

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 176**

51 Int. Cl.:

B21J 1/06 (2006.01)

B21J 3/00 (2006.01)

B21J 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2018** **E 18163950 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020** **EP 3381579**

54 Título: **Método de producción de un producto forjado**

30 Prioridad:

28.03.2017 JP 2017062801

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

11.09.2020

73 Titular/es:

**HITACHI METALS, LTD. (100.0%)
2-70 Konan 1-chome Minato-ku
Tokyo 108-8224, JP**

72 Inventor/es:

**OHTOYO, DAIGO y
MATSUMOTO, HIDEKI**

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E
INVENCIONES, SLP**

ES 2 782 176 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de producción de un producto forjado

5 **Antecedentes****Campo técnico**

10 La divulgación se refiere a un método de producción de un producto forjado, tal como un disco de turbina de un motor a reacción de una aeronave.

Descripción de la técnica relacionada

15 En los últimos años, ha aumentado la demanda de grandes productos de forja en troqueles cerrados térmicamente que constituyen un motor a reacción para aeronaves medianas y grandes y turbinas de vapor para centrales eléctricas. Por ejemplo, un disco de turbina de un motor a reacción de una aeronave se puede preparar a partir de una superaleación resistente al calor basada en níquel o una aleación de titanio y se puede formar en un cuerpo giratorio con un tamaño mayor de 1 metro de diámetro. Con el fin de producir tal producto forjado grande, resulta necesaria una fuerza de presión muy grande mayor de 150 MN durante la forja en troquel cerrado en caliente. Por tanto, resulta necesaria una máquina de forja en caliente grande y se usa una máquina de forja en caliente grande de una clase de 20 500 MN.

25 Por otra parte, las superaleaciones resistentes al calor basadas en níquel y las aleaciones de titanio anteriores se conocen como materiales difíciles de procesar en los que resulta difícil la forja en caliente y una carga de forja es significativamente alta durante la forja en caliente. Por tanto, ha habido intentos de reducir la fricción durante la forja en caliente usando un lubricante y reducir la carga de forja. Por ejemplo, la publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º H 2-104435 (Documento de patente 1) desvela una invención de un método de lubricación para la formación en caliente de una aleación de titanio en la que, cuando un material de aleación de titanio se forma a presión usando un troquel calentado, la superficie del material se recubre con lubricantes basados en vidrio y basados en 30 nitruro de boro de antemano en una manera de doble recubrimiento y, a continuación, se realiza la formación a presión. El documento WO 2016/052523 A1, que se considera que es la técnica anterior más cercana a la materia objeto de la reivindicación 1, desvela un método de producción de un producto forjado en el que un componente de forja se forja en caliente usando un troquel inferior y un troquel superior, comprendiendo el método: un primer proceso en el que se calienta un troquel inferior; un segundo proceso en el que al menos una parte del componente de forja se cubre con un lubricante de vidrio; un tercer proceso en el que el componente de forja sometido al segundo proceso se calienta hasta una temperatura que es más alta que la temperatura de calentamiento del troquel inferior en el primer proceso; y un cuarto proceso en el que el componente de forja sometido al tercer proceso se coloca sobre la cara de troquel del troquel inferior y se realiza la forja en caliente usando el troquel inferior y el troquel superior, en donde el lubricante de vidrio permanece sobre la superficie del componente de forja que se reblandece en el tercer proceso y en donde 40 comienza la forja en caliente en el cuarto proceso al tiempo que se reblandece el lubricante de vidrio.

[Documento de patente 1] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º H2-104435

45 Sin embargo, cuando un componente de forja grande se forja en caliente usando una máquina de forja en caliente grande de una clase de varios cientos de MN, la lubricación resulta insuficiente solo con la configuración desvelada en el Documento de patente 1 y existe el problema de que la carga en la última fase de forja en caliente se vuelve excesivamente grande. En vista de tal problema, la divulgación proporciona un método de producción de un producto forjado a través del que resulta posible evitar que una carga aumente de manera excesiva durante la forja, incluso si un componente de forja grande se forja en caliente.

50 **Sumario**

Los inventores hallaron que el aumento de la carga descrito anteriormente se debe a la falta de lubricación durante la forja, realizaron extensos estudios con respecto a un método de prevención de tal falta de lubricación y completaron la divulgación.

60 Es decir, de acuerdo con una realización de la divulgación, se proporciona un método de producción de un producto forjado en el que un componente de forja se forja en caliente usando un troquel inferior y un troquel superior, incluyendo el método un primer proceso en el que al menos una parte de una cara de troquel del troquel inferior se cubre con un primer lubricante de vidrio; un segundo proceso en el que se calienta el troquel inferior sometido al primer proceso; un tercer proceso en el que al menos una parte del componente de forja se cubre con un segundo lubricante de vidrio; un cuarto proceso en el que el componente de forja sometido al tercer proceso se calienta hasta una temperatura que es más alta que la temperatura de calentamiento del troquel inferior en el segundo proceso; y un quinto proceso en el que el componente de forja sometido al cuarto proceso se coloca sobre la cara de troquel del troquel inferior sometido al segundo proceso y la forja en caliente se realiza usando el troquel inferior y el troquel superior, en donde los 65 materiales del primer lubricante de vidrio y el segundo lubricante de vidrio son diferentes entre sí, en donde el segundo

lubricante de vidrio permanece sobre la superficie del componente de forja que se reblandece en el cuarto proceso y en donde comienza la forja en caliente en el quinto proceso al tiempo que se reblandecen el primer lubricante de vidrio y el segundo lubricante de vidrio.

- 5 Preferentemente, la viscosidad del primer lubricante de vidrio a una temperatura correspondiente a la temperatura de la cara de troquel del troquel inferior cuando comienza la forja en caliente en el quinto proceso es de 1×10^7 Pa·s o menos, y la viscosidad del segundo lubricante de vidrio a una temperatura correspondiente a la temperatura de calentamiento del componente de forja en el cuarto proceso es de 1×10^2 Pa·s o más y la viscosidad del segundo lubricante de vidrio a una temperatura correspondiente a la temperatura de superficie del componente de forja cuando comienza la forja en caliente en el quinto proceso es de 1×10^7 Pa·s o menos.

Además, en los métodos de producción de un producto forjado, preferentemente, el troquel inferior y el troquel superior tienen, cada uno, una capa de superaleación resistente al calor basada en Ni como capa de chapado sobre la cara de troquel. Además, preferentemente, el segundo proceso incluye un proceso de calentamiento de troquel en el que un componente de troquel para conformar precalentado se interpone entre el troquel inferior y el troquel superior. Además, preferentemente, la cara de troquel del troquel inferior se cubre parcialmente con el primer lubricante de vidrio y, en el quinto proceso, un extremo del componente de forja se desliza sobre la cara de troquel del troquel inferior en un área en la que se ha aplicado el primer lubricante de vidrio. Además, preferentemente, el componente de forja se forma preferentemente en un cuerpo giratorio. Además, preferentemente, en el quinto proceso, un extremo del componente de forja se desplaza 200 mm o más sobre la cara de troquel del troquel inferior.

Breve descripción de los dibujos

- La FIG. 1 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de un troquel usado en una realización de acuerdo con la divulgación.
 La FIG. 2A y la FIG. 2B son diagramas esquemáticos que muestran otro ejemplo del troquel usado en la realización de acuerdo con la divulgación.
 La FIG. 3 es un diagrama esquemático que muestra otro ejemplo del troquel usado en la realización de acuerdo con la divulgación.
 La FIG. 4 es un diagrama que muestra un ejemplo de la dependencia de la viscosidad de un primer lubricante de vidrio de la temperatura.
 La FIG. 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de la dependencia de la viscosidad de un segundo lubricante de vidrio de la temperatura.

35 Descripción de las realizaciones

De acuerdo con el método de forja en caliente de la divulgación, incluso si un componente de forja grande se forja en caliente, resulta posible prevenir la falta de lubricación y reducir la carga de forja.

- 40 La divulgación se refiere a un método de producción de un producto forjado. El método incluye un primer proceso en el que al menos una parte de una cara de troquel del troquel inferior se cubre con un primer lubricante de vidrio, un segundo proceso en el que se calienta el troquel inferior sometido al primer proceso, un tercer proceso en el que al menos una parte de un componente de forja se cubre con un segundo lubricante de vidrio, un cuarto proceso en el que el componente de forja sometido al tercer proceso se calienta hasta una temperatura más alta que la temperatura de calentamiento del troquel inferior en el segundo proceso y un quinto proceso en el que el componente de forja sometido al cuarto proceso se coloca sobre la cara de troquel del troquel inferior sometido al segundo proceso y el troquel inferior y un troquel superior se forjan en caliente. Es decir, la divulgación se refiere a una denominada forja en troquel cerrado en caliente en la que un componente de forja se forja en caliente usando un troquel inferior y un troquel superior que tienen una impresión en la cara de troquel.

Una de las características importantes de la divulgación es que los materiales del primer lubricante de vidrio y el segundo lubricante de vidrio son diferentes entre sí. Además, en relación con tal característica, la divulgación tiene la siguiente primera realización y segunda realización. La primera realización es que el segundo lubricante de vidrio permanece sobre la superficie del componente de forja que se reblandece en el cuarto proceso y comienza la forja en caliente en el quinto proceso al tiempo que se reblandecen el primer lubricante de vidrio y el segundo lubricante de vidrio. Además, la segunda realización es que el primer lubricante de vidrio tiene una viscosidad de 1×10^7 Pa·s o menos a una temperatura correspondiente a la temperatura de la cara de troquel del troquel inferior cuando comienza la forja en caliente en el quinto proceso y el segundo lubricante de vidrio tiene una viscosidad de 1×10^2 Pa·s o más a una temperatura correspondiente a la temperatura de calentamiento del componente de forja en el cuarto proceso y una viscosidad de 1×10^7 Pa·s o menos a una temperatura correspondiente a la temperatura de superficie del componente de forja cuando comienza la forja en caliente en el quinto proceso. De acuerdo con tales características, dado que el efecto del lubricante se mantiene hasta la última fase de forja, resulta posible prevenir la falta de lubricación durante la forja en caliente y reducir la carga de forja.

- 65 A continuación, se describirán con detalle las realizaciones de un método de producción de un producto forjado de acuerdo con la divulgación con referencia a los dibujos. Sin embargo, la divulgación no se limita a las mismas. Además,

los componentes descritos en la presente realización se pueden combinar entre sí siempre que las funciones de los mismos no se vean afectadas.

La forja en caliente en la presente realización incluye prensado en caliente, forja a temperatura constante, forja en troquel en caliente y similares. En la forja en caliente, se aplica de manera particularmente adecuada una forja en caliente usando una máquina de prensado en caliente grande. Por ejemplo, en el prensado en caliente grande de 400 MN o más, cuando se forja un producto grande con un diámetro mayor de 1 m, dado que no existe ningún margen para una capacidad de carga, la divulgación a través de la que resulta posible reducir una carga de forja es particularmente eficaz. Un producto forjado se refiere a un producto que se produce a través de forja, tal como un disco de turbina y una pala de turbina, y el componente de forja es una sustancia preformada para la obtención de una forma final del producto forjado. En el componente de forja, además de una palanquilla, también se incluyen materiales intermedios en la fase intermedia en la que se realiza la forja en caliente varias veces (varias operaciones de soplado). Como material del componente de forja, se pueden usar, por ejemplo, una superaleación resistente al calor basada en Ni, una aleación de Ti o similares.

La FIG. 1 muestra un ejemplo de un troquel usado en el método de producción de un producto forjado de la presente realización. En este caso, se ejemplificará un troquel para un producto forjado con forma de disco en el que la falta de lubricación se produce fácilmente en un área grande. Cuando el componente de forja se forma en un cuerpo giratorio como en un producto forjado con forma de disco, el componente de forja se debe deformar de manera uniforme en todas las direcciones y el intervalo de deformación también es amplio. Por consiguiente, se produce fácilmente una falta de lubricación, tal como se ha descrito anteriormente. La divulgación a través de la que resulta posible prevenir la falta de lubricación es particularmente eficaz. Un troquel 100 incluye un troquel inferior 1 y un troquel superior 2 dispuesto para orientarse al troquel inferior 1. Una dirección vertical (dirección z) en la FIG. 1 es una dirección en la que se realiza el prensado.

En este caso, en la FIG. 1, no se muestran las placas de troquel para la fijación del troquel inferior 1 y el troquel superior 2 y el cuerpo principal de una máquina de prensado. El troquel inferior 1 y el troquel superior 2 tienen, cada uno, una cara de troquel 3 sobre la que se forma una irregularidad predeterminada o similar de acuerdo con una forma del producto. Se forma una cavidad entre la cara de troquel del troquel inferior 1 y la cara de troquel del troquel superior 2 de acuerdo con la forma del producto. La cara de troquel 3 es una superficie que está diseñada y procesada para incluir un área de mecanizado para la forma final del producto después de la forja en caliente.

Un material de base del troquel 100 no está particularmente limitado, sino que, teniendo en cuenta la resistencia y el coste, se pueden usar aceros de troquel en caliente, tales como SKD61 y SKT4, especificados en la JIS G4404, y aceros mejorados de los mismos. Además, preferentemente, el troquel inferior 1 y el troquel superior 2 incluyen, cada uno, una capa de superaleación resistente al calor basada en Ni como capa de chapado 4 sobre la cara de troquel 3. Tal configuración resulta preferible cuando un material difícil de procesar, tal como una superaleación resistente al calor basada en Ni o una aleación de Ti, se forja en caliente. La razón de esto es la siguiente. Cuando el material difícil de procesar se forja en caliente, la temperatura de forja es, por ejemplo, de 1.000 °C o más y una superficie (parte de trabajo) del troquel se expone a una temperatura alta. Por otro lado, cuando la temperatura de forja supera la temperatura de revenido del acero de troquel en caliente, el acero de troquel en caliente se reblandece. Por otro lado, cuando se forma una capa de chapado de una superaleación resistente al calor basada en Ni que tiene una resistencia excelente a una temperatura alta sobre la cara de troquel que es una parte de trabajo, la capa de chapado funciona como capa de prevención de reblandecimiento para el material de base del troquel. Además, dado que la conductividad térmica es baja, la capa de chapado tiene el efecto de retener el calor de un troquel precalentado. Además, como otro efecto, se halla que, cuando aumenta la temperatura del troquel, se produce una reacción química entre una película autooxidante con los elementos contenidos en la superaleación resistente al calor basada en Ni y los elementos contenidos en el primer lubricante de vidrio en una interfaz de unión entre la capa de superaleación resistente al calor basada en Ni y el primer lubricante de vidrio, se modifica ligeramente el componente del primer lubricante de vidrio y existe el efecto de aumentar la viscosidad del primer lubricante de vidrio. Por consiguiente, cuando aumenta la temperatura del troquel antes de la forja en caliente, resulta posible evitar que la viscosidad del primer lubricante de vidrio disminuya de manera excesiva.

Además, la capa de chapado mejora la resistencia a la oxidación de una superficie de trabajo y contribuye a la obtención de una resistencia alta. En este caso, la superaleación resistente al calor basada en Ni es una aleación que contiene la mayor cantidad de Ni en % en masa y en la que la aleación se puede fortalecer (endurecer) debido a la precipitación de compuestos intermetálicos en una fase γ' o similar. Por ejemplo, se pueden usar las aleaciones equivalentes de Udimet 520 (UDIMET es una marca registrada de Special Metals, las aleaciones equivalentes de Udimet 720, las aleaciones equivalentes de Waspaloy (Waspaloy es una marca registrada de United Technologies) y las aleaciones equivalentes de Alloy 718. La capa de chapado puede estar formada por, por ejemplo, una aleación en forma de un alambre, polvo o similares, mediante soldadura.

En la realización que se muestra en la FIG. 1, el troquel inferior 1 y el troquel superior 2 tienen, cada uno, la capa de chapado 4 sobre toda la cara de troquel 3. Como alternativa, se puede usar una configuración en la que se proporcione una capa de chapado sobre una parte de la cara de troquel. Por ejemplo, cuando se forma una capa de chapado solo sobre una parte cuya temperatura es probable que aumente, resulta posible reducir los costes.

A continuación, se describirán los procesos del método de producción de un producto forjado realizado usando el componente de forja y el troquel anteriores.

5 <Primer proceso>

En el primer proceso, al menos una parte de la cara de troquel 3 del troquel inferior 1 se cubre con un primer lubricante de vidrio 5. Cuando toda la cara de troquel 3 del troquel inferior se cubre con el primer lubricante de vidrio 5, tal como se muestra en la FIG. 1, la lubricidad resulta más fiable. Sin embargo, tal como se muestra en la FIG. 2A y la FIG. 2B, cuando un primer lubricante de vidrio 5-2 se aplica parcialmente a una parte en la que se produce fácilmente una falta de lubricación o similar, se puede obtener un efecto suficiente. La FIG. 2A muestra un ejemplo en el que la cara de troquel 3 del troquel inferior 1 está parcialmente cubierta con el primer lubricante de vidrio 5-2 en un troquel 200 que tiene caras de troquel que son asimétricas verticalmente como en la FIG. 1. La FIG. 2B muestra un ejemplo en el que la cara de troquel 3 del troquel inferior 1 está parcialmente cubierta con el primer lubricante de vidrio 5-2 en un troquel 201 que tiene caras de matriz que son simétricas verticalmente. El lubricante no necesita aplicarse a toda la cara de troquel. Cuando se usa el primer lubricante de vidrio 5 en una parte de la cara de troquel 3, este contribuye a la reducción de la cantidad de lubricante usado y a acortar el proceso de recubrimiento. Por ejemplo, cuando un componente de forja 6 con forma de disco se forja en caliente, un área anular que excluye la parte central de la cara de troquel correspondiente al centro del disco se puede cubrir con el primer lubricante de vidrio. De manera específica, al menos un área que incluye un intervalo en el que un extremo del componente de forja se desliza en el quinto proceso que se describirá a continuación se cubre preferentemente con el primer lubricante de vidrio. En este caso, cuando la capa de chapado 4 se proporciona sobre la cara de troquel 3 del troquel inferior, el lubricante de vidrio cubre la cara de troquel 3 desde arriba de la capa de chapado 4.

25 Dado que el efecto requerido de reducir la carga de forja se obtiene mediante la cobertura de la cara de troquel del troquel inferior, resulta suficiente cubrir la cara de troquel del troquel inferior teniendo en cuenta la simplificación del proceso. Sin embargo, también resulta posible cubrir la cara de troquel del troquel superior con el primer lubricante de vidrio. En este caso, tal como se ha descrito anteriormente, con el fin de modificar el componente del primer lubricante de vidrio debido a la reacción química resultante del calor en una interfaz de unión entre el primer lubricante de vidrio y el troquel inferior, se expone preferentemente un componente de metal que constituye el troquel inferior. Por tanto, en una parte que se cubrirá con el primer lubricante de vidrio, preferentemente, la superficie del componente de metal se expone de manera fiable mediante, por ejemplo, limpieza con chorro de arena o trituración.

35 Un método de aplicación del primer lubricante de vidrio no está particularmente limitado. Por ejemplo, se puede proporcionar una mezcla de pasta o una mezcla de suspensión que contenga una composición de vidrio y un medio, tal como agua, sobre la cara de troquel como recubrimiento mediante un método, tal como aplicación o pulverización. La aplicación resulta preferible teniendo en cuenta la simplificación del trabajo y las instalaciones y la pulverización resulta preferible teniendo en cuenta la uniformidad del espesor del recubrimiento. Después de la aplicación o similar, el medio innecesario se retira mediante secado y la cara de troquel se cubre con el primer lubricante de vidrio. Si bien el primer lubricante de vidrio se puede aplicar al troquel inferior a temperatura ambiente, preferentemente, el troquel inferior se precalienta hasta entre 50 y 200 °C y el troquel inferior precalentado se cubre con el lubricante de vidrio. Esto se debe a que, cuando el troquel inferior se precalienta hasta 50 °C o más, el medio se puede evaporar inmediatamente y retirarse después de la aplicación. Por otro lado, cuando el troquel inferior se precalienta hasta una temperatura más alta de 200 °C, el medio se evapora inmediatamente después de la aplicación, el lubricante de vidrio se solidifica y resulta particularmente difícil realizar la aplicación con un espesor de película uniforme. Además, esto se debe a que, cuando la aplicación se realiza de manera manual, resulta difícil realizar el trabajo debido al calor del troquel. Más preferentemente, el límite inferior de la temperatura de precalentamiento del troquel inferior es de 80 °C. Además, más preferentemente, el límite superior de la temperatura de precalentamiento del troquel inferior es de 120 °C.

50 El espesor del recubrimiento del primer lubricante de vidrio aplicado a la cara de troquel no está particularmente limitado siempre que se presente una capacidad de lubricación. Sin embargo, el espesor es preferentemente de 30 µm o más con el fin de prevenir un aumento de la carga de forja de manera más fiable. En este caso, resulta preferible garantizar un espesor de recubrimiento de 30 µm o más en una parte en la que se produce fácilmente una falta de lubricación (por ejemplo, un extremo de la cara de troquel) durante la forja en caliente. Además, resulta preferible garantizar un espesor de recubrimiento de 30 µm o más en promedio en toda la cara de troquel y resulta más preferible un espesor de recubrimiento de 30 µm o más en toda la cara de troquel. Cuando se mide el espesor de recubrimiento de toda la cara de troquel, se evalúan los espesores en una pluralidad de puntos que incluyen los puntos de medición sobre al menos el centro y los extremos de la cara de troquel y un punto intermedio del mismo. Por otro lado, si el primer lubricante de vidrio se espesa de manera excesiva, dado que no se puede esperar una mejora significativa en cuanto a la capacidad de lubricación, el espesor es preferentemente de 300 µm o menos teniendo en cuenta la reducción de costes. En este caso, el espesor del primer lubricante de vidrio se puede medir mediante un medidor de espesor de película de corriente de Foucault.

65 <Segundo proceso>

En el segundo proceso, se calienta el troquel inferior 1 en el que al menos una parte de la cara de troquel se cubre con el primer lubricante de vidrio 5 en el primer proceso. En el segundo proceso, preferentemente, el troquel superior 2 (o el troquel superior 2-2 en la FIG. 2B) se calienta junto con el troquel inferior 1. El primer lubricante de vidrio 5 se reblandece mediante la selección de la temperatura de calentamiento del troquel inferior 1, un material del primer lubricante de vidrio 5 y similares y se ajusta la viscosidad a una temperatura correspondiente a la temperatura de la cara de troquel del troquel inferior cuando comienza la forja en caliente en el quinto proceso a 1×10^7 Pa·s o menos. Con el fin de evitar que disminuya la temperatura del componente de forja durante la forja en caliente, preferentemente, el troquel se precalienta hasta 250 °C o más usando un horno de calentamiento o similar y un intervalo de temperatura que es menor que la temperatura de revenido del acero de troquel en caliente y, a continuación, se somete a forja. Por ejemplo, en el caso de aceros de troquel en caliente, tales como SKD61 y SKT4, la temperatura de calentamiento es, de manera representativa, de 350 °C a 550 °C. En este caso, cuando se calienta el troquel inferior, incluso en una estructura en la que se usa un acero de troquel en caliente como material de base y la superaleación resistente al calor basada en Ni se chapa sobre la cara de troquel, el calentamiento se realiza preferentemente en un intervalo de temperatura que es menor que la temperatura de revenido del acero de troquel en caliente del material de base. Además, cuando la superaleación resistente al calor basada en Ni se chapa sobre la cara de troquel, con el fin de provocar una reacción química con el primer lubricante de vidrio de acuerdo con la formación de una película autooxidante de la superaleación resistente al calor basada en Ni, resulta preferible garantizar que exista suficiente oxígeno en el horno de calentamiento y resulta preferible calentar la cara de troquel del troquel inferior que al menos está expuesta a la atmósfera.

El troquel 100 (el troquel inferior 1 y el troquel superior 2) se calienta usando, por ejemplo, un horno de precalentamiento y todo el troquel se calienta hasta una temperatura de calentamiento predeterminada (en lo sucesivo en el presente documento, denominada simplemente T_{wh}). El troquel inferior 100 extraído del horno de precalentamiento se fija a una máquina de prensado a través de una placa de troquel (esto también se denominará proceso de fijación del troquel). La temperatura de superficie del troquel fijado a la máquina de prensado disminuye de manera gradual.

El intervalo preferible de T_{wh} es de 500 °C o más y de 550 °C o menos. El límite inferior de T_{wh} es más preferentemente de 530 °C o más. Cuando el acero de troquel en caliente simplemente se calienta y la T_{wh} aumenta, existe una limitación debido al reblandecimiento, tal como se ha descrito anteriormente. Por otro lado, cuando se proporciona la capa de chapado anterior, se puede realizar el siguiente proceso de calentamiento de troquel. El proceso de calentamiento de troquel es un proceso en el que, con el fin de mantener alta la temperatura de superficie del troquel, un componente de troquel para conformar precalentado se interpone entre el troquel inferior 1 y el troquel superior 2. Preferentemente, la temperatura de superficie de la cara de troquel 3 es lo más alta posible en un intervalo en el que no se deteriora la resistencia del acero de troquel en caliente. Por ejemplo, cuando se usa el componente de troquel para conformar calentado hasta 900 °C o más, la superficie de la cara de troquel se puede calentar hasta una temperatura de 500 °C o más. Cuando se proporciona la capa de chapado, la temperatura de superficie de la cara de troquel se puede ajustar a una temperatura más alta que la T_{wh} , por ejemplo, 580 °C o más o 600 °C o más. El calentamiento que usa el componente de troquel para conformar aumenta solo la temperatura de la capa de chapado o la proximidad de la misma y se puede evitar el aumento de temperatura en el material de base del troquel. Por lo tanto, resulta posible aumentar la temperatura de la cara de troquel hasta una temperatura más alta que la temperatura de calentamiento del troquel usando el horno de calentamiento.

Aunque se puede usar un componente de troquel para conformar con una forma simple, tal como una forma de disco, con el fin de calentar la superficie del troquel de manera uniforme y eficaz, se usa preferentemente un componente de troquel para conformar que tiene una forma que se ajusta a la forma de la cara de troquel. El componente de troquel para conformar se puede obtener mediante la formación de un material de troquel de antemano usando el troquel usado en la forja en caliente. En este caso, cuando se incluye un proceso de calentamiento que usa el componente de troquel para conformar, el proceso de fijación del troquel se realiza durante el segundo proceso.

Dado que el troquel se extrae del horno de precalentamiento, se calienta usando el componente de troquel para conformar y se somete a la colocación en el mismo de un componente de forja que se describirá a continuación, la temperatura (en lo sucesivo en el presente documento, denominada simplemente T_{ss}) de la cara de troquel del troquel inferior cuando comienza la forja en caliente (cuando comienza el prensado) cambia desde la temperatura de calentamiento T_{wh} . Por tanto, la viscosidad del primer lubricante de vidrio anterior se basa en la temperatura T_{ss} de la cara de troquel del troquel inferior cuando comienza la forja en caliente (cuando comienza el prensado). Aunque la temperatura de calentamiento T_{wh} del acero de troquel en caliente, tal como SKD61, es de aproximadamente 550 °C, tal como se ha descrito anteriormente, la temperatura de calentamiento del componente de forja sometido a forja en caliente es una temperatura alta que es más alta que la T_{wh} general en 200 °C o más, tal como se describirá a continuación. Por tanto, cuando el componente de forja calentado se coloca sobre la cara de troquel del troquel inferior, se eleva la temperatura de la cara de troquel en una parte en la que se coloca el componente de forja en, por ejemplo, 30 °C o más desde la T_{wh} . Si resulta difícil medir la temperatura T_{ss} de la cara de troquel del troquel inferior en una parte en la que se coloca el componente de forja cuando comienza la forja en caliente, una temperatura de la temperatura de calentamiento $T_{wh}+30$ °C se considera T_{ss} y el primer lubricante de vidrio se puede seleccionar de la siguiente manera.

En el segundo proceso, se puede seleccionar como primer lubricante de vidrio el lubricante de vidrio que tenga una viscosidad de 1×10^7 Pa·s o menos a una temperatura correspondiente a la temperatura T_{ss} . Cuando se describe que se usa una viscosidad a una temperatura "correspondiente a" la temperatura T_{ss} , esto significa que, dado que resulta difícil medir realmente la viscosidad a la temperatura (T_{ss}) de la cara de troquel del troquel inferior cuando comienza la forja en caliente, la temperatura T_{ss} se evalúa o estima por adelantado y la viscosidad a la misma temperatura que la temperatura T_{ss} se evalúa fuera de línea. La viscosidad se ajusta a 1×10^7 Pa·s o menos con el fin de comenzar la forja en caliente en el quinto proceso que se describirá a continuación, al tiempo que se reblandece el primer lubricante de vidrio. La viscosidad anterior es más preferentemente de 1×10^5 Pa·s o menos y lo más preferentemente de 1×10^3 Pa·s o menos. El límite inferior de la viscosidad anterior no está particularmente limitado siempre que este funcione como lubricante. Sin embargo, dependiendo de la forma de la cara de troquel, cuando la viscosidad es demasiado baja, dado que existe la posibilidad de que el lubricante de vidrio se escape, resultan más preferibles 10 Pa·s o más.

<Tercer proceso>

En el tercer proceso, al menos una parte de un componente de forja 6 se cubre con un segundo lubricante de vidrio 7. La cobertura parcial se puede realizar sobre una parte en la que se produce fácilmente una falta de lubricación o similar. Sin embargo, cuando todo el componente de forja 6 se cubre con el segundo lubricante de vidrio 7, la lubricidad resulta más fiable. Además, dado que el lubricante de vidrio tiene un efecto de aislamiento térmico, resulta posible prevenir una disminución de la temperatura cuando el componente de forja se extrae del horno de calentamiento y se coloca sobre el troquel hasta que comienza la forja. Por lo tanto, resulta preferible cubrir todo el componente de forja.

Un método de aplicación del segundo lubricante de vidrio no está particularmente limitado. Por ejemplo, se puede proporcionar una mezcla de pasta que contenga una composición de vidrio y un medio sobre la superficie del componente de forja como recubrimiento mediante un método, tal como la aplicación, pulverización o inmersión. La aplicación resulta preferible teniendo en cuenta la simplificación del trabajo y las instalaciones y la pulverización resulta preferible teniendo en cuenta la uniformidad del espesor del recubrimiento. Después de la aplicación o similar, se retira el medio innecesario mediante secado y se cubre la superficie del componente de forja con el segundo lubricante de vidrio. Si bien el segundo lubricante de vidrio se puede aplicar al componente de forja a temperatura ambiente, preferentemente, el componente de forja se precalienta hasta entre 50 y 200 °C y el componente de forja precalentado se cubre con el lubricante de vidrio. Esto se debe a que, cuando el componente de forja se precalienta hasta 50 °C o más, el medio se puede evaporar inmediatamente y retirarse después de la aplicación. Por otro lado, cuando la temperatura supera los 200 °C, el medio se evapora inmediatamente después de la aplicación, el lubricante de vidrio se solidifica y resulta particularmente difícil realizar la aplicación con un espesor de película uniforme. Además, esto se debe a que, cuando la aplicación se realiza de manera manual, resulta difícil realizar el trabajo debido al calor del componente de forja. Por esta razón, incluso si se precalienta el componente de forja, la temperatura se ajusta preferentemente a 200 °C o menos. Más preferentemente, el límite inferior de la temperatura de precalentamiento del componente de forja es de 70 °C y lo más preferentemente de 80 °C. Además, más preferentemente, el límite superior de la temperatura de precalentamiento del componente de forja es de 150 °C y lo más preferentemente de 120 °C.

El espesor del recubrimiento del segundo lubricante de vidrio aplicado a la superficie del componente de forja no está particularmente limitado siempre que se presente una capacidad de lubricación. Sin embargo, el espesor es preferentemente de 150 µm o más con el fin de prevenir un aumento de la carga de forja de manera más fiable. Por otro lado, cuando el segundo lubricante de vidrio se espesa de manera excesiva, en el cuarto proceso que se describirá a continuación en el que se calienta el componente de forja, existe el riesgo aumentado de que el segundo lubricante de vidrio se retire por pelado. Teniendo en cuenta tal riesgo, el espesor es preferentemente de 300 µm o menos. En este caso, el espesor del segundo lubricante de vidrio se puede medir mediante un medidor de espesor de película de corriente de Foucault.

En este caso, resulta preferible garantizar un espesor de recubrimiento de 150 µm o más en una parte en la que la falta de lubricación se produce fácilmente durante la forja en caliente (por ejemplo, un extremo). Además, resulta preferible garantizar un espesor de recubrimiento de 150 µm o más en promedio en toda la superficie del componente de forja. Más preferentemente, el espesor de recubrimiento en toda la superficie del componente de forja es de 150 µm o más. Cuando se mide el espesor de recubrimiento de toda la cara de troquel, se evalúan los espesores en una pluralidad de puntos que incluyen los puntos de medición sobre al menos el centro y los extremos de la cara de troquel y un punto intermedio del mismo.

<Cuarto proceso>

En el cuarto proceso, el componente de forja 6 sometido al tercer proceso se calienta para su forja en caliente. Cuando la temperatura de calentamiento del componente de forja se ajusta de acuerdo con un material del segundo lubricante de vidrio 7, se reblandece el segundo lubricante de vidrio 7 y se asegura una viscosidad a una temperatura correspondiente a la temperatura de calentamiento del componente de forja de 1×10^2 Pa·s o más. En el cuarto proceso, cuando la viscosidad del segundo lubricante de vidrio es demasiado baja, existe el riesgo de que el segundo lubricante de vidrio se retire por pelado del componente de forja durante el calentamiento. Cuando la viscosidad a la temperatura de calentamiento del componente de forja se ajusta a 1×10^2 Pa·s o más, el segundo lubricante de vidrio

se puede reblandecer y puede permanecer sobre la superficie del componente de forja. La viscosidad es más preferentemente de 1×10^3 Pa·s o más. En este caso, cuando se describe que se usa una viscosidad a una temperatura "correspondiente a" la temperatura de calentamiento del componente de forja, esto significa que, dado que resulta difícil medir realmente la viscosidad del componente de forja durante el calentamiento, la viscosidad a la misma temperatura que la temperatura de calentamiento del componente de forja se evalúa por adelantado fuera de línea.

La temperatura de calentamiento del componente de forja se puede ajustar de acuerdo con un material del componente de forja. Por ejemplo, un intervalo práctico es de 850 a 1.150 °C, en el caso de una superaleación resistente al calor basada en Ni, y de 800 a 1.100 °C, en el caso de una aleación de Ti. Tal como se ha descrito anteriormente, dado que la temperatura de calentamiento del troquel inferior se ajusta para que sea a la temperatura de revenido, el componente de forja se calienta hasta una temperatura más alta que la temperatura de calentamiento del troquel inferior en el segundo proceso. El componente de forja se puede calentar usando, por ejemplo, un horno de calentamiento.

<Quinto proceso>

En el quinto proceso, el componente de forja 6 sometido al cuarto proceso se coloca sobre la cara de troquel 3 del troquel inferior 1 sometido al segundo proceso y la forja en caliente se realiza usando el troquel inferior 1 y el troquel superior 2. La viscosidad del segundo lubricante de vidrio a una temperatura correspondiente a la temperatura de superficie del componente de forja cuando comienza la forja en caliente en el quinto proceso se ajusta a 1×10^7 Pa·s o menos. La viscosidad del segundo lubricante de vidrio se ajusta a 1×10^7 Pa·s o menos, de tal manera que el segundo lubricante de vidrio se reblandezca y funcione como lubricante. La viscosidad es más preferentemente de 1×10^6 Pa·s o menos y lo más preferentemente de 1×10^5 Pa·s o menos. En este caso, cuando se describe que se usa una viscosidad a una temperatura "correspondiente a" la temperatura de la superficie del componente de forja cuando comienza la forja en caliente, esto significa que, dado que resulta difícil medir realmente la viscosidad del componente de forja cuando comienza la forja en caliente, la temperatura de superficie del componente de forja cuando comienza la forja en caliente se evalúa o estima por adelantado y la viscosidad a la misma temperatura que la temperatura de superficie del componente de forja cuando comienza la forja en caliente se evalúa fuera de línea. El componente de forja 6 extraído del horno de calentamiento a través del cuarto proceso se coloca sobre el troquel inferior 1 en el quinto proceso. Sin embargo, la temperatura de la superficie del componente de forja disminuye antes de que comience la forja en caliente. La temperatura de superficie del componente de forja calentado se encuentra, de manera típica, en un intervalo de 850 °C a 1.000 °C, en el caso de una superaleación resistente al calor basada en Ni, y en un intervalo de 800 °C a 900 °C, en el caso de una aleación de Ti, cuando comienza la forja en caliente. Por consiguiente, la viscosidad a la temperatura correspondiente a la temperatura de superficie del componente de forja cuando comienza la forja en caliente se usa como indicador. En el caso de una superaleación resistente al calor basada en Ni, la viscosidad del segundo lubricante de vidrio cuando comienza la forja en caliente se puede evaluar simplemente, de manera típica, como a 850 °C.

Cuando se seleccionan el primer lubricante de vidrio, el segundo lubricante de vidrio y similares, tal como se ha descrito anteriormente, al tiempo que se reblandecen el primer lubricante de vidrio y el segundo lubricante de vidrio, resulta posible comenzar la forja en caliente en el quinto proceso. Cuando comienza la forja en caliente, dado que se reblandecen el primer lubricante de vidrio y el segundo lubricante de vidrio, se asegura el efecto del lubricante. Además, cuando el primer lubricante de vidrio reblandecido está presente sobre el troquel inferior, se previene la falta de lubricación durante la forja en caliente, lo que contribuye en gran medida a la reducción de la carga de forja. Resulta posible obtener la forma final en la que se obtiene el par de troqueles (el troquel superior y el troquel inferior) en una operación de prensado.

De acuerdo con el prensado en la dirección vertical en el quinto proceso, el componente de forja se deforma en la dirección lateral y un extremo del componente de forja se desliza sobre la cara de troquel 3. Cuando la cara de troquel 3 del troquel inferior 1 se cubre parcialmente con el primer lubricante de vidrio, tal como se muestra en la FIG. 2A y la FIG. 2B, el extremo del componente de forja se desliza preferentemente sobre la cara de troquel 3 del troquel inferior 1 dentro de un área en la que se ha aplicado el primer lubricante de vidrio. En tal configuración, dado que el lubricante está presente en una parte de la cara de troquel en la que el componente de forja se presenta de nuevo debido a la deformación, se muestra de manera suficiente el efecto de proporcionar el primer lubricante de vidrio sobre la cara de troquel 3 del troquel inferior 1. Por otro lado, en una parte con la que el componente de forja está en contacto cuando comienza la forja en caliente y similares, se puede esperar un efecto de lubricación de acuerdo con el segundo lubricante de vidrio proporcionado sobre el componente de forja. Cuando la cara de troquel del troquel inferior se cubre parcialmente con el primer lubricante de vidrio, excluyendo tal parte y similares, esto contribuye a la reducción de costes.

La realización anterior resulta particularmente preferible en el caso de la forja en caliente que causa una gran deformación en la que un extremo del componente de forja se desplaza 200 mm o más sobre la cara de troquel 3 del troquel inferior 1. La cantidad de desplazamiento, en este caso, es la cantidad que una parte de extremo (borde) se desplaza a lo largo de la cara de troquel. Por ejemplo, la cantidad de desplazamiento es la cantidad de desplazamiento de un extremo (borde) en la dirección horizontal cuando el componente de forja tiene una forma de disco simétrica verticalmente y corresponde a una diferencia de tamaño en cuanto al diámetro entre antes y después de la forja. La

cantidad de desplazamiento cuando la cara de troquel se inclina es la cantidad de desplazamiento en una dirección a lo largo de la inclinación.

5 En este caso, la temperatura de superficie del componente de forja cuando comienza el proceso de forja en caliente es ligeramente inferior a la temperatura de calentamiento en el cuarto proceso. En este caso, preferentemente, la temperatura de superficie del componente de forja cuando comienza la forja en el quinto proceso difiere de la temperatura de calentamiento en el cuarto proceso en 50 °C o menos.

10 Dado que la realización anterior resulta particularmente excelente para garantizar la lubricidad, esta resulta particularmente eficaz cuando la forja se realiza inicialmente usando un troquel nuevo y cuando la forja se realiza usando un troquel inmediatamente después de que la superficie se haya reparado y limpiado. Se puede incluir otro proceso antes, después y durante los procesos primero a quinto. Por ejemplo, se puede realizar un proceso de procesamiento después del quinto proceso. Además, el orden del primer y segundo procesos y el tercer y cuarto procesos no está particularmente limitado, sino que preferentemente estos se realizan en paralelo.

15 <Primer y segundo lubricantes de vidrio>

20 El primer y segundo lubricantes de vidrio se describirán con más detalle. Tal como se ha descrito anteriormente, una de las características importantes es que los materiales del primer lubricante de vidrio y el segundo lubricante de vidrio son diferentes entre sí. El lubricante de vidrio incluye una composición de vidrio, un medio, un aditivo y similares. Los diferentes materiales indican diferentes formulaciones de la composición de vidrio. Como tipo del primer lubricante de vidrio, por ejemplo, se puede usar un lubricante de vidrio que contenga un vidrio de fosfato como componente principal. Por otro lado, como segundo lubricante de vidrio, por ejemplo, se puede usar un lubricante de vidrio que contenga un vidrio de borosilicato como componente principal. En este caso, se puede añadir, de manera adicional, un aglutinante de resina al primer lubricante de vidrio. Cuando se añade el aglutinante de resina, resulta posible evitar que el primer lubricante de vidrio se retire por pelado del troquel de manera más fiable.

30 El primer lubricante de vidrio se reblandece a una temperatura más baja que el segundo lubricante de vidrio y el primer lubricante de vidrio tiene una viscosidad más baja que el segundo lubricante de vidrio a la misma temperatura. Esto es para hacer frente a la diferencia en cuanto a la temperatura de calentamiento entre el material de base del troquel y el componente de forja. Si se usan lubricantes de vidrio con el mismo material para la cobertura del troquel inferior 1 y el componente de forja, en el lubricante de vidrio que se reblandece a la temperatura de calentamiento del troquel inferior 1, la viscosidad a la temperatura de calentamiento del componente de forja es demasiado pequeña y el lubricante de vidrio no permanece sobre la superficie del componente de forja. Por otro lado, en el lubricante de vidrio que se reblandece a la temperatura de calentamiento del componente de forja y permanece sobre la superficie del componente de forja, no se obtiene un estado suficientemente reblandecido a la temperatura de calentamiento del troquel inferior y no se obtiene un efecto de lubricación sobre el lado del troquel. Con el fin de abordar tales problemas, se usan lubricantes de vidrio con diferentes materiales como primer y segundo lubricantes de vidrio. La viscosidad de los lubricantes de vidrio se puede medir usando un método de medidor de dispersión.

40 **[Ejemplos]**

45 De acuerdo con la forja en caliente que usa un troquel 300, incluyendo un troquel inferior 9, que tiene una cara de troquel 8, y un troquel superior 10, dispuesto para orientarse al troquel inferior 9, mostrado en la FIG. 3 como forma general, se produjo un producto forjado hueco que tenía una forma de cono sustancialmente truncado de acuerdo con los siguientes procedimientos. Tanto en el troquel inferior 9 como en el troquel superior 10, se formó una capa de chapado 11 preparada a partir de una superaleación resistente al calor basada en Ni sobre la cara de troquel 8.

50 **(Ejemplo)**

55 Se usó un componente de forja con forma de disco preparado a partir de Alloy 718 (material) y con un diámetro externo de 880 mm. El componente de forja se sometió a un tratamiento de limpieza con chorro de arena. El lado de la circunferencia exterior de la cara de troquel del troquel inferior se cubrió con el primer lubricante de vidrio en forma anular (primer proceso). Se usó un lubricante de vidrio de fosfato como primer lubricante de vidrio y el recubrimiento se realizó mediante dispersión. La FIG. 4 muestra la dependencia de la viscosidad del lubricante de vidrio usado de la temperatura. La viscosidad se midió usando un medidor de dispersión (PPVM-1100 disponible en el mercado a través de OPT Corporation). Tal como se muestra en la FIG. 4, el lubricante de vidrio usado se reblandeció a 520 °C o más, la viscosidad disminuyó bruscamente a medida que aumentaba la temperatura y la viscosidad fue de 1×10^9 a $10 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ en un intervalo de 530 a 590 °C. De manera específica, la viscosidad fue de $7 \times 10^7 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ a 550 °C y de $2 \times 10^5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ a 580 °C. El primer lubricante de vidrio se aplicó en un intervalo de 620 mm desde una posición de 270 mm desde el centro, cuando se observaba en una posición en la dirección horizontal, de tal manera que se superponía una parte en el lado de la circunferencia exterior del componente de forja, cuando se observaba en la dirección vertical (la dirección Z en la FIG. 3), cuando se colocó el componente de forja. El espesor del primer lubricante de vidrio se midió en una posición de 280 mm, una posición de 440 mm y una posición de 610 mm y los resultados fueron de 99 μm , 60 107 μm y 81 μm , respectivamente, y un promedio de los mismos fue de 96 μm . 65

El troquel inferior sometido al primer proceso se insertó en un horno de calentamiento en la atmósfera junto con el troquel superior y se calentó hasta 550 °C (T_{wh}) (segundo proceso). Por otro lado, toda la superficie del componente de forja se cubrió con el segundo lubricante de vidrio (tercer proceso). Se usó un lubricante de vidrio de borosilicato como segundo lubricante de vidrio y se realizó el recubrimiento mediante dispersión. La FIG. 5 muestra la dependencia de la viscosidad del lubricante de vidrio usado de la temperatura. Tal como se muestra en la FIG. 5, el lubricante de vidrio usado tuvo una tasa menor de disminución de la viscosidad con respecto a la temperatura que el primer lubricante de vidrio y tuvo una viscosidad que disminuía de manera gradual a medida que aumentaba la temperatura. La viscosidad superó 1×10^8 Pa·s a 530 °C, la viscosidad fue de 1×10^7 Pa·s a 580 °C y de 1×10^7 a 1×10^4 Pa·s en un intervalo de 600 a 950 °C y la viscosidad de más de 1×10^3 Pa·s se mantuvo a 1.000 °C. El espesor del segundo lubricante de vidrio se midió en una posición de 220 mm, una posición de 310 mm y una posición de 390 mm desde el centro del componente de forja, los resultados fueron de 260 μ m, 280 μ m y 270 μ m, respectivamente, y un promedio de los mismos fue de 270 μ m. El componente de forja sometido al tercer proceso se insertó en el horno de calentamiento y se calentó hasta 1.000 °C (cuarto proceso). Cuando el calentamiento se realizó a 1.000 °C, el segundo lubricante de vidrio se reblandeció en forma de jarabe y permaneció sobre la superficie del componente de forja. El troquel superior y el troquel inferior calentados en el segundo proceso se instalaron en el cuerpo principal de la máquina de prensado, a continuación, se interpuso un componente de troquel para conformar calentado hasta 1.000 °C entre el troquel inferior y el troquel superior y el troquel se calentó (proceso de calentamiento del troquel). De acuerdo con el proceso de calentamiento del troquel, la temperatura de la cara de troquel que había disminuido temporalmente aumentó hasta 530 °C. El componente de forja sometido al cuarto proceso se colocó sobre la cara de troquel del troquel inferior sometido al segundo proceso y comenzó la forja en caliente al tiempo que se reblandecían el primer lubricante de vidrio y el segundo lubricante de vidrio. La forja en caliente se realizó a 500 MN usando una máquina de forja en caliente, la forja en caliente se realizó usando el troquel inferior y el troquel superior en una operación de prensado y se obtuvo un producto forjado con un diámetro externo de 1.300 mm (quinto proceso). En este caso, un extremo del componente de forja se deslizó sobre la cara de troquel del troquel inferior en un área en la que se había aplicado el primer lubricante de vidrio y se desplazó 350 mm sobre la cara de troquel del troquel inferior. En este caso, la temperatura de la cara de troquel del troquel inferior y la temperatura de superficie del componente de forja cuando comenzó la forja en caliente se midieron usando un termómetro de radiación. La temperatura de calentamiento del componente de forja y la viscosidad del segundo lubricante de vidrio a una temperatura correspondiente a esa temperatura, la temperatura del componente de forja cuando comenzó la forja en caliente (cuando comenzó el prensado) y la viscosidad del segundo lubricante de vidrio a una temperatura correspondiente a esa temperatura, la temperatura considerada como temperatura T_{ss} de la cara de troquel del troquel inferior cuando comenzó la forja en caliente (cuando comenzó el prensado) y la viscosidad del primer lubricante de vidrio a esa temperatura y los resultados de la evaluación de una carga máxima de forja se muestran en la Tabla 1.

(Ejemplo comparativo)

Se obtuvo un producto forjado de la misma manera que en el ejemplo anterior, a excepción de que la cara de troquel del troquel inferior no se cubrió con el primer lubricante de vidrio. Los resultados de la evaluación, tales como una carga máxima de forja y similares, se muestran en la Tabla 1.

[Tabla 1]

	Viscosidad del segundo lubricante de vidrio/temperatura de calentamiento del componente de forja	Viscosidad del segundo lubricante de vidrio/temperatura del componente de forja cuando comienza la forja en caliente	Viscosidad del primer lubricante de vidrio/temperatura de la cara de troquel cuando comienza la forja en caliente	Carga máxima de forja
Ejemplo	1×10^3 Pa·s/1.000 °C	1×10^4 Pa·s/960 °C	2×10^5 Pa·s/580 °C	390 MN
Ejemplo comparativo	1×10^3 Pa·s/1.000 °C	1×10^4 Pa·s/960 °C	-	480 MN

Tal como se muestra en la Tabla 1, en el método de producción de un producto forjado de acuerdo con el Ejemplo, en comparación con el Ejemplo comparativo, la carga de forja se redujo en un 15 % o más y resultó posible la forja con una carga de menos de 400 MN. Se usó una máquina de forja con la mayor capacidad de presión y, además, la carga se redujo en un 15 % o más en el intervalo de carga cercano al límite de la misma, lo que indica que el método resulta extremadamente eficaz para aumentar el grado de libertad en la producción de un producto forjado difícil de procesar. Además, no se halló ninguna raspadura que indicara la falta de lubricación en el producto forjado obtenido y las condiciones de superficie del producto forjado resultaron extremadamente favorables.

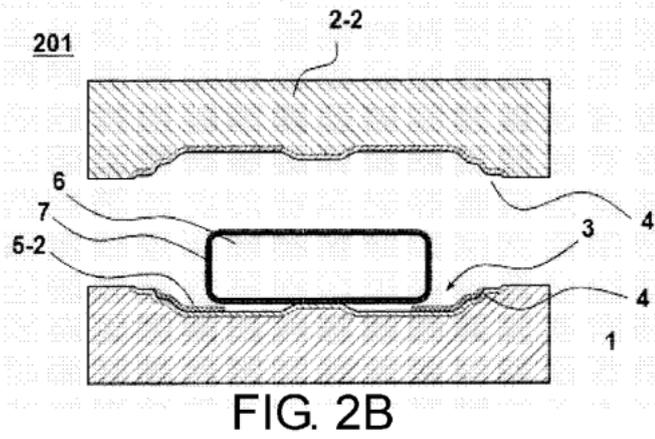
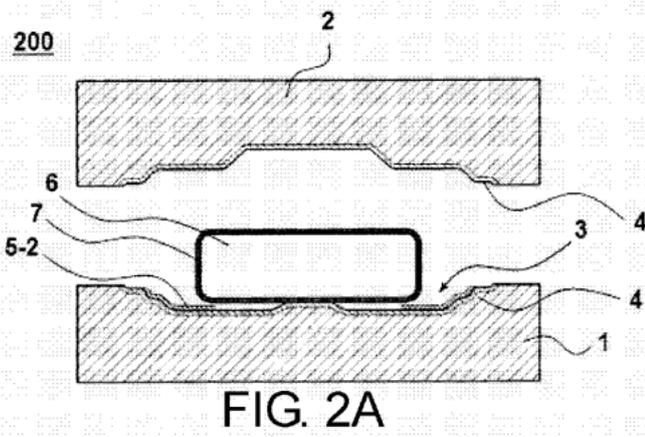
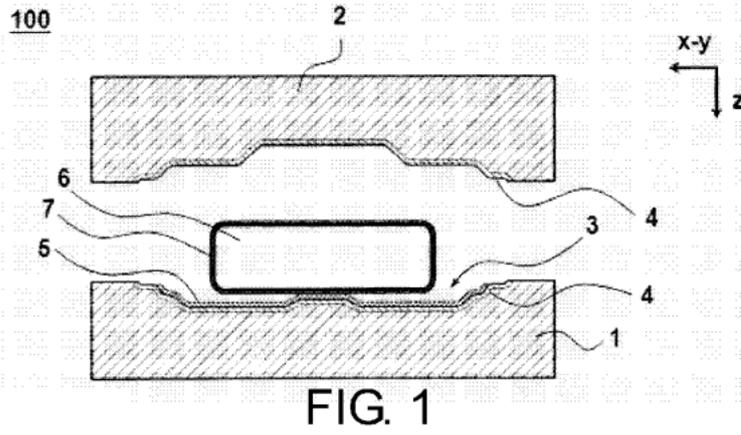
[Lista de números de referencia]

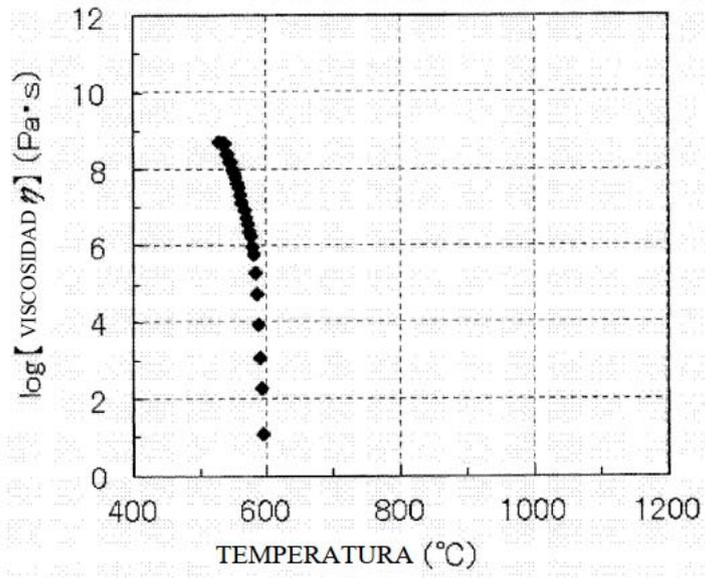
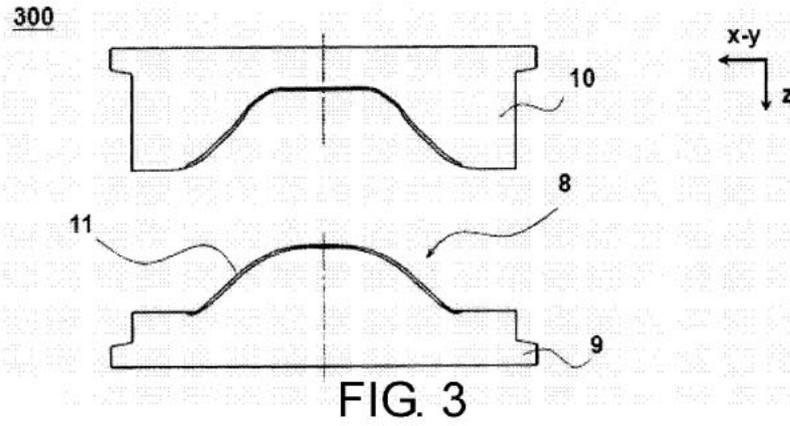
- 100, 200, 201, 300 Troquel
- 1 Troquel inferior
- 2, 2-2 Troquel superior
- 3 Cara de troquel
- 4 Capa de chapado

- 5, 5-2 Primer lubricante de vidrio
- 6 Componente de forja
- 7 Segundo lubricante de vidrio
- 8 Cara de troquel
- 5 9 Troquel inferior
- 10 Troquel superior
- 11 Capa de chapado

REIVINDICACIONES

1. Un método de producción de un producto forjado en el que un componente de forja (6) se forja en caliente usando un troquel inferior (1, 9) y un troquel superior (2, 2-2, 10), comprendiendo el método:
- 5 un primer proceso en el que al menos una parte de una cara de troquel (3, 8) del troquel inferior (1, 9) se cubre con un primer lubricante de vidrio (5, 5-2);
un segundo proceso en el que se calienta el troquel inferior (1, 9) sometido al primer proceso;
un tercer proceso en el que al menos una parte del componente de forja (6) se cubre con un segundo lubricante de vidrio (7);
10 un cuarto proceso en el que el componente de forja (6) sometido al tercer proceso se calienta hasta una temperatura que es más alta que la temperatura de calentamiento del troquel inferior (1, 9) en el segundo proceso;
y
15 un quinto proceso en el que el componente de forja (6) sometido al cuarto proceso se coloca sobre la cara de troquel (3, 8) del troquel inferior (1, 9) sometido al segundo proceso y la forja en caliente se realiza usando el troquel inferior (1, 9) y el troquel superior (2, 2-2, 10),
en donde los materiales del primer lubricante de vidrio (5, 5-2) y el segundo lubricante de vidrio (7) son diferentes entre sí,
en donde el segundo lubricante de vidrio (7) permanece sobre la superficie del componente de forja (6) que se reblandece en el cuarto proceso, y
20 en donde comienza la forja en caliente en el quinto proceso al tiempo que se reblandecen el primer lubricante de vidrio (5, 5-2) y el segundo lubricante de vidrio (7).
2. El método de producción de un producto forjado de acuerdo con la reivindicación 1,
25 en donde la viscosidad del primer lubricante de vidrio (5, 5-2) a una temperatura correspondiente a la temperatura de la cara de troquel (3, 8) del troquel inferior (1, 9) cuando comienza la forja en caliente en el quinto proceso es de 1×10^7 Pa·s o menos, y
en donde la viscosidad del segundo lubricante de vidrio (7) a una temperatura correspondiente a la temperatura de calentamiento del componente de forja (6) en el cuarto proceso es de 1×10^2 Pa·s o más y la viscosidad del segundo
30 lubricante de vidrio (7) a una temperatura correspondiente a la temperatura de superficie del componente de forja (6) cuando comienza la forja en caliente en el quinto proceso es de 1×10^7 Pa·s o menos.
3. El método de producción de un producto forjado de acuerdo con la reivindicación 1 o 2,
35 en donde el troquel inferior (1, 9) y el troquel superior (2, 2-2, 10) tienen una capa de superaleación resistente al calor basada en Ni como capa de chapado (4, 11) sobre la cara de troquel (3, 8).
4. El método de producción de un producto forjado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
40 en donde el segundo proceso incluye un proceso de calentamiento del troquel en el que un componente de troquel para conformar precalentado se interpone entre el troquel inferior (1, 9) y el troquel superior (2, 2-2, 10).
5. El método de producción de un producto forjado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,
45 en donde la cara de troquel (3, 8) del troquel inferior (1, 9) se cubre parcialmente con el primer lubricante de vidrio (5, 5-2), y
en donde, en el quinto proceso, un extremo del componente de forja (6) se desliza sobre la cara de troquel (3, 8) del troquel inferior (1, 9) en un área en la que se ha aplicado el primer lubricante de vidrio (5, 5-2).
6. El método de producción de un producto forjado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
en donde el componente de forja (6) se forma en un cuerpo giratorio.
- 50 7. El método de producción de un producto forjado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
en donde, en el quinto proceso, un extremo del componente de forja (6) se desplaza 200 mm o más sobre la cara de troquel (3, 8) del troquel inferior (1, 9).





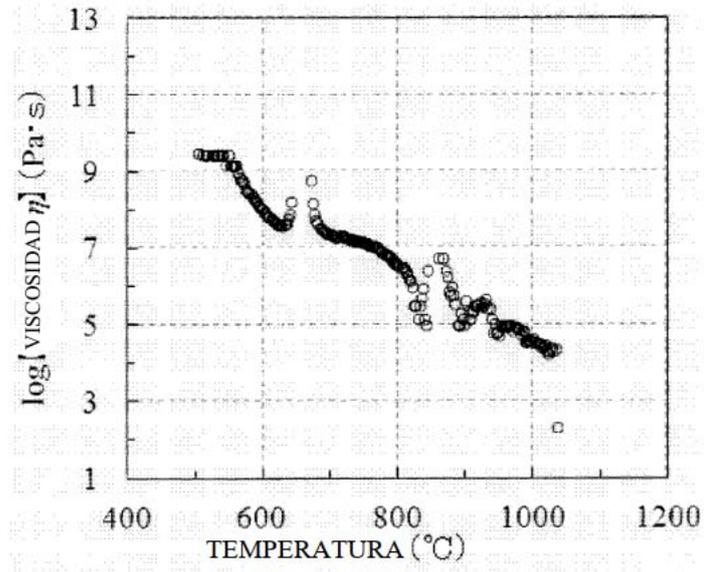


FIG. 5