

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 565**

51 Int. Cl.:

**B21J 5/02** (2006.01)

**B21J 1/02** (2006.01)

**B21K 1/32** (2006.01)

**B21J 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.12.2011 PCT/JP2011/079988**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.07.2012 WO12090892**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.12.2011 E 11853297 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2659993**

54 Título: **Método de forja con troquel impresor y método de fabricación de un artículo forjado**

30 Prioridad:

**28.12.2010 JP 2010292505**

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

**10.12.2019**

73 Titular/es:

**HITACHI METALS, LTD. (100.0%)  
2-70, Konan 1-chome, Minato-ku  
Tokyo 1088224, JP**

72 Inventor/es:

**SHIGIHARA YUSUKE y  
SATO KOJI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 734 565 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 forja con troquel impresor y método de fabricación de un artículo forjado

### Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método de forja con troquel impresor para materiales metálicos como diversos tipos de aleaciones y acero, y en particular para un material de superaleación que se utiliza para componentes de aviones y componentes de generadores tales como un disco de turbina y una pala. La presente invención también se refiere a un método para fabricar un artículo forjado utilizando este método de forja con troquel impresor. Del documento GB 1 375 143 A se conoce un método de forja con troquel impresor con las características descritas en el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente.

### 10 Estado de la técnica

15 La forja con troquel impresor es una técnica que puede mejorar las características mecánicas al afinar de grano cristalino debido a la forja y similares, y puede reducir el número de pasos de mecanizado subsiguientes, debido a que un elemento para forjar, que se ha calentado a una temperatura de forjado, es forjado en una forma próxima a la de un producto final. Por consiguiente, la forja con troquel impresor es una técnica útil para fabricar un componente estructural que debe tener una resistencia a temperatura alta en una forma semifinal, y se usa a menudo en la fabricación de un componente formado a partir de un material de superaleación, por ejemplo, tal como un disco de turbina de un avión. Sin embargo, cuando la temperatura del elemento para forjar disminuye durante la forja, el alargamiento se reduce localmente y se produce una grieta en la superficie de un material de base tras la forja. Esta aparición de la grieta en la superficie ha sido un problema particularmente en la forja de la superaleación, que es un material difícil de trabajar.

20 Se propone un método de forja isotérmico para calentar un troquel durante la forja y una técnica para calentar secuencialmente un elemento para forjar como una técnica para resolver el problema descrito anteriormente (JP 06-122036 A). Sin embargo, esta técnica tiene la desventaja de su costo y eficiencia en el caso de apoyarse solo en esta técnica, debido a su complejidad en la instalación y el control.

25 Después, se propone un método de forja de recubrimiento (JP-05-177289 A) en el que un elemento calentado a forjar, que se cubre con otro elemento de aislamiento térmico, se forja junto con el elemento de aislamiento térmico. Además, en un campo de forja libre, se propone una técnica de este tipo (JP 2000-051987 A) para interponer un disco falso hecho de acero inoxidable a modo de elemento de aislamiento térmico entre el elemento para forjar y un yunque inferior, porque una pérdida de calor, particularmente de la cara inferior del elemento para forjar, es un problema en un método de forja con troquel impresor en el que el elemento para forjar siempre contacta con un troquel inferior durante la forja. Estas técnicas pueden evitar una disminución de la temperatura en el elemento para forjar a un bajo costo con alta eficiencia. En una columna de una técnica convencional de JP06-122036 A, se describe dicha técnica que cubre la totalidad de un material de base después de haber sido calentado con un material aislante térmico, como por ejemplo una fibra cerámica o un material de encamisado tal como un material de

35 acero inoxidable, y forjar el material de base restante cubierto con el mismo. El documento GB 1 375 143 A describe un método de forja con troquel impresor que comprende: colocar un elemento calentado a forjar en un troquel inferior; y forjar por martillado el elemento para forjar con un troquel superior alternativo, en donde el método comprende además cubrir el elemento para forjar con un elemento aislante térmico, incluyendo toda la porción del elemento para forjar que contacta el troquel inferior, antes de forjar, pero exceptuando al menor una parte de de una porción que contacta el troquel superior durante la forja.

### Compendio de la invención

#### Problema técnico

45 El método de forja de recubrimiento descrito anteriormente es una técnica eficaz para el aislamiento térmico de un elemento para forjar en forjado con troquel impresor. Sin embargo, si la totalidad del elemento para forjar ha sido cubierto de acuerdo con la técnica de JP 05-177289 A, la piel de la superficie del elemento para forjar durante la forja no se puede monitorizar desde el exterior. Por consiguiente, resulta difícil captar de forma adecuada la temperatura del elemento para forjar, y permanece el problema del control óptimo de la temperatura de forjado. Además, en JP 05-177289 A, se utiliza una lámina formada a partir de una fibra de vidrio o una fibra cerámica en el elemento de aislamiento térmico. En consecuencia, la fibra se dispersa durante la forja, y se deposita en las superficies de un producto y del troquel tras la forja. Por lo tanto, hay margen para mejorar la trabajabilidad.

50 Además, en el caso de la técnica en JP 2000-051987 A, en el que el elemento de aislamiento térmico, hecho a partir de acero inoxidable, se interpone solo debajo de la cara inferior del elemento para forjar, es necesario reajustar durante la forja el estado de aislamiento térmico de la parte desde la cara inferior hacia la cara lateral del elemento para forjar. El elemento de aislamiento térmico en JP 2000-051987 A actúa como un yunque inferior que no se deforma durante la forja, y soporta de forma segura la parte inferior del elemento para forjar. Por consiguiente, el elemento de aislamiento térmico en JP 2000-051987 A no se puede aplicar a la forja con troquel impresor. En el

campo de la forja con troquel impresor de la fabricación de un artículo moldeado con una forma semifinal, que tiene características mecánicas mejoradas, es importante lograr una deformación plástica que provoque que las partes extremas de la cavidad del troquel se rellenen con el elemento para forjar.

5 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de forja con troquel impresor capaz de evitar una disminución de la temperatura en un elemento para forjar durante la forja, una fácil monitorización de la temperatura durante la forja, y hacer que las porciones extremas de la cavidad de un troquel se rellenen con el elemento para forjar. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método para fabricar un artículo forjado que tenga una estructura con granos de cristal finos, utilizando este método de forja con troquel impresor.

10 Este objeto se logra de acuerdo a la presente invención con un método de forja con troquel impresor con las características de la reivindicación de patente 1. Las reivindicaciones dependientes se refieren a características de forma de realización preferidas de la invención.

15 Los presentes inventores han reconsiderado un método de forja de recubrimiento convencional que se adopta en la forja con troquel impresor. Como resultado, los inventores han encontrado que, en cuanto al aislamiento térmico de un elemento para forjar, si una porción particular de superficie del elemento está cubierta con un elemento de aislamiento térmico, se puede conseguir un aislamiento térmico suficiente para forjar y no hace falta cubrir todo las superficies del elemento para forjar. El elemento de aislamiento térmico que se deforma junto con el elemento para forjar está hecho de un metal que no se dispersa sobre la superficie del elemento para forjar, ni siquiera durante la forja con martillo duro, y puede proteger la superficie. Por otra parte, la forja con troquel impresor requiere la deformación plástica que hace que las partes extremas de la cavidad de un troquel se rellenen con el elemento para forjar. Por lo tanto, para lograr tal deformación plástica, son importantes la disposición y la calidad del material del elemento de aislamiento térmico de metal, ya que el elemento de aislamiento térmico de metal restringe en gran medida la deformación del elemento para forjar. A través de una extensa investigación basada en los hallazgos descritos anteriormente, los inventores han llegado al método de forja con troquel impresor de la presente invención, que puede lograr el aislamiento térmico y el control de temperatura descritos anteriormente durante la forja con troquel impresor y la deformación plástica que hace que las partes extremas de la cavidad se rellenen con el elemento para forjar, y un método para fabricar un artículo forjado utilizando el método de forja con troquel impresor.

20 De manera específica, la presente invención proporciona un método de forja con troquel impresor, que incluye colocar un elemento calentado para ser forjado en un troquel inferior y forjar con martillo el elemento para forjar con un troquel superior alternativo, en donde el método incluye además cubrir antes de forjar la totalidad de una porción del elemento para forjar, que entra en contacto con el troquel inferior, con un elemento de aislamiento térmico de metal, a excepción de al menos una parte de una porción que hace contacto con un troquel superior durante la forja, y después forjar el elemento para ser forjado de manera integral con el elemento de aislamiento térmico de metal. La presente invención proporciona un método de forja con troquel impresor que incluye preferiblemente cubrir antes de la forja la totalidad de una porción del elemento para forjar, que entra en contacto con el troquel inferior, con un elemento de aislamiento térmico metálico, excepto la parte central de una porción que entra en contacto con un troquel superior durante la forja. De acuerdo con la presente invención, el elemento para forjar es una superaleación y el elemento metálico aislante térmico es acero inoxidable. Preferiblemente, el elemento para forjar se forja en forma de disco.

30 Además, la presente invención proporciona un método para fabricar un artículo forjado, que incluye el tratamiento térmico del material de base forjado, obtenido mediante el método de forja con troquel impresor descrito en una cualquiera de las descripciones anteriores, a temperaturas no inferiores a la temperatura de recristalización. El método de fabricación del artículo forjado incluye específicamente que el elemento para forjar es una superaleación y el tratamiento térmico es un tratamiento con solución.

45 **Efectos ventajosos de la invención**

La forja con troquel impresor de acuerdo con la presente invención es capaz de evitar una grieta en la superficie originada por la disminución de la temperatura durante la forja, y es capaz de controlar fácilmente la temperatura, aun cuando se trate de forja con troquel impresor para un material difícil de trabajar tal como como un material de superaleación. La forja con troquel impresor de acuerdo con la presente invención también consigue la deformación plástica que hace que las partes extremas de la cavidad del troquel se rellenen con el elemento para forjar. Además, en la estructura del artículo forjado que ha sido tratado térmicamente después de la forja, los granos de cristal son finos y por consiguiente, el producto después de forjar también tiene excelentes características mecánicas. En consecuencia, la forja con troquel impresor se convierte en una técnica esencial para la fabricación comercial de un componente de alta resistencia que tiene una forma semifinal, que se representa mediante un componente de avión como un disco de turbina y una pala.

**Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista en sección para describir las etapas de la forja con troquel impresor en la fabricación de un material de base forjado que tiene forma de disco, e ilustra un ejemplo del método de forja con troquel impresor de

la presente invención.

La figura 2 es una vista en sección para describir las etapas de la forja con troquel impresor en la fabricación del material de base forjado que tiene la forma de disco, e ilustra un ejemplo del método de forja con troquel impresor de la presente invención.

5 La figura 3 es una vista en sección del material de base forjado que tiene la forma de disco obtenida en las Figs. 1 y 2, e ilustra las posiciones de una estructura observada en los Ejemplos 1 a 3.

La figura 4 es una fotografía de una estructura de un artículo forjado fabricado en el Ejemplo 1, e ilustra un ejemplo de un efecto de la presente invención.

10 La figura 5 es una fotografía de una estructura de un material de base forjado fabricado en el Ejemplo 2, e ilustra un ejemplo del efecto de la presente invención.

La figura 6 es una fotografía de una estructura de un material de base forjado fabricado en el Ejemplo 3, e ilustra un ejemplo del efecto de la presente invención.

### Descripción de las formas de realización

15 La característica de la presente invención reside en que se utiliza un método de forja de recubrimiento que permite el aislamiento térmico de un elemento para forjar durante la forja, y se omite apropiadamente una parte de un elemento de aislamiento térmico, y por lo tanto se logra simultáneamente el aislamiento térmico descrito anteriormente y el control de la temperatura a través de una porción expuesta del elemento para forjar. La característica de la presente invención también reside en que se logra la deformación plástica que hace que las partes extremas de la cavidad del troquel se rellenen con el elemento para forjar, preferiblemente mediante el ajuste de la disposición del elemento de aislamiento térmico (en es decir, una porción en la que se ha omitido el elemento de aislamiento térmico descrito anteriormente) con respecto a todas las superficies del elemento para forjar. La característica de la presente invención también reside en que el material de base forjado obtenido por estos métodos de forja de recubrimiento se puede conformar en un artículo forjado que tiene una estructura con granos finos de cristal y excelentes características mecánicas, tras del tratamiento térmico normal para impartir las características mecánicas, que se realiza posteriormente al proceso de forja. Los elementos constituyentes de la presente invención se describirán a continuación con referencia a cada uno de los ejemplos del método de forja con troquel impresor para fabricar el material de base forjado que tiene la forma de disco de la presente invención, que se ilustra en las Figs. 1 y 2.

30 (1) La presente invención proporciona un método de forja con troquel impresor que incluye colocar un elemento calentado para ser forjado sobre un troquel inferior y forjar con martillo el elemento para forjar con un troquel superior alternativo.

35 En la forja con troquel impresor en la que el elemento para forjar siempre entra en contacto con un troquel inferior durante la forja, existe el problema de que la temperatura en una parte inferior del elemento para forjar, que es una región de contacto con el troquel inferior, disminuye y se produce una grieta local en esa porción. En la forja con troquel impresor que ejerce un efecto en el moldeo de una forma semifinal de acero inoxidable resistente al calor, como por ejemplo JIS-SUH660, y un material difícil de trabajar como una superaleación que se describirá más adelante, es ciertamente importante lograr el control de la temperatura durante la forja y una mayor deformación plástica que haga que las partes extremas de la cavidad del troquel se rellenen con el elemento para forjar. En este caso, la presente invención para resolver estos problemas limita su campo técnico a la forja con troquel impresor con un impacto de martillo.

40 (2) Antes de forjar, la totalidad de una porción del elemento para forjar que contacta con el troquel inferior debe cubrirse con un elemento de aislamiento térmico de metal, excepto al menos una parte de una porción que contacta con el troquel superior durante la forja.

45 Reducir la pérdida de calor de la parte que entra en contacto con el troquel inferior durante la forja es sumamente eficaz para evitar que se produzca una grieta en la cara inferior del elemento que a forjar para. Por consiguiente, en la presente invención, antes de que se inicie la forja con troquel impresor, se cubre previamente con un elemento de aislamiento térmico la porción que entra en contacto con el troquel inferior del elemento para forjar, lo que tiene una acción de aislamiento térmico frente al troquel inferior. Esta porción que entra en contacto con el troquel inferior incluye una parte que resulta en contacto con el troquel inferior durante la forja, incluso cuando no contacta con el troquel inferior al comienzo de la forja. En las Figs. 1 y 2, un elemento para forjar que tiene una forma de columna se forja en troquel impresor hasta una forma de disco. En este caso, la totalidad de la cara inferior del elemento para forjar 3 antes de la forja, que se corresponde con una porción que entra en contacto con un troquel inferior 1, y al menos una porción inferior de su cara lateral, se cubren con un elemento de aislamiento térmico 4. El elemento de aislamiento térmico 4 está hecho para ser conformado a partir de un metal que tiene la calidad del material que se puede deformar plásticamente mientras que sigue la forma del elemento para forjar durante la forja y, por otro lado, que no se puede separar fácilmente ni destruir durante la forja.

En este caso, la pérdida de calor en el elemento para forjar durante la forja se produce en gran medida incluso en otra porción, distinta de la porción descrita anteriormente, que entra en contacto con el troquel inferior. Por consiguiente, si solo se desea evitar la pérdida de calor durante la forja, antes de la forja se pueden cubrir todas las superficies del elemento para forjar con el elemento de aislamiento térmico de acuerdo con un método convencional. Sin embargo, si todas las superficies del elemento para forjar se han cubierto con el elemento de aislamiento térmico, la superficie del elemento para forjar durante la forja no se puede monitorizar directamente, y se hace difícil controlar adecuadamente la temperatura. Además, si todas las superficies del elemento para forjar ya se han cubierto en la etapa de calentar el elemento para forjar a la temperatura de forja, no se puede medir directamente la temperatura de la superficie antes de forjar. Si se debe controlar la temperatura de calentamiento del elemento para forjar, por ejemplo, durante un intervalo de tiempo de calentamiento, dicho trabajo se hace necesario con el fin de captar los intervalos de tiempo de calentamiento, que difieren de un experimento preliminar según cada condición de forja. En este caso, el método de forja con troquel impresor de la presente invención incluye exponer una parte del elemento para forjar, lo que permite monitorizar la superficie en una etapa de calentamiento antes de la forja, y durante la forja, y permite un fácil control de la temperatura. La porción expuesta en este momento puede ser al menos una parte de la porción que contacta con la matriz superior durante la forja. En los casos de las Figs. 1 y 2, al menos la cara superior del elemento para forjar 3 antes de la forja, que corresponde a al menos una parte de la porción que hace contacto con el troquel superior 2, no está cubierta con el elemento de aislamiento térmico 4 y está expuesta. Cuando se mide la temperatura del elemento para forjar durante la forja, es fácil usar, por ejemplo, un termómetro de radiación que puede medir la temperatura de manera rápida y sin contacto. En este caso, una extensión de la porción expuesta descrita anteriormente será suficiente si tiene un área suficiente para la monitorización visual.

La temperatura de forja se debe controlar basándose en una temperatura de la porción del elemento para forjar que entra en contacto con el troque superior. Esta porción entra en contacto con el troquel superior, lo que causa la pérdida de calor durante el período de forja, en un intervalo de tiempo corto, y en el otro intervalo de tiempo distinto del intervalo de contacto, solo entra en contacto con el aire que tiene unas altas características de aislamiento. En consecuencia, la pérdida de calor es comparativamente pequeña incluso cuando la porción está expuesta, y es improbable que se produzca una grieta importante. Por consiguiente, antes de forjar, al menos una parte de la porción del elemento para forjar, que entra en contacto con el troquel superior durante la forja, no está cubierta con el elemento de aislamiento térmico y está expuesta. Como al menos una parte de la porción que entra en contacto con el troquel superior puede quedar expuesta, se puede eliminar el espesor correspondiente al elemento de aislamiento térmico en una parte o en la totalidad de las porciones de una superficie de un perfil del troquel al fabricar el troquel superior, lo que permite que la cavidad para una forma semifinal sea más parecida a la forma de un producto final que se quiere diseñar. Sin embargo, cuando toda la región, de la porción que entra en contacto con el troquel superior, está expuesta, se promueve la pérdida de calor cierta medida después de todo, y, en consecuencia, es deseable exponer una porción mínima suficiente para permitir el control de la temperatura. La temperatura se puede monitorizar y controlar cuando se separa el troquel superior del elemento para forjar.

(3) En el ítem anterior (2), la totalidad de la porción del elemento para forjar que hace contacto con el troquel inferior está preferiblemente se cubre antes de la forja con el elemento de aislamiento térmico de metal, excepto una parte central de la porción que contacta con el troquel superior durante la forja.

En la práctica del anterior ítem (2), en la presente invención, la totalidad de la porción que entra en contacto con el troquel superior durante la forja puede quedar expuesta. Sin embargo, para reducir la región expuesta de esta porción a la mínima extensión, es deseable exponer la parte central de la porción durante la forja, y cubrir con el elemento de aislamiento térmico la porción restante, excepto la parte central. La temperatura de forja se puede controlar mediante la exposición de la parte central de la porción que entra en contacto con el troquel superior. En los casos de las Figs. 1 y 2, la porción, excepto la parte central descrita anteriormente fuera de la porción que contacta con el troquel superior, corresponde a la parte superior de la cara lateral del elemento para forjar 3, que no contacta al troquel superior 2 antes de comenzar la forja. En la Fig. 1 en la que esta parte superior de la cara lateral no está cubierta con el elemento de aislamiento térmico 4, la deformación plástica de la parte superior es, en cierta medida, distinta de la de la parte inferior que está cubierta con el elemento de aislamiento térmico 4. Si esta diferencia entre las deformaciones es notable, al iniciarse la forja, se producen flujos de material, que son desiguales en las partes superior e inferior del elemento para forjar, en el límite entre la parte superior y la parte inferior de la cara lateral.

Entonces, en la presente invención, preferiblemente se cubre antes de la forja la totalidad de la porción del elemento para forjar que entra en contacto con el troquel inferior, con el elemento de aislamiento térmico de metal, excepto la parte central de la porción que contacta con el troquel superior durante la forja. La superficie del elemento para forjar 3 en la fig. 2 está cubierta con el elemento 4 de aislamiento térmico, a excepción de la parte central de la porción que hace contacto con el troquel superior durante la forja. De este modo, el elemento de aislamiento térmico 4 que ha cubierto toda la región de la cara lateral del elemento para forjar 3 puede cubrir la superficie del material de base forjado a través de los troqueles superior e inferior, también después de que se haya terminado la forja, y se puede lograr que la cavidad del troquel se rellene con el material base. Además, se proporciona un espacio, en el que se forma una rebaba 5, en el exterior de la cavidad del troquel formado por el troquel inferior 1 y el troquel 2 en las Figs. 1 y 2, lo que hace que el interior de la cavidad se rellene con el elemento para forjar 3. Durante la forja, el elemento de aislamiento térmico 4 que cubre el elemento para forjar 3 entra

exclusivamente en el espacio. Una vez que el elemento de aislamiento térmico 4 ha entrado en el espacio, se sella el hueco entre los troqueles superior e inferior, con lo que no queda espacio para que el elemento para forjar escape hacia el exterior de la cavidad, y la operación de llenado descrita anteriormente puede progresar de forma más completa. La altura del espacio (en otras palabras, el ancho del hueco) se establece preferiblemente en 5 mm o menos. La altura se fija más preferiblemente en 4 mm o menos.

(4) El elemento para forjar y el elemento de aislamiento térmico metálico se forjarán integralmente entre sí.

En la forja con troquel impresor, la cavidad del troquel debe rellenarse con el elemento para forjar. Debido a esto, no es eficiente, en el diseño del troquel y también en la capacidad de trabajo, separar un comportamiento del elemento de aislamiento térmico metálico durante la forja de aquel del elemento para forjar. Entonces, en el método de forja con troquel impresor de la presente invención, el elemento para forjar y el elemento de aislamiento térmico metálico se forjarán integralmente entre sí. Además, mediante un diseño del troquel y similares, se puede lograr una forja con troquel impresor en la que el elemento de aislamiento térmico durante la forja no se separe fácilmente en una etapa temprana, y que preferiblemente no se separe hasta que se termina la forja. El grosor del elemento de aislamiento térmico se establece preferiblemente en 2 mm o mayor, desde el punto de vista de evitar la separación descrita anteriormente, así como de mantener un efecto de aislamiento térmico suficiente del elemento para forjar. Sin embargo, si el elemento de aislamiento térmico es excesivamente grueso, se reduce el efecto de moldear una forma semifinal debido a que se reduce la forja con troquel impresor, y el calentamiento previo a la forja también dura un intervalo largo de tiempo. Por consiguiente, el espesor se fija preferiblemente en 10 mm o inferior.

(5) Preferiblemente, el elemento para forjar es una superaleación y el elemento metálico aislante térmico es acero inoxidable.

El método de forja con troquel impresor de la presente invención es una técnica útil para fabricar un componente estructural que requiere tener una resistencia a alta temperatura, en forma semifinal, y de acuerdo con la invención, se usa para fabricar un componente formado a partir de un material de superaleación. En este caso, cuando la superaleación se forma en el elemento para forjar, el elemento de aislamiento térmico que cubre el elemento para forjar es acero inoxidable. La superaleación es una aleación de resistencia a altas temperaturas comúnmente conocida, tal como una aleación de titanio, una aleación mejorada de la misma y similares, además de una aleación basada en hierro, una aleación basada en níquel y una aleación basada en cobalto. El acero inoxidable es el acero SUS que tiene una resistencia a la corrosión mejorada por la adición de aproximadamente el 10% en masa, o más, de cromo y que se especifica en JIS, o un acero mejorado del mismo.

La resistencia a la deformación del acero inoxidable a alta temperatura es menor que la de la superaleación. Debido a esto, durante la forja, el elemento de aislamiento térmico formado a partir del acero inoxidable que tiene una baja resistencia a la deformación no restringe la deformación del elemento para forjar formado a partir de la superaleación, y en consecuencia el elemento para forjar se puede forjar en una forma semifinal requerida sin problemas. Además, el coeficiente de expansión térmica del acero inoxidable es mayor que el de la superaleación, por lo que se produce un espacio apropiado entre el elemento para forjar y el elemento de aislamiento térmico durante el proceso de forja, y el espacio producido forma una capa de aire para mejorar las características de aislamiento térmico. El acero inoxidable austenítico entre los aceros inoxidables es excelente en resistencia a la oxidación a altas temperaturas y es difícil que forme una cascarilla oxidada, lo que es más preferible.

(6) Preferiblemente, el elemento para forjar se forja en forma de disco. El método de forja con troquel impresor de la presente invención es una técnica útil para fabricar un componente estructural que debe tener una resistencia a alta temperatura, en una forma semifinal, y se usa preferiblemente para fabricar, por ejemplo, un disco de turbina de un avión y un generador. En ese caso, para fabricar el disco de turbina descrito anteriormente y similares, es preferible obtener un material de base forjado que tenga una forma semifinal del disco, que se convierte en la base del disco de turbina. Este material de base forjado que tiene la forma del disco está forjado y moldeado por el troquel superior 2 y el troquel inferior 1, mientras que el límite está generalmente el centro en la dirección de su espesor, como se ilustra en las Figs. 1 y 2. Durante la forja, una gran área entra en contacto con el troquel inferior 1, y en consecuencia se ejerce de manera notable un efecto de prevención de la pérdida de calor de la presente invención.

(7) El método de fabricación de un artículo forjado incluye el tratamiento térmico de un material de base forjado obtenido mediante el método de forja con troquel impresor descrito anteriormente, a temperaturas no inferiores a la temperatura de recristalización.

El material de base que ha sido forjado con troquel impresor tiene una estructura con granos de cristal más finos que la de un material de base fundido, debido a la recristalización durante la forja. Después de la etapa de forjado, el material de base forjado suele someterse a un tratamiento térmico para impartir las características mecánicas necesarias a un producto final. Específicamente, el tratamiento térmico es el enfriamiento brusco o el tratamiento con solución, y el tratamiento térmico se combina con el tratamiento térmico con temple o envejecimiento. Dicho tratamiento térmico se lleva a cabo para ajustar la estructura hasta una estructura fina óptima. Además, antes y / o después de una serie de estas etapas de tratamiento térmico, el material de base forjado se mecaniza y se ajusta para que tenga la forma de un producto final.

En el caso del material de base forjado obtenido de acuerdo con la presente invención, en una parte que no ha sido cubierta con el elemento de aislamiento térmico, puede haber precedido en cierto grado la disminución de la temperatura durante la forja, la recristalización puede no haber progresado lo suficiente allí, y los granos de cristal pueden hacerse ligeramente bastos. Sin embargo, cuando el material de base forjado se calienta a una temperatura no inferior a la de recristalización, la recristalización avanza y los granos de cristal se pueden controlar para que sean finos. En el método de forja, la porción que entra en contacto con el troquel inferior durante la forja está aislada térmicamente, por lo que no se produce una gran diferencia (gradiente) de temperatura entre cada una de las porciones durante la forja. Por consiguiente, los tamaños de los granos de cristal descritos anteriormente después del calentamiento se pueden igualar casi en toda la región del material base, y se obtienen excelentes características mecánicas. Dicho tratamiento térmico puede servir como el tratamiento térmico descrito anteriormente, que generalmente se realiza para el material de base forjado después de la forja.

Si, de acuerdo con una forma de realización no reivindicada, el elemento para forjar es, por ejemplo, un material metálico austenítico o cuando de acuerdo con la presente invención, el elemento para forjar es una superaleación, por ejemplo, el tratamiento térmico es un tratamiento con solución. Si, de acuerdo con otra forma de realización no reivindicada, el elemento para forjar es un material de metal martensítico, el tratamiento térmico es enfriamiento brusco. El material de base forjado puede ajustarse para tener la estructura óptima del producto al ser sometido al tratamiento térmico de envejecimiento o al temple después del tratamiento térmico. Además, antes y / o después de una serie de estas etapas de tratamiento térmico, el material de base forjado se puede mecanizar, como se ha descrito anteriormente.

### 20 Ejemplo 1

Se produjo un material de base forjado que tiene una forma de disco mediante forja con troquel impresor. En primer lugar, se preparó una superaleación (% en masa, 0,05% C, 19,5% Cr, 4,25% Mo, 13,5% Co, 1,3% Al, 3,0% Ti y siendo el resto Ni) que tenía una forma de columna con un diámetro de 150 mm y una altura de 162 mm para que se forjara un elemento. Se utilizó acero inoxidable SUS304 para un elemento de aislamiento térmico que cubría el elemento para forjar. Se preparó el elemento de aislamiento térmico que tenía dos tipos de formas de copa que eran tubos con un diámetro interior ligeramente mayor de 150 mm, longitudes de entre 162 mm y 81 mm, y un espesor de 5 mm, y tenían un disco con un espesor de 5 mm soldado en cada una de las partes inferiores.

A continuación, los elementos a forjar descritos anteriormente se almacenaron en los elementos metálicos de aislamiento térmico que tienen las respectivas formas de copa (Ejemplo 1 de la presente invención). El elemento para forjar en el estado cubierto de este modo se insertó en un horno de calentamiento, y se elevó la temperatura a 1.050 °C, que era una temperatura de forja. Después de elevar la temperatura, se midió con un termómetro de radiación la temperatura en la cara superior del elemento para forjar que no se había cubierto con el elemento de aislamiento térmico, y se confirmó que la temperatura del elemento para forjar había alcanzado la temperatura de forja. La temperatura del elemento para forjar se mantuvo durante un intervalo fijo de tiempo desde el momento en que se monitorizó la temperatura, y después se sacó el elemento para forjar del horno de calentamiento.

El elemento para forjar extraído se colocó en el troquel inferior que se había posicionado en un martillo de lanzamiento de 12.5 toneladas. Después, se llevó a cabo la forja con troquel impresor mediante el martillo de forja sobre el elemento para forjar posicionado con un troquel superior alternativo de acuerdo con cada aspecto de las Figs. 1 y 2, y se produjo un material de base forjado con forma de disco (donde la altura del espacio en el que se formó la rebaba 5 se fijó en 3 mm). En este momento, un primer golpe debería presionar el elemento para forjar posicionado en un grado tal que empuje ligeramente el elemento para forjar con martillo posicionado con el fin de alinear el núcleo (centrado) del elemento para forjar con respecto a la cavidad del troquel, pero en el aspecto de la Fig. 2, la parte superior del elemento para forjar, después del primer golpe pasó un estado que sobresalía ligeramente del borde superior de la copa del elemento de aislamiento térmico. Después del segundo golpe, a medida que avanzaba el prensado del elemento para forjar, la parte media del elemento para forjar sobresalía y se deformaba en forma de barril, y el elemento de aislamiento térmico también se deformó para seguir la forma del elemento para forjar. La temperatura del elemento para forjar se monitorizó durante la forja en una parte que existía en una extensión tal que era golpeada por el troquel superior y no se cubrió con el elemento de aislamiento térmico. Al final de la forja, el elemento de aislamiento térmico que era más blando que el elemento para forjar no se exfolió, una parte del elemento de aislamiento térmico se liberó hacia el exterior de la cavidad como rebaba, y el interior de la cavidad entre el troquel superior y el troquel inferior se rellenó con el elemento para forjar. Entonces, se retiró el elemento de aislamiento térmico y se pudo producir un material de base forjado con una forma de disco con forma semifinal.

Por otra parte, también se preparó un elemento para ser forjado en un estado original de no estar cubierto con el elemento de aislamiento térmico (Ejemplo comparativo 1). El elemento para forjar se calentó de una manera similar a la anterior, y se forjó de acuerdo con cada uno de los aspectos de las Figs. 1 y 2. La temperatura del elemento para forjar durante la forja se controló en una parte que fue golpeada por el troquel superior. Al final de la forja, solo una parte del elemento para forjar se liberó hacia el exterior de la cavidad como rebaba, y el interior de la cavidad entre el troquel superior y el troquel inferior se rellenó con el elemento para forjar. La operación descrita anteriormente produjo un material de base forjado que tiene una forma de disco de forma semifinal.

Los materiales de base forjados descritos anteriormente que se produjeron de acuerdo con los aspectos de las Figs. 1 y 2 se sometieron a una inspección penetrante de forja visible, y se verificó la presencia o ausencia de la aparición de una grieta en la superficie. Como resultado, en el Ejemplo 1 de la presente invención, la grieta de la superficie no se encontró en una porción que estaba cubierta con el elemento de aislamiento térmico y que incluía la porción que entró en contacto con el troquel inferior durante la forja. La grieta de la superficie no se encontró tampoco en la parte que no estaba cubierta con el elemento de aislamiento térmico, en otras palabras, en una parte de la porción que entró en contacto con el troquel superior durante la forja, y se pudo obtener una superficie adecuada. Por otra parte, en el Ejemplo comparativo 1 que no usó el elemento de aislamiento térmico, la grieta de la superficie se produjo en la parte que contactó con el troquel inferior durante la forja.

Además, los materiales de base forjados descritos anteriormente se sometieron a un tratamiento en solución de calentar el material de base forjado a aproximadamente 1.025 °C, manteniendo los materiales de base forjados calentados durante 4 horas y enfriando con aceite los materiales de base forjados resultantes. Luego, se evaluaron los tamaños de los granos de cristal en las estructuras tras el tratamiento térmico. Las porciones en las que se observaron las estructuras eran tres porciones A, B y C en una sección transversal longitudinal de la forma del disco ilustrada en la Fig. 3, y que eran posiciones medias hacia el centro desde la superficie, respectivamente. Los tamaños de los granos de cristal se evaluaron sobre la base de un número de tamaño de grano de cristal según ASTM E112 (cuanto mayor es el número, más fino es el tamaño). Los resultados se muestran en la Tabla 1 y la Fig. 4.

[Tabla 1]

Posición observada	Número de tamaño del grano de cristal		
	Porción A	Porción B	Porción C
Ejemplo 1 de la presente invención (con recubrimiento)	6,5	6,5	6,5
Ejemplo comparativo 1 (sin recubrimiento)	6,5	4,5	7,5

De acuerdo con la Tabla 1 y la Fig. 4, los tamaños de grano cristalino del artículo forjado en el Ejemplo 1 de la presente invención fueron finos y uniformes en todas las porciones después del tratamiento con solución.

Por otro lado, en el artículo forjado en el Ejemplo comparativo 1 que no usó el elemento de aislamiento térmico, los granos de cristal eran más grandes en una porción del artículo forjado que los del ejemplo de la presente invención, y los tamaños de grano de cristal no eran uniformes desde la parte central hacia la parte periférica exterior, debido a un gran gradiente de temperatura generado en el elemento para forjar durante la forja.

**Ejemplo 2**

Se produjo un material de base forjado que tiene una forma de disco del Ejemplo 2 (con recubrimiento) de la presente invención de acuerdo con las condiciones de forjado del Ejemplo 1, excepto en que se usó una superaleación (en % en masa, 0,03% C, 19% Cr, 53% Ni, 3% de Mo, 0,5% de Al, 0,8% de Ti y siendo el resto Fe) para un elemento para forjar, y en que se fijó una temperatura de forjado a 980 °C. Como resultado, en cuanto al material de base forjado del Ejemplo 2 de la presente invención, la temperatura del elemento durante la forja se mantuvo alta y uniforme, se evitó la disminución local de la deformación plástica y el interior de la cavidad entre el troquel superior y el troquel inferior estaban suficientemente rellenos con el elemento para forjar. No se encontró grieta superficial en el material de base forjado del Ejemplo 2 de la presente invención.

Además, se evaluaron los tamaños de los granos de cristal en la estructura en un estado previo a este tratamiento térmico. El procedimiento de evaluación es el mismo que en el Ejemplo 1. Los resultados se muestran en la Tabla 2 y en la Fig. 5. En el material de base forjado en el Ejemplo 2 de la presente invención, los tamaños de grano de cristal eran finos en todas las porciones, y la uniformidad también era adecuada.

[Tabla 2]

Posición observada	Número de tamaño del grano de cristal		
	Porción A	Porción B	Porción C
Ejemplo 2 de la presente invención (con recubrimiento)	10	10	12

**Ejemplo 3**

Se produjo un material de base forjado con una forma de disco del Ejemplo 3 (con recubrimiento) de la presente invención de acuerdo con las condiciones de forjado del Ejemplo 1, excepto en que se usó una aleación de titanio (en% en masa, 6% de Al, 4% de V y siendo el resto Ti) para un elemento para forjar, y en que se fijó la temperatura



de forjado a 950 °C. Como resultado, en cuanto al material de base forjado del Ejemplo 3 de la presente invención, el interior de la cavidad entre el troquel superior y el troquel inferior se rellenó con el elemento para forjar. No se encontró grieta superficial en el material de base forjado del Ejemplo 3 de la presente invención.

- 5 Además, se evaluaron los tamaños de los granos de cristal en la estructura en un estado previo a este tratamiento térmico. Las porciones en las que se observaron las estructuras eran tres porciones A, B y C ilustradas en la Fig. 3, que eran las mismas que en el Ejemplo 1. El resultado se muestra en la Fig. 6. El material de base forjado en el Ejemplo 3 de la presente invención tenía granos finos de cristal con un número de tamaño de grano de cristal de alrededor de 10 en todas las porciones, y también tenía una uniformidad adecuada de los granos de cristal.

**Aplicabilidad industrial**

- 10 La presente invención se puede aplicar preferiblemente a un método para obtener un material de base forjado que tiene una forma de disco semifinal, y se puede aplicar también a la fabricación de un material de base forjado con troquel impresor cuya forma es asimétrica entre y los lados inferiores y / o entre los lados derecho e izquierdo. Además, la presente invención se puede aplicar a la fabricación de un producto forjado que se obtiene mediante tratamiento térmico y mecanizado de los materiales de base.

15 **Lista de signos de referencia**

- |    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 1  | Troquel inferior                |
| 2  | Troquel superior                |
| 3  | Elemento para forjar            |
| 4  | Elemento de aislamiento térmico |
| 20 | 5 Rebaba                        |

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de forja con troquel impresor, que comprende: colocar un elemento para forjar calentado (3) sobre un troquel inferior (1); y forjar con martillo el elemento para forjar (3) con un troquel superior alternativo, en donde el método comprende además cubrir, una porción completa del elemento para forjar (3) con un elemento metálico de aislamiento térmico (4) que incluye la porción total del elemento para forjar que contacta el troquel inferior antes de la forja, pero exceptuando al menos una parte de una porción que entra en contacto con un troquel superior durante la forja, y luego forjar el elemento para forjar integralmente con el elemento metálico de aislamiento térmico,
- 5
- caracterizado por que:
- 10 - el elemento para forjar es una superaleación y el elemento metálico de aislamiento térmico es acero inoxidable, y
- el control de la temperatura del elemento para forjar se lleva a cabo a través de una porción expuesta del elemento para forjar donde se ha omitido el elemento de aislamiento térmico.
2. El método de forja con troquel impresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la totalidad de la porción del elemento para forjar que contacta con el troquel inferior se cubre, antes de forjar, con el elemento metálico de aislamiento térmico, excepto por una parte central de la porción que entra en contacto con el troquel superior durante la forja.
- 15
3. El método de forja con troquel impresor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el elemento para forjar (3) se forja en forma de disco.
4. Un método de fabricación de un artículo forjado, que comprende tratar térmicamente un material de base forjado obtenido por el método de forja con troquel impresor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, a temperaturas no inferiores a la temperatura de recristalización.
- 20
5. El método de fabricación del artículo forjado según la reivindicación 4, en el que dicho tratamiento térmico tras la forja, es un tratamiento con solución.

FIG.1

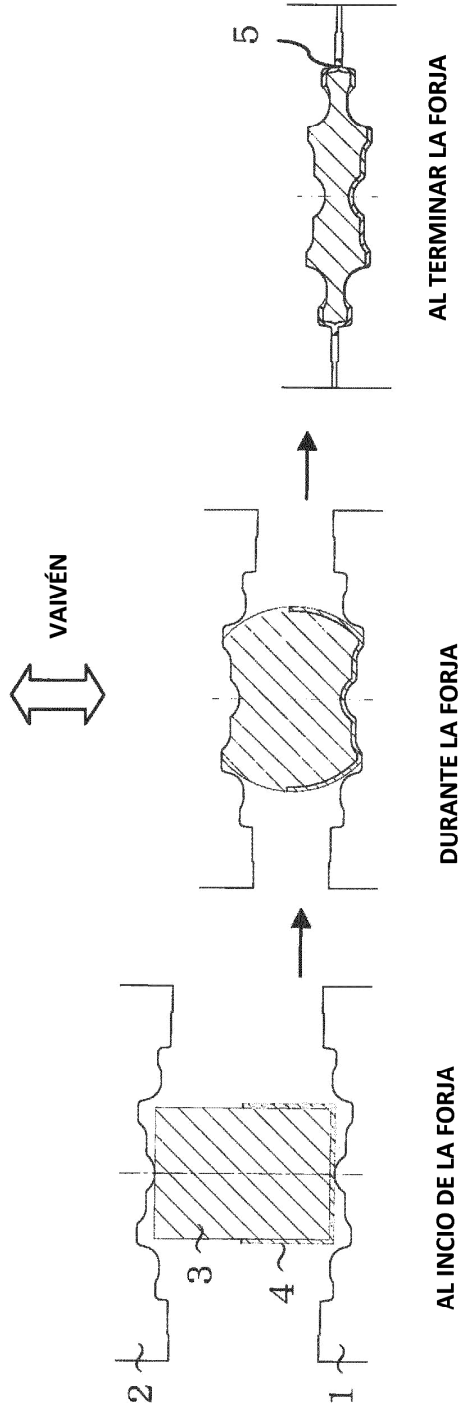


FIG.2

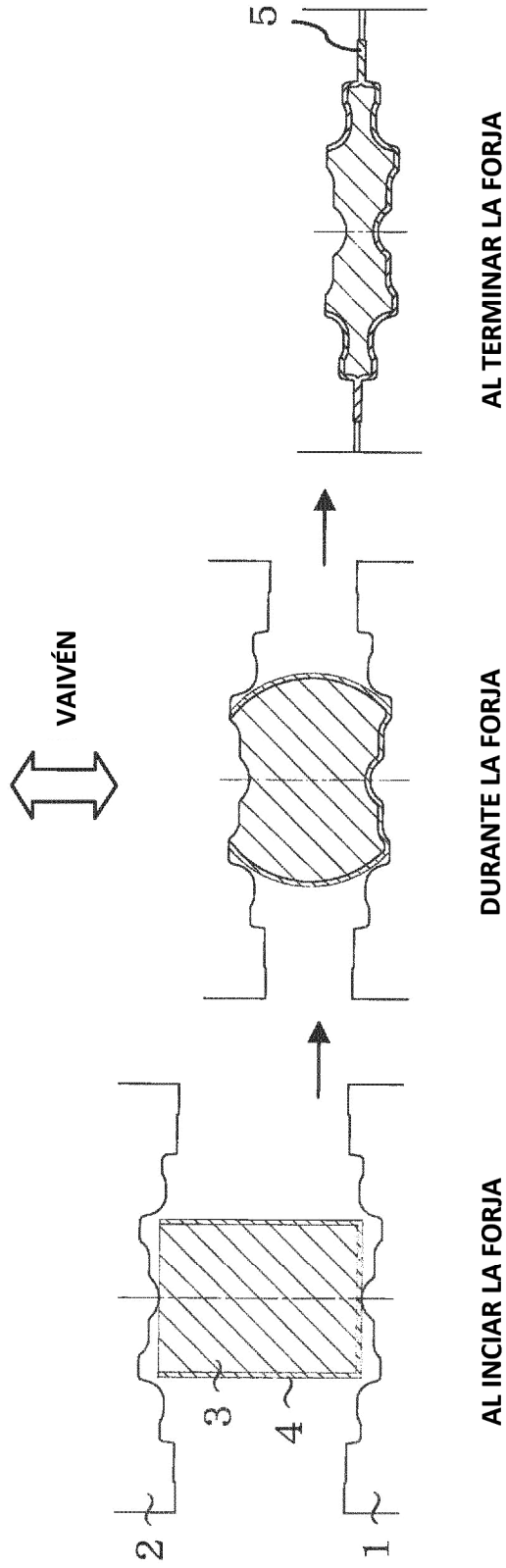


FIG.3

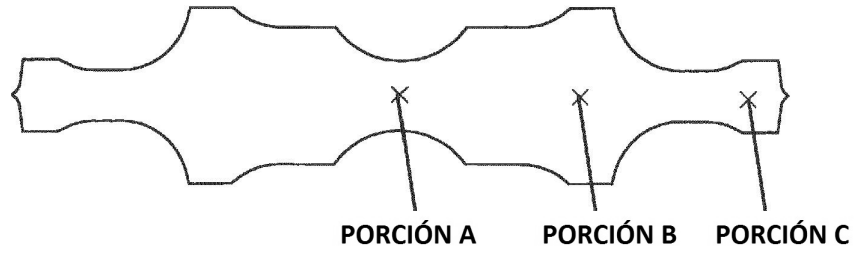
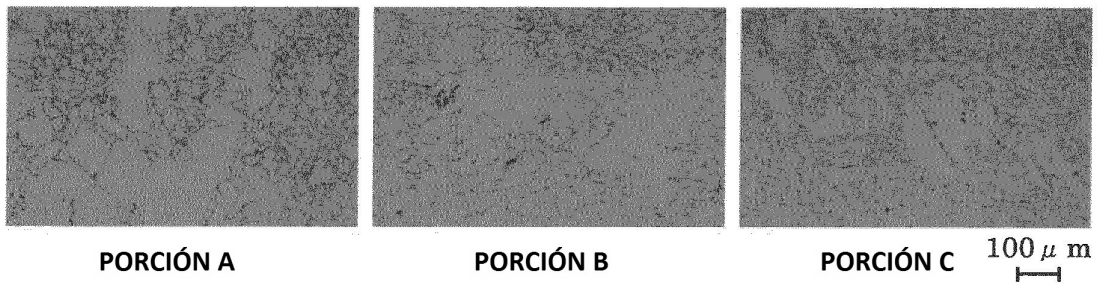
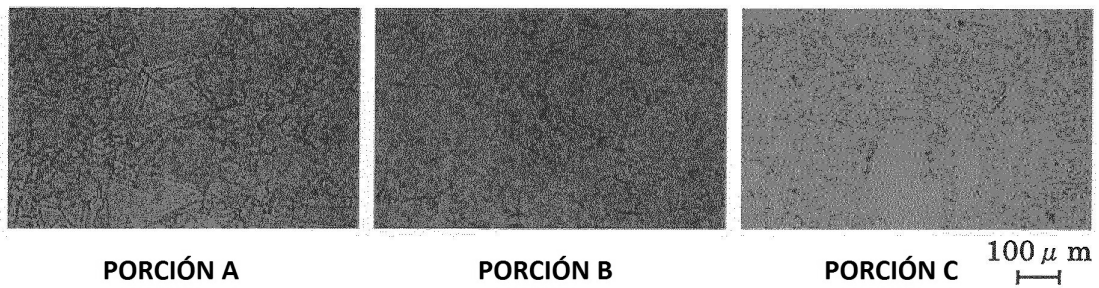


FIG.4

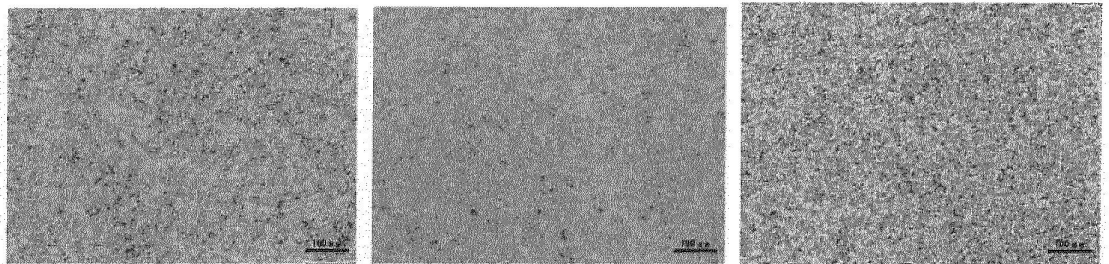


EJEMPLO 1 DE LA PRESENTE INVENCION (CON RECUBRIMIENTO)



EJEMPLO 1 COMPARATIVO (SIN RECUBRIMIENTO)

**FIG.5**



**PORCIÓN A**

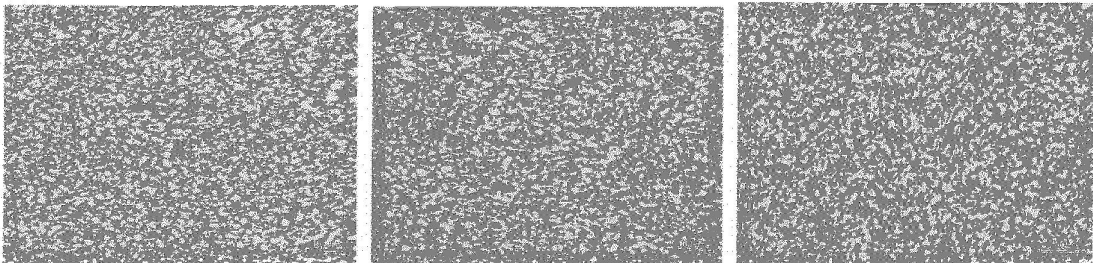
**PORCIÓN B**

**PORCIÓN C**

**100  $\mu$  m**

**EJEMPLO 2 DE LA PRESENTE INVENCIÓN (CON RECUBRIMIENTO)**

**FIG.6**



**PORCIÓN A**

**PORCIÓN B**

**PORCIÓN C**

**100  $\mu$  m**

**EJEMPLO 3 DE LA PRESENTE INVENCIÓN (CON RECUBRIMIENTO)**