



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 618**

51 Int. Cl.:  
**F02F 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06121267 .6**

96 Fecha de presentación : **26.09.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1905996**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.04.2008**

54

Título: **Procedimiento para la fabricación de un pistón para motores de combustión interna y pistón para un motor de combustión interna.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**28.04.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**28.04.2011**

73

Titular/es: **THYSSENKRUPP METALÚRGICA  
CAMPO LIMPO Ltda.  
Av. Alfried Krupp, 1050  
13231-900 Campo Limpo, Paulista-SP, BR**

72

Inventor/es: **García, João Lester y  
Furquim, Heraldo Carlos**

74

Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 357 618 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

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un pistón para motores de combustión interna a base de dos piezas pre-fabricadas que después de su pre-fabricación se unen entre sí para formar el pistón. Además de esto, la invención se refiere a un pistón fabricado de modo correspondiente a partir de dos piezas.

10 Los pistones para los motores de combustión interna se fabrican generalmente mediante procedimientos de fundición o de forja. La producción mediante técnicas de fundición tiene la ventaja de que permite fabricar pistones de forma compleja con reducido peso. Ahora bien, para ello hay que contar con un gasto de fabricación considerable. Esto es especialmente cierto cuando para la fabricación de pistones que vayan a estar sometidos a cargas especialmente elevadas se tenga que emplear como material un material de acero.

15 Dependiendo de su tamaño y de su aplicación, los pistones forjados de acero pueden estar realizados bien de una sola pieza o también constar de dos o más piezas. En el caso de pistones de varias piezas, compuestos de dos o más piezas, las distintas piezas generalmente se unen entre sí mediante procedimientos de ensamblado adecuados con acoplamiento de fuerza, material o positivo, de tal modo que soporten las fuerzas que actúan sobre ellas durante el empleo práctico. Para este fin son adecuados por ejemplo un procedimiento de soldadura o de atornillado de las distintas piezas del pistón.

20 Un ejemplo de un pistón de varias piezas para un motor de combustión interna se conoce por el documento DE 102 44 113 A1. Este pistón presenta por una pieza una pieza de fondo de pistón forjada de acero, en la que está conformada una cavidad de combustión, una pared anular y un canal de refrigeración realizado a modo de una mediacaña. Por otra pieza el pistón presenta una pieza de falda del pistón que soporta la pieza de fondo del pistón y en la cual están realizados unos cubos para alojamiento de un bulón de pistón que une el pistón con una biela. Para la fabricación de este pistón se conforman previamente la pieza del fondo del pistón y la pieza de la falda del pistón mediante forja en operaciones independientes, que a continuación se terminan de mecanizar con arranque de viruta. El mecanizado de terminación de la pieza del fondo del pistón comprende para ello también el mecanizado con arranque de viruta de los tramos de pared que limitan el canal de refrigeración sobre los cuales se realiza a continuación una unión con acoplamiento de material con la pieza de la falda del pistón, por medio de soldadura o soldadura blanda.

30 Si bien una estructura a base de varias piezas de esta clase permite dar una forma compleja al pistón formado a partir de las dos piezas, pero prescindiendo de los problemas que resultan debido a las distintas piezas en cuanto a la capacidad de carga, el gasto de fabricación que esto entraña es sin embargo considerable.

35 El inconveniente que presenta la fabricación de pistones de una sola pieza es el elevado peso del pistón en bruto, por lo cual se requieren unas instalaciones de mecanizado y manipulación dimensionadas de modo especialmente robusto, así como el inconveniente del gasto que entraña el acabado final mecánico que es inevitable en la práctica de hoy día. A pesar de las ventajas que ofrecen los pistones de una sola pieza en cuanto a su capacidad de carga, estos inconvenientes dan lugar a que con los procedimientos de fabricación convencionales los pistones de una sola pieza solamente se puedan producir con unos costes de fabricación elevados.

40 Una primera posibilidad de unir entre sí mediante una técnica de forja un pistón a base de dos piezas pre-fabricadas, se conoce por el documento JP 03-267552 A. En este estado de la técnica se produce mediante sinterizado de un polvo metálico una pieza bruta de falda de pistón que presenta una forma base cilíndrica. En la superficie frontal de la pieza bruta de la falda del pistón está formado un saliente que tiene una forma circular a modo de disco. Además de la pieza de la falda del pistón se fabrica una pieza de fondo de pistón, que también tiene una forma base a modo de disco. El diámetro de la pieza de falda del pistón del pistón se corresponde con el diámetro de la pieza de fondo del pistón. En la cara frontal de la pieza de fondo de pistón correspondiente a la pieza de falda de pistón está conformada una escotadura cuya boca está limitada por un tramo periférico que penetra en la escotadura, de tal modo que entre este tramo y la superficie base de la escotadura se forma un destalonado. Para ensamblar la pieza de la falda del pistón y la pieza del fondo del pistón se coloca primeramente la pieza del fondo del pistón en una matriz cuyo diámetro interior se corresponde con el diámetro exterior de la pieza del fondo del pistón y la pieza de la falda del pistón. La escotadura de la pieza del fondo del pistón está orientada hacia la boca de la matriz, mientras que la pieza del fondo del pistón se apoya en su otra cara frontal por medio de un punzón. A continuación se introduce la pieza bruta de la falda del pistón en la matriz hasta que su saliente encaje en la escotadura de la pieza del fondo del pistón. A continuación se somete la pieza de la falda del pistón mediante un punzón de conformado a una fuerza de forjado mediante la cual el material de la pieza de la falda del pistón fluye al interior de la escotadura de la pieza del fondo del pistón, rellenando el destalonado que allí está formado. Al mismo tiempo, la pieza de la falda del pistón adquiere su forma definitiva en forma de copa.

60 El pistón fabricado de acuerdo con el procedimiento según el documento JP 03-267552 A

5 presenta una forma exterior esencialmente totalmente cilíndrica. Muy próximas a la pieza del fondo del pistón soportado por la falda del pistón están conformadas en la superficie periférica de la pieza de la falda del pistón las ranuras para los segmentos de pistón. Ni la pieza de la falda del pistón ni la pieza de fondo de pistón presentan características de forma adicionales que lo hacen adecuado para un moderno motor de combustión interna. Al pistón conocido le falta en particular toda conformación especial de la pieza del fondo del pistón, tal como se exige hoy día para el aprovechamiento óptimo de la energía del carburante quemado en el respectivo motor de combustión interna. También se ve que los diseños sencillos de pistón de la clase descrita en el documento JP 03-267552 A no satisfacen los requisitos térmicos que se requieren en los modernos motores de combustión interna.

10 Otras posibilidades comparables de fabricación de pistones a base de dos piezas mediante una unión de acoplamiento positivo producida por una técnica de forja se conocen por el documento DE 725 761 C, el JP 54-021945 A, el GB 2 080 485 A o el US 3.075.817 A1. Este estado de la técnica tiene sin embargo en común que los pistones unidos en la forma conocida a partir de dos piezas presentan todos ellos una forma sencilla que ya no satisface los modernos requisitos que deben cumplir los pistones para motores de combustión interna.

15 Partiendo del estado de la técnica antes expuesto, la invención tenía como objetivo proporcionar un procedimiento que permitiera la fabricación económica de pistones para motores de combustión interna. Igualmente se trataba de especificar un pistón para motores de combustión interna que con una elevada precisión de fabricación se pudiera fabricar económicamente.

20 Con relación al procedimiento para la fabricación de un pistón para motores de combustión interna a partir de dos piezas pre-fabricadas, se ha resuelto este objetivo conforme a la invención por el hecho de que en un procedimiento de esta clase se llevan a cabo las medidas indicadas en la reivindicación 1. Unas realizaciones ventajosas del procedimiento conforme a la invención se indican en las reivindicaciones referidas a la reivindicación 1.

25 De forma correspondiente se ha resuelto el objetivo antes citado con relación a un pistón para motores de combustión interna que está fabricado a partir de dos piezas unidas entre sí mediante una unión positiva, mediante el objeto de la reivindicación 12. Unas configuraciones ventajosas del pistón conforme a la invención se describen en las reivindicaciones referidas a la reivindicación 12.

30 De acuerdo con la invención se lleva a cabo la unión entre las dos piezas del pistón sirviéndose de una unión mecánica en la que el material del saliente de una de las piezas se engarza de tal modo con el material que rodea la escotadura de la otra pieza, que las dos piezas quedan unidas entre sí de forma inseparable. Para este fin se forma en la zona de la escotadura de una de las piezas un destalonado, que después de comprimir entre sí las dos piezas queda llenado por el material del saliente que fluye a su interior. De este modo se forma un sistema de bloqueo mecánico que actúa esencialmente por acoplamiento positivo, que asegura la unión duradera firme de las dos piezas del pistón producido conforme a la invención.

35 Una ventaja esencial de la invención consiste en que las distintas piezas a partir de las cuales se ensambla el pistón, que están compuestas p.ej. de un material de acero, se pueden pre-conformar totalmente acabadas, y la unión entre las piezas se puede establecer sin el empleo de elementos de unión adicionales, tales como tornillos. La unión mecánica prevista conforme a la invención mediante un encaje mutuo del material de las dos piezas formando una unión positiva permite pre-conformar con precisión las por lo menos dos piezas individuales a partir de las cuales se compone un pistón conforme a la invención. Por este motivo presentan un peso mínimo al montarlas para formar el pistón, por lo que es necesario aplicar sólo unas fuerzas reducidas para la manipulación de las piezas. Además de esto y como consecuencia de que debido al proceso de ensamblado conforme a la invención no se produce ninguna alteración de la forma básica del pistón, por lo general se requiere en todo caso sólo un trabajo de repaso mecánico muy reducido del pistón terminado de ensamblar.

40 Debido a que los componentes ensamblados de modo conforme a la invención para formar un pistón conforme a la invención pueden tener una forma sencilla, especialmente en lo que se refiere a los elementos de forma necesarios para realizar su unión, se pueden pre-fabricar estas piezas de forma económica mediante forja, en particular mediante forja en caliente.

45 A este respecto resulta especialmente ventajoso que la forma de unión de las dos piezas del pistón conforme a la invención permite fabricar el pistón íntegramente empleando únicamente operaciones de forja en caliente. De este modo, además de la pre-fabricación de las dos piezas del pistón mediante forja en caliente se puede producir además el destalonado formado en una de las piezas mediante operaciones de forja en caliente.

50 Para ello se puede conformar en primer lugar mediante una herramienta de conformado un saliente en la primera pieza, orientado esencialmente en sentido contrario al sentido de actuación de la herramienta. A continuación se somete este saliente a una fuerza lateral dirigida en sentido hacia el alojamiento, con el fin de formar el destalonado. En una forma de producción del destalonado realizada de

este modo en dos etapas se conforma primeramente mediante una herramienta de forja adecuada en la primera pieza un saliente sin destalonado, del que se puede volver a separar la herramienta mediante un simple movimiento de desplazamiento. A continuación se inclina el saliente mediante la aplicación de una primera fuerza lateral en sentido hacia el alojamiento de la primera pieza, de modo que entre su extremo libre y el fondo del alojamiento encierre un ángulo inferior a 90°. De este modo se pueden evitar operaciones de mecanizado adicionales con arranque de viruta para producir el destalonado.

En la forma de producción conforme a la invención ya no se requiere además calentar localmente las piezas del pistón hasta la temperatura de fusión. En un pistón conforme a la invención, tampoco aparece ya el riesgo de que se produzca alteraciones de la estructura ni que se formen tensiones en el pistón, a causa de un calentamiento de esta clase.

Otro aspecto esencial de la invención es que las por lo menos dos piezas se unen entre sí mediante una operación sencilla, comparable a un paso de forjado. El dispositivo que se requiere para ello se puede concebir de forma sencilla y por lo tanto económica, ya que en la pieza de la zona de unión no se requiere ninguna matriz especial ni otros medios auxiliares comparables que determinen el flujo del material y que impidan la deformación de los componentes, sino que el llenado deseado de la escotadura de una de las piezas del pistón por medio del material del saliente de la otra pieza del pistón queda garantizado porque el saliente penetra en la escotadura de la otra pieza, y porque el flujo de material que se produce a causa de la subsiguiente aplicación de la presión viene determinado por la misma forma de la escotadura.

Como resultado se dispone por lo tanto con la invención de un procedimiento que de forma sencilla y económica permite realizar la fabricación de pistones para motores de combustión interna, conformados con alta precisión y que al mismo tiempo pueden soportar cargas elevadas. Su configuración está elegida para ello de tal modo que se puedan ensamblar con medios sencillos a partir de dos piezas, sin que para ello se requieran aparatos complejos ni unos esfuerzos excesivamente grandes.

Una realización de la invención especialmente adecuada para la práctica **se caracteriza** porque la escotadura y el saliente están realizados cada uno en una superficie frontal de la pieza que le corresponde a cada uno. En esta realización se requiere únicamente una fuerza de prensado que actúe en la dirección axial longitudinal del pistón que se trata de fabricar, para provocar el flujo de material deseado. En esta disposición queda al mismo tiempo asegurada una unión de las dos piezas del pistón, óptima en cuanto a las cargas que surgen durante su empleo en la práctica.

Se obtiene un diseño especialmente sencillo de las piezas del pistón y una variante igualmente sencilla para realizar el procedimiento conforme a la invención si una de las piezas forma el fondo del pistón y la otra pieza la falda del pistón que se trata de fabricar.

En principio es indiferente la asignación del saliente y de la escotadura a cada una de las piezas respectivas, para el éxito que se puede conseguir con la invención. Así, en aquellos casos en que una de las piezas forma la falda del pistón, en la que para el empleo práctico está acoplada la biela respectiva y que guía al pistón en la camisa del cilindro, y donde la otra pieza forma el fondo del pistón en cuya cara frontal alejada de la falda del pistón generalmente está conformada una depresión para la cámara de combustión, puede estar formado el saliente en la pieza del fondo del pistón y la escotadura en la pieza de la falda del pistón. Pero desde el punto de vista de la técnica de la fabricación ha resultado sin embargo especialmente práctico si el saliente le corresponde a la pieza de la falda del pistón y la escotadura a la pieza del fondo del pistón.

Para simplificar la pieza del pistón dotada en el curso de la pre-fabricación con la escotadura también contribuye que la escotadura en cuestión presente una boca circular.

El destalonado previsto conforme a la invención en la zona de la escotadura se puede producir de forma sencilla si la boca de la escotadura presenta una superficie de orificio que sea menor que la proyección de la superficie base de la escotadura situada frente al orificio. Con este dimensionado, la superficie del orificio es siempre menor que la proyección de la superficie base en el plano de la superficie del orificio. Esto significa que en una vista en planta sobre la superficie base, el borde del orificio está dispuesto con respecto al borde de la superficie base, por lo menos en tramos, desplazado en sentido hacia el centro de la superficie base, de modo que en los tramos respectivos se forma forzosamente un destalonado en la transición del borde del orificio al borde de la superficie base. El destalonado se puede formar porque la superficie periférica que rodea la escotadura tiene, partiendo de la superficie base de la escotadura, una orientación inclinada respecto a la superficie del orificio, por lo menos por tramos.

En principio cabe imaginar unir entre sí las piezas que juntas forman el pistón por medio de un conformado en frío. Ahora bien, se puede conseguir una simplificación considerable del trabajo que entraña esta clase de conformado, si durante la aplicación de la fuerza para la obtención de la unión con ajuste positivo entre la primera y la segunda pieza, la pieza dotada del saliente se calienta hasta la

temperatura de forja, por lo menos en la zona del saliente. En este caso, la primera pieza, fría, actúa con su alojamiento como matriz para el conformado del saliente de la segunda pieza colocada en el alojamiento y que se encuentra a la temperatura de forja, de modo que se asegura un llenado uniforme y completo de la zona del destalonado del alojamiento mediante el material del saliente durante la deformación del saliente que se produce como consecuencia de la aplicación de la fuerza.

5

El apoyo de una de las piezas en la otra pieza del pistón terminado de montar y ensamblado se puede favorecer si en la transición del saliente al tramo principal de la pieza que le corresponde, se forma un escalón. En este escalón se puede apoyar la otra pieza por lo menos con la pared que rodea su escotadura.

10

Resulta especialmente adecuada para la práctica una configuración de la invención según la cual la escotadura está rodeada, al menos por tramos, de un tramo de cuello que sobresale libremente. Este tramo de cuello forma por una pieza el elemento de conformado mediante el cual está formado el destalonado relleno por el material del saliente de la otra pieza en la zona de la escotadura. Por otra pieza se puede dirigir el flujo de material que se produce en el curso de la aplicación de la presión de tal modo que el tramo de cuello asegure un engrapado seguro y permanente de las dos piezas, al penetrar una distancia relativamente profunda dentro del material de la pieza del pistón dotada del saliente, rodeando el material de la pieza dotada del saliente al menos por tramos el tramo de cuello.

15

La seguridad con la cual las dos piezas de un pistón conforme a la invención se mantienen unidas incluso durante los calentamientos que se producen durante el trabajo, se puede optimizar sin modificar al mismo tiempo la sencillez del montaje, al estar dimensionado de tal modo el volumen del saliente de una de las piezas y teniendo en cuenta la dilatación térmica de ambas piezas, que el material del saliente llene completamente la escotadura de la otra pieza, incluso en estado enfriado. Para este fin se puede adaptar la forma periférica del saliente de una de las piezas a la forma del orificio de la escotadura de la otra pieza de tal modo que estando el saliente calentado a la temperatura de forja en caliente se pueda deslizar dentro del orificio, siendo la altura del saliente mayor que la profundidad de la escotadura.

20

25

Una ventaja esencial de la invención consiste en que la forma de fabricación de un pistón conforme a la invención permite elegir para las dos piezas de las que está compuesto el pistón para cada una un material que esté adaptado de forma óptima a las cargas que actúan durante el funcionamiento sobre la pieza respectiva. De este modo se tiene mediante la invención la posibilidad de tener en cuenta durante la elección del material respectivo no solamente las respectivas cargas mecánicas sino también aquellas cargas resultantes por ejemplo a causa de influencias térmicas o químicas a las que un pistón conforme a la invención está expuesto durante el uso práctico.

30

Consecuentemente se propone conforme a una realización especialmente ventajosa de la invención, fabricar una de las piezas del pistón conforme a la invención de un primer material y la otra pieza de un segundo material que sea distinto al primer material. Dependiendo del campo de aplicación respectivo, la primera pieza puede estar fabricada por ejemplo de una primera calidad de acero y la segunda pieza de una segunda calidad de acero, la primera pieza de una calidad de acero y la segunda pieza de otro material metálico, en particular de aleación ligera, o la primera pieza de un material cerámico y la segunda pieza de un material metálico. Además de la forja en caliente como procedimiento de pre-fabricación para materiales de forja se puede emplear también conforme a la invención una pre-fabricación mediante una técnica de sinterizado, al menos para la pieza del fondo del pistón. El material de partida para la pieza del fondo del pistón es entonces un polvo metálico de sinterizado.

35

40

La invención permite además bonificar o tratar de algún otro modo distinto las distintas piezas de la que está compuesto un pistón en la forma conforme a la invención, teniendo en cuenta las cargas que en la práctica actúan sobre la pieza respectiva.

45

Mediante la fabricación y diseño conforme a la invención de un pistón para motores de combustión interna se abre así un amplio espectro de posibilidades de optimización que permiten adaptar un pistón de esta clase en cada caso de modo óptimo a su aplicación respectiva.

50

A continuación se explica la invención con mayor detalle sirviéndose de un dibujo que representa un ejemplo de realización. Las figuras muestran respectivamente de forma esquemática y en sección longitudinal:

Fig. 1 un pistón compuesto de dos piezas;

Fig. 2 las piezas de las que está compuesto el pistón representado en la Fig. 1;

55

Fig. 3, Fig. 4 dos fases de trabajo realizadas durante la fabricación de la primera pieza del pistón

El pistón 1 está compuesto de una primera pieza 2 que forma su fondo de pistón y una segunda

pieza 3 que forma su falda del pistón, que están unidas entre sí mediante un acoplamiento positivo y de fuerza. La pieza del fondo del pistón 2, la pieza de la falda del pistón 3 y también la unión con acoplamiento positivo y de fuerza entre estas dos piezas 2, 3 han sido realizadas mediante operaciones de forja en caliente.

5 La pieza del fondo del pistón 2 ha sido fabricada mediante una técnica de forja en caliente a partir de una pieza bruta de acero, y presenta una forma base en forma de disco. En aquella cara frontal 5 de la pieza del fondo del pistón 2 que en el uso práctico le corresponde a una cámara de combustión que aquí no está representada de un bloque de motor que aquí tampoco se puede ver, está conformada una  
10 depresión de cámara de combustión 6. A continuación de la cara frontal 5 sigue una pared periférica 7 orientada en sentido hacia la pieza de la falda del pistón 3, que rodea un alojamiento 9 realizado sobre la cara frontal de la pieza del fondo de pistón 2 orientada hacia la pieza de la falda del pistón 3. En la superficie base del alojamiento 9, opuesto a la pieza de la falda del pistón 3, está conformada una escotadura 10.

15 Para la fabricación de la pieza del fondo del pistón 2 se produce primeramente una forma previa a partir de una pieza bruta de acero que aquí no está representada, calentada a una temperatura de forja de aprox. 1050°C, mediante simple recalado, a partir de la cual y mediante una herramienta de forja que aquí no está representada se produce una pieza bruta de fondo de pistón 2a, cuya forma básica ya se corresponde con la forma de la pieza de fondo del pistón 2. Mediante la herramienta de forja se ha conformado ya la escotadura 10 en su forma bruta en la pieza bruta del fondo del pistón 2a. Al mismo  
20 tiempo ha sido conformado sin destalonado mediante la herramienta de forja un saliente 12a en la pieza del fondo del pistón 2a, que rodea en forma de anillo la escotadura 10 y que está orientado en sentido contrario al sentido de actuación R de la herramienta de forja que aquí no está representada. La pared interior de la escotadura 10 rodeada por el saliente 12a está realizada en la pieza bruta del fondo del pistón 2a por lo tanto esencialmente con forma cilíndrica.

25 En otra fase de trabajo de técnica de forja en caliente se lleva a cabo entonces el calibrado de la pieza bruta del fondo del pistón 2a. Para ello se ha colocado la pieza bruta del fondo del pistón 2a en una herramienta de calibrado K de dos piezas, cuya pieza de herramienta inferior K 1, correspondiente a la cara frontal 5 de la pieza bruta del fondo del pistón 2a reproduce la forma terminada de la depresión de la cámara de combustión 6 de la pieza de fondo de pistón 2. La pieza superior de la herramienta K 2 de la  
30 herramienta de calibrado K presenta en cambio en su cara correspondiente a la pieza de herramienta inferior K 1, un saliente V periférico de forma anular soportado por una placa E.

35 Este saliente V está dispuesto de tal modo que estando la pieza bruta del fondo de pistón 2a descansando con su superficie frontal F sobre la pieza inferior de la herramienta K 1, está orientado hacia el intersticio anular S que existe entre el saliente 12a y la pared periférica de la pieza bruta del fondo del pistón 2a. La pared periférica interior U del saliente V, partiendo del extremo libre de éste, encierra con la cara inferior de la placa E que soporta el saliente V un ángulo obtuso  $\beta$  de 115 – 120°, de tal modo que el saliente V tiene una sección, en la zona de su raíz contiguo a la placa E, de mayor grueso que la zona de su punta libre. Al mismo tiempo, la pared periférica exterior del saliente V transcurre paralela a la superficie interior de la pared periférica 7.

40 Al descender la herramienta de calibrado K 2, el saliente V penetra en el espacio anular S incidiendo con su superficie periférica interior V sobre el saliente 12a de la pieza bruta del fondo del pistón 12. De este modo se ejerce sobre el saliente 12a una fuerza lateral Q dirigida hacia la escotadura 10, gracias a la cual se desplaza el material del saliente 12a en sentido hacia la escotadura 10.

45 En cuanto la herramienta de calibrado K 2 ha alcanzado su posición más baja, en la que la punta de su saliente V se encuentra en el fondo del intersticio anular S, el saliente 12a de la pieza bruta del fondo del pistón 2a ha quedado conformada formando el tramo de cuello 12, que ahora está inclinado con un ángulo  $\alpha$  de unos 25 – 30° respecto al eje longitudinal L de la pieza del fondo del pistón 12.

50 De este modo, el orificio circular 11 de la escotadura 10 queda rodeado por el tramo de cuello 12 periférico que penetra libremente dentro del alojamiento 9, y que partiendo de la superficie base 13 también circular de la escotadura 10 está orientado en la dirección del eje longitudinal L de la pieza del fondo del pistón 2. De este modo, la superficie base 13 es mayor que la superficie ocupada por el orificio 10. Al mismo tiempo se forma un destalonado 14 en la zona del ángulo  $\alpha$  encerrado entre la superficie base 13 y el tramo de cuello 12 dispuesto en posición inclinada, que no se puede conseguir mediante un movimiento que sea únicamente paralelo al eje longitudinal L.

55 La pieza de la falda del pistón 3 también ha sido fabricada mediante varias operaciones de forja en caliente a partir de una pieza bruta cilíndrica de acero. Para ello se ha colocado la pieza bruta, que aquí no está representada, primeramente en la matriz de un dispositivo de forja que tampoco está representada aquí, en el cual se ha conformado a continuación en una primera fase de forja y mediante  
60 un punzón, partiendo de una de las caras frontales de la pieza bruta, una escotadura 15 de la pieza de la falda del pistón 3, que referida a la pieza del fondo del pistón 2 en estado terminado de montar queda en la pieza posterior. Al mismo tiempo se ha conformado en la zona de la otra cara frontal de la pieza bruta

un saliente cilíndrico 16 y a continuación un escalón 17 que rodea el saliente 16, cuya forma viene dada por la matriz del dispositivo de forja. La pieza bruta pre-conformada de este modo se ha terminado de formar a continuación en una segunda fase de forja. Las dimensiones geométricas de la pieza de falda del pistón 3 obtenida de este modo se corresponden salvo escasas variaciones con las medidas finales requeridas, de modo que en la pieza de la falda del pistón 3 solamente es necesario llevar a cabo escasos trabajos mecánicos de repaso ("Fabricación Near Net Shape").

En una pieza de falda de pistón 3 terminada de este modo está formado en la cara frontal opuesta a la escotadura 14 el saliente 16, que a través del escalón 16 pasa de modo continuo al tramo principal 18 de la pieza de la falda del pistón 3. El tramo principal 18 consta esencialmente de una pared periférica, en la que entre otras cosas están formados los orificios de asiento, que aquí no se ven, para una biela del motor de combustión interna para el cual está destinado el pistón 1. El diámetro D del saliente 16 se corresponde salvo a una falta de medida en el diámetro del orificio 16 de la escotadura 10 de la pieza del fondo del pistón 2, de modo que el saliente 16 se puede introducir con escasa holgura en la escotadura 10 de la pieza del fondo del pistón 2. La transición del saliente 16 a la superficie frontal 19 es continua y sin salto, es decir que está realizada sin un escalón rectangular. Esta configuración facilita la introducción del saliente 16 en la escotadura 10.

Para simplificar aún más la introducción del saliente 16 y permitir al mismo tiempo una alineación especialmente exacta entre la pieza del fondo del pistón 2 y la pieza de la falda del pistón 3, el saliente 16 puede estar realizado cerrándose ligeramente en cono, partiendo del escalón 17 en sentido hacia su superficie frontal libre 19.

La altura H del saliente 16 es mayor que la profundidad T de la escotadura 10. Las dimensiones del saliente 16 de la pieza de la falda del pistón 3 están ajustadas en su conjunto de tal modo con relación a las dimensiones de la escotadura 10 de la pieza del fondo del pistón 2, teniendo en cuenta una proporción de volumen  $V_k$ , en el cual se contrae el volumen del saliente 16 al enfriarlo, después de unir la pieza de la falda del pistón 3 con la pieza del fondo del pistón 2. En el caso de las piezas de falda del pistón 3 y del fondo de pistón 2 fabricadas de acero, este incremento de volumen  $V_k$  resulta para un volumen  $V_1$  de la escotadura 10 que se ha de rellenar con el material del saliente 16, en  $V_k = V_1 \times 0,014$ .

Con el fin de asegurar una unión firme permanente en todas las condiciones de temperatura entre las piezas 2 y 3, el volumen  $V_2$  del saliente 16 es por lo tanto de  $V_2 = V_1 + V_k$ , estando conformado el volumen adicional  $V_k$  especialmente en la zona del saliente 16 que después de ensamblar la pieza de la falda del pistón 3 y la pieza del fondo del pistón 2 le corresponde al tramo de cuello 12 de la pieza del fondo del pistón 2.

Para unir la pieza del fondo del pistón 2 con la pieza de la falda del pistón 3 se calienta primeramente la pieza de la falda del pistón 3 a la temperatura de forja de unos  $1050^\circ$ , mientras que la pieza del fondo del pistón 2 queda a temperatura ambiente.

A continuación se posicionan las dos piezas 2, 3 en alojamientos debidamente formados de un dispositivo de prensado que aquí no está representado, de tal modo que sus ejes longitudinales L queden alineados y que el saliente 16 de la pieza de la falda del pistón y la escotadura 10 de la pieza del fondo del pistón 2 estén enfrentadas entre sí. A continuación se desplazan las piezas 2, 3 aproximándolas entre sí hasta que la superficie frontal libre 19 tropiece con la superficie base 13 de la escotadura 10. A continuación se ejerce una fuerza de presión P, que actúa en la dirección del eje longitudinal L, sobre la pieza del fondo del pistón 2 y/o sobre la pieza de la falda del pistón 3. Esta fuerza es tan grande que el material M del saliente 16 de la pieza de la falda del pistón 3 que ha sido calentada a la temperatura de forja, fluya al interior del espacio de la escotadura 10 que hasta entonces estaba todavía libre en la zona del destalonado 14.

El proceso de prensado se continúa hasta que el borde libre del tramo de cuello 12 asienta en la garganta 20 donde se produce la transición entre el saliente 16 al tramo contiguo 17 de la pieza de la falda del pistón 3. En este estado, el material de acero del saliente 16 llena totalmente la escotadura 16 incluido el destalonado 14. Mediante el material del saliente 16 que penetra detrás del tramo de cuello 12, la pieza del fondo del pistón 2 ha quedado ahora unida con una unión positiva con la pieza de la falda del pistón 3.

El exceso de llenado de la escotadura 10 provocado como consecuencia del volumen adicional  $V_k$  del saliente 16 se compensa mediante una deformación elástica del tramo de cuello 12. El tramo de cuello 12 deformado de este modo se desplaza durante el enfriamiento en sentido hacia su forma original, de modo que el acoplamiento positivo formado por el llenado de la escotadura 10 se complementa con un acoplamiento de fuerza, provocado por la interacción y recuperación elástica del tramo de cuello 12 que no ha sido totalmente deformado plásticamente o sólo lo ha sido de modo incompleto, y del material del saliente 16.

Dado que la zona del borde del tramo de cuello 12 penetra ligeramente dentro del material de la pieza de la falda del pistón 3, la pieza del fondo del pistón 2 queda al mismo tiempo apoyada por medio

del tramo de cuello 12 sobre el escalón 17 de tal modo que incluso en el caso de que haya unas cargas distribuidas irregularmente en la zona de la depresión de la cámara de combustión 6, queda garantizada una transmisión de fuerza uniforme desde la pieza del fondo del pistón 2 a la pieza de la falda del pistón 3.

5 Para unir la pieza del fondo del pistón 2 con la pieza de la falda del pistón 3 se pueden calentar por principio ambas piezas hasta la temperatura de forja en caliente. Sin embargo es suficiente si se calienta a la temperatura de forja en caliente únicamente la pieza de la falda del pistón 3, o incluso únicamente el saliente 16 de la pieza de la falda del pistón 3, mientras que no se incrementa selectivamente la temperatura de la pieza del fondo del pistón 2. Con independencia de que se caliente el saliente 16 solo o junto con la totalidad de la pieza de la falda del pistón 3, la escotadura 10 de la pieza del fondo del pistón actúa en este caso en el sentido de una matriz de conformado para efectuar el conformado necesario del saliente 16 de la pieza de la falda del pistón 3 que se requiere para unir la pieza de la falda del pistón 3 y la pieza del fondo del pistón 2. Durante esta fase de conformado, la pieza del fondo del pistón 2 puede permanecer en la pieza inferior de la herramienta K1. De este modo, la pieza inferior de la herramienta K1 no solamente se puede aprovechar para calibrar la pieza bruta del fondo del pistón 2a sino también como herramienta para unir la pieza del fondo del pistón 2 con la pieza de la falda del pistón 3. De este modo se pueden reducir los costes de las herramientas y tampoco se requiere ningún cambio de preparación de la herramienta de forja entre las distintas operaciones de trabajo, lo cual en conjunto repercute favorablemente en los costes de fabricación.

## 20 REFERENCIAS

- 1 Pistón
- 2 Pieza del fondo del pistón
- 2a Pieza bruta del fondo del pistón
- 3 Pieza de la falda del pistón
- 25 4 Zona de ensamblado
- 5 Cara frontal de la pieza del fondo del pistón 2 y de la pieza bruta del fondo del pistón 2a
- 6 Depresión de la cámara de combustión
- 7 Pared periférica en la pieza del fondo del pistón 2 y de la pieza bruta del fondo del pistón 2a
- 8 Segunda cara frontal de la pieza del fondo del pistón 2
- 30 9 Alojamiento de la pieza del fondo del pistón
- 10 Escotadura
- 11 Orificio de la escotadura 10
- 12 Tramo de cuello
- 12a Saliente de la pieza bruta del fondo del pistón 2a
- 35 13 Superficie base de la escotadura 210
- 14 Destalonado
- 15 Escotadura trasera de la pieza de la falda del pistón 3
- 16 Saliente
- 17 Escalón
- 40 18 Tramo principal de la pieza de la falda del pistón 3
- 19 Superficie frontal del saliente 16
- 20 Garganta en la transición del saliente 16 al escalón 17
- $\alpha, \beta$  Ángulos
- D Diámetro del saliente 16
- 45 E Placa

- H Altura del saliente 16
- K1 Pieza inferior de la herramienta de calibrado K
- K2 Pieza superior de la herramienta de calibrado K
- K Herramienta de calibrado
- 5 L Eje longitudinal del pistón 1 y de las piezas 2, 3
- M Material del saliente 16
- P Fuerza de presión
- R Sentido de actuación de la herramienta de forja
- T Profundidad de la escotadura 10
- 10 V Saliente de la pieza de herramienta K1
- S Intersticio anular
- U Superficie periférica interior del saliente V
- Q Fuerza

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un pistón (1) para motores de combustión interna
  - 5 - en el cual se pre-fabrica una primera pieza (2) mediante forja en caliente, y en esta pre-fabricación se realiza en la primera pieza (2) una escotadura (10) que presenta por lo menos un destalonado (14), para lo cual se conforma en la primera pieza (2), mediante una herramienta de conformado, un saliente (12) orientado esencialmente en sentido contrario al sentido de actuación de la herramienta, al cual se le aplica a continuación una fuerza lateral orientada en el sentido de la escotadura (10) para formar el destalonado (14),
  - 10 - en el cual se pre-fabrica una segunda pieza (3) mediante forja en caliente, y se realiza en esta segunda pieza (3) un saliente (16) cuyas dimensiones están adaptadas de tal modo a las dimensiones de la escotadura (10) que el saliente (16) se pueda introducir libremente en la escotadura (10) de la primera pieza (2), siendo su volumen por lo menos igual al volumen rodeado por la escotadura (10),
  - 15 - en el que las dos piezas (2, 3) se unen entre sí de tal modo que el saliente (16) de una de las piezas (3) penetra en la escotadura (10) de la otra pieza (2), y
  - 15 - en el que se someten las dos piezas ensambladas (2, 3) a una fuerza de presión que tiene una magnitud y orientación tal que el material del saliente (16) de una de las piezas (3) fluye al interior de la escotadura (10) de la otra pieza (2) y la rellena completamente, para unir las piezas (2, 3) con un acoplamiento positivo.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la escotadura (10) y el saliente (16) están realizados cada uno en una superficie frontal de la pieza (2, 3) que le corresponde a cada uno.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una de las piezas (2) forma el fondo del pistón y la otra pieza (3) forma la falda del pistón que se trata de fabricar (1).
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el saliente (16) le corresponde a la pieza de la falda del pistón (3) y la escotadura (10) a la pieza del fondo del pistón (2).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la escotadura (10) presenta un orificio circular (11).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el orificio (11) de la escotadura (10) presenta una superficie de orificio que es menor que la proyección de la superficie base (13) de la escotadura (10) situada frente al orificio.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la superficie periférica que rodea la escotadura (10) para formar el destalonado (14) presenta una inclinación respecto a la superficie del orificio, al menos por tramos y partiendo de la superficie base (13).
- 35 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al aplicar la fuerza para establecer la unión con acoplamiento positivo entre la primera pieza y la segunda pieza (2, 3), la pieza (3) dotada del saliente (16) está calentada a la temperatura de forja, por lo menos en la zona del saliente (16).
- 40 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la dirección de actuación de la fuerza de presión (P) tiene una orientación coaxial con la dirección longitudinal del saliente (16) y de la escotadura (10).
- 45 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el volumen del saliente (16) de una de las piezas (3) está dimensionado teniendo en cuenta la dilatación térmica de las dos piezas (2, 3) de tal modo que el material del saliente (16) llena totalmente la escotadura (10) de la otra pieza (2), también en estado enfriado.
- 50 11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la forma periférica del saliente (16) de una de las piezas (3) está adaptada a la forma del orificio (11) de la escotadura (10) de la otra pieza (2) de tal modo, que estando el saliente (10) calentado a la temperatura de forja se puede deslizar al interior del orificio (11), y porque la altura (H) del saliente (16) es mayor que la profundidad (T) de la escotadura (10).
12. Pistón para motores de combustión interna, fabricado a partir de dos piezas (2, 3) unidas entre sí en unión positiva, fabricadas mediante forja en caliente, estando realizada en una de las piezas (2) una escotadura (10) que presenta por lo menos un destalonado (14), que está rodeada al

menos por tramos de un tramo de cuello (12) que sobresale libremente, y que está llenado esencialmente en su totalidad por el material de un saliente (16) realizado en la otra pieza (3), para establecer el acoplamiento positivo, **caracterizado porque** entre el tramo de cuello (12) y la pared periférica (7) de la pieza del fondo de pistón (2) existe un espacio libre periférico.

- 5 13. Pistón según la reivindicación 12, **caracterizado porque** la escotadura (10) y el saliente (16) están realizados cada uno en una superficie frontal de la pieza (2, 3) que le corresponde a cada uno.
14. Pistón según una de las reivindicaciones 12 ó 13, **caracterizado porque** una de las piezas (2) forma su fondo de pistón y la otra pieza (3) forma su falda de pistón.
- 10 15. Pistón según la reivindicación 15, **caracterizado porque** el saliente (16) le corresponde a la pieza de la falda del pistón (3) y la escotadura (10) le corresponde a la pieza del fondo del pistón (2).
16. Pistón según una de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado porque** la escotadura (10) presenta un orificio circular (11).
- 15 17. Pistón según una de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado porque** el orificio (11) de la escotadura (10) presenta una superficie de orificio que es menor que la proyección de la superficie base (13) de la escotadura (10) que está situada frente al orificio.
18. Pistón según la reivindicación 17, **caracterizado porque** la superficie periférica destinada a formar el destalonado, que rodea la escotadura (10), tiene una orientación inclinada respecto a la superficie del orificio, al menos por tramos y partiendo de la superficie base (13).
- 20 19. Pistón según una de las reivindicaciones 12 a 18, **caracterizado porque** en la transición del saliente (16) al tramo principal (18) de la pieza que le corresponde (3) está formado un escalón (17).
- 25 20. Pistón según una de las reivindicaciones 12 a 19, **caracterizado porque** el material de la pieza dotada del saliente (16) rodea al menos por tramos el tramo de cuello (12).
21. Pistón según una de las reivindicaciones 12 a 20, **caracterizado porque** una de las piezas (2) es de un primer material y la otra pieza (3) es de un segundo material distinto al primer material.

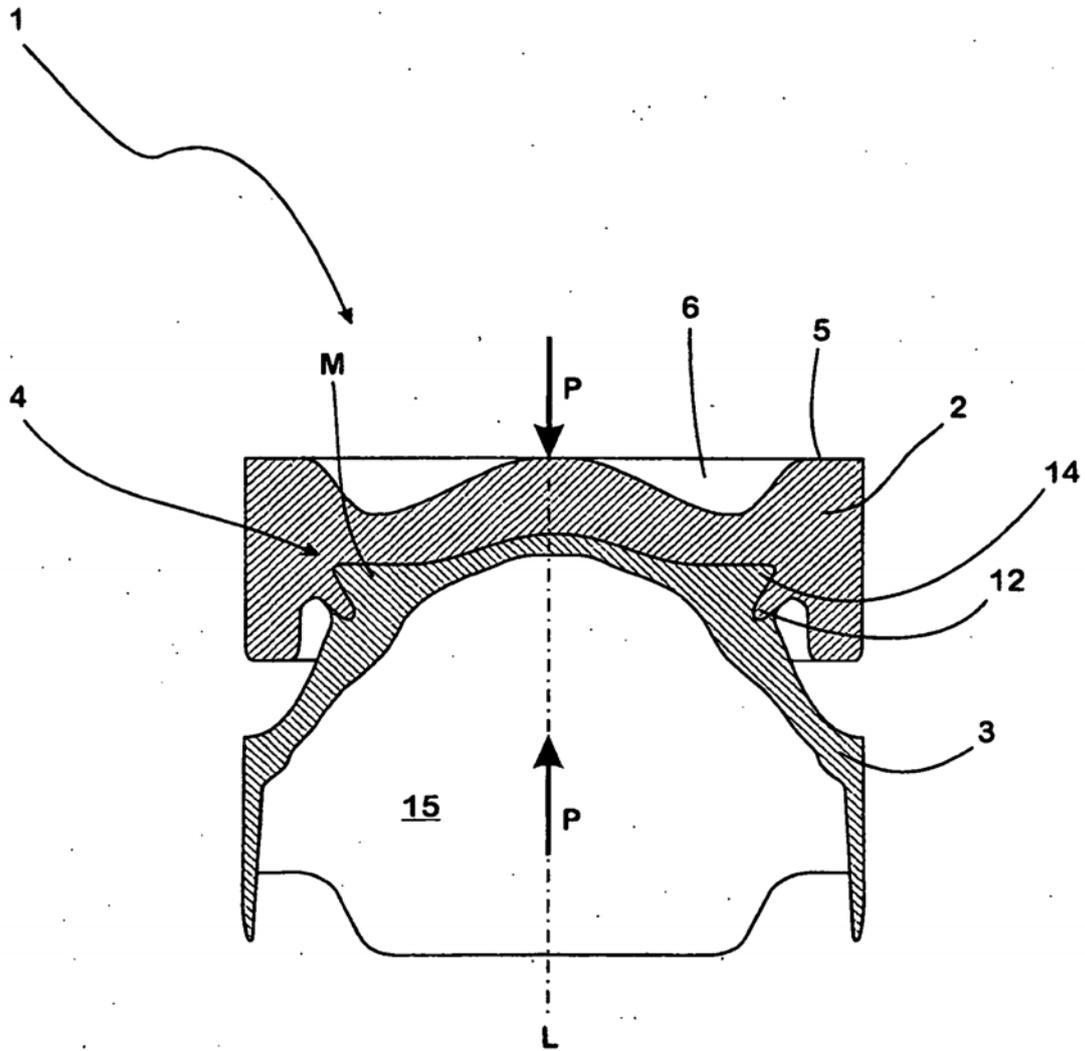


Fig. 1

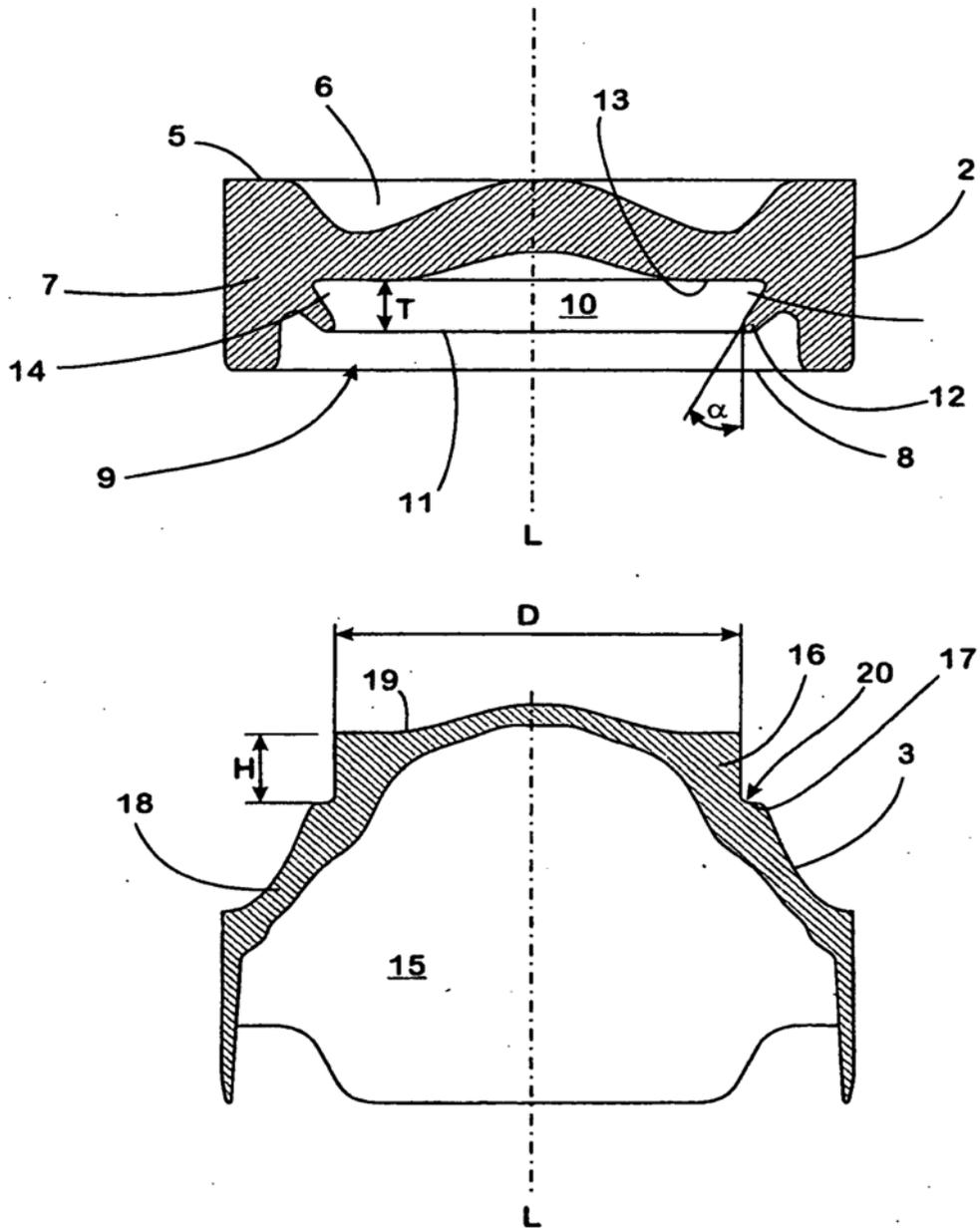


Fig. 2

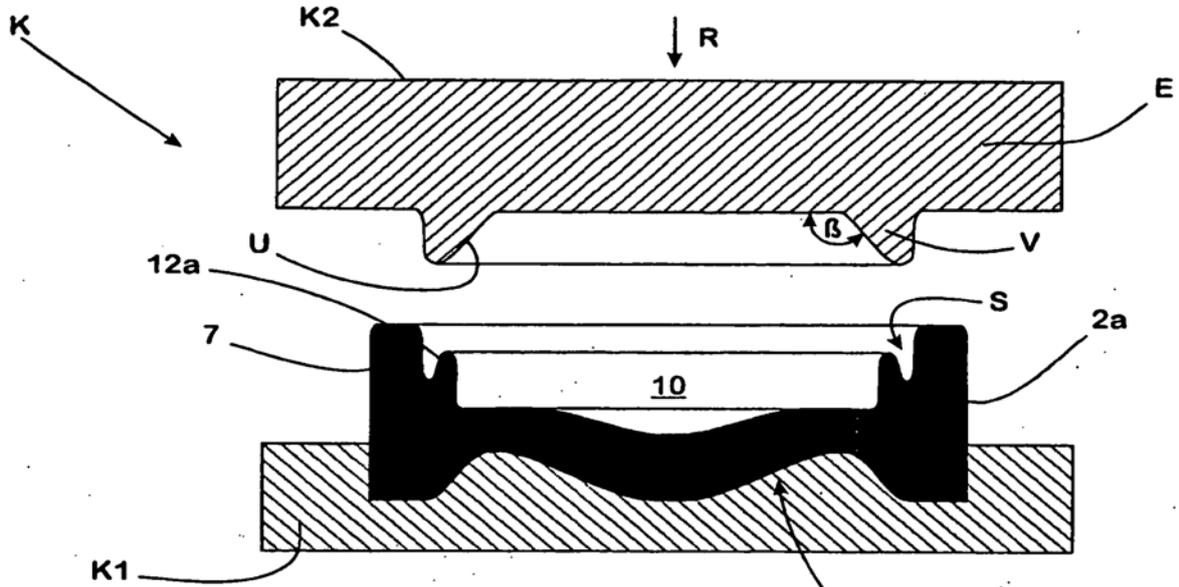


Fig. 3

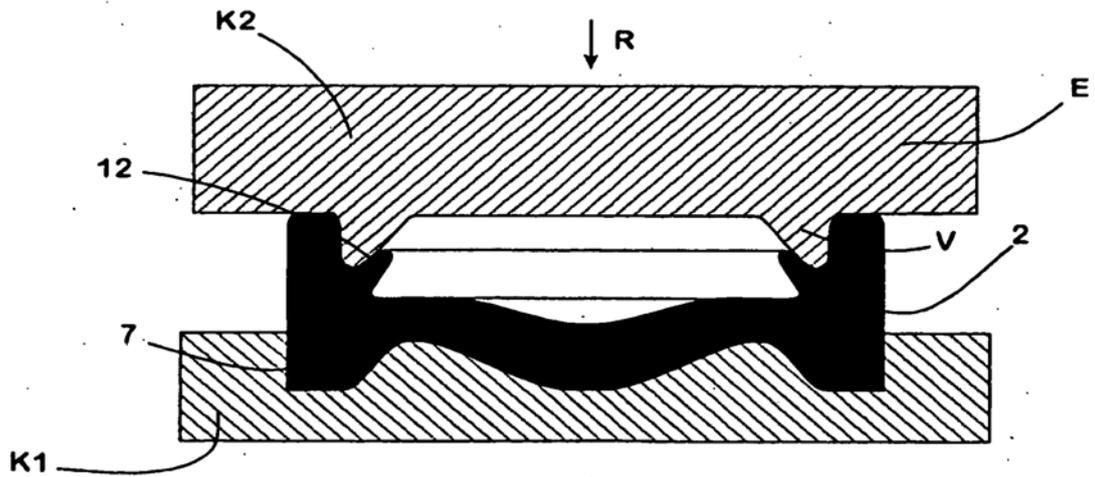


Fig. 4