(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 786 085**

(51) Int. CI.:

B23P 19/06 (2006.01)
F16B 37/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2014 E 14181727 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 2845679**

(54) Título: **Procedimiento para punzonar y fijar un elemento de fijación**

(30) Prioridad:

28.08.2013 DE 102013217213

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.10.2020

(73) Titular/es:

PROFIL VERBINDUNGSTECHNIK GMBH & CO. KG (100.0%)
Otto-Hahn-Strasse 22-24
61381 Friedrichsdorf, DE

(72) Inventor/es:

BABEJ, JIRI y
HUMPERT, RICHARD

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para punzonar y fijar un elemento de fijación

La presente invención se refiere a un procedimiento para punzonar y fijar un elemento de fijación en una pieza de trabajo plana, en particular en una pieza de chapa.

Al punzonar un elemento de fijación en una pieza de trabajo se produce en muchos casos el problema que por el proceso de punzonado se producen virutas, que pueden influir negativamente en la fiabilidad de la fijación del elemento. En muchos casos, las virutas quedan aprisionadas entre un tramo de remachado, que se rebordea durante o después del punzonado propiamente dicho del elemento de fijación para la fijación del mismo en la pieza de trabajo, y la pieza de trabajo. En algunos casos, las virutas también permanecen en una matriz, que se usa al punzonar y rebordear el tramo de remachado. Las virutas se retiran a continuación con el elemento de fijación punzonado y fijado en la pieza de trabajo de la matriz y se desplazan a continuación como cuerpos extraños por la herramienta y pueden conducir en el posterior transcurso de una fabricación de piezas de construcción p.ej. a huellas antiestéticas en las piezas de montaje.

El documento US 4,765,057 da a conocer un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. El documento DE 198 47 980 A1 se refiere a un procedimiento en el que se mueve el punzón antes de la separación del tapón punzonado o a un procedimiento sin una separación de un tapón punzonado.

Un objetivo de la presente invención es crear un procedimiento del tipo indicado al principio en el que se evite la formación de virutas.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

De acuerdo con la invención, durante el punzonado del elemento de fijación en la pieza de trabajo se presiona un punzón dispuesto de forma móvil de la matriz con una fuerza de apriete predeterminada contra la pieza de trabajo. La fuerza de apriete está adaptada en este caso de tal modo que el punzón no se mueve hasta que se haya separado un tapón punzonado de la pieza de trabajo mediante un tramo de punzonado del elemento de fijación.

Concretamente, los inventores detectaron que en los procedimientos de punzonado convencionales, en primer lugar, se forma una acanaladura mediante el tramo de punzonado y remachado del elemento de fijación que se asoma a la matriz. Al mismo tiempo, la pieza de trabajo se expande fuertemente en el lado opuesto al tramo de punzonado y remachado. En el lugar del radio de flexión más pequeño de la zona expandida se forma una fisura, que no coincide forzosamente con una arista cortante del tapón punzonado a punzonar definida por la matriz y el tramo de punzonado y remachado. Esto significa que durante el punzonado se forma una viruta en particular anular, que provoca los problemas indicados al principio.

De acuerdo con la invención, estos problemas se impiden porque durante el proceso de punzonado en el que se separa el tapón punzonado de la pieza de trabajo tiene lugar un apoyo de la pieza de trabajo. Esto se hace mediante el punzón, que es presionado por un lado de la pieza de trabajo opuesto al elemento de fijación a punzonar contra esta pieza de trabajo. De este modo se evita la formación de la acanaladura que se forma en los procedimientos convencionales al principio. Cuando haya terminado el proceso de corte que va unido al punzonado, es decir, cuando el tapón punzonado se haya separado sustancialmente por completo de la pieza de trabajo, se permite un movimiento del punzón. En principio, puede estar previsto que directamente después de terminar el proceso de corte se permita un movimiento del punzón. No obstante, también es posible prever un movimiento del punzón con un retardo en el tiempo, es decir, cuando ya haya pasado una parte determinada del tramo de punzonado del elemento de fijación por la pieza de trabajo. El movimiento del punzón se realiza en este caso en la dirección del movimiento del elemento de fijación.

En principio, es posible que el punzón se mueva activamente. No obstante, es preferible un movimiento pasivo del punzón. En este caso se aprovecha que varían las fuerzas que se producen en el proceso de punzonado. La fuerza de apriete predeterminada puede elegirse por lo tanto de tal modo que un movimiento del punzón no comience automáticamente hasta presentarse estados determinados, es decir, concretamente que no comience hasta después de que el tapón punzonado haya sido punzonado de la pieza de trabajo por el elemento de fijación de la pieza de trabajo y hasta que las fuerzas que actúan entre el punzón y el elemento de fijación superen la fuerza de apriete.

Otras formas de realización del procedimiento de acuerdo con la invención se indican en la descripción, las reivindicaciones y los dibujos adjuntos.

De acuerdo con una forma de realización del procedimiento, el punzón es móvil en una dirección paralela a un movimiento de punzonado del elemento de fijación. La fuerza de apriete, es decir, la fuerza que tensa el punzón previamente en dirección hacia la pieza de trabajo, está orientada en particular en la dirección antiparalela a un movimiento de punzonado del elemento de fijación. La fuerza de apriete se elige de acuerdo con la invención de tal

modo que el punzón no se mueve hasta que un tramo de fijación del elemento de fijación sea deformado por una superficie de conformación del punzón. Es decir, la fuerza de apriete es tan grande que el punzón no se pone en movimiento hasta que, por la conformación de un tramo del tramo de fijación, por ejemplo de una parte del tramo de punzonado que actúa como tramo de remachado, las fuerzas que se generan allí superen la fuerza de apriete.

De acuerdo con una forma de realización del procedimiento, el punzón comprende una elevación que al principio del proceso de punzonado sobresale de un plano que está definido por un borde de una escotadura de la matriz. Dicho de otro modo, el punzón apoya la pieza de trabajo durante el punzonado no solo en un plano que está definido por la superficie de apoyo de la pieza de trabajo en la que descansa la pieza de trabajo durante el procedimiento. La elevación del punzón hace que una parte central del tapón punzonado se apriete incluso hacia el elemento de fijación a punzonar. Esto facilita el corte durante la penetración del tramo de punzonado en la pieza de trabajo. En particular, el punzón comprende una arista cortante que al principio del proceso de punzonado está dispuesta en un plano que está definido por el borde de la escotadura de la matriz.

De acuerdo con una forma de realización, un movimiento del punzón en contra y/o en la dirección de la fuerza de apriete se limita mediante un dispositivo de tope para definir por un lado una posición bien definida del punzón antes del punzonado del elemento de fijación y garantizar por otro lado mediante la definición de una desviación máxima del punzón una fijación controlada del elemento de fijación en la pieza de trabajo.

El punzón puede presentar una superficie de conformación mediante la que el tramo de punzonado se conforma al menos por tramos radialmente hacia el exterior. Por ejemplo, se rebordea mediante la superficie de conformación el tramo de punzonado que sirve también como tramo de remachado. La superficie de conformación puede estar formada al menos por tramos de forma cónica y/o de forma cóncava.

Puede estar previsto que durante el punzonado y la fijación del elemento de fijación se genere una acanaladura que aloja al menos en parte una brida del elemento de fijación que en un estado final asienta contra la pieza de trabajo. En particular, la acanaladura tiene una profundidad al menos tal que la brida no sobresale de la acanaladura en la dirección axial.

La fuerza de apriete predeterminada puede elegirse en función de propiedades de la pieza de trabajo, en función de propiedades del elemento de fijación y/o en función de una fuerza de encaje a presión con la que el elemento de fijación es presionado por una unidad de presión contra la pieza de trabajo para garantizar que al menos durante el proceso de corte durante el punzonado del elemento de fijación se presente un apoyo fiable de la pieza de trabajo en la zona del tapón punzonado a separar. De este modo puede evitarse que se forme en un momento temprano una acanaladura que expande el material de la pieza de trabajo y conduce así a la formación de virutas.

El punzón puede tener asignado un dispositivo de tensión previa ajustable con el que puede ajustarse la fuerza de apriete predeterminada.

Además, se describe una matriz para punzonar y fijar un elemento de fijación en una pieza de trabajo plana, en particular en una pieza de chapa, de acuerdo con un procedimiento de acuerdo con al menos una de las formas de realización anteriormente descritas, pudiendo presionarse el punzón dispuesto de forma móvil mediante un dispositivo de tensión previa contra la pieza de trabajo y habiéndose elegido una fuerza de apriete proporcionada por el dispositivo de tensión previa de tal modo que un punzón no se mueve hasta que se haya separado un tapón punzonado de la pieza de trabajo mediante un tramo de punzonado del elemento de fijación. El movimiento del punzón se realiza en este caso en la dirección del movimiento del elemento de fijación.

De acuerdo con una forma de realización, la fuerza de apriete predeterminada generada por el dispositivo de tensión previa es ajustable.

En particular, el dispositivo de tensión previa comprende un resorte. El dispositivo de tensión previa puede estar realizado tanto como resorte mecánico, como un resorte helicoidal, como también como resorte neumático, p.ej. con una disposición pistón en cilindro accionada neumáticamente o como resorte hidráulico, por ejemplo con una disposición pistón en cilindro accionada hidráulicamente o como elemento de enclavamiento (móvil). Además, el punzón puede moverse mediante un actuador entre las dos posiciones predeterminadas, representando este actuador un equivalente a un dispositivo de tensión previa y pudiendo estar realizado el mismo por ejemplo de forma eléctrica, neumática o hidráulica.

A continuación, la presente invención se explicará meramente a título de ejemplo con ayuda de una forma de realización ventajosa de la invención haciéndose referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

Las Figuras 1 a 10 un procedimiento convencional para punzonar y fijar un elemento de fijación en una pieza de trabajo plana.

Las Figuras 11 a 22 una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

Más concretamente, muestran:

La Figura 1	un elemento de perno que se punzona en una pieza de chapa 12 plana.
La Figura 2	el recorte marcado en la Figura 1 con una línea de trazo interrumpido en una representación a escala ampliada.
La Figura 3	una representación similar a la de la Figura 1, aunque en un estado más avanzado de la fijación del elemento de perno.
La Figura 4	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 3.
La Figura 5	el desgarre de la pieza de chapa en un estado aún más avanzado de la fijación del elemento de perno.
La Figura 6	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 5.
La Figura 7	la generación de una viruta en un estado avanzado de la fijación del elemento de perno.
La Figura 8	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 7.
La Figura 9	el acabado de la unión del elemento de perno con la pieza de chapa.
La Figura 10	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 9.
La Figura 11	una representación del principio de la fijación del elemento de perno en una pieza de chapa en el procedimiento de acuerdo con la invención con la aplicación de una matriz adecuada.
La Figura 12	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 11.
La Figura 13	una representación del procedimiento de acuerdo con la invención directamente después de la realización del tapón punzonado.
La Figura 14	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 13.
La Figura 15	una representación similar a la de la Figura 13, aunque después del movimiento inicial del punzón.
La Figura 16	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 15.
La Figura 17	una representación similar a la de la Figura 15, aunque después de otro movimiento del punzón.
La Figura 18	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 17.
La Figura 19	una representación similar a la de la Figura 17, aunque poco antes de terminar la realización del rebordeado de remache.
La Figura 20	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 19.
La Figura 21	una representación similar a la de la Figura 19, aunque después de terminar la realización del rebordeado de remache y después de la fijación del elemento de perno en la pieza de chapa.
La Figura 22	una representación a escala ampliada de la zona central de la Figura 21.

La Figura 1 muestra un elemento de perno 10 que debe punzonarse en una pieza de chapa 12 plana y fijarse en esta. Se entiende que en lugar del elemento de perno 10 puede usarse un elemento de tuerca, un remache hueco u otro elemento de autopunzonado.

En el estado mostrado en la Figura 1, un tramo de punzonado 14 del elemento de perno 10 comienza ya a presionar la pieza de chapa 12 en una escotadura 16 de una matriz 18, por lo que comienza la conformación de una acanaladura.

La Figura 2 muestra el recorte marcado en la Figura 1 con una línea de trazo interrumpido en una representación a escala ampliada. La matriz 18 comprende una superficie lateral de matriz 20, que mediante un tramo redondeado 22 que forma un borde de la escotadura 16 está unido con una superficie de apoyo para la chapa 24 (véase también la Figura 1). En la superficie de apoyo para la chapa 24 descansa la pieza de chapa 12 durante el proceso de punzonado y de fijación.

En el extremo de la escotadura 16 no orientado hacia la superficie de apoyo para la chapa 24, la superficie lateral de matriz 20 se convierte en otro tramo redondeado 23, a continuación del cual está dispuesto a su vez un punzón 28 envuelto por una ranura anular 26 en el lado radialmente interior.

En las Figuras 3 y 4 puede verse que a medida que aumenta la profundidad de la acanaladura se forma una fisura 30 en la pieza de chapa 12, puesto que aquí el material se expande especialmente por el tramo de punzonado 14.

La figura 30 se propaga, como se muestra en las Figuras 5 y 6, hasta que haya atravesado la pieza de chapa 12 por completo. Puede verse que la fisura 30 habitualmente no se genera donde el tramo de punzonado 14 conduce en cooperación con una arista cortante 32 del punzón 28 a una separación de la pieza de chapa 12 y por lo tanto a la generación de un tapón punzonado 34. Por lo tanto, se forma una viruta 36 anular, que en un rebordeado del tramo de punzonado 14 que actúa también como tramo de remachado queda aprisionado por la acción de la ranura anular 26 entre el tramo de punzonado 14 y un lado de la pieza de chapa 12 no orientado hacia una brida 38 del elemento de perno 10 (véanse las Figuras 7 y 8).

En muchos casos, la viruta 36 permanece entre la pieza de chapa 12 y el tramo de punzonado 14 doblado. No

obstante, en muchos casos es desplazado hacia la matriz 18 hacia el exterior al seguir encajándose a presión el elemento de perno 10, lo que se muestra en las Figuras 9 y 10. En este caso, la viruta 36 o bien permanece en la escotadura 16 de la matriz 18, donde perjudica posteriores procesos de punzonado, o se retira también de la matriz 18 al retirarse la pieza de montaje formada por la pieza de chapa 12 y el elemento de perno 10 y se desplaza posteriormente como cuerpo extraño molesto por la herramienta.

El procedimiento que se describirá a continuación con ayuda de las Figuras 11 a 22 impide de forma fiable la formación de virutas 36.

Al igual que en los procedimientos convencionales, puede usarse un elemento de perno 10 que está provisto de características de seguro contra el giro 40 en la brida 38 que ha de asentar contra la pieza de chapa 12. En principio, el procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse, no obstante, con cualquier tipo de elemento de autopunzonado.

Como puede verse en la Figura 11, una matriz 18' de acuerdo con la invención presenta un punzón 28' móvil, que al principio del proceso de punzonado y de fijación se presiona con el lado no orientado hacia el elemento de perno 10 contra la pieza de chapa 12. La fuerza de apriete, que actúa en la dirección coaxial respecto a un eje longitudinal L del elemento de perno 10 y del punzón 28', es proporcionada por un resorte 42. Se entiende que en lugar del resorte 42 pueden usarse otros dispositivos que pueden generar una fuerza de apriete predefinida, como por ejemplo sistemas hidráulicos y/o neumáticos.

Mediante el punzón 28', la pieza de chapa 12 se apoya en una zona central del tapón punzonado 34 que ha de ser punzonado. En la Figura 12 puede verse que una elevación 44 del punzón 28' sobresale en el estado base mostrado un poco del plano definido por la superficie de apoyo para la chapa 24 o el borde de la escotadura 16 de la matriz 18. La pieza de chapa 12 se dobla de este modo en esta zona un poco hacia el elemento de perno 10, para favorecer el punzonado del tapón punzonado 34 mediante el tramo de punzonado 14 y la arista cortante 32'. La arista cortante 32' está dispuesta en el estado mostrado en el plano anteriormente indicado.

Como puede verse en las Figuras 13 y 14, la fuerza de apriete proporcionada por el resorte 42 se ha elegido de tal modo que durante la separación del tapón punzonado 34 de la pieza de chapa 12 aún no se produce ningún movimiento del punzón 28' hacia abajo. Es cuando por la conformación de una superficie de conformación 46 del punzón 28' comienza una conformación del tramo de punzonado 14 actuando por lo tanto fuerzas correspondientemente grandes entre el tramo de punzonado 14 y el punzón 28', cuando este se desvía hacia abajo, lo que se muestra en las Figuras 15 y 16.

Dicho de otro modo, la fuerza de apriete se elige, teniéndose en cuenta entre otras cosas las propiedades de la pieza de chapa 12 y/o la fuerza de encaje a presión ejercida sobre el elemento 10 de tal modo que el tapón punzonado 34 que se está formando queda apoyado durante todo el proceso de punzonado. Es cuando el tapón punzonado 34 se ha separado por completo de la pieza de chapa 12, cuando está previsto un movimiento del punzón 28'. El momento en el que este comienza concretamente, depende entre otras cosas de la conformación de la superficie de conformación 46 y de la fuerza de apriete ajustada. Está previsto que la conformación del tramo de punzonado 14 no comience hasta un momento comparativamente tardío y que el punzón 28' no se ponga en movimiento inmediatamente después del punzonado del tapón punzonado 34. El comienzo del proceso de conformación del tramo de punzonado 14 se muestra en las Figuras 15 y 16. Por el acoplamiento así reforzado del tramo 14 y del punzón 28', se transmite una mayor parte de la fuerza de encaje a presión que actúa sobre el elemento de perno 10 al punzón 28', de modo que se supera la fuerza de apriete y el punzón 28' comienza a desviarse hacia abajo.

En las Figuras 17 y 18 se muestra un estado en el que el punzón 28' ha alcanzado una posición final inferior. Es decir, ha alcanzado una posición de tope, de modo que el punzón 28' ya no se mueve. El tramo de punzonado 14 está rebordeado hacia el exterior por la configuración cóncava en la parte inferior de la superficie de conformación 46. El tramo cóncavo de la superficie de conformación 46 forma por lo tanto un componente comparable con la ranura anular 26, que sirve para el rebordeado del tramo de punzonado 14, lo que también puede verse en las Figuras 19 a 22. Se entiende que una configuración de una superficie lateral de matriz 20' de la matriz 18' puede adaptarse a los requisitos respetivamente presentes. Lo mismo es válido para el tramo de borde redondeado 22', que desde el punto de vista funcional corresponde al tramo redondeado 22 de la matriz 18.

En las Figuras 21 y 22 puede verse que el estado final representado es similar al estado mostrado en las Figuras 9 y 10 en el sentido de que la brida 38 queda alojada en la dirección axial por completo en una acanaladura formada por el proceso de punzonado y de fijación. El procedimiento de acuerdo con la invención ofrece por lo tanto un apoyo del tapón punzonado 34 que ha de ser punzonado que evita fisuras y por lo tanto virutas al principio del procedimiento y permite al mismo tiempo la formación de una acanaladura que aloja la brida 38. De acuerdo con la invención se ha detectado que la fuerza de apriete del punzón 28' que ofrece el apoyo puede elegirse de tal modo que no se permita un movimiento del punzón 28' hasta después del punzonado del tapón punzonado 34.

Lista de signos de referencia

10	Elemento de perno
12	Pieza de chapa
14	Tramo de punzonado
16	Escotadura
18, 18’	Matriz
20, 20’	Superficie lateral de matriz
22, 23, 22’	Tramo redondeado
24	Superficie de apoyo para la chapa
26	Ranura anular
28, 28’	Punzón
30	Fisura
32	Arista cortante
34	Tapón punzonado
36	Viruta
38	Brida
40	Característica de seguro contra el giro
42	Resorte
44	Elevación
46	Superficie de conformación
L	Eje longitudinal

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para punzonar y fijar un elemento de fijación (10) en una pieza de trabajo (12) plana, en particular en una pieza de chapa, presionándose durante el punzonado del elemento de fijación (10) en la pieza de trabajo (12) un punzón (28'), dispuesto de forma móvil, de una matriz (18') con una fuerza de apriete predeterminada contra la pieza de trabajo (12),
caracterizado por que
la fuerza de apriete está adaptada de tal modo que el punzón (28') no se mueve hasta que un tapón punzonado (34) no se haya separado de la pieza de trabajo (12) mediante un tramo de punzonado (14) del elemento de fijación (10) y hasta que un tramo de fijación (14) del elemento de fijación no haya sido deformado por una superficie de conformación del punzón (28').

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado por que
el punzón (28') es móvil en una dirección paralela a un movimiento de punzonado del elemento de fijación (10).

3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2,
caracterizado por que
la fuerza de apriete, es decir, la fuerza que tensa el punzón previamente en dirección hacia la pieza de trabajo, está orientada en la dirección antiparalela a un movimiento de punzonado del elemento de fijación (10).

4. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
el punzón (28') comprende una arista cortante (32'), que al principio del proceso de punzonado está dispuesta en un plano que está definido por un borde de una escotadura (16') de la matriz (18').

5. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
el punzón (28') comprende una elevación (44) que al principio del proceso de punzonado sobresale de un plano que está definido por un borde de una escotadura (16') de la matriz (18').

6. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
un movimiento del punzón (28') en contra y/o en la dirección de la fuerza de apriete es limitado por un dispositivo de tope.

7. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
el punzón (28') presenta una superficie de conformación (46) mediante la cual el tramo de punzonado (14) se conforma al menos por tramos radialmente hacia el exterior, estando formada la superficie de conformación (46) en particular al menos por tramos de forma cónica y/o de forma cóncava.

8. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
se genera una acanaladura que aloja al menos en parte una brida (38) del elemento de fijación (10) que en un estado final se asienta contra la pieza de trabajo (12).

9. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
la fuerza de apriete predeterminada se elige en función de propiedades de la pieza de trabajo (12), en función de propiedades del elemento de fijación (12) y/o en función de una fuerza de encaje a presión generada por una unidad de presión y ejercida sobre el elemento de fijación (10).

10. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
el punzón (28') tiene asignado un dispositivo de tensión previa (42) ajustable con el que puede ajustarse la fuerza de apriete predeterminada.

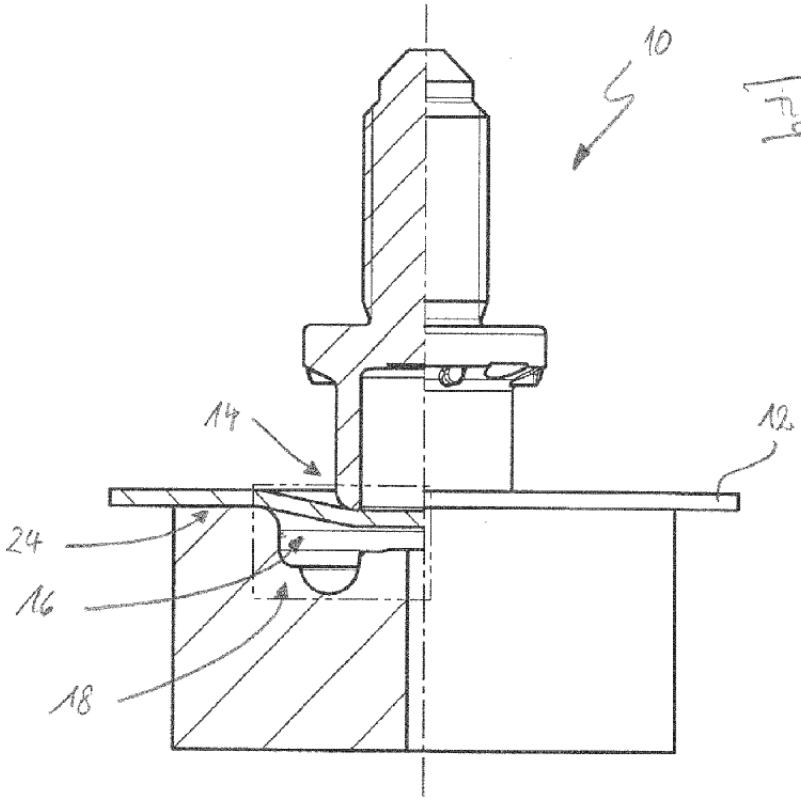
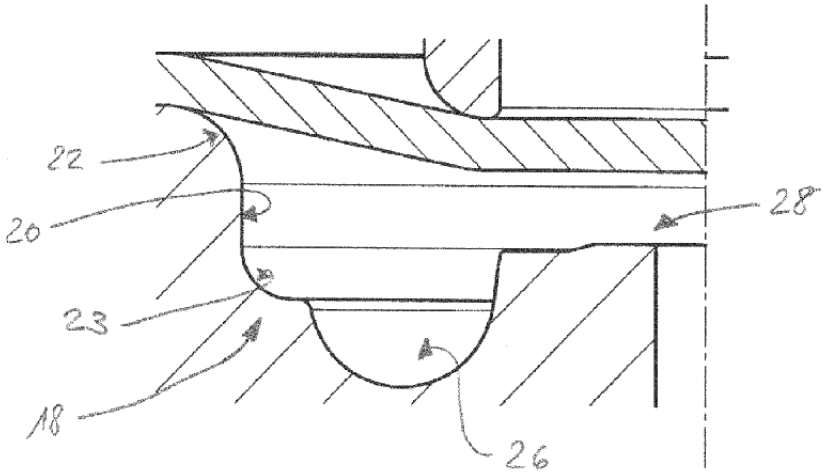


Fig. 1

Fig. 2



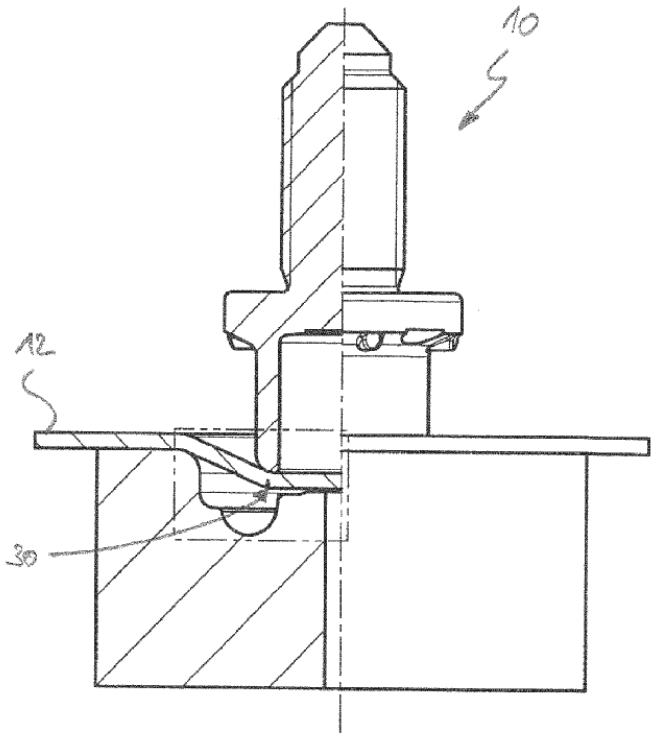


Fig. 3

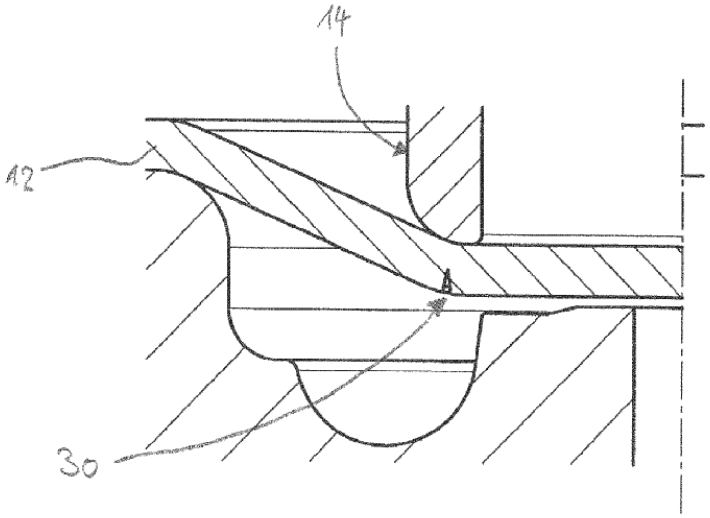


Fig. 4

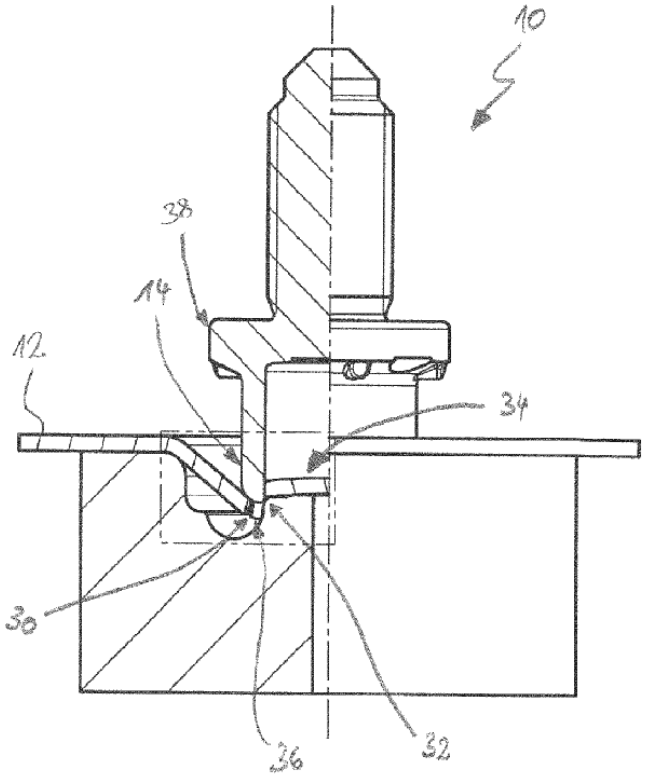


Fig. 5

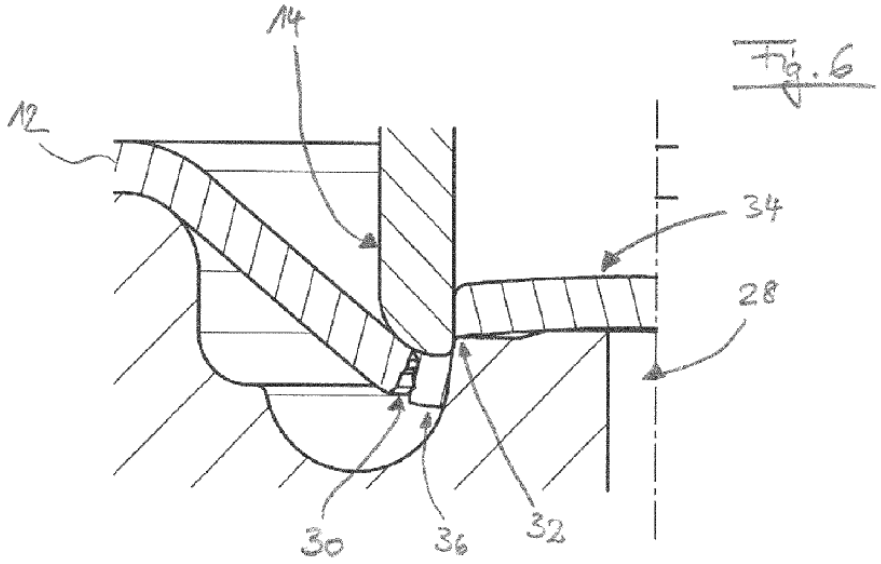


Fig. 6

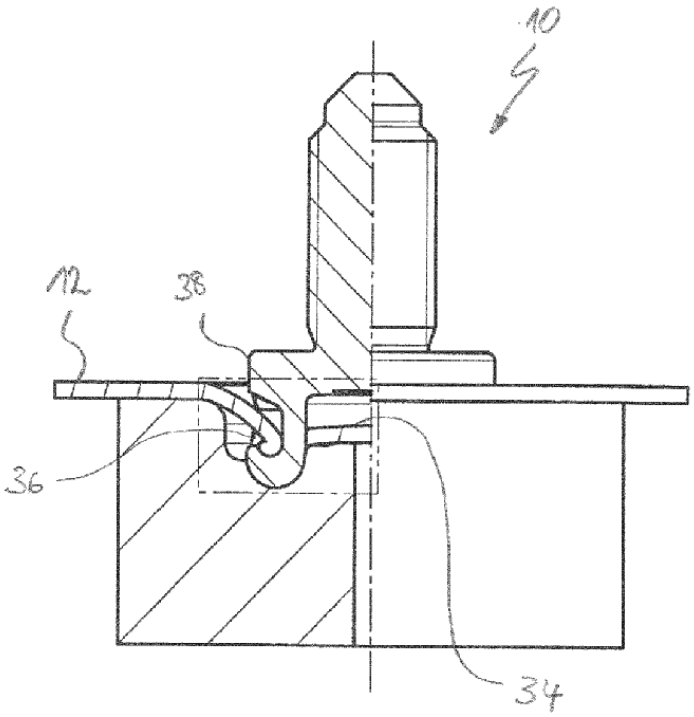


Fig. 7

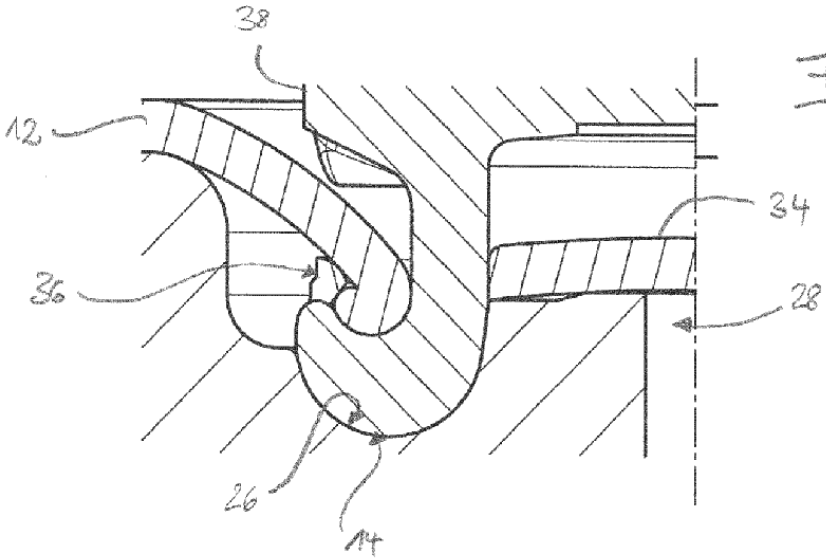


Fig. 8

Fig. 9

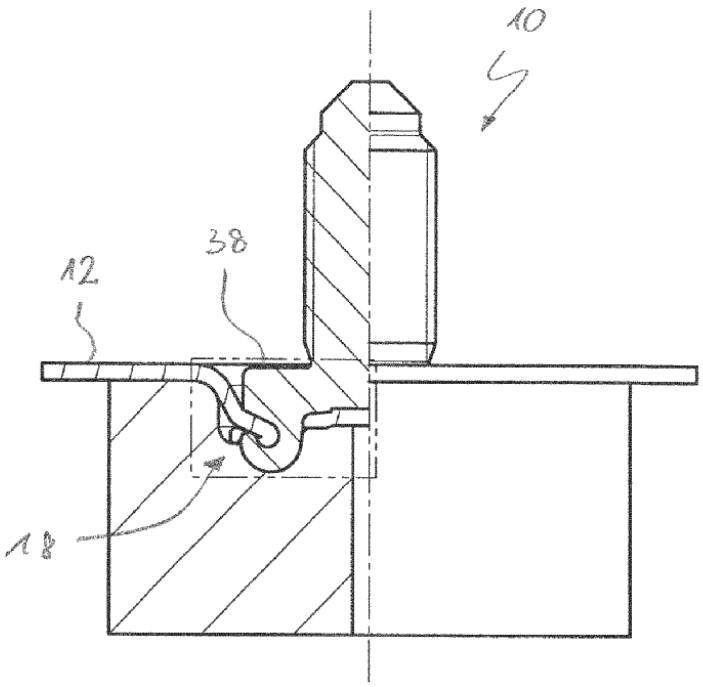
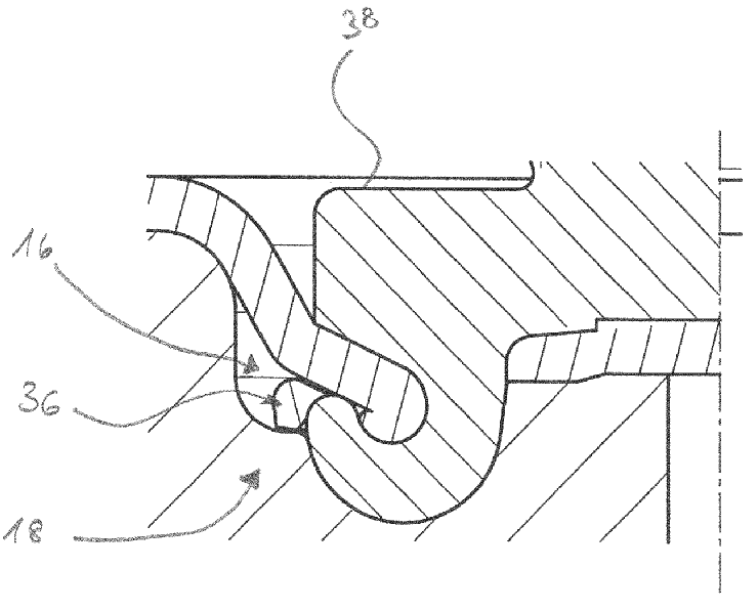


Fig. 10



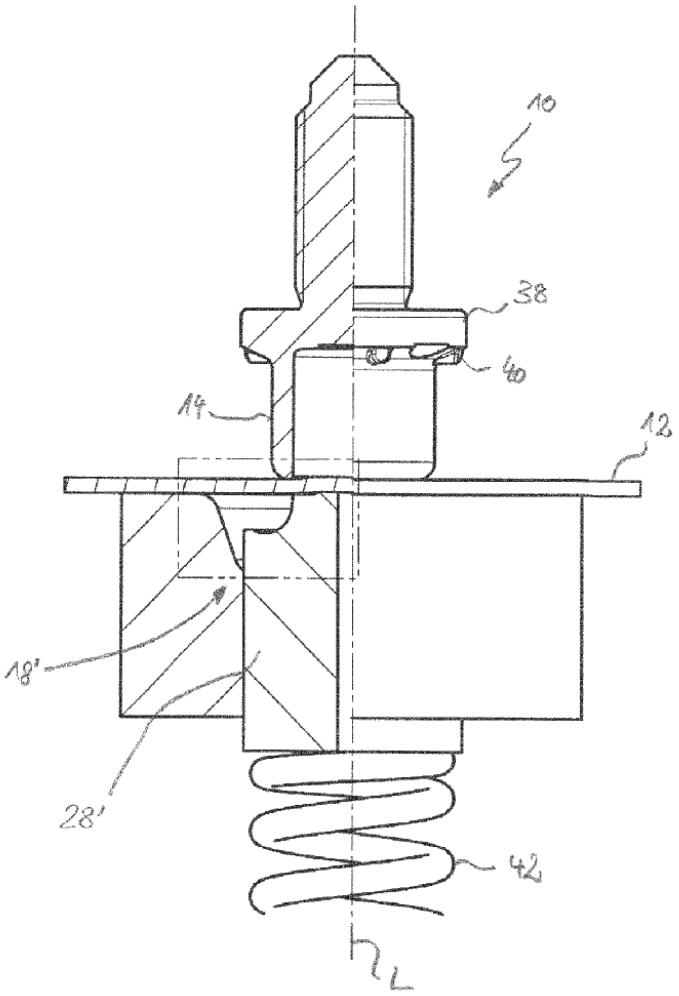


Fig. 11

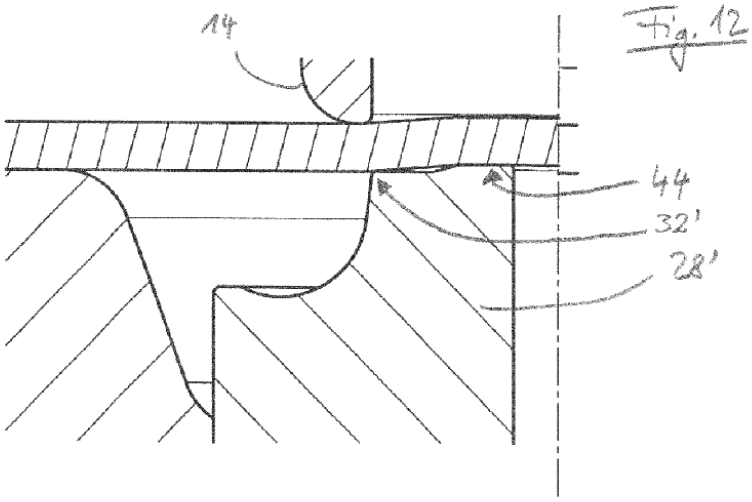


Fig. 12

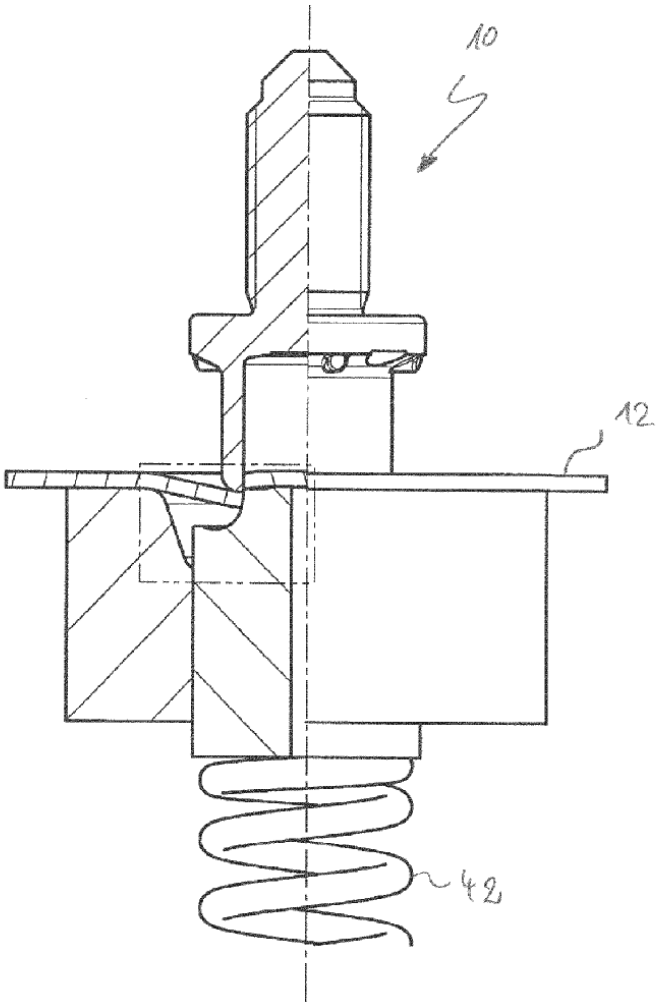


Fig. 13

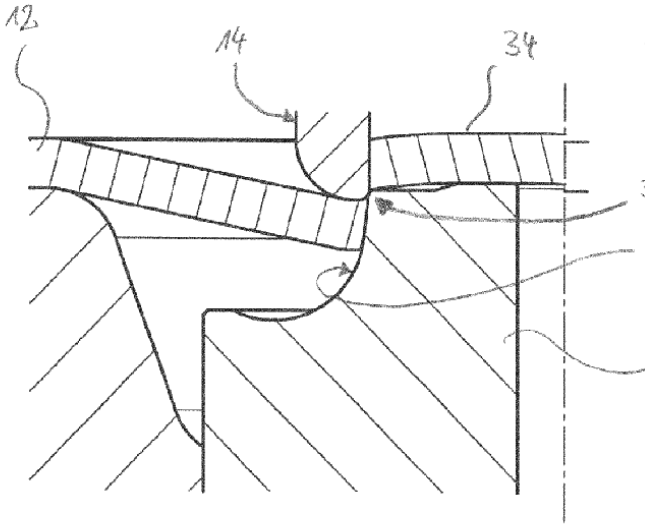


Fig. 14

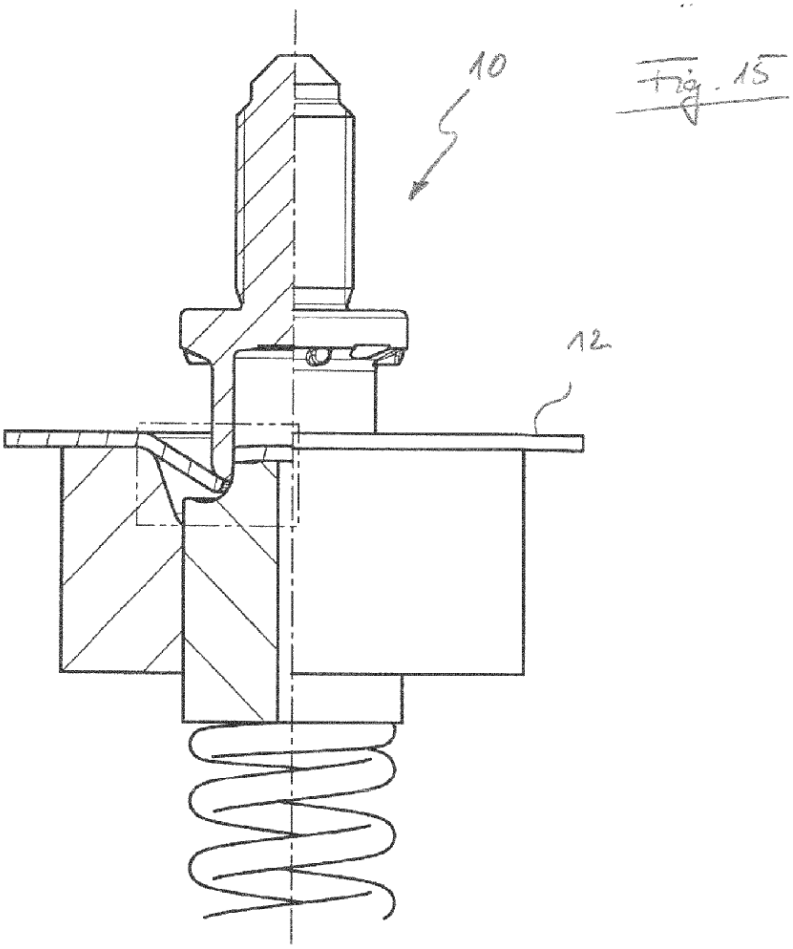


Fig. 15

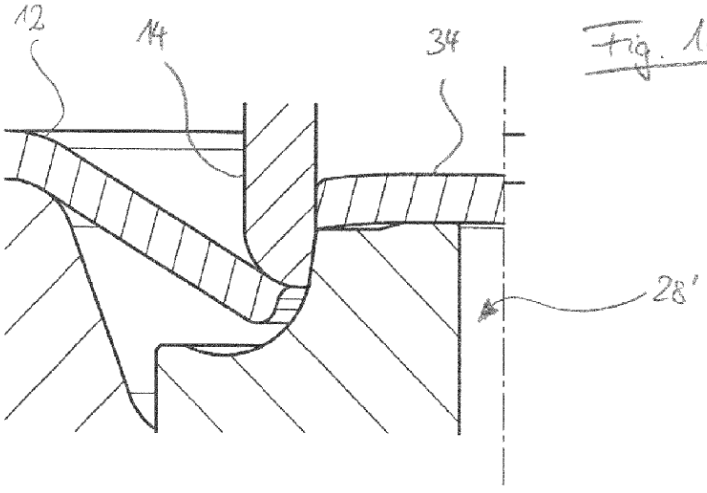


Fig. 16

Fig. 17

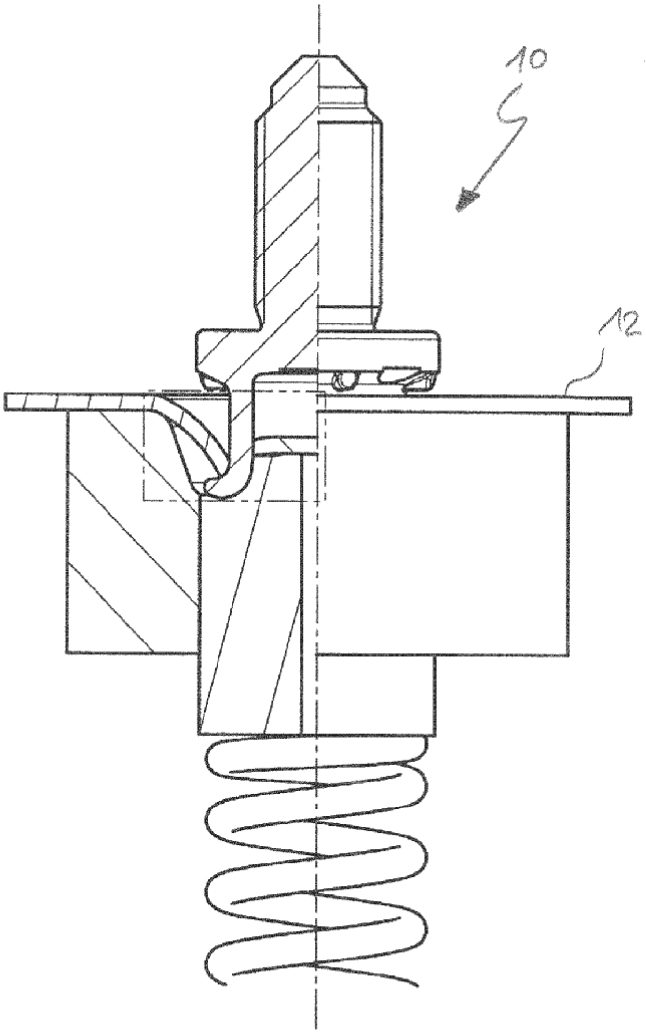


Fig. 18

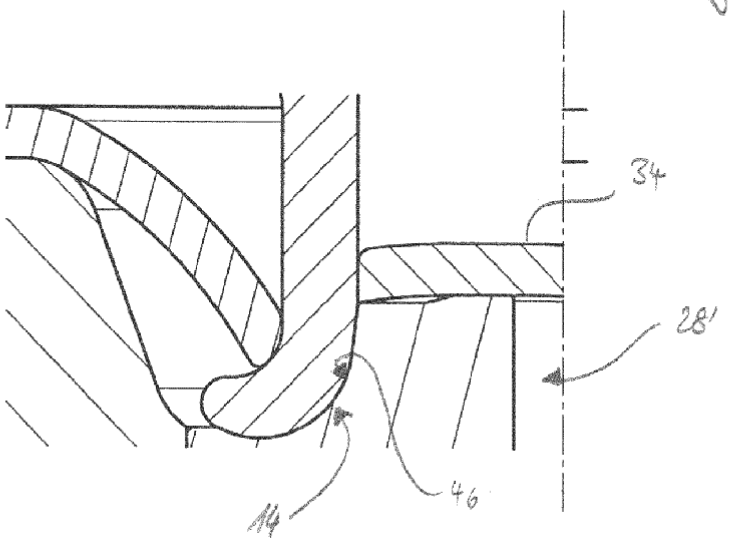


Fig. 19

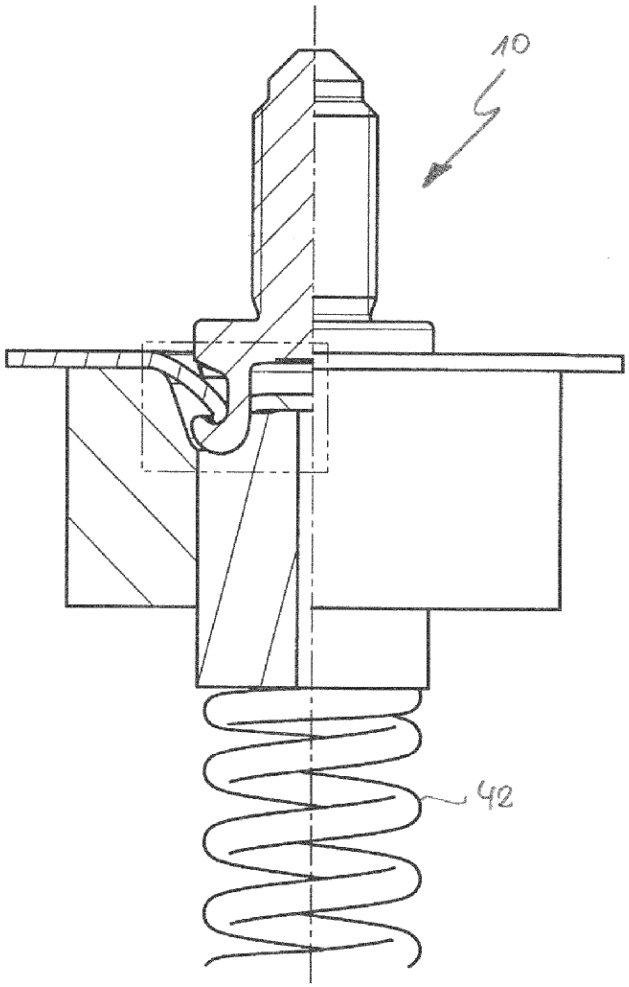
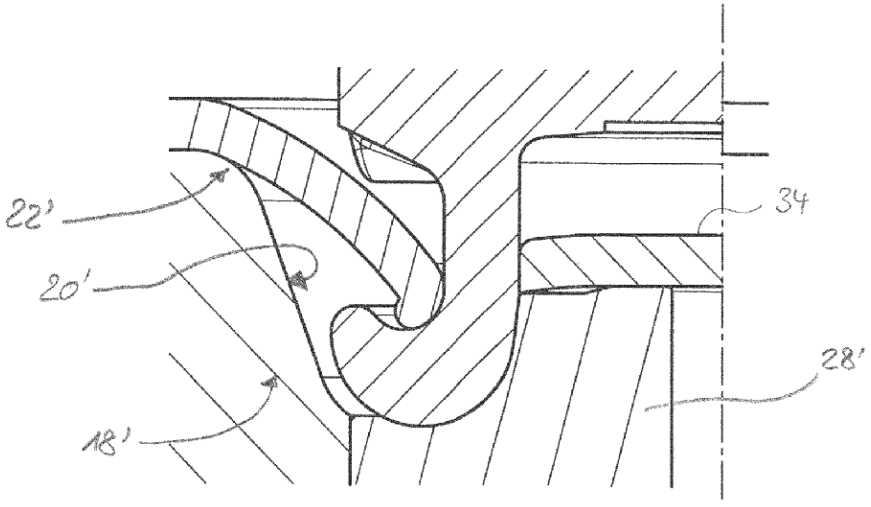


Fig. 20



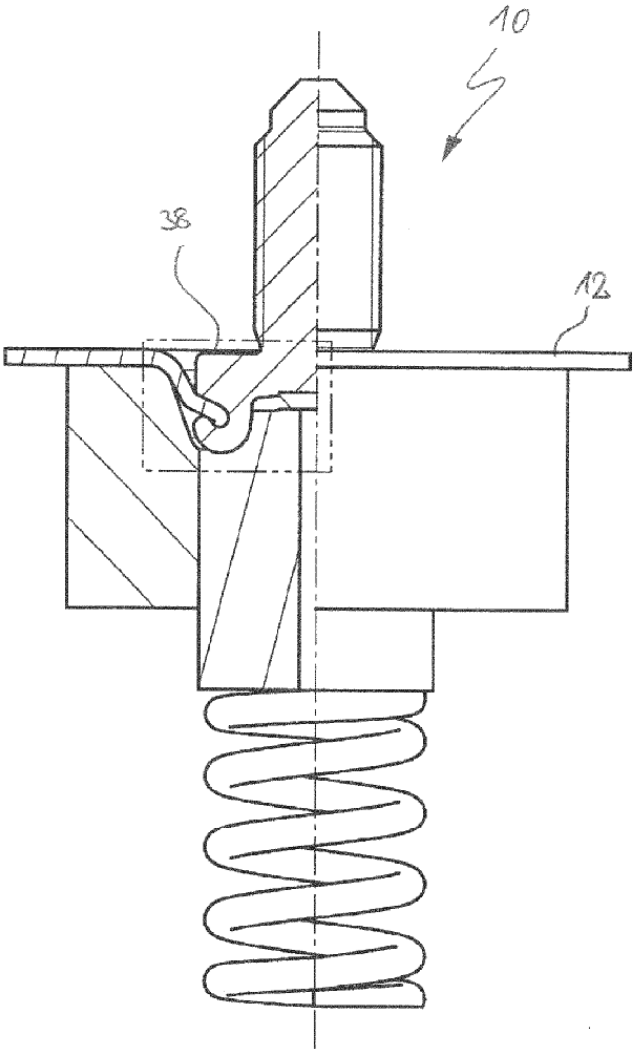


Fig. 21

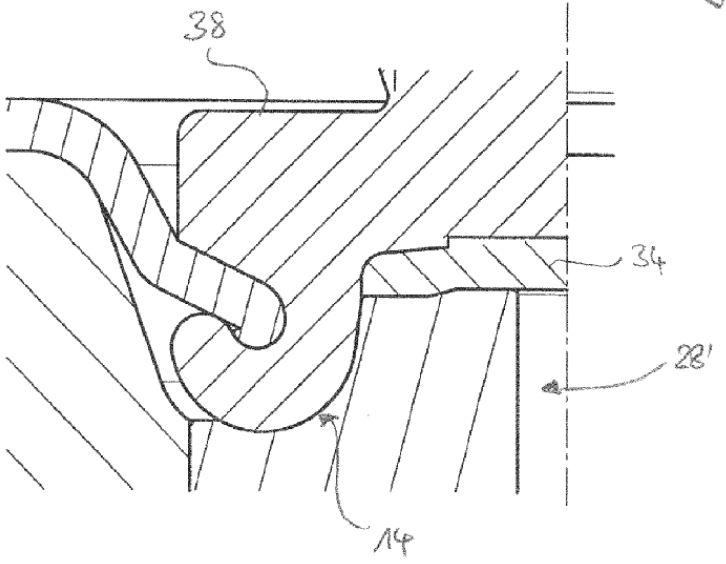


Fig. 22