

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 920**

51 Int. Cl.:

**B29C 65/06** (2006.01)

**B29C 65/60** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2014** E 14182938 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018** EP 2990178

54 Título: **Un método para unir una pieza de trabajo de plástico a una pieza de trabajo adicional**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.03.2019**

73 Titular/es:

**HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT  
ZENTRUM FÜR MATERIAL- UND  
KÜSTENFORSCHUNG GMBH (100.0%)  
Max-Planck-Strasse 1  
21502 Geesthacht, DE**

72 Inventor/es:

**BASTOS ABIBE, ANDRÉ;  
DE TRAGLIA AMANCIO FILHO, SERGIO;  
SÔNEGO, MARÍLIA y  
F. DOS SANTOS, JORGE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 703 920 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**

Un método para unir una pieza de trabajo de plástico a una pieza de trabajo adicional

5 La presente invención se refiere a un método para unir, es decir, conectar, una pieza de trabajo de plástico a una pieza de trabajo adicional. La pieza de trabajo de plástico puede estar hecha solo de un material plástico, tal como un material de polímero, o puede estar hecha de un material de plástico compuesto, tal como plástico reforzado con fibras. La pieza de trabajo adicional puede ser generalmente una pieza de trabajo de cualquier tipo de material, pero preferiblemente de un material de metal.

10 Son conocidos diversos métodos en la técnica para unir una pieza de trabajo de plástico a una pieza de trabajo adicional. Por ejemplo, el documento DE 3 109 500 A1 describe un método, en el que están dispuestas la pieza de trabajo de plástico que tiene una superficie de apoyo y un saliente que sobresale de la superficie de apoyo, una pieza de trabajo adicional que tiene una primera superficie, una segunda superficie opuesta a la primera superficie, y un orificio pasante que conecta la primera superficie con la segunda superficie. La pieza de trabajo de plástico y la pieza de trabajo adicional están dispuestas una con relación a la otra, de manera que la superficie apoyo de la pieza de trabajo de plástico se apoya sobre la primera superficie de la pieza de trabajo adicional y el saliente se extiende a través del orificio, de tal manera que la superficie delantera del saliente excede la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional.

20 Posteriormente, una herramienta de fricción giratoria que tiene una superficie de trabajo con forma de roseta y una punta central que se extiende alejándose de dicha superficie de trabajo, es movida sobre la superficie delantera del saliente, de manera que la fricción entre la punta y el saliente hace que el material del saliente se plastifique y sea desplazado a los lados y al interior de las cavidades de la superficie de trabajo con forma de roseta, mientras la herramienta de fricción es movida más hacia la pieza de trabajo adicional y la punta penetra más en el saliente. Cuando los lados laterales de la superficie de trabajo entran en contacto con la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional, la forma de la superficie de trabajo que incluye las cavidades que reciben el material desplazado del saliente, ha formado el material el saliente en una estaca con forma de roseta que bloquea positivamente la pieza de trabajo adicional con la pieza de trabajo de plástico.

30 Sin embargo, tal junta puede tener desventajas, debido a que, con el fin de bloquear positivamente la pieza de trabajo adicional con la pieza de trabajo de plástico, la estaca con forma de roseta sobresale de la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional, de manera que no existe segunda superficie lisa de la pieza de trabajo adicional. Otra desventaja de la junta conocida en la técnica es que una cantidad indeseablemente elevada de material es necesaria para formar la estaca con forma de roseta, lo que a su vez introduce un peso adicional no deseado a las dos piezas de trabajo que van a ser unidas.

35 Del documento JP H04 142 919 A se conoce que una primera pieza de trabajo comprende un saliente que se extiende a través de un orificio en una segunda pieza de trabajo, siendo el saliente precalentado con aire caliente y posteriormente deformado mediante una herramienta accionada de manera giratoria.

40 En el documento U.S. 2007/158011 A1 se describe que un saliente está dispuesto en una primera pieza de trabajo, extendiéndose el saliente a través de un orificio en una segunda pieza de trabajo. El saliente es plastificado mediante sonido ultrasónico y deformado mediante una herramienta para producir un encaje de forma entre el saliente y la segunda pieza de trabajo.

50 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un método para unir una pieza de trabajo de plástico a una pieza de trabajo adicional, en donde se establece una junta fiable mientras que al mismo tiempo se forma una segunda superficie posiblemente lisa de la pieza de trabajo adicional y se requiere tan poco material como sea posible y, de este modo, tampoco peso como sea posible para dicha junta.

Este objetivo se consigue mediante un método como está definido la reivindicación 1, para unir la pieza de trabajo de plástico a una pieza de trabajo adicional que comprende las siguientes etapas:

55 Primero, se proporciona una pieza de trabajo de plástico que tiene una superficie de apoyo y un saliente. El saliente sobresale alejándose de la superficie de apoyo y tiene una superficie delantera y una superficie lateral. La superficie delantera, al menos de manera aproximada, se extiende en paralelo con la superficie de apoyo. La superficie lateral se extiende de manera circunferencial y transversalmente respecto a la superficie de apoyo.

60 Como una etapa siguiente, se proporciona una pieza de trabajo adicional, que tiene una primera superficie, una segunda superficie opuesta la primera superficie, y un orificio pasante. La pieza de trabajo adicional puede ser de cualquier material, pero preferiblemente es una pieza de trabajo de metal. El orificio pasante que preferiblemente tiene una sección transversal circular, conecta la primera superficie con la segunda superficie y está definido, es decir rodeado, por una pared de orificio circunferencial. En la pared de orificio está dispuesto un recorte que preferiblemente se extiende de manera la circunferencial.

Posteriormente, la pieza de trabajo de plástico se dispone con relación a la pieza de trabajo adicional, de tal manera que la superficie de apoyo de la pieza de trabajo de plástico se apoya sobre la primera superficie de la pieza de trabajo adicional y el saliente se extiende a través del orificio pasante. El saliente, en particular la superficie delantera del saliente vista desde la pieza de trabajo de plástico, excede la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional. Las dimensiones del saliente y del orificio pasante son preferiblemente ajustadas de manera que una separación entre la superficie lateral del saliente y la pared del orificio es, o bien minimizada o bien no existe. Sin embargo, mediante el método de acuerdo con la invención es incluso imposible conseguir una junta fiable que tenga la forma deseada, aunque exista una cierta separación entre la superficie lateral del saliente y la pared de orificio.

Después, se proporciona una herramienta de fricción que está configurada para la rotación alrededor de un eje de rotación. La herramienta de fricción tiene una superficie de base que se extiende transversalmente, preferiblemente perpendicularmente, al eje de rotación, y un pasador que se extiende a lo largo del eje de rotación y alejándose de la superficie de base. El pasador en su extremo remoto desde la superficie de base tiene una superficie de fricción que se extiende transversalmente, preferiblemente perpendicularmente, al eje de rotación. La herramienta de fricción está preferiblemente hecha de metal o de material cerámico.

En una etapa siguiente, la herramienta de fricción es girada alrededor del eje de rotación, en donde al mismo tiempo o posteriormente, la herramienta de fricción es movida linealmente en paralelo al eje de rotación hacia el saliente, de manera que la superficie de fricción entra en contacto con la superficie delantera del saliente, en donde durante la fricción entre la superficie de fricción y la superficie delantera el material del saliente es plastificado.

Posteriormente, mientras gira, la herramienta de fricción es movida linealmente más a lo largo del eje de rotación, de manera que el pasador penetra más en el material del saliente, plastifica dicho material, y desplaza lateralmente dicho material dentro del recorte y hacia la pared del orificio, con lo que se cierra cualquier separación entre la pared de orificio y la superficie lateral del saliente. Preferiblemente, esto se realiza hasta que la superficie de base de la herramienta de fricción entra en contacto con la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional. En este contexto, la superficie de base está definida como toda la superficie de la herramienta de fricción que rodea el pasador y que apunta en la dirección del pasador. Puede ser suficiente que solo una parte de la superficie de base entre en contacto con la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional.

Como una realización preferida alternativa, en lugar de mover linealmente la herramienta de fricción giratoria hasta que la superficie de base de la herramienta de fricción entre en contacto con la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional, la rotación de la herramienta de fricción es detenida y la herramienta de fricción es después presionada y movida más, linealmente a lo largo del eje de rotación de manera que el pasador penetra más en el material del saliente y desplaza lateralmente dicho material hacia la pared de orificio y dentro del recorte. Este movimiento lineal es preferiblemente realizado hasta que la superficie de base de la herramienta de fricción entra en contacto con la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional. De esta manera, se puede mejorar el desplazamiento y la compresión del material plastificado.

En consecuencia, se prefiere que el movimiento lineal de la herramienta de fricción sea detenido y la herramienta de fricción sea mantenida todavía en una posición fija durante un tiempo predeterminado hasta que el material del saliente solidifique suficientemente y no retraiga ni se mueva de manera no deseada después de retraer la herramienta de fricción, particularmente en lo que respecta a los materiales plásticos con un coeficiente de expansión térmica elevado.

Finalmente, la herramienta de fricción es retraída respecto al saliente. Preferiblemente, durante la retracción la herramienta de fricción no gira. Sin embargo, la herramienta de fricción también puede ser girada mientras se retrae.

Como resultado de dicho método que incluye el diseño de herramienta de fricción, se puede establecer una junta entre una pieza de trabajo de plástico y una pieza de trabajo adicional, en donde dicha junta no sobresalga hacia arriba desde la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional, de manera que se puede obtener una segunda superficie plana y lisa, y en donde la estaca, es decir el saliente deformado que asegura la pieza de trabajo adicional con la pieza de trabajo de plástico al ser recibida en el recorte de una manera de bloqueo positivo, se forma como un cuerpo hueco con paredes delgadas que proporciona una junta segura y al mismo tiempo necesita considerablemente menos material y de este modo introduce considerablemente menos peso. Sin embargo, el diseño de la herramienta de fricción reduce o elimina una posible separación entre la superficie lateral del saliente y la pared de orificio, y de este modo permite que sean utilizadas piezas de trabajo de menos tolerancia, por lo que se reducen los costes. Además, tal forma hueca de la estaca mejora la distribución de calor por parte de la herramienta de fricción respecto al volumen del saliente.

La estaca con forma de cuerpo hueco con paredes delgadas es producida por el pasador de la herramienta de fricción que tiene una superficie delantera plana, con lo que se desplaza una posible cantidad elevada de material y, como resultado, se crea un posible espacio hueco grande dentro de la estaca sin la necesidad de penetrar profundamente en la pieza de trabajo de plástico bajo el nivel de la superficie de apoyo. El tamaño del espacio hueco dentro de la estaca y este modo de espesor de la pared de la estaca está limitado por una resistencia requerida la junta, de manera que una resistencia razonable de la junta se tiene que comprometer con una reducción

de peso posiblemente elevada, cuando se diseña la junta.

Al mismo tiempo, el recorte en la pieza de trabajo adicional recibe el material plastificado del saliente que es desplazado por el movimiento lineal de la herramienta de fricción a lo largo del eje de rotación hasta que la superficie de base entra en contacto con la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional, de manera que después de dicho contacto de una superficie de base plana y lisa alrededor del pasador se forma una estaca que tiene una superficie plana y lisa en prolongación con la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional, que es meramente interrumpida por el espacio hueco dentro de la estaca. Ninguna parte de la estaca sobresale de la segunda superficie.

En una realización preferida el recorte está formado como un avellanado o un bisel que está abierto a la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional. En otras palabras el avellanado resulta de la segunda superficie de la pieza de trabajo adicional, es decir, es introducido desde el segundo lado. Tal avellanado proporciona espacio para recibir el material plastificado desplazado del saliente con el fin de formar un bloqueo positivo efectivo entre el material desplazado del saliente es decir, la estaca, y la pieza de trabajo adicional. Al mismo tiempo, el avellanado es fácil de producir o introducir en la pieza de trabajo adicional y proporciona acceso al recorte desde la segunda superficie.

De acuerdo con una realización alternativa el recorte está formado como al menos un rebaje anular. El uno o más rebajes anulares pueden ser introducidos en la pared de orificio y extenderse de una manera anular alrededor del orificio pasante. Tales rebajes anulares también pueden proporcionar un bloqueo positivo efectivo entre la pieza de trabajo adicional y la pieza de trabajo de plástico y al mismo tiempo no son visibles desde el exterior, es decir, desde la segunda superficie de la pieza del trabajo adicional.

De acuerdo con la presente invención, el pasador está formado como un tronco de un cono y tiene una superficie lateral cónica que conecta la superficie de fricción con la superficie de base, en donde la superficie lateral cónica se estrecha en la dirección de la superficie de fricción. Mediante tal pasador cónico, el material plastificado del saliente puede ser desplazado dentro del recorte más fácilmente y apropiadamente, de manera que el movimiento lineal de la herramienta de fricción a lo largo del eje de rotación se puede realizar de manera más fácil y más rápida y la junta de bloqueo positiva es más fiable.

En particular, el radio del pasador en el nivel de la superficie de fricción está referido como  $r_1$ , el radio del pasador en el nivel de la superficie de base está referido como  $r_2$ , el radio del orificio pasante está referido como  $R$ , la distancia entre la superficie de fricción y la superficie de base, es decir la longitud del pasador, está referida como  $h$ , y el espesor de la pieza de trabajo adicional, es decir, la distancia entre la primera superficie y la segunda superficie alrededor del orificio pasante, está referida como  $t$ . Además los parámetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  son introducidos y están definidos como sigue:

$$a = \frac{r_1}{R}, \quad b = \frac{r_2}{R}, \quad \text{y} \quad c = \frac{h}{t}.$$

De acuerdo con la presente invención, la herramienta de fricción y la pieza de trabajo adicional están formadas de tal manera que  $a$  está entre 0,35 y 0,5, preferiblemente entre 0,4 y 0,45, más preferiblemente 0,425, de manera que  $b$  está entre 0,5 y 0,75, preferiblemente entre 0,6 y 0,65, más preferiblemente 0,625, y de manera que  $c$  está entre 0,6 y 0,9, preferiblemente entre 0,7 y 0,8, más preferiblemente 0,75.

Mediante tales geometrías de la herramienta de fricción y la pieza de trabajo adicional se puede establecer una junta altamente efectiva entre la pieza de trabajo de plástico y la pieza de trabajo adicional, es decir, una junta fuerte y fiable se puede formar a la vez que al mismo tiempo el peso de dicha junta se puede reducir tanto como sea posible. En otras palabras, el diseño geométrico descrito anteriormente representa un compromiso razonable entre una posible reducción de peso elevada y al mismo tiempo una junta que todavía es lo suficientemente fuerte y fiable para sujetar la pieza de trabajo de plástico y la pieza de trabajo adicional juntas.

Como se describe en los párrafos siguientes, la cantidad de posible reducción de peso de la junta depende de la geometría de la herramienta de fricción y de la pieza de trabajo adicional, es decir de los parámetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Un factor de reducción de peso  $W_r$  puede ser definido en términos de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y puede ser determinado de la siguiente manera:

El factor de reducción de peso para estacas huecas se describe mediante la ecuación 1:

$$W_r = \frac{(V_{SS} - V_{HS})}{V_{SS}} \times 100\% = \frac{V_{DM}}{V_{SS}} \times 100\% \quad (1)$$

El volumen de material desplazado  $V_{DM}$  es el volumen del pasador cónico, y se puede describir mediante las

dimensiones  $r_1$ ,  $r_2$ , y  $h$ .  $V_{SS}$  es el volumen de las caca sólida y, de este modo, del orificio pasante, descrito mediante las dimensiones  $R$  y  $t$ .  $V_{HS}$  es el volumen de la estaca hueca.

5  $V_{SS}$  puede ser definido como el volumen de un cilindro  $V_{cyl}$  como en la Ecuación 2. Los valores para "r" y "h" se pueden obtener como sigue:

$$V_{SS} = V_{cyl} = \pi r^2 h \text{ [m}^3\text{]}, \quad (2)$$

en donde  $r = R$  [m],  $h = t$  [m].

10

Sustituyendo los valores de  $r$  y  $h$ , se obtiene la Ecuación 3 para  $V_{SS}$ :

$$V_{SS} = \pi R^2 t \text{ [m}^3\text{]}. \quad (3)$$

15

El volumen  $V_{DM}$  es el volumen del pasador cónico, que tiene la forma de un tronco de cono, cuyo volumen está designado con  $V_{fc}$  como en la Ecuación 4:

$$V_{DM} = V_{fc} = \frac{\pi h}{3} ([r_1]^2 + [r_2]^2 + r_1 r_2) \text{ [m}^3\text{]} \quad (4)$$

20

Las funciones de  $R$  y  $t$  para  $r_1$ ,  $r_2$  y  $h$  son descritas más adelante:

$$r_1 = aR \text{ [m]}, \quad r_2 = bR \text{ [m]}, \quad h = ct \text{ [m]}.$$

Por lo tanto,  $V_{DM}$  se puede describir como la Ecuación 5:

25

$$V_{DM} = \frac{\pi ct}{3} ([aR]^2 + [bR]^2 + aR bR) = \frac{c(a^2+b^2+ab)}{3} \pi R^2 t \text{ [m}^3\text{]} \quad (5)$$

Usando las Ecuaciones 3 y 5, la Ecuación 1 se puede redefinir como la Ecuación 6:

30

$$W_r = \frac{V_{DM}}{V_{SS}} \times 100\% = \frac{c(a^2+b^2+ab)}{3} \frac{\pi R^2 t}{\pi R^2 t} \times 100\% = \frac{c(a^2+b^2+ab)}{3} \times 100\% \quad (6)$$

A partir de la ecuación 6, se pueden definir los factores de reducción de peso para cualesquiera combinaciones de  $R$  y  $t$  de una pieza de trabajo adicional que va a ser unida. Por lo tanto, las geometrías de la herramienta de fricción y del saliente se pueden determinar únicamente conociendo la geometría del orificio pasante.

35

La siguiente Tabla 1 define un rango de dimensiones para un diseño de pasador cónico, es decir, un rango de valores para los parámetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  que generan reducciones de peso del 5% al 76%. El factor de reducción de peso se calcula a través de la Ecuación 6.

$a = \frac{r_1}{R}$	$b = \frac{r_2}{R}$	$c = \frac{h}{t}$	$\frac{c}{3} (a^2 + b^2 + ab)$	$W_r$ [%]
0.300	0.400	0.400	0.049	5
0.400	0.500	0.500	0.102	10
0.375	0.527	0.780	0.160	16
0.500	0.667	0.596	0.204	20
0.577	0.697	0.750	0.305	30
0.583	0.750	0.900	0.402	40
0.667	0.828	0.900	0.505	50
0.833	1.000	0.900	0.758	76

40

Por consiguiente, se puede obtener hasta una reducción de peso del 76% de una junta con estaca utilizando un

pasador cónico de acuerdo con la invención, necesitando solo definir el radio R del orificio pasante de la pieza de trabajo adicional y su espesor t.

5 Los factores a y b afectarán al espesor de pared. El valor de a debe ser más pequeño que b, de manera que la punta de herramienta tenga una forma cónica. La diferencia entre a y b, junto con el valor c, definen el ángulo de la forma cónica. Estos factores deben ser tenidos en cuenta para conseguir una junta fuerte con paredes suficientemente gruesas, pero también para conseguir una elevada reducción de peso y una eficiente distribución de calor en el volumen de la estaca.

10 En lo que sigue, las realizaciones preferidas de la presente invención están descritas con más detalle por medio de los dibujos. En los dibujos se muestra:

15 La Figura 1 una vista en sección transversal de la pieza de trabajo de plástico, la pieza de trabajo adicional, y la herramienta de fricción durante las distintas etapas del método de acuerdo con la presente invención,  
 la Figura 2 una vista en sección transversal de la herramienta de fricción de la Figura 1;  
 la Figura 3 una vista detallada del pasador de la herramienta de fricción de la Figura 2,  
 la Figura 4 una vista en perspectiva de la pieza de trabajo adicional de la Figura 1,  
 la Figura 5 una vista en sección transversal a lo largo de la línea A-A de la pieza de trabajo adicional de la Figura 4,  
 20 la Figura 6 una vista en sección transversal esquemática de una junta que incluye una estaca sólida comparada con una junta que incluye una estaca hueca producida después de un método de acuerdo con la presente invención,  
 la Figura 7 una vista en sección transversal esquemática de una junta producida después de un método de acuerdo con la presente invención que incluye una estaca hueca de diferentes factores de reducción de peso  
 25 dependiendo de las diferentes geometrías.

30 En la Figura 1 se ilustra una realización del método para unir una pieza de trabajo de plástico 1 a una pieza de trabajo adicional 3 de acuerdo con la presente invención, mostrando cinco etapas de método particulares en la Figura 1a a 1e.

35 En primer lugar, se proporciona una pieza de trabajo de plástico 1 hecha de un material de polímero teniendo una superficie de apoyo 5 y un saliente 7. El saliente 7 sobresale fuera de la superficie de apoyo 5 y tiene una superficie delantera 9 que se extiende en paralelo hasta la superficie de apoyo 5. Además, el saliente 7 tiene una superficie lateral anular 11 que se extiende transversalmente respecto a la superficie de apoyo 5.

40 Después, es proporcionada una pieza de trabajo adicional 3, en la presente realización una pieza de trabajo de metal, que tiene una primera superficie 13, una segunda superficie 15 opuesta a la primera superficie 13, y un orificio pasante anular 17 que conecta la primera superficie 13 con la segunda superficie 15. El orificio pasante 17 está definido por una pared de orificio anular 19 que comprende un recorte 21. Dicho recorte 21 en la presente realización está formado como un avellanado o un bisel.

45 Como una etapa siguiente, la pieza de trabajo de plástico 1 es dispuesta con relación a la pieza de trabajo adicional 3 de tal manera que la superficie de apoyo 5 de la pieza de trabajo de plástico 1 se apoya sobre la primera superficie 13 de la pieza de trabajo adicional 3 y el saliente 7 se extiende a través del orificio pasante 17. El saliente 7 excede la segunda superficie 15 de la pieza de trabajo adicional 3 de manera que la superficie delantera 9 del saliente 7, vista desde la pieza de trabajo de plástico 1, se extiende alejándose más de la superficie de apoyo 5 que la segunda superficie 15 de la pieza de trabajo nacional 3. El saliente 7 y el orificio pasante 17 están formados de manera que se deja una mínima separación o ninguna separación entre la pared de orificio 19 y la superficie lateral 11 del saliente 7, sin embargo, la junta deseada también puede ser establecida cuando existe una cierta separación entre  
 50 la pared de orificio 19 la superficie lateral 11.

55 Después, se proporciona una herramienta de fricción 23 configurada para la rotación alrededor de un eje de rotación 25. La herramienta de fricción 23 tiene una superficie de base 27 que se extiende perpendicularmente respecto al eje de rotación 25, y un pasador 29 que se extiende a lo largo del eje de rotación 25 alejándose de la superficie de base 27. En su extremo remoto desde la superficie de 27 el pasador 29 tiene una superficie de fricción 31 que se extiende perpendicularmente respecto al eje de rotación 25. Además, la herramienta de fricción 23 está hecha de material de metal y tiene una superficie lateral cónica 33 que conecta la superficie de fricción 31 con la superficie de base 27 (véase la Figura 1a).

60 Como se muestra en la Figura 1a, la herramienta de fricción 23 es entonces girada alrededor del eje de rotación 25 y movida linealmente en paralelo al eje de rotación 25 hacia el saliente 7 hasta que la superficie de fricción 31 entra en contacto con la superficie delantera 9 del saliente 7. La fricción entre la superficie de fricción 31 del pasador 29 y la superficie delantera 9 del saliente 7 hace que el material plástico del saliente 7 se plastifique y permita que el pasador 29 penetre en el material plástico plastificado del saliente 7.

65 Posteriormente, como se muestra en la Figura 1b, mientras gira, la herramienta de fricción 23 es movida más

linealmente a lo largo del eje de rotación 25, de manera que el pasador penetra en el material del saliente 7, plastifica más dicho material, y después desplaza lateralmente dicho material plastificado al interior del recorte 21 formado en la pieza de trabajo adicional 3.

5 Después, la rotación de la herramienta de fricción 23 es detenida y la herramienta de fricción 23 es después presionada y movida más linealmente a lo largo del eje de rotación 25, de manera que el pasador 29 penetra en material del saliente 7 y desplaza lateralmente dicho material hacia la pared de orificio 19 y al interior del recorte 21 (véase la Figura 1c). Este movimiento lineal es realizado hasta que la superficie de base 27 de la herramienta de fricción 23 entra en contacto con la segunda superficie 15 de la pieza de trabajo adicional 3 (véase la Figura 1d).

10 Posteriormente, el movimiento lineal de la herramienta de fricción 23 es detenido y la herramienta de fricción 23 es mantenida todavía en una posición fija durante un tiempo predeterminado hasta que el material del saliente 7 solidifica suficientemente y no retrae ni se mueve de manera no deseada después de la retracción de la herramienta de fricción 23 (véase la Figura 1d).

15 Finalmente, como se muestra en la Figura 1e, la herramienta de fricción 23 es retraída respecto a la pieza de trabajo plástica 1 y la pieza de trabajo adicional 3, de manera que el pasador 29 es retraído fuera del saliente 7. Como resultado, se forma la junta entre la pieza de trabajo de plástico 1 y la pieza de trabajo adicional 3, que comprende una estaca hueca 35 que tiene una superficie plana 37 en línea con la segunda superficie 15 de la pieza de trabajo adicional 3. Meramente, el espacio hueco 39 en la estaca 35 forma un rebaje desde dicha segunda superficie plana y lisa 15. La pieza de trabajo de plástico 1, la pieza de trabajo adicional 3, y la herramienta de fricción 23 están adaptadas de tal manera que el material del saliente 7 que excede la segunda superficie 15 de la pieza de trabajo adicional 3 y el material del saliente 7 que es desplazado por el pasador 29 de la herramienta de fricción 23 durante la realización del método, puede ser totalmente recibido en el recorte 21, de manera que la superficie de base 27 de la herramienta de fricción 23 puede entrar en contacto con la segunda superficie 15 de la pieza de trabajo adicional 3 y nada de material del saliente 7 sobresale la segunda superficie 15 de la pieza de trabajo adicional 3.

20 Como se muestra con más detalle en la Figura 2 y 3, el pasador 29 de la herramienta de fricción 23 está formado como un tronco de cono y tiene una superficie lateral crónica 33 que conecta la superficie de fricción 31 con la suficiente base 27. El radio del pasador 29 en el nivel de la superficie de fricción 31 está referido con  $r_1$ , el radio el pasador 29 en el nivel de la superficie de base 27 está referido como  $r_2$ , y la distancia entre la superficie de fricción 31 y la superficie de base 27 está referida como  $h$ .

25 Como se muestra con más detalle en la Figura 4 y 5 la pieza de trabajo adicional 3 comprende un recorte 21 que está formado como un avellanado o un bisel está abierto la segunda superficie 15. El radio del orificio pasante 17 en la pieza de trabajo adicional 3 estaba referido como  $R$  y el espesor de la pieza de trabajo adicional 3 está referido como  $t$ .

30 Con el fin de proporcionar mejor compromiso entre una junta fuerte y fiable entre la pieza de trabajo de plástico 1 y la pieza de trabajo adicional 3, y al mismo tiempo una reducción posiblemente elevada de peso mediante un espacio hueco posiblemente grande 39 en la estaca 35, es decir en el saliente deformado 7, una cierta geometría es determinada para la herramienta de fricción 23 en base a la geometría de la pieza de trabajo adicional 3. Además los tres parámetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  están definidos de la siguiente manera:

35

$$45 \quad a = \frac{r_1}{R}, \quad b = \frac{r_2}{R}, \quad \text{y} \quad c = \frac{h}{t}.$$

en donde en la presente realización  $a$  está determinado como 0,375,  $b$  está determinado como 0,527, y  $c$  está determinado como 0,78, lo que da lugar a un factor de reducción de peso  $W_r$  del 16%.

50 En la Figura 6 una estaca sólida 41 (véase la Figura 6a) como se conoce en la técnica sin ningún espacio hueco 39 se compara con una estaca hueca 35 (Figura 6b) que está producida de acuerdo con el método de la presente invención. En la Figura 6,  $V_{SS}$  representa el volumen de la estaca sólida 41 que es igual el volumen del orificio pasante 17,  $V_{HS}$  representa el volumen de la estaca hueca 35,  $V_{DM}$  representa el volumen del material desplazado, y  $V_c$  representa el volumen del recorte 21.

55 En la Figura 7, las cuatro estacas huecas 35 de diferentes factores de reducción de peso  $W_r$ , producidas de acuerdo con un método de la presente invención se comparan, en donde en la Figura 7,  $a = 0,375$ ,  $b = 0,527$ ,  $c = 0,78$ , de manera que el factor de reducción de peso  $W_r = 16\%$ , en donde en la Figura 7b,  $a = 0,577$ ,  $b = 0,697$ ,  $c = 0,75$ , de manera que el factor de reducción de peso  $W_r = 30\%$ , en donde en la Figura 7c,  $a = 0,667$ ,  $b = 0,828$ ,  $c = 0,9$ , de manera que factor de reducción de peso  $W_r = 50\%$  y en donde en la Figura 7d,  $a = 0,833$ ,  $b = 1,0$ ,  $c = 0,9$ , de manera que factor de reducción de peso  $W_r = 76\%$ .

REIVINDICACIONES

1. Un método para unir una pieza de trabajo de plástico (1) a una pieza de trabajo adicional (3) que comprende las siguientes etapas:

- (a) Proporcionar una pieza de trabajo de plástico (1) que tiene una superficie de apoyo (5) y un saliente (7), en donde dicho saliente (7) sobresale alejándose de dicha superficie de apoyo (5) y tiene una superficie delantera (9),
- (b) Proporcionar una pieza de trabajo adicional (3) que tiene una primera superficie (13), una segunda superficie (15) opuesta a la primera superficie (13), y un orificio pasante (17) que conecta la primera superficie (13) con la segunda superficie (15) y que está definido por una pared de orificio circunferencial (19), en donde en la pared de orificio (19) está dispuesto un recorte (21),
- (c) Disponer la pieza de trabajo de plástico (1) con relación a la pieza de trabajo adicional (3), de manera que la superficie de apoyo (5) de la pieza de trabajo de plástico (1) se apoya sobre la primera superficie (13) de la pieza de trabajo adicional (3) y el saliente (7) se extiende a través del orificio pasante (17),
- (d) Proporcionar una herramienta de fricción (23) que está configurada para la rotación alrededor de un eje de rotación (25), que tiene una superficie de base (27) que se extiende transversalmente respecto al eje de rotación (25), y que tiene un pasador (29) que se extiende a lo largo del eje de rotación (25) alejándose de la superficie de base (27), en donde el pasador (29) en su extremo remoto de la superficie de base (27) tiene una superficie de fricción (31) que se extiende transversalmente respecto al eje de rotación (25), en donde el pasador (29) está formado como un tronco de un cono y tiene una superficie lateral crónica (33) que conecta la superficie de fricción (31) con la superficie de base (27), en donde el radio del pasador (29) en el nivel de la superficie de fricción (31) está referido como  $r_1$ , en donde el radio del pasador (29) en el nivel de la superficie de base (27) está referido como  $r_2$ , en donde el radio del orificio pasante (17) está referido como R, en donde la distancia entre la superficie de fricción (31) y la superficie de base (27) está referida como h, en donde el espesor de la pieza de trabajo 3 está referido como t, en donde siguientes parámetros a, b, c están definidos como:

$$a = \frac{r_1}{R}, \quad b = \frac{r_2}{R}, \quad \text{y} \quad c = \frac{h}{t}.$$

en donde la herramienta de fricción (23) y la pieza de trabajo adicional (3) están formados de tal manera que a está entre 0,35 y 0,5, preferiblemente entre 0,4 y 0,45, más preferiblemente 0,425, de manera que b está entre 0,5 y 0,75, preferiblemente entre 0,6 y 0,65, más preferiblemente 0,625, y de manera que c está entre 0,6 y 0,9, preferiblemente entre 0,7 y 0,8, más preferiblemente 0,75

- (e) Girar la herramienta de fricción (23) alrededor del eje de rotación (25),
- (f) Mover linealmente la herramienta de fricción (23) en paralelo con el eje de rotación (25) hacia el saliente (7), de manera que la superficie de fricción (31) entra en contacto con la superficie delantera (9) del saliente (7),
- (g) Mientras gira, mover linealmente más la herramienta de fricción (23) a lo largo del eje de rotación (25), de manera que el pasador (29) penetra en el material del saliente (7), plastifica dicho material y desplaza lateralmente dicho material dentro de recorte (21),
- (h) Retraer la herramienta de fricción (23) del saliente (7).

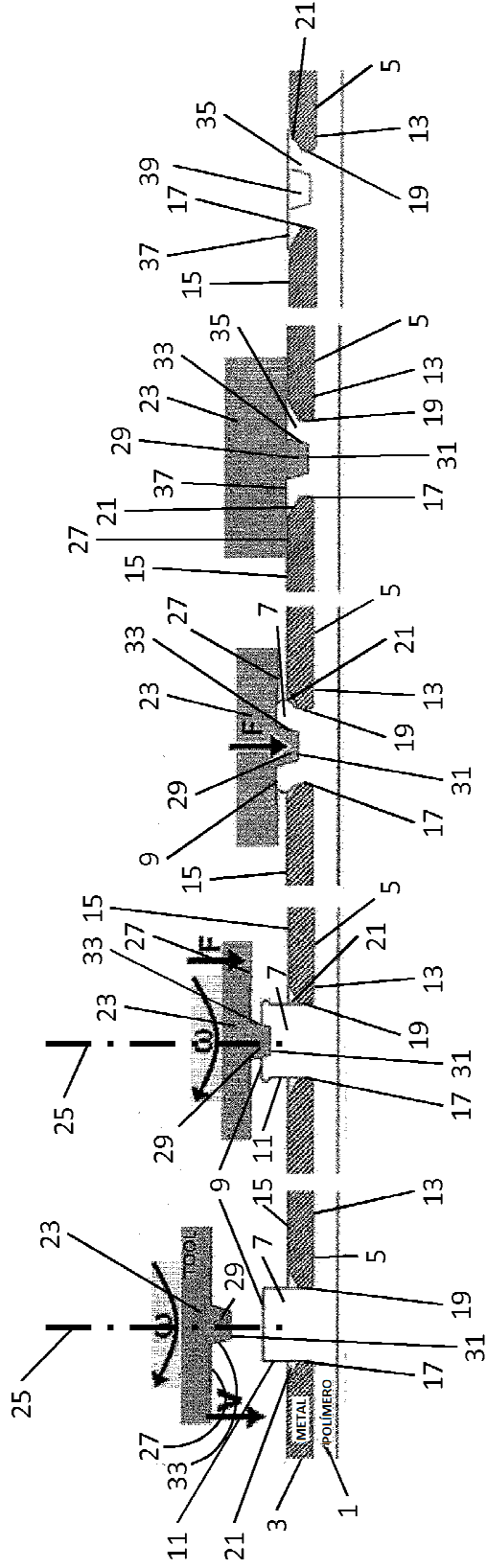
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, el que después de la etapa (g) la rotación de la herramienta de fricción (23) es detenida y la herramienta de fricción (23) es movida más linealmente a lo largo del eje de rotación (25), de manera que el pasador (29) penetra más en el material del saliente (7) y desplaza lateralmente dicho material hacia la pared de orificio (19) y al interior del recorte (21).

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que antes de la etapa (h) el movimiento lineal de la herramienta de fricción (23) es detenido y la herramienta de fricción (23) está sujeta todavía en una posición fija.

4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que recorte (21) está formado como un avellanado o bisel que está abierto a la segunda superficie (15).

5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, del que el recorte (21) está formado como un rebaje anular.





**Fig. 1a**

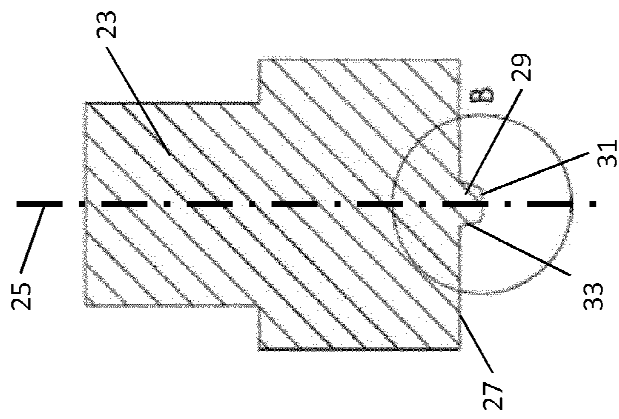
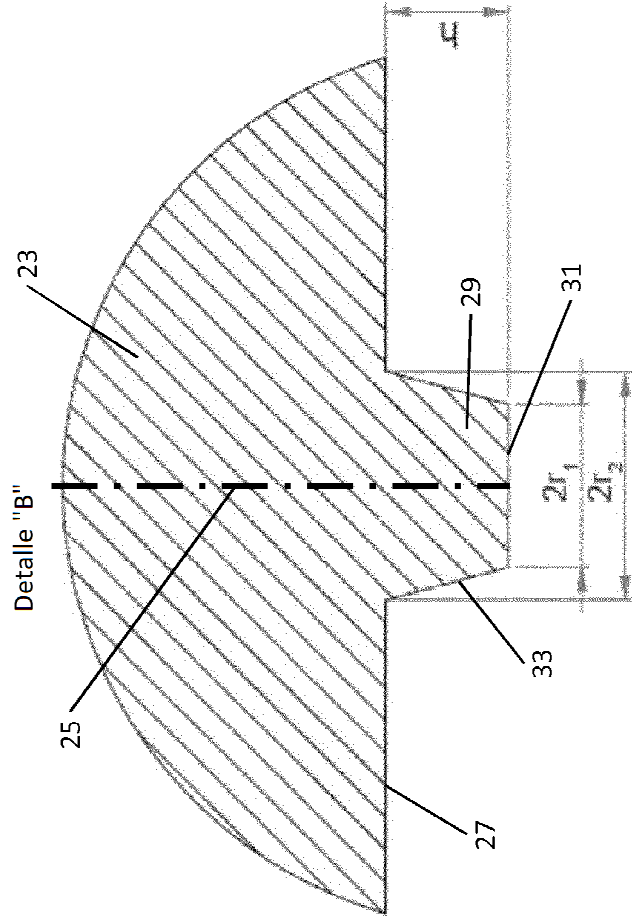
**Fig. 1b**

**Fig. 1c**

**Fig. 1d**

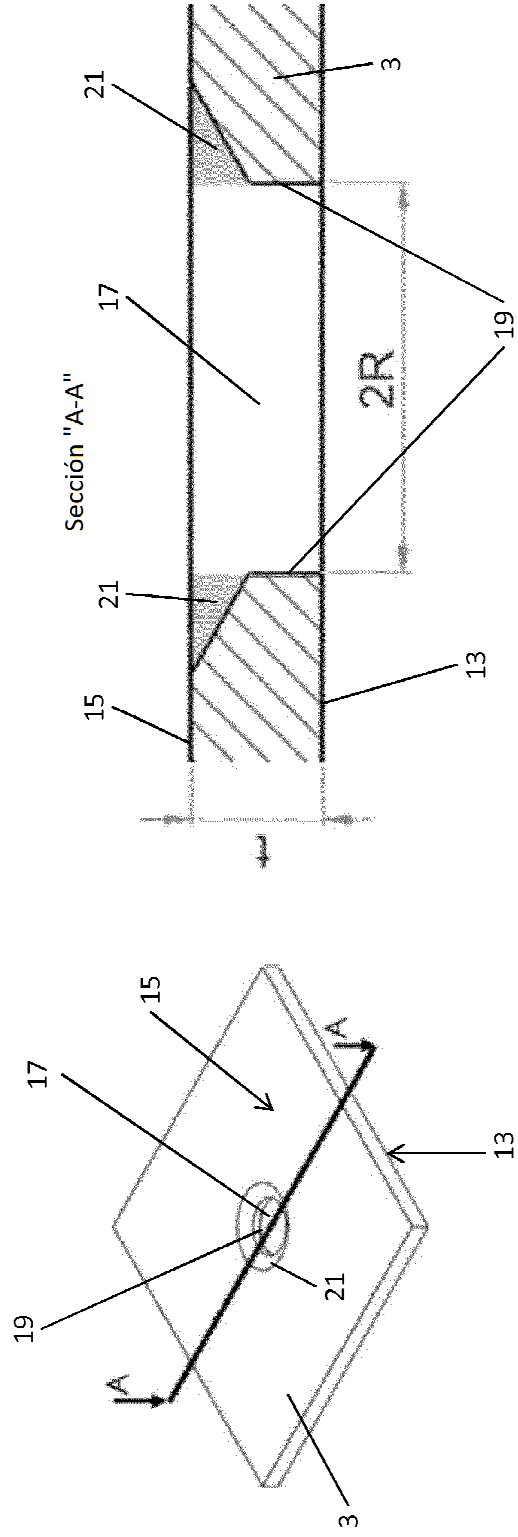
**Fig. 1e**

**Fig. 1**



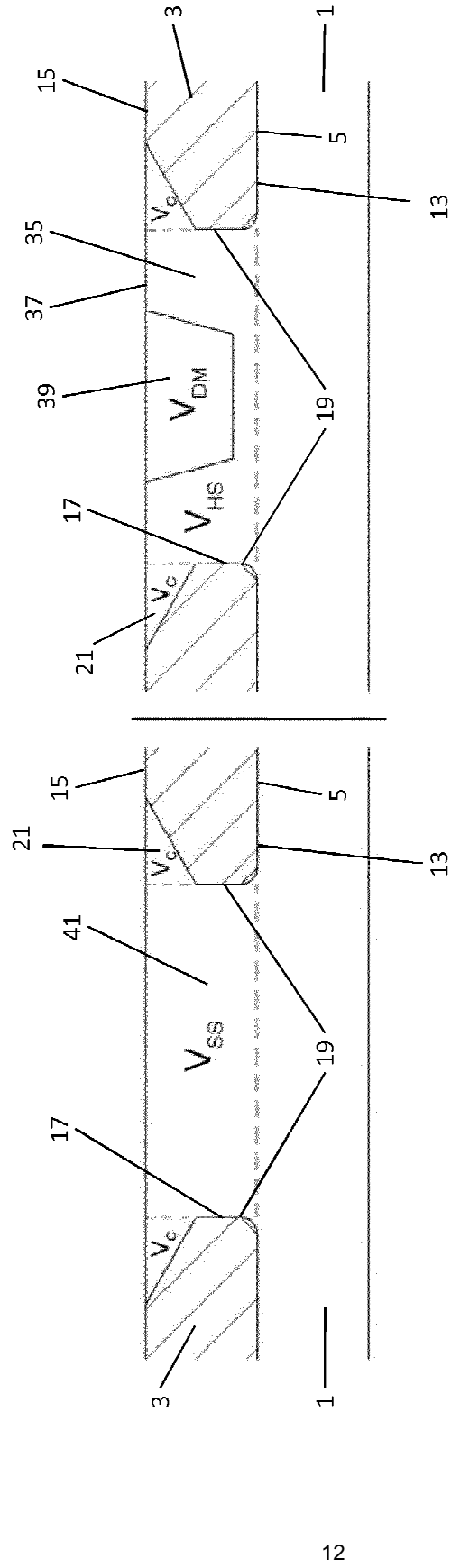
**Fig. 2**

**Fig. 3**



**Fig. 4**

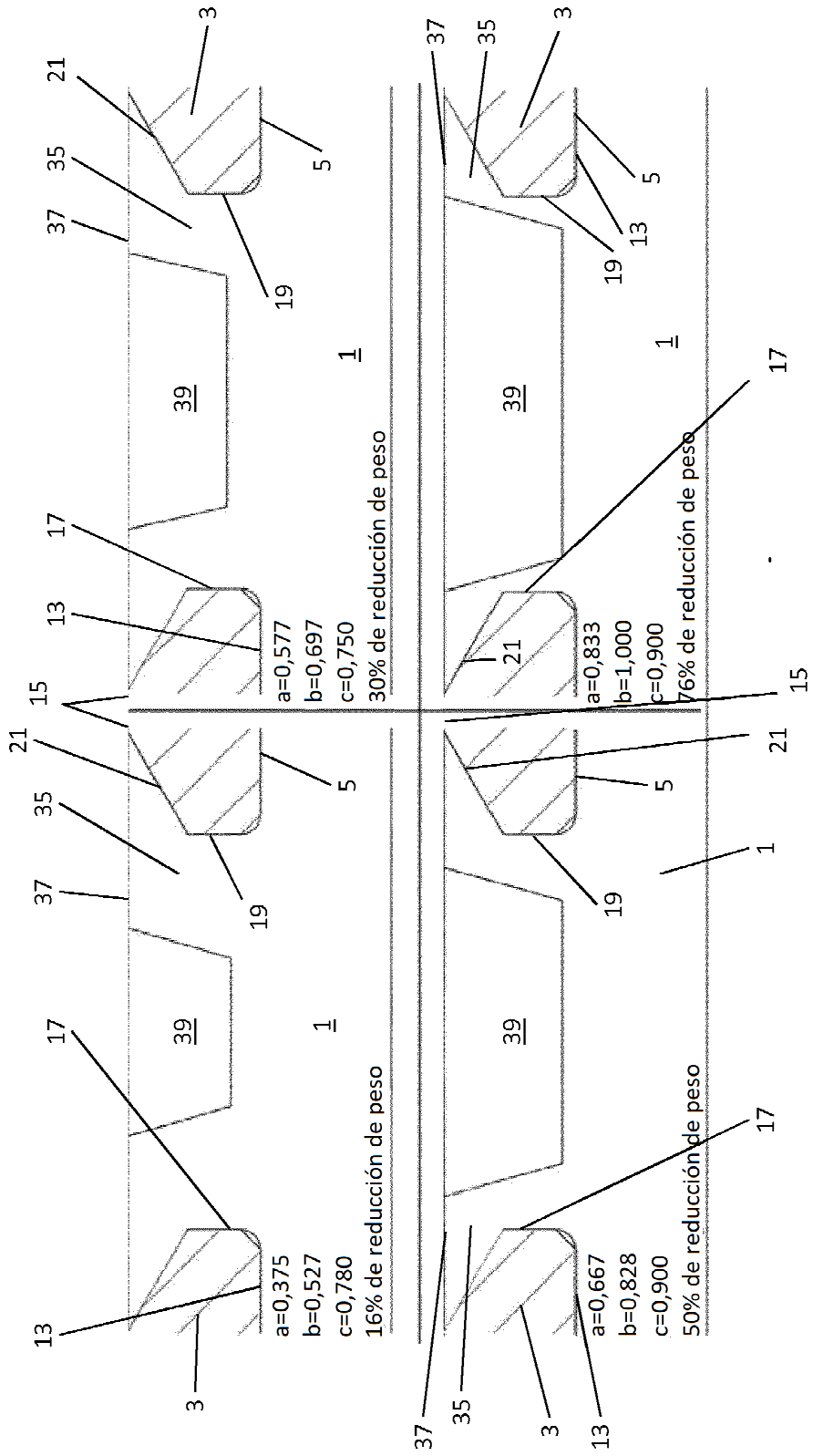
**Fig. 5**



**Fig. 6a**

**Fig. 6b**

**Fig. 6**



**Fig. 7**