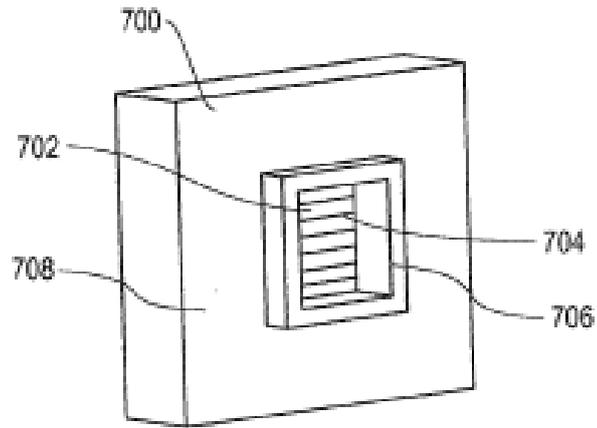


FIG. 6

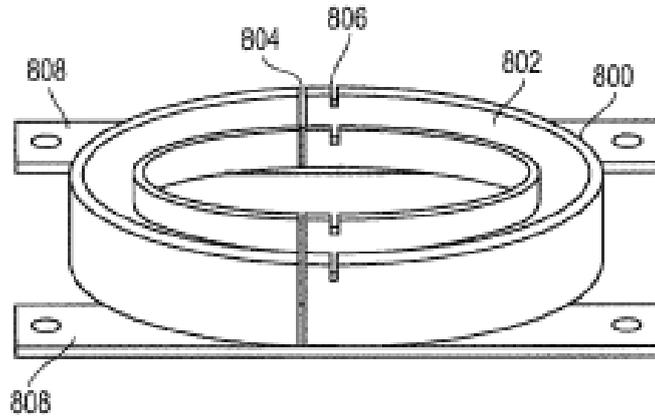


FIG. 7

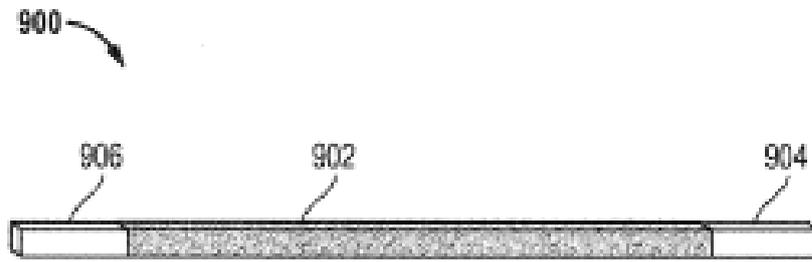


FIG. 8

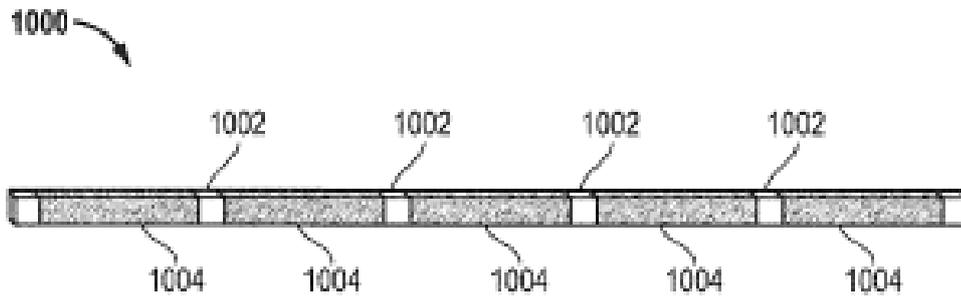


FIG. 9

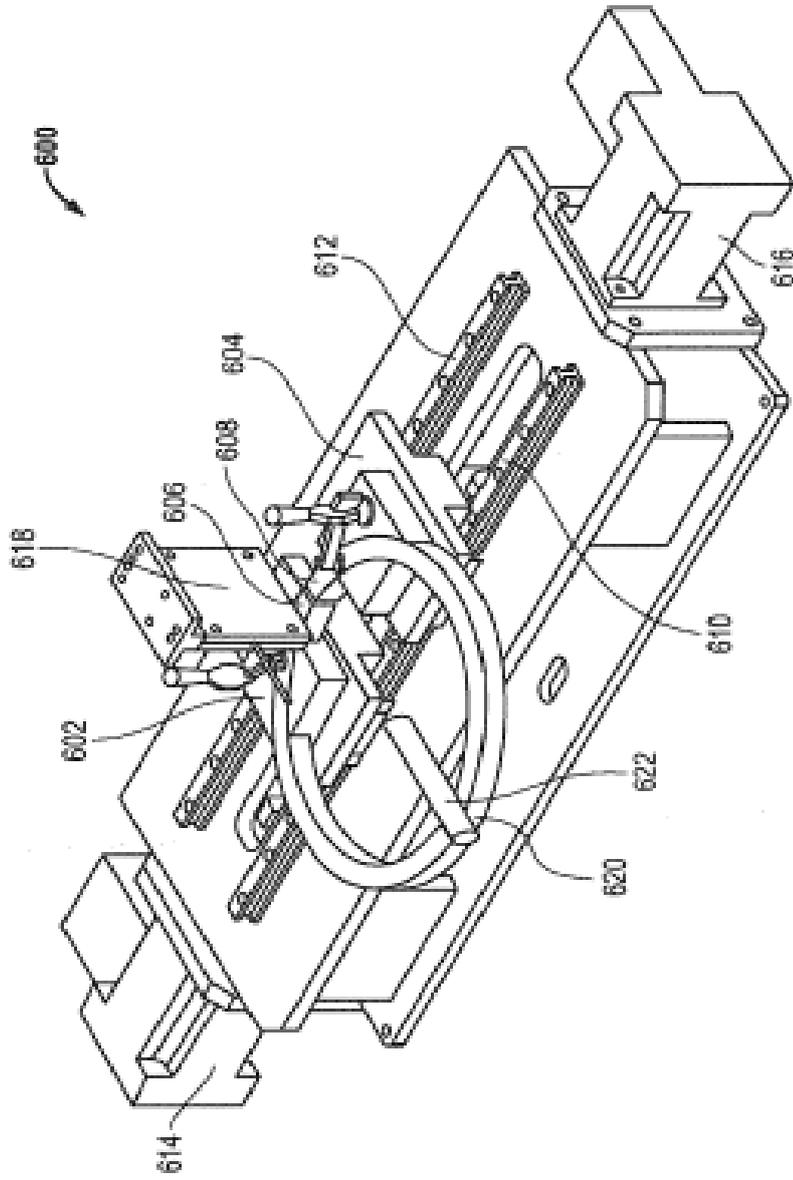


FIG. 10