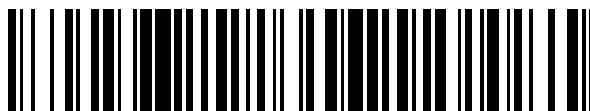


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 436**

51 Int. Cl.:

B22F 3/24 (2006.01)

B21J 5/06 (2006.01)

B21J 13/02 (2006.01)

B21K 1/30 (2006.01)

B21C 37/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2016 PCT/JP2016/057744**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16158316**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2016 E 16772200 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 3278909**

54 Título: **Método para densificar y dimensionar un cuerpo sinterizado**

30 Prioridad:

31.03.2015 JP 2015072640

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

30.07.2020

73 Titular/es:

**DIAMET CORPORATION (100.0%)
1-1, Kogane-cho 3-chome Higashi-ku Niigata-shi
Niigata 950-8640, JP**

72 Inventor/es:

**NAKAI, TAKASHI y
KAWASE, KINYA**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 776 436 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para densificar y dimensionar un cuerpo sinterizado

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método de producción que usa una matriz de dimensionamiento para densificar una superficie de cuerpo sinterizado.

10 **Antecedentes**

Se conoce que la pulvimetalurgia se realiza tal como sigue. Es decir, se comprime un polvo de material compuesto principalmente por un metal para conformar una pieza compacta, seguido del calentamiento de tal pieza compacta para sinterizar la misma obteniéndose, por tanto, un cuerpo sinterizado que tiene una forma dada. En cuanto a tal cuerpo sinterizado que se obtiene compactando un polvo de material en primer lugar y sinterizando luego el mismo, se garantiza un alto grado de libertad en la forma del producto de tal manera que pueden fabricarse productos que tienen formas relativamente complejas a bajo coste (por ejemplo, el documento JP-A-2007-31814).

En particular, en cuanto a piezas tales como diversos engranajes que se ven sometidos a esfuerzos cuando entran en contacto con cadenas y otros engranajes en el punto de uso, se ha realizado densificación de superficie reduciendo los vacíos. De esta manera, puede disminuirse la intensidad de abrasión en puntos de contacto, y puede mejorarse la resistencia mecánica en tales puntos de contacto.

Mientras tanto, con el fin de mejorar la precisión de tamaño que ha empeorado debido a la deformación en el momento de realización de la sinterización, se ha realizado dimensionamiento en el que se realiza recompresión mediante una prensa después de realizar la sinterización.

Ejemplos de métodos convencionales para realizar densificación son tal como sigue. Es decir, puede aplicarse una alta presión cuando se realiza el dimensionamiento; un cuerpo sinterizado que se ha ablandado a través de una sinterización preliminar puede recomprimirse; y también se han intentado la laminación, el granallado, forjado en frío y forjado en caliente.

Sin embargo, existe el problema de que una matriz se romperá fácilmente si se aplica una presión excesivamente alta en el momento de realización del dimensionamiento. Además, la recompresión después de la sinterización preliminar, laminación, el granallado, forjado y similares requieren más etapas, lo que conduce al problema de que aumentará el coste.

En este caso, como método de densificación de superficie que se realiza en el momento de realización del dimensionamiento y que no emplea una alta presión, se han realizado intentos que incluyen instalar porciones escalonadas, salientes y porciones de sección decreciente en una matriz de dimensionamiento, dejando un margen de estirado grande y realizando un acuñado (documentos JP-A-2010-229433, US 2542912A, JP-A-2004-10906 y JP-A-Hei-5-85995). Además, el documento DE 10 2010 009800 B3 divulga una matriz de dimensionamiento para densificar una superficie de cuerpo sinterizado que incluye un disco (en forma de escalón o saliente) para comprimir radialmente el material sinterizado.

45 **Sumario de la invención**

Problema que ha de resolver la invención

50 Como son el caso con los documentos JP-A-2010-229433, US 2542912A, JP-A-2004-10906 y JP-A-Hei-5-85995 anteriores, el método de instalar porciones escalonadas, salientes y porciones de sección decreciente en una matriz ha provocado el problema de que tales porciones escalonadas, salientes y porciones de sección decreciente son más susceptibles de abrasión. Y, el método de dejar un margen de estirado grande o realizar el acuñado ha provocado el problema de que un cuerpo sinterizado dimensionado presentará un nivel significativo de rebabas.

55 Además, ha habido el problema de que la densificación de superficie resultará difícil cuando el módulo de Young de un cuerpo sinterizado y el módulo de Young de una matriz están en un nivel similar; y el problema de que un mayor módulo de Young de la matriz hará que la propia matriz se rompa fácilmente en el momento de realización de la compresión.

60 Por tanto, la presente invención es para resolver los problemas mencionados anteriormente. Un objeto de la presente invención es proporcionar un método para comprimir y dimensionar un cuerpo sinterizado obtenido sinterizando una pieza compacta de un polvo metálico.

65 **Medios para resolver el problema**

Los problemas mencionados anteriormente se resuelven mediante un método que usa una matriz de dimensionamiento para densificar una superficie de cuerpo sinterizado tal como se expone en la reivindicación independiente 1.

5 **Efectos de la invención**

Según la configuración mencionada anteriormente, cuando se dimensiona el cuerpo sinterizado y se densifica la superficie del mismo al mismo tiempo, puede impedirse que la matriz se vea sometida a abrasión y se rompa, y puede impedirse que el cuerpo sinterizado se conforme con rebabas después de dimensionarse.

10

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en sección transversal de una matriz descrita en una primera realización de la invención.

15

La figura 2 es una vista en sección transversal de la matriz de la primera realización, en la que aún no se ha estirado un cuerpo sinterizado.

La figura 3 es una vista en sección transversal de la matriz de la primera realización, en la que el cuerpo sinterizado está comprimiéndose en porciones rectas.

20

La figura 4 es una vista en sección transversal de la matriz de la primera realización, en la que se ha expulsado el cuerpo sinterizado.

La figura 5 es otra vista en sección transversal de la matriz de la primera realización.

25

La figura 6 es una vista en sección transversal de una matriz descrita en una segunda realización de la invención.

La figura 7 es una vista en sección transversal de una matriz descrita en una tercera realización de la invención.

30

La figura 8 es una vista en sección transversal de una matriz descrita en una cuarta realización de la invención.

La figura 9 es una vista en sección transversal de una matriz descrita en una quinta realización de la invención.

35

La figura 10 es una vista en sección transversal de una matriz descrita en una sexta realización de la invención.

La figura 11 es una vista en sección transversal de una matriz descrita en una séptima realización de la invención.

Modo para llevar a cabo la invención

40

Se describen con detalle realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, las realizaciones descritas a continuación en el presente documento no deben limitar el contenido de la invención que se describe en las reivindicaciones. Además, no todos los elementos descritos a continuación en el presente documento son necesariamente los elementos esenciales de la invención. En los siguientes párrafos, se describen una matriz de dimensionamiento para densificar una superficie de cuerpo sinterizado; un método de producción que usa la misma; y un producto obtenido usando la misma. Empleando una matriz de dimensionamiento para densificar una superficie de cuerpo sinterizado que es diferente de sus homólogos convencionales, puede adquirirse una nueva matriz de dimensionamiento para densificar una superficie de cuerpo sinterizado; un método de producción que usa la misma; y un producto obtenido usando la misma.

45

50 **Primera realización**

Se describe con detalle una primera realización de la invención a continuación en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos. Se describe un ejemplo de un método para fabricar productos tales como cojinetes de transmisión y diversos tipos de engranajes. En este caso, un producto es un engranaje que se produce tal como sigue. Es decir, se conforma en primer lugar una pieza compacta en verde realizando moldeo a presión con un polvo de materia prima tal como un polvo a base de Fe, seguido de la sinterización de dicha pieza compacta en verde para obtener un cuerpo 1 sinterizado. Luego, el cuerpo 1 sinterizado se dimensiona (corrige) para obtener el engranaje que está compuesto, por tanto, por tal cuerpo 1 sinterizado. En particular, el cuerpo 1 sinterizado puede tener un módulo de Young no menor de 200 GPa antes de dimensionarse.

60

La figura 1 a la figura 5 muestran una matriz 2 de dimensionamiento. Tal como se muestra en estos dibujos, la matriz 2 de dimensionamiento usada para dimensionar el cuerpo 1 sinterizado incluye una matriz 3, un vástago 4 de núcleo, un punzón 5 inferior y un punzón 6 superior; y la dirección vertical de la matriz 2 de dimensionamiento sirve como la dirección axial (dirección axial vertical para prensado) de la misma. La matriz 3 se conforma sustancialmente para dar una forma cilíndrica, y el vástago 4 de núcleo que se conforma sustancialmente para dar la forma de un poste se ubica en el interior de la matriz 3 de manera coaxial. Además, la matriz 3 tiene una superficie 7

65

circunferencial interior correspondiente a la forma de la superficie circunferencial exterior del cuerpo 1 sinterizado; y el vástago 4 de núcleo tiene una superficie 8 circunferencial exterior correspondiente a la forma de la superficie circunferencial interior del cuerpo 1 sinterizado. El punzón 5 inferior se conforma sustancialmente para dar una forma cilíndrica, y se ajusta entre la matriz 3 y el vástago 4 de núcleo de tal manera que el punzón 5 inferior es capaz de moverse libremente en la dirección vertical desde abajo. El punzón 6 superior se conforma sustancialmente para dar una forma cilíndrica, y se ajusta de manera desmontable entre la matriz 3 y el vástago 4 de núcleo de tal manera que el punzón 6 superior es capaz de moverse libremente en la dirección vertical desde arriba. En este caso, la matriz 3 y el vástago 4 de núcleo componen un elemento de matriz.

La forma de la sección transversal de la matriz 3 es tal que se conforma una porción 11 recta de matriz sustancialmente uniforme, y que una porción 12 de sección decreciente de matriz que se expande hacia arriba se proporciona en la región superior de la porción 11 recta de matriz. Además, con respecto a la matriz 3, una porción 13 superior de matriz como la porción superior de la matriz 3 está compuesta por un material que es diferente del de una porción 14 inferior de matriz como la porción inferior de la matriz 3.

De manera similar, la forma de la sección transversal del vástago 4 de núcleo es tal que se conforma una porción 21 recta de núcleo sustancialmente uniforme, y que una porción 22 de sección decreciente de núcleo que disminuye hacia arriba se proporciona en la región superior de la porción 21 recta de núcleo. Además, con respecto al vástago 4 de núcleo, una porción 23 superior de vástago de núcleo como la porción superior del vástago 4 de núcleo está compuesta por un material que es diferente del de una porción 24 inferior de vástago de núcleo como la porción inferior del vástago 4 de núcleo.

En esta realización, la matriz 3 se divide en la porción 13 superior de matriz y la porción 14 inferior de matriz a mitad de camino a través de la porción 12 de sección decreciente de matriz en la dirección de altura. En ese caso, la matriz 3 se divide en la porción 13 superior de matriz y la porción 14 inferior de matriz en una dirección plana ortogonal a la dirección axial de la matriz 3, y la matriz 3 incluye de manera solidaria esta porción 13 superior de matriz y esta porción 14 inferior de matriz. En este caso, la porción 13 superior de matriz tiene un grosor sustancialmente uniforme. Además, la porción 12 de sección decreciente de matriz está compuesta por una porción 15 de sección decreciente superior de matriz de la porción 13 superior de matriz; y una porción 16 de sección decreciente inferior de matriz de la porción 14 inferior de matriz que es continua con la porción 15 de sección decreciente superior de matriz. Es decir, la porción 16 de sección decreciente inferior de matriz como porción intermedia se proporciona entre la porción 15 de sección decreciente superior de matriz y la porción 11 recta de matriz, y el diámetro interior NS de la porción 11 recta de matriz es menor que el diámetro más pequeño NK de un extremo 15K inferior de la porción 15 de sección decreciente superior de matriz.

Además, aunque la porción 13 superior de matriz y la porción 14 inferior de matriz se proporcionan de un modo integrado, la porción 13 superior de matriz puede unirse de manera desmontable a la porción 14 inferior de matriz a través de un elemento de fijación (no mostrado) tal como un tornillo. En tal caso, la porción 13 superior de matriz puede sustituirse fácilmente.

De manera similar, el vástago 4 de núcleo se divide en la porción 23 superior de vástago de núcleo y la porción 24 inferior de vástago de núcleo a mitad de camino a través de la porción 22 de sección decreciente de núcleo en la dirección de altura. En ese caso, el vástago 4 de núcleo se divide en la porción 23 superior de vástago de núcleo y la porción 24 inferior de vástago de núcleo en una dirección plana ortogonal a la dirección axial del vástago 4 de núcleo, y el vástago 4 de núcleo incluye de manera solidaria esta porción 23 superior de vástago de núcleo y esta porción 24 inferior de vástago de núcleo. En este caso, la porción 23 superior de vástago de núcleo tiene un grosor sustancialmente uniforme. Además, la porción 22 de sección decreciente de núcleo se compone de una porción 25 de sección decreciente superior de núcleo de la porción 23 superior de vástago de núcleo; y una porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo de la porción 24 inferior de vástago de núcleo que es continua con la porción 25 de sección decreciente superior de núcleo. Es decir, la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo como porción intermedia se proporciona entre la porción 25 de sección decreciente superior de núcleo y la porción 21 recta de núcleo, y el diámetro exterior GS de la porción 21 recta de núcleo es mayor que el diámetro más grande GK de un extremo 25K inferior de la porción 25 de sección decreciente superior de núcleo.

Además, aunque la porción 23 superior de vástago de núcleo y la porción 24 inferior de vástago de núcleo se proporcionan de un modo integrado, la porción 23 superior de vástago de núcleo puede unirse de manera desmontable a la porción 24 inferior de vástago de núcleo a través de un elemento de fijación (no mostrado) tal como un tornillo. En tal caso, la porción 23 superior de vástago de núcleo puede sustituirse fácilmente.

Los módulos de Young de los materiales de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo son mayores que los de los materiales de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo. Se prefiere que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo estén compuestas por materiales que tienen módulos de Young que son al menos 50 GPa mayores que el del cuerpo 1 sinterizado que aún no se ha dimensionado. En este caso, la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo son más tenaces que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo. El cuerpo 1 sinterizado sin dimensionar que tiene un módulo de Young no menor de 200 GPa puede

dimensionarse entonces. Además, la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo están compuestas por materiales que tienen módulos de Young mayores que el del cuerpo 1 sinterizado, y presentan límites de elasticidad convencionales al 0,2% mayores que el del cuerpo 1 sinterizado. En este caso, la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo pueden estar compuestas por un material idéntico; y la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo también pueden estar compuestas por un material idéntico.

Además, la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo están compuestas por materiales que tienen módulos de Young no menores de 300 GPa; y la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo están compuestas por materiales que tienen módulos de Young menores de 300 GPa. Además, la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo están compuestas por carburos cementados; y la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo están compuestas por aceros ferrosos para herramientas.

En la norma JIS B4053, los ejemplos de los carburos cementados para su uso en la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo incluyen V10, V20, V30, V40, V50, HW-P01, HW-P10, HW-P20, HW-P30, HW-P40, HW-P50, HW-M10, HW-M20, HW-M30, HW-M40, HW-K01, HW-K10, HW-K20, HW-K30, HW-K40, HT-P01, HT-P10, HT-P20, HT-P30, HTP40, HT-P50, HT-M10, HT-M20, HT-M30, HT-M40, HT-K01, HT-K10, HT-K20, HT-K30, HT-K40, HF-P01, HF-P10, HFP20, HF-P30, HF-P40, HF-P50, HF-M10, HF-M20, HF-M30, HF-M40, HF-K01, HF-K10, HF-K20, HF-K30, HF-K40, HC-P01, HC-P10, HC-P20, HC-P30, HC-P40, HC-P50, HC-M10, HC-M20, HC-M30, HC-M40, HC-K01, HC-K10, HC-K20, HC-K30 y HC-K40. Los módulos de Young de estos carburos cementados son de aproximadamente 400 a 650 GPa.

Además, según la norma CIS 019D (por la Asociación Japonesa de Fabricantes de Herramientas de Carburo Cementado), los ejemplos de los carburos cementados mencionados anteriormente incluyen VF-10, VF-20, VF-30, VF-40, VM-10, VM-20, VM-30, VM-40, VM-50, VM-60, VC-40, VC-50, VC-60, VC-70, VC-80, VU-40, VU-50, VU-60, VU-70, VU-80, RC-50, RC-60, RC-70, RC-80, RU-50, RU-60, RU-70, RU-80, NF-20, NF-30, NF-40, NM-40, NM-50, NM-60, NM-70, NC-60, NC-70 y NC-80. Los módulos de Young de estos carburos cementados son de aproximadamente 440 a 650 GPa.

Los ejemplos de los aceros ferrosos para herramientas para su uso en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo son tal como sigue. Es decir, pueden usarse aceros aleados para herramientas (norma JIS G4404) tales como SKS3, SKS31, SKS93, SKS94, SKS95, SKD1, SKD2, SKD4, SKD5, SKD6, SKD7, SKD8, SKD10, SKD11, SKD12, SKD61, SKD62, SKT3, SKT4 y SKT6; aceros rápidos para herramientas (norma JIS G4403) tal como SKH2, SKH3, SKH4, SKH10, SKH40, SKH50, SKH51, SKH52, SKH53, SKH54, SKH55, SKH56, SKH57, SKH58 y SKH59; e incluso aceros al carbono para herramientas (norma JIS G4401). Los módulos de Young de estos aceros para herramientas son de aproximadamente 200 a 230 GPa.

Tal como se muestra en la figura 2, con el fin de impedir que se produzcan rebabas en el cuerpo 1 sinterizado, un margen de estirado S del cuerpo 1 sinterizado en la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo es no menor de 0,01 mm, y es no mayor de 0,1 mm. En particular, el margen de estirado S en la matriz 3 es la mitad de la diferencia entre la dimensión de diámetro exterior del cuerpo 1 sinterizado y la dimensión de diámetro interior de la porción 15 de sección decreciente superior en el extremo 15K inferior. Además, el margen de estirado S en el vástago 4 de núcleo es la mitad de la diferencia entre la dimensión de diámetro interior del cuerpo 1 sinterizado y la dimensión de diámetro exterior de la porción 25 de sección decreciente superior en el extremo 25K inferior.

Además, el ángulo de ataque θ de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores es no menor de $0,0001^\circ$, pero menor de 10° . Empleando un ángulo de ataque θ menor de 10° de tal manera, puede limitarse la aparición de las rebabas del cuerpo 1 sinterizado después de realizar el dimensionamiento, y puede limitarse que se vean sometidas a abrasión las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores. Además, cuanto menor sea el ángulo de ataque θ , más largas se volverán las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores de tal manera que el precio aumentará, y la instalación resultará difícil. Por tanto, se prefiere que el ángulo de ataque θ sea no menor de $0,0001^\circ$. En este caso, en los dibujos adjuntos, el ángulo de ataque θ se ilustra como de 20° por motivos de facilidad de comprensión.

A continuación en el presente documento se describe un método de dimensionamiento. Al comienzo, tal como se muestra en la figura 2, el cuerpo 1 sinterizado va a situarse en las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores, seguido del empuje del cuerpo 1 sinterizado hacia abajo a lo largo de las porciones 11, 21 rectas.

En ese momento, el cuerpo 1 sinterizado se desplazará a lo largo de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores que tienen módulos de Young mayores que los del cuerpo 1 sinterizado. Como resultado, el cuerpo 1 sinterizado se estirará y dimensionará de tal manera que las superficies exterior e interior del mismo se densificarán. A continuación, en las porciones 11, 21 rectas, el cuerpo 1 sinterizado se comprimirá mediante los punzones 6, 5 superior e inferior de modo que la superficie del cuerpo 1 sinterizado se densificará hasta tal punto que

desaparecerán casi todos los vacíos de superficie.

Es decir, en las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores que tienen mayores módulos de Young, el cuerpo 1 sinterizado sólo se estira, pero no se comprime. En ese caso, el estirado permite que el cuerpo 1 sinterizado se deforme plásticamente a la vez que se aplasta en la dirección radial, e incluso deformarse plásticamente en la dirección vertical. De esta manera, aunque la superficie del cuerpo 1 sinterizado se densificará, los vacíos de superficie que se alargan en la dirección vertical permanecerán. Más tarde, el cuerpo 1 sinterizado se comprimirá mediante los punzones 6, 5 superior e inferior en las porciones 11, 21 rectas que tienen módulos de Young menores que los de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores, permitiendo de ese modo que la superficie del cuerpo 1 sinterizado se densifique, y que los vacíos desaparezcan. Aunque la presión de compresión varía basándose en los materiales del cuerpo sinterizado y la matriz, se prefiere que tal presión de compresión sea de aproximadamente 1 a 14 t/cm² cuando el cuerpo sinterizado es un cuerpo sinterizado ferroso, y cuando una matriz inferior está compuesta por un acero ferroso para herramientas. Cuando la presión de compresión es menor de 1 t/cm², la densificación puede no tener lugar de manera suficiente. Cuando la presión de compresión es mayor de 14 t/cm², la matriz puede romperse incluso cuando está compuesta por un acero ferroso para herramientas, y el cuerpo sinterizado presentará una(s) rebaba(s) más significativa(s). Se prefiere más que tal presión de compresión sea de aproximadamente 4 a 10 t/cm².

Además, después de que el punzón 6 superior se haya retirado hacia arriba, el punzón 5 inferior se elevará para expulsar el cuerpo 1 sinterizado. En ese momento, el diámetro exterior del cuerpo 1 sinterizado que ha salido de las porciones 11, 21 rectas se expandirá, y el diámetro interior del mismo se contraerá, debido a un efecto de retorno. Sin embargo, tal como se describe a continuación, puesto que el cuerpo 1 sinterizado no entrará en contacto con las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores, puede impedirse que las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores que tienen mayores módulos de Young se vean sometidas a abrasión y se dañen.

El motivo de que las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores se proporcionen como anteriormente es porque las porciones escalonadas y los salientes tienden a verse sometidas a abrasión intensamente cuando se estira el cuerpo 1 sinterizado. Otro motivo para esto es porque cuando se estira el cuerpo 1 sinterizado, la porción de grosor de pared en la capa de superficie del cuerpo 1 sinterizado en las porciones escalonadas y los salientes se deformará plásticamente en la dirección a lo largo de la que se mueven los punzones 6, 5 superior e inferior, lo que hará que se produzcan rebabas fácilmente.

Además, puesto que las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores están compuestas por materiales que tienen módulos de Young que son al menos 50 GPa mayores que el del cuerpo 1 sinterizado, el cuerpo 1 sinterizado puede densificarse con un margen de estirado S pequeño. Además, el cuerpo 1 sinterizado se estira sin comprimirse, mediante las porciones 15, 25 en sección de creciente superiores con alto módulo de Young de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo, por tanto, haciendo que sea posible impedir la rotura del elemento de matriz. Además, puede limitarse que la matriz se vea sometida a abrasión debido al estirado, puesto que las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo están compuestas por materiales de alta dureza que presentan altos módulos de Young.

Además, puede limitarse la rotura de la matriz debido a la compresión, puesto que las porciones 11, 21 rectas de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo están compuestas por materiales de alta tenacidad que presentan bajos módulos de Young.

Además, puesto que las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores como las porciones de estirado y las porciones 11, 21 rectas inferiores como las porciones de compresión se proporcionan de una manera mutuamente dividida, una parte de la matriz que se ha visto sometida a abrasión puede sustituirse individualmente, por tanto, haciendo que sea posible limitar el coste de la matriz.

Además, el motivo por el que va a comprimirse el cuerpo 1 sinterizado mediante las porciones 11, 21 rectas de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo es porque no se conseguirá de manera suficiente la densificación de superficie si se realiza el estirado solo.

Además, puede impedirse que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas, puesto que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo se conforman para dar tamaños con los que el cuerpo 1 sinterizado, cuando se expulsa, no entrarán en contacto con el mismo. En esta realización, el cuerpo 1 sinterizado, cuando se expulsa, no entrará en contacto con la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo, cuando el diámetro más pequeño NK del extremo 15K inferior de la porción 15 de sección decreciente superior de matriz es mayor que el diámetro exterior expandido del cuerpo 1 sinterizado que ha salido de las porciones 11, 21 rectas, y el diámetro más grande GK del extremo 25K inferior de la porción 25 de sección decreciente superior de núcleo es menor que el diámetro interior contraído del cuerpo 1 sinterizado que ha salido de las porciones 11, 21 rectas. Los diámetros exterior e interior del cuerpo 1 sinterizado expulsado se expanden y se contraen debido al efecto de retorno. Sin embargo, el cuerpo 1 sinterizado, cuando se expulsa, puede entrar en contacto con las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24

inferior de vástago de núcleo. En general, aunque los materiales que tienen altos módulos de Young y altas durezas tienen bajas tenacidades y harán que la matriz se rompa y/o se desprenda fácilmente, tienen resistencia a la abrasión. Además, aunque los materiales que tienen bajos módulos de Young y altas tenacidades tienen bajas durezas y harán que la matriz se vea sometida a abrasión fácilmente en general, tienen resistencia a la rotura. Además, cuando el margen de estirado S es grande, el cuerpo 1 sinterizado se conformará con rebabas fácilmente, y la matriz se romperá fácilmente, en general.

En este caso, como es el caso en la presente realización, puesto que las porciones 12, 22 de sección decreciente se componen de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores que tienen altos módulos de Young; y las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores que son continuas a las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores y tienen bajos módulos de Young, el cuerpo 1 sinterizado puede estirarse o no en las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores. El motivo para esto es tal como sigue. Es decir, los materiales de matriz de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo tienen módulos de Young menores que los de los materiales de matriz de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo. Por tanto, el cuerpo 1 sinterizado que se ha estirado mediante las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores se deformará plásticamente de tal manera que la dimensión del cuerpo 1 sinterizado en la dirección del diámetro exterior se contraerá y la dimensión del mismo en la dirección del diámetro interior se expandirá. En ese caso, en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo, el cuerpo 1 sinterizado, la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo se someterán simplemente a deformación elástica de manera mutua, y el cuerpo 1 sinterizado no se estirará, al menos cuando la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo como matrices inferiores tengan dimensiones idénticas a las de los extremos 15K, 25K inferiores de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores (es decir, como es el caso mostrado en la figura 10 en el que no se proporciona una sección de sección decreciente en la porción de sección decreciente inferior, sino que las porciones 11, 21 rectas se conforman inmediatamente por debajo de la misma). En este caso, el motivo por el que las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores se proporcionan en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo es tal como sigue. Es decir, el cuerpo 1 sinterizado va a deformarse elásticamente tanto como sea posible en las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores antes de comprimirse mediante los punzones 6, 5 superior e inferior. Para cuando el cuerpo 1 sinterizado ha alcanzado las porciones 11, 21 rectas, el cuerpo 1 sinterizado se habrá deformado elásticamente hasta el punto de que casi se deforma plásticamente o ya se ha deformado plásticamente un poco. De esta manera, el diámetro exterior del cuerpo 1 sinterizado que se ha estirado mediante las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores no se expandirá, y el diámetro interior del mismo no se contraerá, cuando se usen más tarde los punzones 6, 5 superior e inferior para comprimir el cuerpo 1 sinterizado anterior que casi se deforma plásticamente o que ya se ha deformado plásticamente un poco y, por tanto, se eliminan los vacíos de superficie a través de deformación plástica. Dicho de otro modo, cuando la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo no tienen tramos de sección decreciente, y comparten diámetros idénticos con los extremos 15K, 25K inferiores de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores, la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo presentarán módulos de Young que son menores que los de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo cuando se realiza compresión, lo que puede hacer que el diámetro exterior del cuerpo 1 sinterizado se expanda y el diámetro interior del mismo se contraiga en las porciones 12, 22 de sección decreciente.

Además, el cuerpo 1 sinterizado tendrá que estirarse de nuevo mediante las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores, si el diámetro exterior del mismo se expande y el diámetro interior de mismo se contrae debido al efecto de retorno observado en el momento de expulsión del cuerpo 1 sinterizado de la matriz. En este sentido, las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores pueden romperse y/o verse sometidas a abrasión intensamente; y el cuerpo 1 sinterizado puede conformar con rebabas más fácilmente. Con el fin de impedir estos problemas, se prefiere que se proporcionen las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores.

Además, se prefiere que se determine un margen de estirado S' de las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores cerca del momento cuando el cuerpo 1 sinterizado que se ha estirado mediante las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores comienza a deformarse plásticamente. Cuando el cuerpo 1 sinterizado se ha deformado plásticamente de manera excesiva mediante las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores, aparecerán rebabas; y cuando el cuerpo 1 sinterizado se deforma elásticamente de manera extremadamente insuficiente, entrará en contacto con la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo cuando se expulsa, por tanto, haciendo que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo se rompan y/o se vean sometidas a abrasión intensamente, y facilitando que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas. Tal como se muestra en la figura 2, el margen de estirado S' de las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores es la diferencia entre las dimensiones de radio en los extremos superior e inferior de las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores.

Con el fin de impedir que el cuerpo 1 sinterizado expulsado entre en contacto con las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores, es necesario que el margen de estirado S' de las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores sea grande, y la dimensión del cuerpo 1 sinterizado en la dirección radial puede reducirse hasta el punto de que cuando se expulsa el cuerpo 1 sinterizado que se ha estirado mediante las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores y, por tanto, deformado plásticamente, el cuerpo 1 sinterizado no entrará en contacto con la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo. En este caso, las dimensiones de la

matriz 3 y el vástago 4 de núcleo pueden determinarse basándose en, por ejemplo, el material y tamaño del cuerpo 1 sinterizado, y una fuerza aplicada al mismo cuando se comprime el mismo.

5 Se realizaron ensayos usando las matrices 2 de dimensionamiento de la primera realización, como ejemplos de la presente invención; y usando matrices de ejemplos comparativos.

[Tabla 1]

	Margen de estirado (mm)	Módulo de Young de porción superior (GPa)	Módulo de Young de porción inferior (GPa)	Módulo de Young del cuerpo sinterizado (GPa)	Rebaba	Densificación	Evaluación
Ejemplo 1 de la invención	0,1	220	210	170	No se observa	Densificado	○
Ejemplo 2 de la invención	0,2	220	210	170	Se observa	Densificado	△
Ejemplo 3 de la invención	0,1	550	210	170	No se observa	Densificado	○
Ejemplo 4 de la invención	0,2	550	210	170	Se observa	Densificado	△
Ejemplo 5 de la invención	0,1	550	210	200	No se observa	Densificado	○
Ejemplo 6 de la invención	0,2	550	210	200	Se observa	Densificado	△
Ejemplo comparativo 1	0,1	220	210	200	No se observa	No densificado	x
Ejemplo comparativo 2	0,2	220	210	200	No se observa	No densificado	x

10 En la tabla 1, "Módulo de Young de porción superior" se refiere al módulo de Young de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo; y "Módulo de Young de porción inferior" se refiere al módulo de Young de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo. Además, se realizaron ensayos con diversos márgenes de estirado S, módulos de Young de la porción superior de matriz, y módulos de Young del cuerpo 1 sinterizado.

15 En particular, se estableció que el ángulo de ataque θ era de 5° en todos los casos, y se estableció que la presión de compresión proporcionada por los punzones 6, 5 superior e inferior en las porciones 11, 21 rectas era de 10 t/cm². Además, el cuerpo 1 sinterizado usado era un cuerpo sinterizado ferroso y tenía una densidad relativa del 94%. Además, se realizó la evaluación sobre si se había densificado el cuerpo 1 sinterizado dimensionado, y se llevó a cabo evaluando si una densidad relativa de superficie de 0 a 0,3 mm había alcanzado el 97%. Se evaluó la presencia de rebabas basándose en la presencia de rebabas de un tamaño no menor de 0,5 mm. En cuanto a los resultados de evaluación, los ejemplos que presentaron rebabas pero se densificaron se marcaron con "△", los ejemplos que no presentaron rebabas y se densificaron se marcaron con "○" y los ejemplos que no presentaron rebabas pero no se densificaron se marcaron con "x" en la tabla 1.

25 Basándose en los resultados anteriores, quedó claro que tuvo lugar densificación de superficie cuando el módulo de Young de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo fue al menos 50 GPa mayor que el del cuerpo 1 sinterizado no dimensionado. Además, pudieron impedirse las rebabas cuando el margen de estirado S era no mayor de 0,1 mm.

30 [Tabla 2]

	Margen de estirado (mm)	Módulo de Young de porción superior (GPa)	Módulo de Young de porción inferior (GPa)	Módulo de Young del cuerpo sinterizado (GPa)	Ángulo de ataque (°)	Rebaba	Densificación	Evaluación
Ejemplo 7 de la invención	0,1	220	210	170	5	No se observa	Densificado	○

Ejemplo 8 de la invención	0,1	220	210	170	10	Se observa	Densificado	△
Ejemplo 9 de la invención	0,1	550	210	200	10	Se observa	Densificado	△
Ejemplo comparativo 3	0,1	220	210	200	10	No se observa	No densificado	x

Basándose en los resultados anteriores, quedó claro que podían impedirse las rebabas cuando el ángulo de ataque θ era menor de 10° . Además, también quedó claro que incluso cuando el ángulo de ataque θ era mayor, no tendría lugar densificación de superficie a menos que el módulo de Young de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo fuera al menos 50 GPa mayor que el del cuerpo 1 sinterizado sin dimensionar. Además, el motivo de que determinados ejemplos que presentan rebabas se marquen con “△” es porque las rebabas pueden eliminarse simplemente a través de un procedimiento posterior, y no debe generarse ningún problema crítico como resultado, ni siquiera aunque el coste se eleve puesto que se ahora se requiere un procedimiento para eliminar las rebabas.

Como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 1, se proporciona una matriz para dimensionar el cuerpo 1 sinterizado obtenido sinterizando una pieza compacta de un polvo metálico, comprimiendo la misma en las porciones 11, 21 rectas. Las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores como porciones de sección decreciente se proporcionan en la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo como las porciones superiores del elemento de matriz, y las porciones 11, 21 rectas se proporcionan en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo como las porciones inferiores del elemento de matriz. Los materiales de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo tienen módulos de Young mayores que los de los materiales de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo. La porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo están compuestas por materiales que tienen módulos de Young que son al menos 50 GPa mayores que el del cuerpo 1 sinterizado. Por estos motivos, el cuerpo 1 sinterizado puede densificarse con un menor margen de estirado S. Además, puesto que el cuerpo 1 sinterizado se estira sin comprimirse en las porciones de sección decreciente de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo que están compuestas por materiales que tienen altos módulos de Young, no sólo puede impedirse la rotura de la matriz, sino que se limita que la matriz se vea sometida a abrasión debido al estirado.

Mientras tanto, el motivo por el que el cuerpo 1 sinterizado va a comprimirse en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo es porque el estirado solo no puede realizar una densificación de superficie suficiente. Además, la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo están compuestas por materiales de alta tenacidad que son diferentes de los materiales de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo, y tienen módulos de Young menores que los de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo, haciendo que sea posible de ese modo limitar la rotura de la matriz que se produce debido a la compresión en las porciones 11, 21 rectas.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 2, puesto que el elemento de matriz incluye la matriz 3, puede impedirse que la matriz 3 se vea sometida a abrasión y se dañe cuando se dimensiona el cuerpo 1 sinterizado y se densifica la superficie del mismo al mismo tiempo.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 3, puesto que el elemento de matriz incluye el vástago 4 de núcleo, puede impedirse que el vástago 4 de núcleo se vea sometido a abrasión y se dañe cuando se dimensiona el cuerpo 1 sinterizado y se densifica la superficie del mismo al mismo tiempo.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 4, en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo, las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores se proporcionan entre las porciones 11, 21 rectas y las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores como las porciones de sección decreciente de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo. Por tanto, el cuerpo 1 sinterizado que se ha estirado mediante las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo experimentará deformación plástica para reducirse su tamaño, puesto que los módulos de Young de los materiales de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo son menores que los de los materiales de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo. A continuación, la porción 14 inferior de matriz, la porción 24 inferior de vástago de núcleo y el cuerpo 1 sinterizado experimentarán mutuamente deformación elástica en las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo. Los efectos de proporcionar las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo son tal como sigue. Es decir, el cuerpo 1 sinterizado va a deformarse elásticamente tanto como sea posible antes de comprimirse en las porciones 11, 21 rectas. Para cuando el cuerpo 1 sinterizado ha alcanzado las porciones 11, 21 rectas, el cuerpo 1 sinterizado se habrá deformado elásticamente hasta el punto de que casi se deforma plásticamente o ya se ha deformado plásticamente un poco. De esta manera, el diámetro exterior del cuerpo 1 sinterizado que se ha estirado mediante

las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo no se expandirá, y el diámetro interior del mismo no se contraerá, cuando se comprima más tarde el cuerpo 1 sinterizado anterior que casi se deforma plásticamente o que ya se ha deformado plásticamente un poco para eliminar los vacíos de superficie del mismo a través de deformación plástica. En particular, cuando la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo no tienen porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores, y tienen diámetros constantes, la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo presentarán módulos de Young que son menores que los de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo cuando se realiza la compresión, lo que puede hacer entonces que el diámetro exterior del cuerpo 1 sinterizado se expanda y el diámetro interior del mismo se contraiga. Además, el cuerpo 1 sinterizado tendrá que estirarse de nuevo entrando en contacto con la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo, si el diámetro exterior del mismo se expande y el diámetro interior del mismo se contrae cuando se expulsa. En este sentido, la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo pueden romperse y/o verse sometidas a abrasión intensamente; y el cuerpo 1 sinterizado puede conformarse con rebabas más fácilmente. Estos problemas pueden impedirse proporcionando las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 5, en la porción 14 inferior de matriz como la porción inferior de la matriz 3, la porción 16 de sección decreciente inferior de matriz se proporciona entre la porción 11 recta de matriz y la porción 15 de sección decreciente superior como la porción de sección decreciente de la porción 13 superior de matriz como la porción superior de la matriz 3, haciendo que sea posible de ese modo impedir que la porción 13 superior de matriz se rompa y se vea sometida a abrasión intensamente, y que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 6, en la porción 24 inferior de vástago de núcleo como la porción inferior del vástago 4 de núcleo, la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo se proporciona entre la porción 21 recta de núcleo y la porción 25 de sección decreciente superior como la porción de sección decreciente de la porción 23 superior de vástago de núcleo como la porción superior del vástago 4 de núcleo, haciendo que sea posible de ese modo impedir que la porción 23 superior de vástago de núcleo se rompa y se vea sometida a abrasión intensamente, y que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 7, puesto que la porción 13 superior de matriz y/o la porción 23 superior de vástago de núcleo como las porciones superiores del elemento de matriz se conforman para dar tamaños con los que el cuerpo 1 sinterizado no entrará en contacto cuando se expulsa, el cuerpo 1 sinterizado, cuando se expulsa, no entrará en contacto con la porción 13 superior de matriz y/o la porción 23 superior de vástago de núcleo, haciendo que sea posible de ese modo impedir que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas cuando se expulsa.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 8, puesto que la porción 13 superior de matriz como la porción superior de la matriz 3 se conforma para dar un tamaño mayor que un tamaño expandido del cuerpo 1 sinterizado que se ha expandido debido a un efecto de resorte del diámetro exterior cuando se expulsa, el cuerpo 1 sinterizado, cuando se expulsa, no entrará en contacto con la porción 13 superior de matriz, haciendo que sea posible de ese modo impedir que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas cuando se expulsa.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 9, puesto que la porción 23 superior de vástago de núcleo como la porción superior del vástago 4 de núcleo se conforma para dar un tamaño menor que un tamaño contraído del cuerpo 1 sinterizado que se ha contraído debido a un efecto de resorte del diámetro interior cuando se expulsa, el cuerpo 1 sinterizado, cuando se expulsa, no entrará en contacto con la porción 23 superior de vástago de núcleo, haciendo que sea posible de ese modo impedir que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas cuando se expulsa.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 10, puesto que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo como las porciones superiores del elemento de matriz están compuestas por materiales que tienen módulos de Young no menores de 300 GPa, y la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo como las porciones inferiores del elemento de matriz están compuestas por materiales que tienen módulos de Young menores de 300 GPa, puede impedirse que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo se rompan y se vean sometidas a abrasión intensamente, y puede impedirse que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 11, puesto que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo como las porciones superiores del elemento de matriz están compuestas por carburos cementados, y la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo como las porciones inferiores del elemento de matriz están compuestas por aceros ferrosos para herramientas, puede impedirse que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo se rompan y se vean sometidas a abrasión intensamente, y puede impedirse que el cuerpo 1 sinterizado se conforme con rebabas.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 12, puesto que el margen de estirado S del cuerpo 1 sinterizado es no mayor de 0,1 mm basándose en la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo como las porciones superiores del elemento de matriz, puede impedirse que el cuerpo 1 sinterizado dimensionado se conforme con rebabas, y puede limitarse la abrasión de las porciones superiores del elemento de matriz.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 13, puesto que el ángulo de ataque θ de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo como las porciones superiores del elemento de matriz es menor de 10° , puede impedirse que el cuerpo 1 sinterizado dimensionado se conforme con rebabas, y puede limitarse la abrasión de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 14, puesto que el cuerpo 1 sinterizado sin dimensionar tiene un módulo de Young no menor de 200 GPa, el cuerpo 1 sinterizado que tiene un módulo de Young no menor de 200 GPa puede tener su superficie densificada.

Además, como es el caso con la presente realización y en relación con la reivindicación 15, puesto que el método de producción proporcionado no requiere procesamiento del cuerpo 1 sinterizado que se ha dimensionado, y todavía puede limitarse la conformación de rebabas en el momento de realización del dimensionamiento, no hay necesidad de eliminar rebabas.

Además, un efecto de la presente realización es que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo pueden proporcionarse de manera desmontable en la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo a través de una unidad de fijación tal como un tornillo (no mostrado). En tal caso, la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo pueden sustituirse fácilmente. Además, puesto que la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo están compuestas por materiales que tienen módulos de Young mayores que el del cuerpo 1 sinterizado, y presentan un límite de elasticidad convencional al 0,2% mayor que el del cuerpo 1 sinterizado, puede realizarse de manera fiable el dimensionamiento en las porciones 11, 21 rectas. En particular, tal como se describió anteriormente, se prefiere que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo estén compuestas por materiales que tienen módulos de Young que son al menos 50 GPa mayores que el del cuerpo 1 sinterizado sin dimensionar, y que la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo estén compuestas por materiales que tienen módulos de Young que son al menos 30 GPa mayores que el del cuerpo 1 sinterizado sin dimensionar.

Segunda realización

La figura 6 muestra una segunda realización de la presente invención. Se proporcionan símbolos idénticos a partes idénticas a las de la primera realización y, por tanto, se omiten las descripciones de las mismas. En esta realización, una porción 31 cóncava que tiene la forma de un anillo en la vista de plano se conforma en la región superior de la porción 16 de sección decreciente inferior de matriz de la porción 14 inferior de matriz. Además, una porción 13A superior de matriz en forma de anillo que tiene la porción 15 de sección decreciente superior de matriz se fija a tal porción 31 cóncava. Además, una porción 32 cóncava que tiene la forma de un anillo en la vista de plano se conforma en la región superior de la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo de la porción 24 inferior de vástago de núcleo, y una porción 23A superior de vástago de núcleo en forma de anillo que tiene la porción 25 de sección decreciente superior de núcleo se fija a tal porción 32 cóncava.

De esta manera, puede limitarse el coste de la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo que tienen mayores módulos de Young.

Es decir, la presente realización trata sobre funciones y efectos que son similares a los de la primera realización.

Además, en esta realización, la porción 13A superior de matriz que tiene la porción 15 de sección decreciente superior de matriz se conforma para dar la forma de un anillo; la porción 13A superior de matriz se proporciona en la porción 31 cóncava de la porción 14 inferior de matriz; la porción 23A superior de vástago de núcleo que tiene la porción 25 de sección decreciente superior de núcleo se conforma para dar la forma de un anillo; y la porción 23A superior de vástago de núcleo se proporciona en la porción 32 cóncava de la porción 24 inferior de vástago de núcleo. Por tanto, puede reducirse el coste del material de la porción 13A superior de matriz y la porción 23A superior de vástago de núcleo.

Tercera realización

La figura 7 muestra una tercera realización de la presente invención. Se proporcionan símbolos idénticos a partes idénticas a las de las realizaciones mencionadas anteriormente y, por tanto, se omiten las descripciones de las mismas. En esta realización y en relación con la segunda realización, la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo se proporcionan de tal manera que pueden sustituirse a través de una herramienta de

sustitución.

5 Específicamente, se usa un portamatriz 33 en forma de anillo. Estando la superficie inferior de tal portamatriz 33 en contacto con la superficie superior de la porción 13 superior de matriz, se usa un tornillo 34 como elemento de fijación para fijar el portamatriz 33 a la superficie superior de la porción 14 inferior de matriz. De esta manera, se permite que la porción 13 superior de matriz se fije a la porción 14 inferior de matriz, y la porción 13 superior de matriz puede sustituirse desatornillando el tornillo.

10 Además, se usa un portavástago 35 de núcleo en forma de anillo. Estando la superficie inferior de tal portavástago 35 de núcleo en contacto con la superficie superior de la porción 23 superior de vástago de núcleo, se usa un tornillo 35 como un elemento de fijación para fijar el portavástago 35 de núcleo a la superficie superior de la porción 24 inferior de vástago de núcleo. De esta manera, se permite que la porción 23 superior de vástago de núcleo se fije a la porción 24 inferior de vástago de núcleo, y la porción 23 superior de vástago de núcleo puede sustituirse desatornillando el tornillo 36.

15 De esta manera, la presente realización trata sobre funciones y efectos que son similares a los de las realizaciones mencionadas anteriormente.

20 Además, puesto que esta realización emplea los portadores 33, 35 como herramientas de sustitución para fijar de manera desmontable la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo a la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo, respectivamente, la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo pueden sustituirse fácilmente.

Cuarta realización

25 La figura 8 muestra una cuarta realización de la presente invención. Se proporcionan símbolos idénticos a partes idénticas a las de las realizaciones mencionadas anteriormente y, por tanto, se omiten las descripciones de las mismas. En esta realización, no se proporciona la porción 16 de sección decreciente inferior de matriz, y una porción 37 curva conformada mediante redondeado de la región de esquina superior de la circunferencia interior de la porción 14 inferior de matriz se proporciona entre la porción 15 de sección decreciente superior de matriz y la porción 11 recta de matriz. El diámetro interior en la porción 11 recta de matriz es menor que el diámetro interior en el extremo 15K inferior de la porción 15 de sección decreciente superior de matriz. En este caso, la porción 37 curva se curva partiendo del extremo 15K inferior.

35 Además, no se proporciona la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo, y una porción 38 curva conformada mediante redondeado de la región de esquina superior de la circunferencia interior de la porción 24 inferior de vástago de núcleo se proporciona entre la porción 25 de sección decreciente superior de núcleo y la porción 21 recta de núcleo. El diámetro interior en la porción 21 recta de núcleo es mayor que el diámetro interior en el extremo 25K inferior de la porción 25 de sección decreciente superior de núcleo. En este caso, la porción 38 curva se curva partiendo del extremo 25K inferior. En particular, en esta realización, las porciones 37, 38 curvas sirven como porciones intermedias.

45 De esta manera, en la presente realización, el cuerpo 1 sinterizado y las porciones 37, 38 curvas como las porciones intermedias experimentarán simplemente deformación elástica de manera mutua sin haberse estirado el cuerpo 1 sinterizado, en las porciones 37, 38 curvas de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo. Por tanto, esta realización trata sobre funciones y efectos que son similares a los de las realizaciones mencionadas anteriormente.

Quinta realización

50 La figura 9 muestra una quinta realización de la presente invención. Se proporcionan símbolos idénticos a partes idénticas a las de las realizaciones mencionadas anteriormente y, por tanto, se omiten las descripciones de las mismas. En esta realización, la porción 16 de sección decreciente inferior de matriz no se proporciona en la matriz 3, pero se proporciona una porción 41 de esquina de extremo superior de circunferencia interior en la porción 14 inferior de matriz. Una superficie 41A superior de esta porción 41 de esquina de extremo superior de circunferencia interior se conforma en la dirección izquierda-derecha.

60 Además, la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo no se proporciona en el vástago 4 de núcleo, pero se proporciona una porción 42 de esquina de extremo superior de circunferencia exterior en la porción 24 inferior de vástago de núcleo. Una superficie 42A superior de esta porción 42 de esquina de extremo superior de circunferencia exterior se conforma en la dirección izquierda-derecha. En particular, en este ejemplo, la porción 41 de esquina de extremo superior de circunferencia interior y la porción 42 de esquina de extremo superior de circunferencia exterior sirven como porciones intermedias.

65 De esta manera, en la presente realización, el cuerpo 1 sinterizado y las porciones 41, 42 de esquina de extremo superior de circunferencia interior y exterior como las porciones intermedias experimentarán simplemente

deformación elástica de manera mutua sin haberse estirado el cuerpo 1 sinterizado, en la porción 41 de esquina de extremo superior de circunferencia interior y la porción 42 de esquina de extremo superior de circunferencia exterior de la porción 14 inferior de matriz y la porción 24 inferior de vástago de núcleo. Por tanto, esta realización trata sobre funciones y efectos que son similares a los de las realizaciones mencionadas anteriormente.

5

Sexta realización

La figura 10 muestra una sexta realización de la presente invención. Se proporcionan símbolos idénticos a partes idénticas a las de las realizaciones mencionadas anteriormente y, por tanto, se omiten las descripciones de las mismas. En esta realización, no se proporcionan las porciones 16, 26 de sección decreciente inferiores, pero se proporciona la totalidad de las porciones 12, 22 de sección decreciente en la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo. Es decir, las porciones 12, 22 de sección decreciente se componen de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores, y el diámetro en los extremos 15K, 25K inferiores de las porciones 15, 25 de sección decreciente superiores son idénticos al diámetro en las porciones 11, 21 rectas.

10

15

Por tanto, esta realización trata sobre funciones y efectos que son similares a los de las realizaciones mencionadas anteriormente.

Séptima realización

20

La figura 11 muestra una séptima realización de la presente invención. Se proporcionan símbolos idénticos a partes idénticas a las de las realizaciones mencionadas anteriormente y, por tanto, se omiten las descripciones de las mismas. En esta realización, una porción 51 curva se conforma mediante el redondeado de la porción de esquina superior de circunferencia interior de la porción 13 superior de matriz, y una porción 52 curva se conforma mediante el redondeado de la porción de esquina inferior de circunferencia interior (extremo 15K inferior) de la porción 13 superior de matriz. Además, una porción 53 curva se conforma mediante el redondeado de la porción de esquina superior de circunferencia interior de la porción 16 de sección decreciente superior de matriz de la porción 14 inferior de matriz, y una porción 54 curva se conforma mediante el redondeado de la porción de esquina inferior de circunferencia interior de la porción 16 de sección decreciente inferior de matriz de la porción 14 inferior de matriz. Es decir, la porción 53 curva se proporciona entre la superficie superior de la porción 14 inferior de matriz y la porción 16 de sección decreciente inferior de matriz, y la porción 54 curva se proporciona entre la porción 16 de sección decreciente inferior de matriz y la porción 11 recta.

25

30

Además, una porción 61 curva se conforma mediante el redondeado de la porción de esquina superior de circunferencia exterior de la porción 23 superior de vástago de núcleo, y una porción 62 curva se conforma mediante el redondeado de la porción de esquina inferior de circunferencia exterior (extremo 25K inferior) de la porción 23 superior de vástago de núcleo. Además, una porción 63 curva se conforma mediante el redondeado de la porción de esquina superior de circunferencia exterior de la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo de la porción 24 inferior de vástago de núcleo, y una porción 64 curva se conforma mediante el redondeado de la porción de esquina inferior de circunferencia exterior de la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo de la porción 24 inferior de vástago de núcleo. Es decir, la porción 63 curva se proporciona entre la superficie superior de la porción 24 inferior de vástago de núcleo y la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo, y la porción 64 curva se proporciona entre la porción 26 de sección decreciente inferior de núcleo y la porción recta 21.

35

40

Además, en esta realización, el diámetro más pequeño NK de la porción 13 superior de matriz constituye el diámetro más pequeño de la porción 52 curva proporcionada en el extremo inferior, y el diámetro más grande GK de la porción 23 superior de vástago de núcleo constituye el diámetro más grande de la porción 62 curva proporcionada en el extremo inferior.

45

En particular, en esta realización, el margen de estirado S en la porción 13 superior de matriz es la mitad de la diferencia entre la dimensión de diámetro exterior del cuerpo 1 sinterizado y la dimensión de diámetro interior (diámetro más pequeño NK) de la porción 52 curva conformada en la región inferior de la porción 15 de sección decreciente superior. Además, el margen de estirado S en la porción 23 superior de vástago de núcleo es la mitad de la diferencia entre la dimensión de diámetro interior del cuerpo 1 sinterizado y la dimensión de diámetro exterior (diámetro más grande GK) de la porción 62 curva conformada en la región inferior de la porción 25 de sección decreciente superior.

50

55

De esta manera, esta realización trata sobre funciones y efectos que son similares a los de las realizaciones mencionadas anteriormente. Puede impedirse que el cuerpo 1 sinterizado, cuando se expulsa, entre en contacto con la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo.

60

En particular, en esta realización, cuando existe la posibilidad de que el cuerpo 1 sinterizado pueda chocar con la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo cuando se expulsa, debido al efecto de retorno, las porciones 52, 62 curvas proporcionadas pueden impedir entonces que la porción 13 superior de matriz y la porción 23 superior de vástago de núcleo se rompan. Además, puesto que se proporcionan las porciones 52, 53, 54, 62, 63 y 64 curvas, el cuerpo 1 sinterizado puede introducirse y extraerse suavemente.

65

Sin embargo, la presente invención no se limita a las realizaciones mencionadas anteriormente, y son posibles diversas realizaciones modificadas, sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, aunque los ángulos de ataque de las porciones de sección decreciente superior e inferior son idénticos entre sí en las realizaciones anteriores, también puede configurarse de tal manera que el ángulo de ataque de la porción de sección decreciente superior sea no mayor de 10° de modo que los ángulos de ataque de las porciones de sección decreciente superior e inferior diferirán entre sí. Además, aunque tanto la porción superior de matriz como la porción superior de vástago de núcleo en las realizaciones anteriores están compuestas por materiales que tienen módulos de Young mayores que los de los materiales de la porción inferior de matriz y la porción inferior de vástago de núcleo, una de la porción superior de matriz y la porción superior de vástago de núcleo puede estar compuesta por un material que tiene un módulo de Young mayor que el del material de una de la porción inferior de matriz y la porción inferior de vástago de núcleo. En tal caso, la otra de la porción superior de matriz y la porción superior de vástago de núcleo va a realizarse de manera solidaria junto con la otra de la porción inferior de matriz y la porción inferior de vástago de núcleo, es decir, van a realizarse con un material idéntico. En ese momento, se prefiere que también se proporcione una porción de sección decreciente en el otro de la matriz y el vástago de núcleo, y también se establece que el ángulo de ataque en tal porción de sección decreciente sea menor de 10°. Además, aunque la séptima realización mostrada en la figura 11 es una realización en la que las porciones 51, 52, 53, 54, 61, 62, 63 y 64 curvas se proporcionan en la matriz de la primera realización, estas porciones 51, 52, 53, 54, 61, 62, 63 y 64 curvas también pueden proporcionarse en las matrices de la segunda realización a la sexta realización. Con respecto a la sexta realización mostrada en la figura 10, las porciones 37, 38 curvas pueden proporcionarse en la porción inferior de matriz y la porción inferior de vástago de núcleo. Además, aunque se enumeran carburos cementados como los ejemplos de materiales que tienen altos módulos de Young, esto es simplemente porque los carburos cementados son de coste relativamente bajo en este momento y tienen un determinado nivel de tenacidad. Sin tener en cuenta el coste o similar, también pueden usarse materiales con módulos de Young mayores que los de los carburos cementados, tales como agregados de nanobarras de diamante, lonsdaleíta, diamante, cuerpo sinterizado de diamante, heterodiamante, fase superdura que se compone de nanotubos de carbono de pared simple y c-BN. Además, en cualquier momento en que se invente a través de innovación tecnológica un material que tenga un módulo de Young mayor que el de los carburos cementados, un coste relativamente bajo y un determinado nivel de tenacidad, también puede usarse ese material.

Descripción de símbolos

- 1 Cuerpo sinterizado
- 2 Matriz de dimensionamiento
- 3 Matriz (elemento de matriz)
- 4 Vástago de núcleo (elemento de matriz)
- 5 Punzón inferior
- 6 Punzón superior
- 11 Porción recta de matriz
- 12 Porción de sección decreciente de matriz
- 13, 13A Porción superior de matriz (porción superior de elemento de matriz)
- 14 Porción inferior de matriz (porción inferior de elemento de matriz)
- 15 Porción de sección decreciente superior de matriz
- 16 Porción de sección decreciente inferior de matriz
- 21 Porción recta de núcleo
- 22 Porción de sección decreciente de núcleo
- 23, 23A Porción superior de vástago de núcleo (porción superior de elemento de matriz)
- 24 Porción inferior de vástago de núcleo (porción inferior de elemento de matriz)
- 25 Porción de sección decreciente superior de núcleo

26 Porción de sección decreciente inferior de núcleo

S Margen de estirado

5

REIVINDICACIONES

1. Método para comprimir y dimensionar un cuerpo (1) sinterizado obtenido sinterizando una pieza compacta de un polvo metálico para densificar una superficie del cuerpo (1) sinterizado, que comprende las siguientes etapas:
- 5 proporcionar una matriz de dimensionamiento que comprende:
- 10 un elemento (3, 4) de matriz para densificar la superficie del cuerpo (1) sinterizado, teniendo dicho elemento (3, 4) de matriz:
- una porción (12, 22) de sección decreciente proporcionada en una porción (13, 13A, 23, 23A) superior de dicho elemento (3, 4) de matriz; y
- 15 una porción recta proporcionada en una porción (14, 24) inferior de dicho elemento (3, 4) de matriz, en el que
- 20 al menos una porción (15, 25) superior de la porción (12, 22) de sección decreciente está compuesta por un material que tiene un módulo de Young que es mayor que el módulo de Young de un material de dicha porción (14, 24) inferior de dicho elemento (3, 4) de matriz, y es al menos 50 GPa mayor que el módulo de Young de dicho cuerpo sinterizado que aún no se ha dimensionado;
- 25 insertar el cuerpo (1) sinterizado desde la porción (12, 22) de sección decreciente hacia la porción (11, 21) recta para dimensionar el cuerpo (1) sinterizado; y
- comprimir el cuerpo (1) sinterizado de manera vertical en la porción (11, 21) recta mediante punzones (6, 5) superior e inferior para densificar la superficie del cuerpo (1) sinterizado.
- 30 2. Método según la reivindicación 1, en el que dicho elemento (3, 4) de matriz incluye una matriz.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho elemento (3, 4) de matriz incluye un vástago de núcleo.
- 35 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en dicha porción (14, 24) inferior de dicho elemento (3, 4) de matriz, se proporciona una porción (12, 22) de sección decreciente inferior entre dicha porción recta y dicha porción (12, 22) de sección decreciente de dicha porción (13, 13A, 23, 23A) superior de dicho elemento (3, 4) de matriz.
- 40 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que en una porción (14, 24) inferior de dicha matriz, se proporciona una porción (12, 22) de sección decreciente inferior entre dicha porción recta y una porción (12, 22) de sección decreciente de una porción superior de dicha matriz.
- 45 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que en una porción (14, 24) inferior de dicho vástago de núcleo, se proporciona una porción (12, 22) de sección decreciente inferior entre dicha porción recta y una porción (12, 22) de sección decreciente de una porción superior de dicho vástago de núcleo.
- 50 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que dicha porción (13, 13A, 23, 23A) superior de dicho elemento (3, 4) de matriz se conforma para dar un tamaño con el que dicho cuerpo sinterizado no entra en contacto cuando se expulsa.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que una porción superior de dicha matriz se conforma para dar un tamaño mayor que un tamaño expandido de dicho sinterizado que se ha expandido debido a un efecto de retorno de diámetro exterior cuando se expulsa.
- 55 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que una porción superior de dicho vástago de núcleo se conforma para dar un tamaño menor que un tamaño contraído de dicho cuerpo sinterizado que se ha contraído debido a un efecto de retorno de diámetro interior cuando se expulsa.
- 60 10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha porción (13, 13A, 23, 23A) superior de dicho elemento (3, 4) de matriz está compuesta por un material que tiene un módulo de Young no menor de 300 GPa, y dicha porción (14, 24) inferior de dicho elemento (3, 4) de matriz está compuesta por un material que tiene un módulo de Young menor de 300 GPa.
- 65 11. Método según la reivindicación 10, en el que dicha porción (13, 13A, 23, 23A) superior de dicho elemento (3, 4) de matriz está compuesta por un carburo cementado, y dicha porción (14, 24) inferior de dicho

elemento (3, 4) de matriz está compuesta por un acero ferroso para herramientas.

- 5
12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un margen de estirado de dicho cuerpo sinterizado es no mayor de 0,1 mm basándose en dicha porción (13, 13A, 23, 23A) superior de dicho elemento (3, 4) de matriz.
- 10
13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un ángulo de ataque de dicha porción (12, 22) de sección decreciente de dicha porción (13, 13A, 23, 23A) superior de dicho elemento (3, 4) de matriz es menor de 10°.
- 15
14. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho cuerpo (1) sinterizado tiene un módulo de Young no menor de 200 GPa antes de dimensionarse.
- 15
15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho cuerpo (1) sinterizado no se procesa adicionalmente después de dimensionarse.

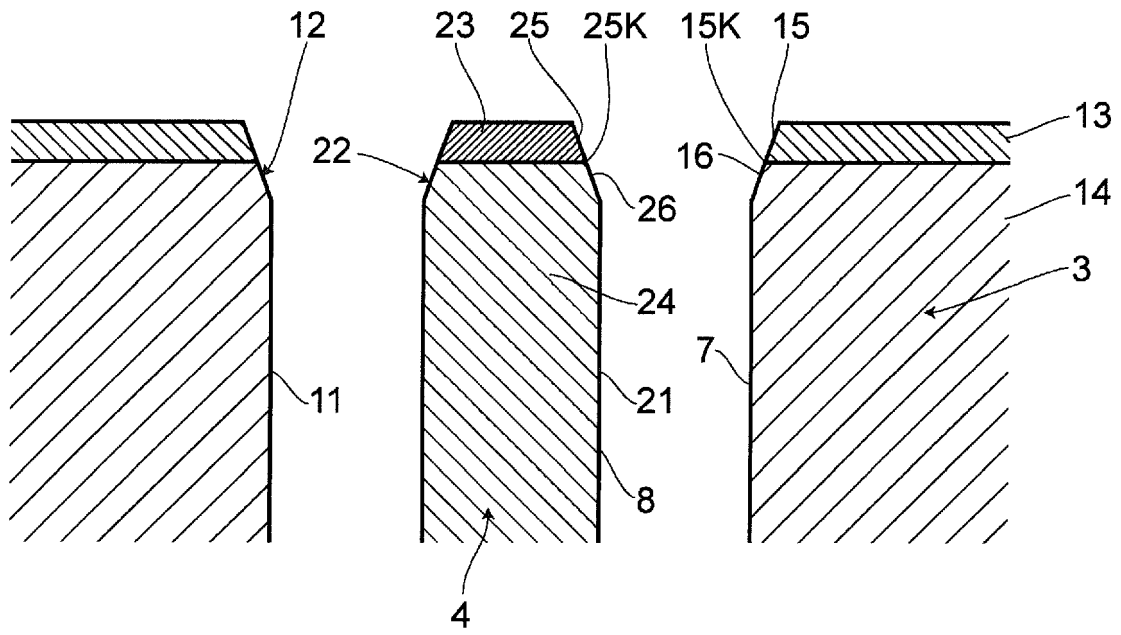


FIG.1

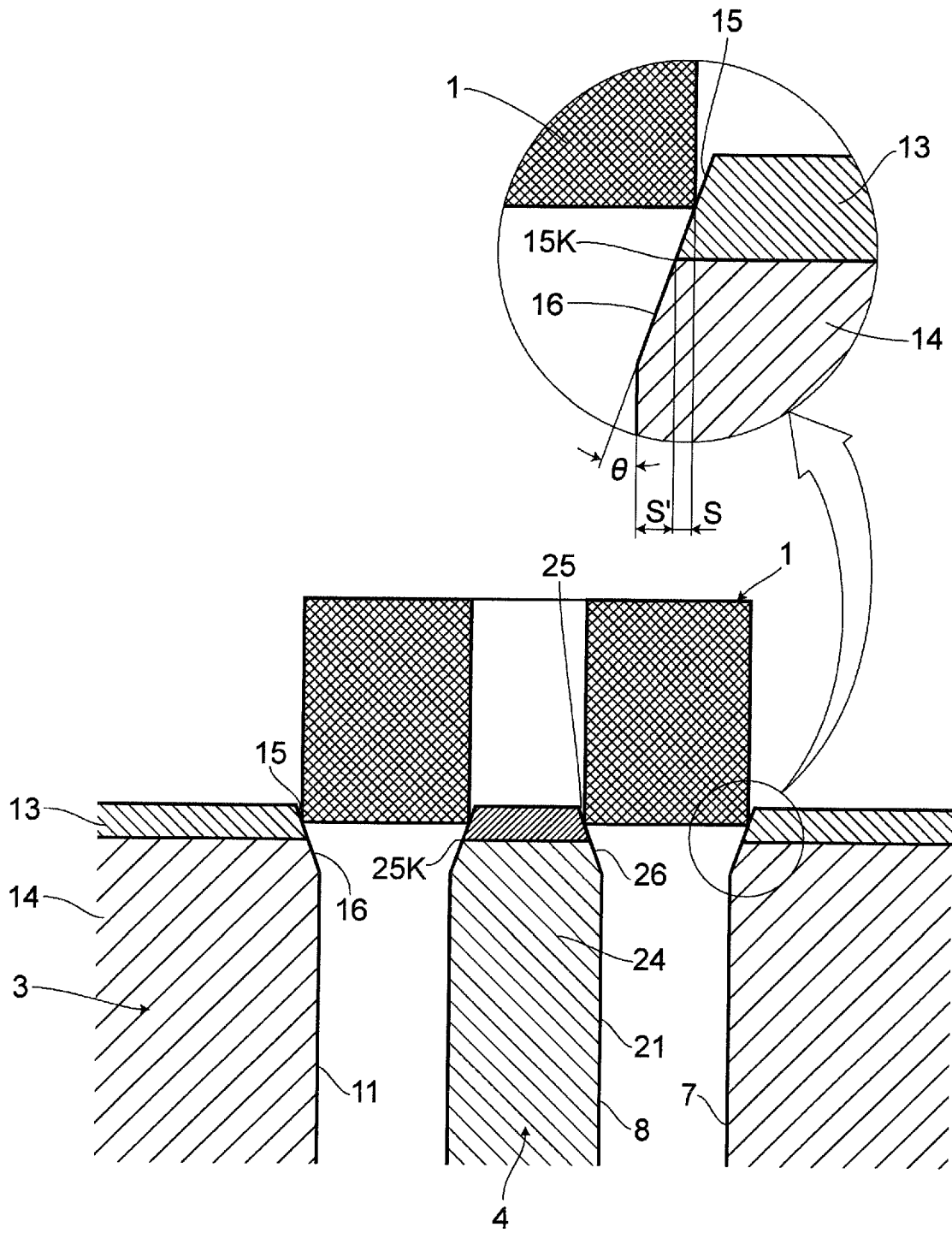


FIG.2

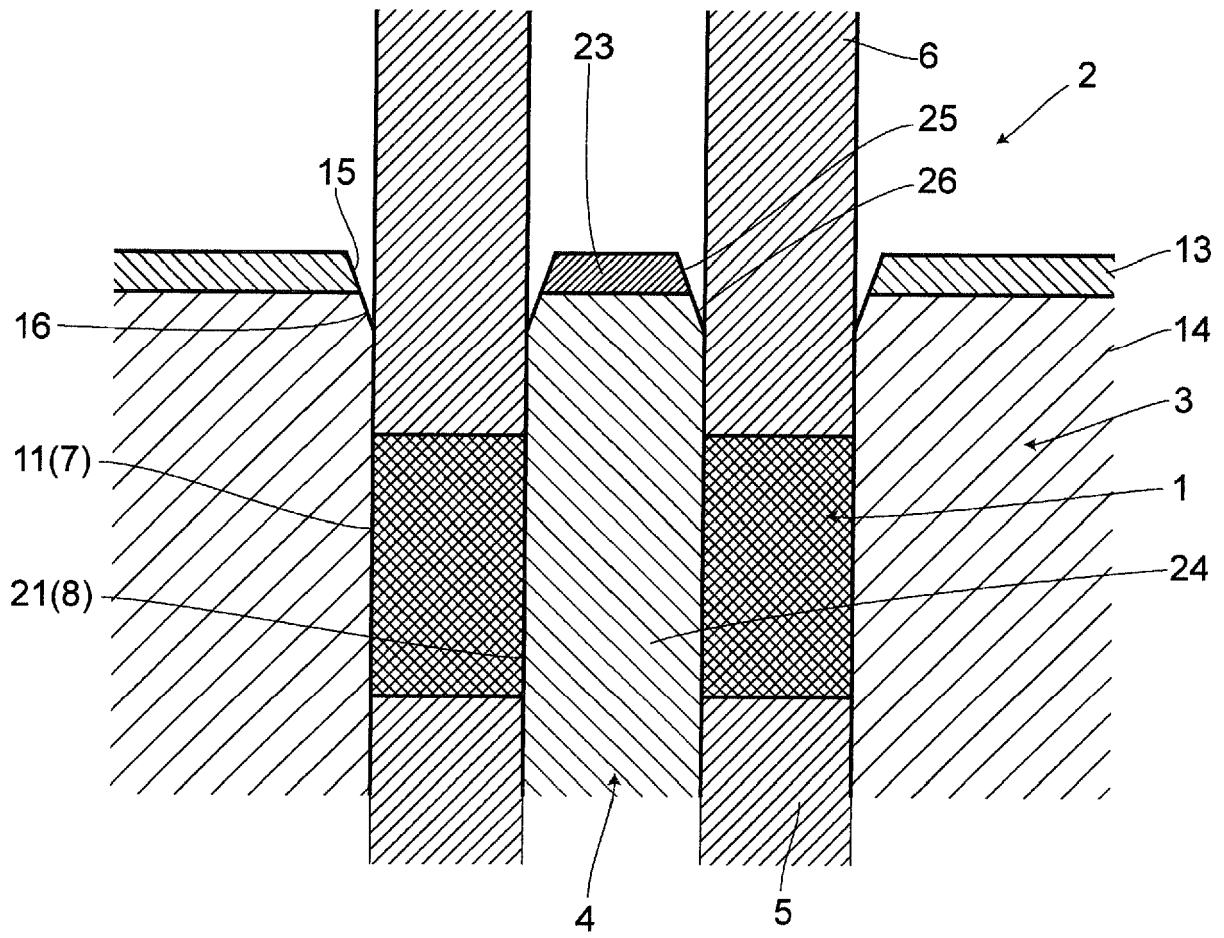


FIG.3

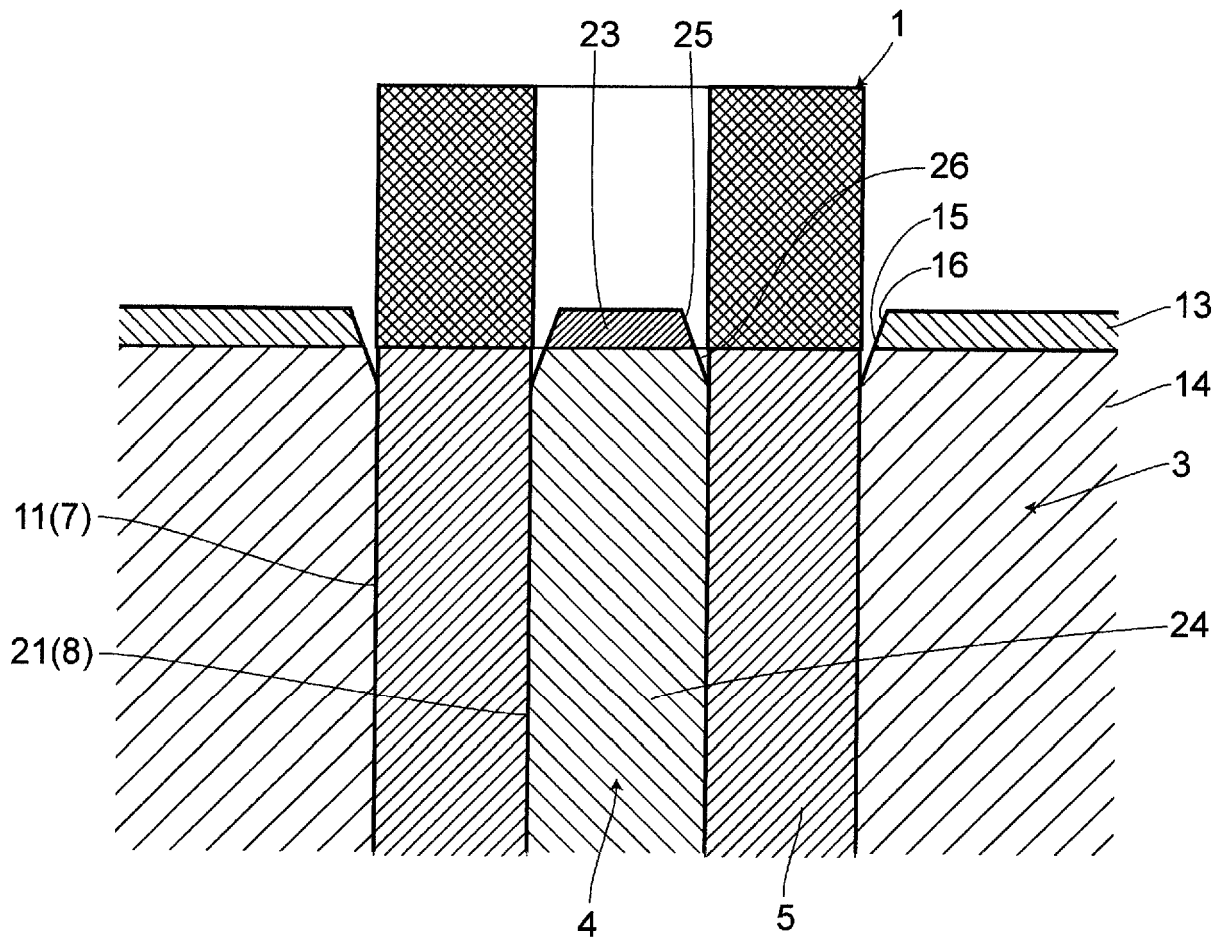


FIG.4

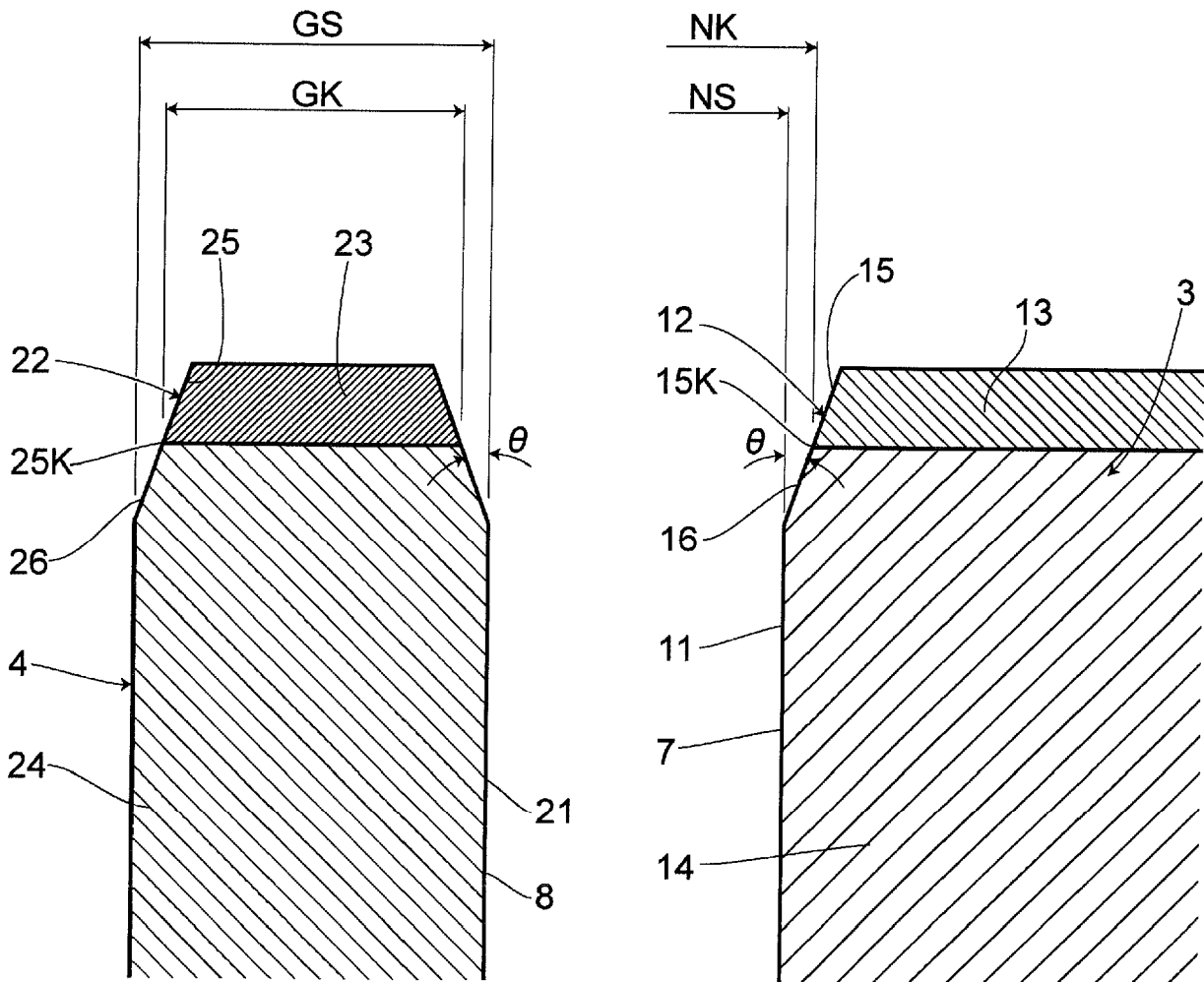


FIG.5

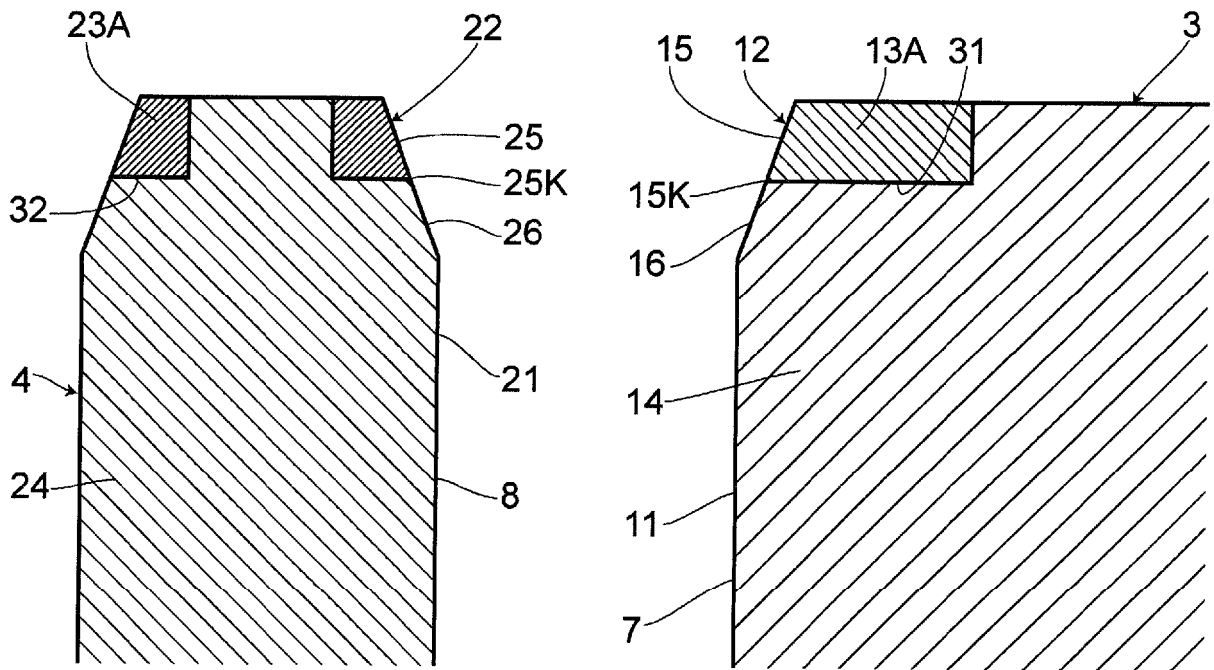


FIG.6

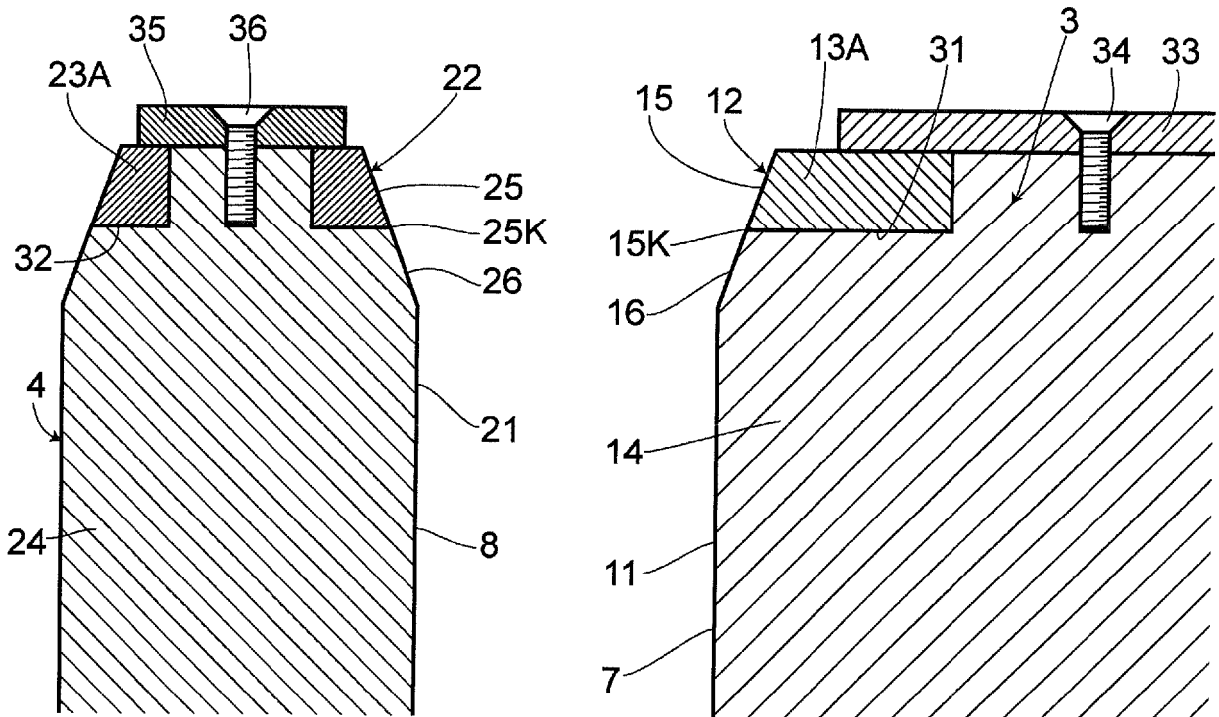


FIG.7

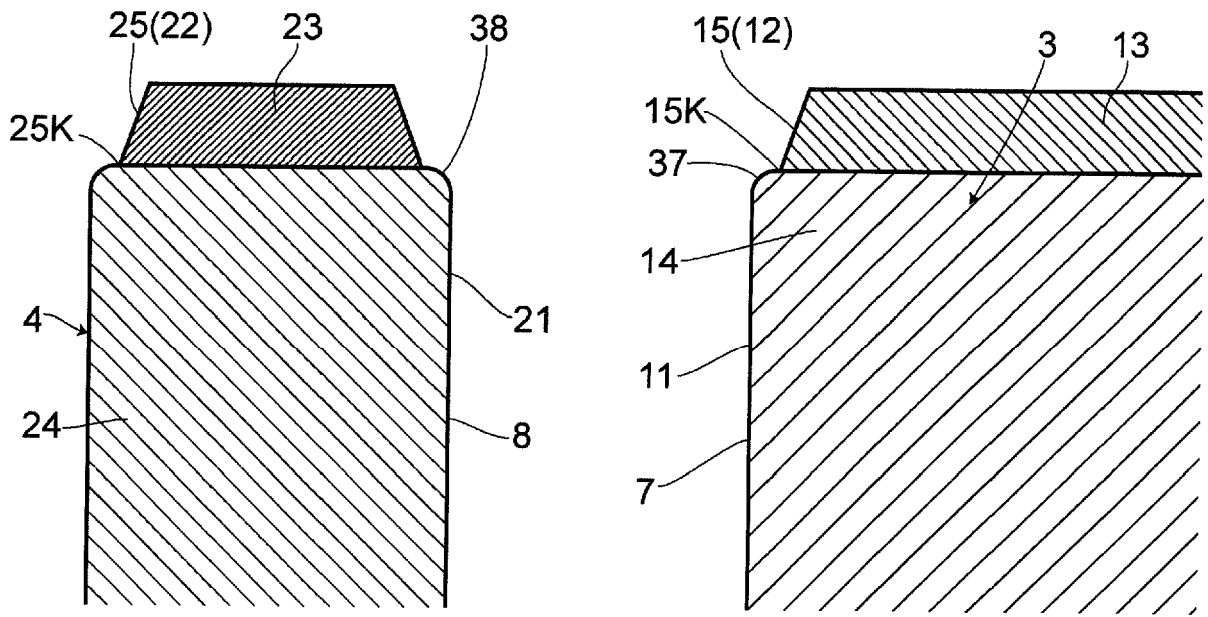


FIG. 8

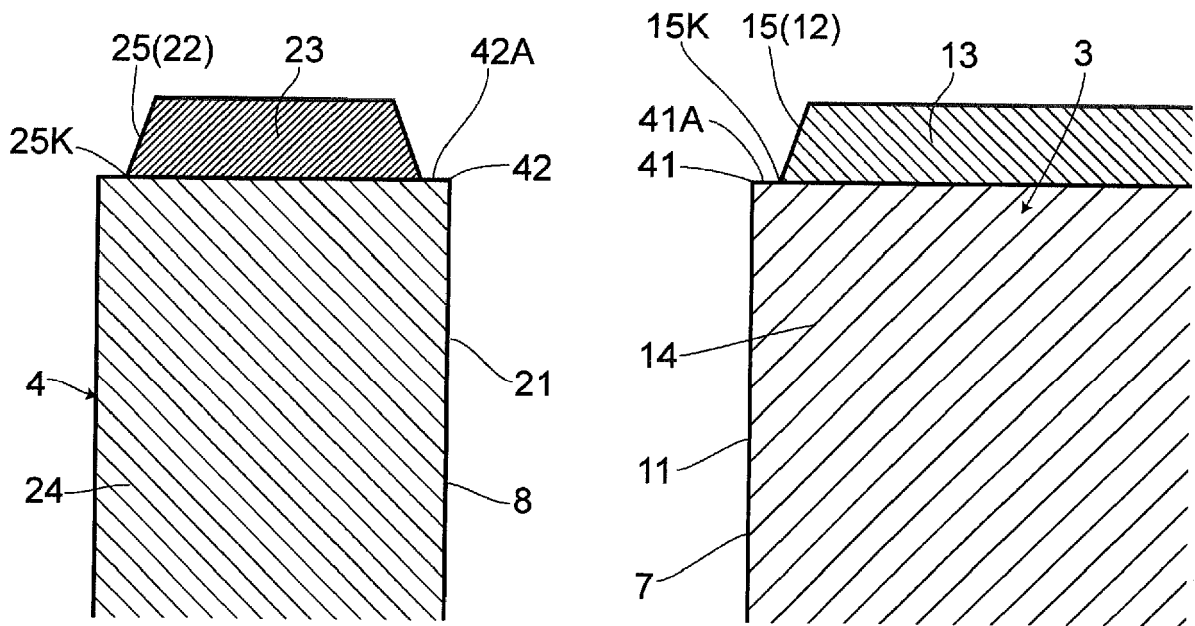


FIG. 9

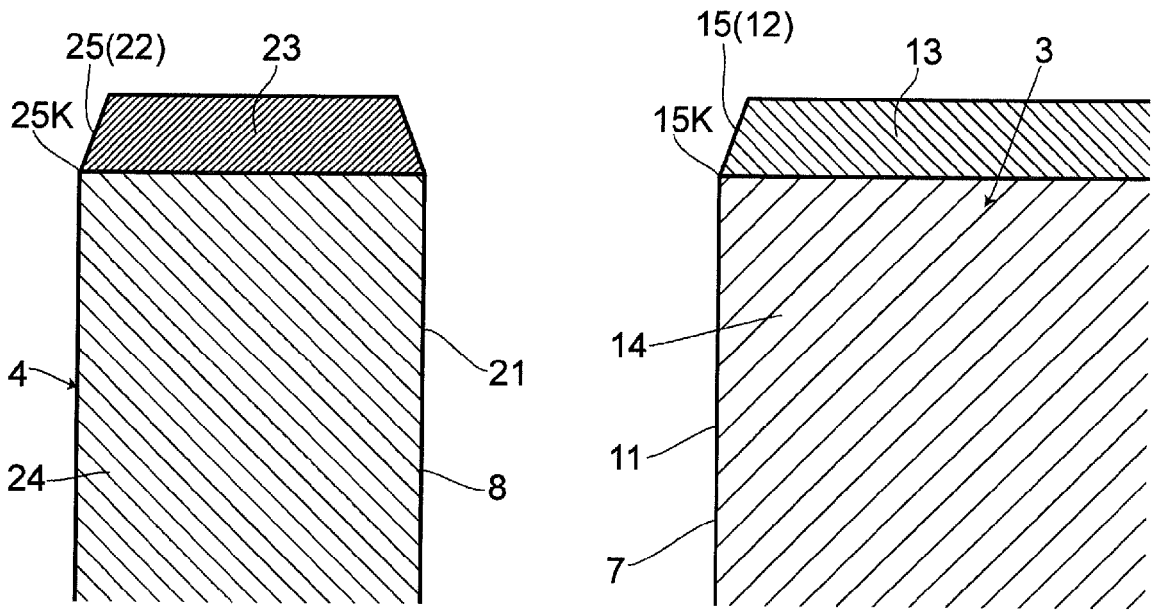


FIG. 10

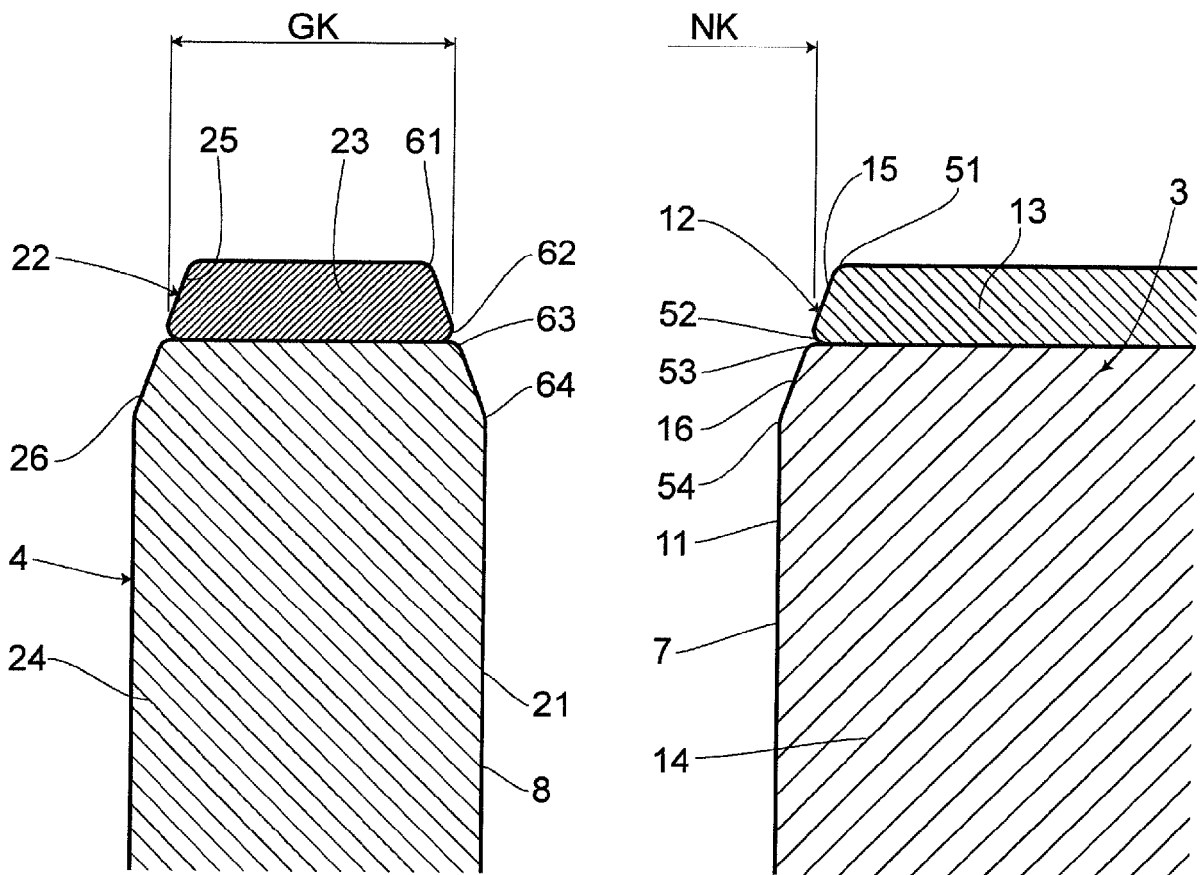


FIG. 11