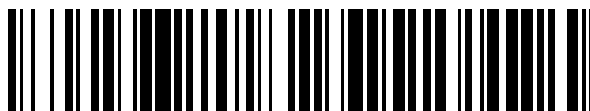


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 570**

51 Int. Cl.:

B21J 5/00 (2006.01)

B21J 5/08 (2006.01)

B21J 5/10 (2006.01)

B21K 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.12.2012 PCT/IB2012/057749**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013 WO13098771**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2012 E 12818629 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2797705**

54 Título: **Un método para la fabricación de ejes huecos**

30 Prioridad:

30.12.2011 IN 3714MU2011

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

07.05.2018

73 Titular/es:

**BHARAT FORGE LIMITED (100.0%)
Mundhwa, Pune Cantonment,
Pune 411036 MAH, IN**

72 Inventor/es:

KALYANI, BABASAHEB NEELKANTH

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 666 570 T3

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

DESCRIPCIÓN

Un método para la fabricación de ejes huecos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para fabricar ejes huecos a partir de lingotes o tochos solidos de manera que da como resultado una utilización más eficaz de la materia prima y la mejora de las propiedades mecánicas y el rendimiento de los ejes así producidos.

Antecedentes de la invención

Se requieren ejes huecos en muchas industrias. La mayoría de los fabricantes de ejes huecos usan técnicas de perforación para formar los ángulos anulares de los ejes huecos.

10 Muchas industrias, incluida la industria de la energía eólica, usan ejes huecos. Estos ejes huecos que se usan en cajas de engranajes típicamente están sujetos a elevadas cargas estáticas y dinámicas.

Durante muchas décadas estos componentes se han fabricado utilizando procesos de fabricación convencionales en los que el tocho de colada continua (concast) o lingote de fundición se somete a un proceso de forjado que da como resultado barras forjadas seguidas de mecanizado de prueba, tratamiento térmico y mecanizado final.

15 Sin embargo, el método de fabricación convencional da como resultado un gran tiempo de mecanizado y un bajo rendimiento. Esto da como resultado un considerable desperdicio de materia prima durante la producción en masa.

El método existente para fabricar estas piezas está utilizando un lingote poligonal/redondo o tocho sin o con un mínimo de trabajo en caliente como entrada. El mecanizado incluye torneado OD, acabado y revestimiento; perforación profunda; taladrado, escareo seguido de tratamiento térmico y mecanizado final.

20 En pocas palabras, el método de fabricación existente es una combinación de la formación de una barra forjada a partir de un tocho de concast o un lingote de fundición seguido de mecanizado. Se ha encontrado que el proceso existente da como resultado aproximadamente el 50% de utilización de material (lo que conduce a aproximadamente un 50% de desperdicio de material desde el momento de la formación de un tocho/lingote hasta la fabricación de la pieza mecanizada).

25 La fabricación de invenciones relacionadas con ejes huecos se informa en la técnica anterior. Se menciona a continuación.

La patente de los Estados Unidos US20030221514A1 describe un método para fabricar un eje hueco con miembros de transmisión de potencia tales como levas o ejes de levas, engranajes de corona del eje de engranajes o muñones de cigüeñal dispuestos uno detrás del otro en una dirección axial, estando configurados los miembros de transmisión de potencia para que sean al menos huecos.

30 La patente de Estados Unidos 6062116 describe el método de fabricación de eje hueco y mandril para sujetar la pieza en bruto de eje hueco cilíndrico. El eje hueco se fabrica definiendo un orificio pasante axialmente en una pieza en bruto de eje para producir una pieza en bruto de eje hueco cilíndrico, insertando un mandril en el orificio pasante de la pieza en bruto de eje hueco, sujetar los extremos opuestos del mandril concéntricamente con el orificio pasante, y girar la pieza en bruto de eje hueco alrededor de su propio eje mientras corta una superficie circunferencial exterior de al menos un extremo de la pieza en bruto de eje hueco concéntricamente con el orificio pasante para formar una superficie circunferencial exterior de referencia en al menos un extremo de la pieza en bruto de eje hueco.

40 La patente de Estados Unidos 4425774 describe un aparato para forjar por extrusión que comprende esencialmente una prensa hidráulica de doble acción compuesta por un pistón interior.

45 La forja por extrusión de un lingote se lleva a cabo colocando el lingote en un contenedor e insertando un golpe en el contenedor, forzando así el lingote a través de la matriz. Después de la forja por extrusión, el punzón se eleva a un nivel prescrito y se mantiene allí y el contenedor se eleva posteriormente. Dado que la parte no deformada del lingote se fija rápidamente al contenedor, el contenedor ascendente arrastra la parte extruida del lingote fuera de la matriz y, al mismo tiempo, lleva la parte no deformada del lingote a una poderosa colisión con el punzón y consecuentemente saca el producto forjado por extrusión del contenedor.

50 La patente de Estados Unidos 4803880 describe un proceso para forjar artículos alargados huecos a partir de superaleaciones y aleaciones de titanio. El proceso emplea material preacondicionado que tiene baja resistencia y alta ductilidad. El proceso se realiza en una prensa de forjado y tiene un paso inicial que convierte una preforma en una forma intermedia mediante un movimiento de presión que produce un flujo radial de la pieza de trabajo hacia afuera. La geometría del punzón de presión se cambia y la operación continúa con un flujo radial hacia adentro alrededor de un mandril.

La patente de los Estados Unidos US7360388B2 divulga un artículo escalonado hueco formado a partir de una pieza en bruto sólida para reducir el costo del material, y se evita el agrietamiento en una porción escalonada de gran diámetro cuando una parte de la pieza elemental se deforma por su expansión radial. Un eje hueco escalonado se forma sosteniendo una parte superior y una parte inferior axialmente de una pieza en bruto sólida con una matriz superior y una inferior, respectivamente, que tienen un rebaje escalonado de gran diámetro en una región donde se oponen entre sí; comprimir la pieza en bruto de ambos lados axialmente opuestos con un punzón superior e inferior, cada uno de los cuales tiene un diámetro menor que la pieza en bruto, extruyendo así la pieza en bruto de manera que se forma un hueco axial en su eje en cada una de sus partes superior e inferior y que una parte de la pieza en bruto opuesta al rebaje escalonado de gran diámetro se expande en diámetro y se deforma en ese hueco mientras deja una porción sólida como un tapón entre los punzones; y a partir de entonces, mover adicionalmente de forma compresiva uno de los punzones para cortar la parte sólida en forma de tapón y forzarla a salir de la pieza en bruto, por lo que la pieza bruta se forma con una porción escalonada de gran diámetro por deformación que se expande radialmente en una región intermedia entre sus extremos opuestos o en uno de estos extremos y con un hueco axial continuo alrededor de su eje.

La revisión crítica de la técnica anterior revela brechas tecnológicas como la falta de modificación del proceso de fabricación, la falta de optimización del trabajo de mecanizado, la falta de utilización del material, la falta de implementación de la técnica de fabricación virtual para la optimización del proceso de los ejes huecos.

Con el método de fabricación convencional, que da como resultado un gran tiempo de mecanizado y un rendimiento deficiente, se desperdicia una materia prima sustancial durante la producción en masa de dichos componentes.

Además, los métodos existentes, que no implican reducción o reducción mínima por trabajo en caliente, no dan como resultado propiedades de material superiores requeridas para el despliegue en aplicaciones de alta potencia.

Otra limitación importante de los métodos existentes surge del hecho de que los ejes huecos considerados tienen pasos en el orificio que implica múltiples diámetros. Se sabe que tales orificios de pasos múltiples pueden producirse mediante el mecanizado solamente y, por lo tanto, no pueden proporcionar flujo de grano continuo a lo largo del contorno del orificio. Esta es una de las razones principales por las cuales los ejes huecos producidos usando los métodos actuales carecen de características de flujo de grano y propiedades mecánicas superiores.

Por lo tanto, existe la necesidad de proporcionar métodos alternativos de diseño y fabricación de ejes huecos, que impliquen tecnología de conformado próximo a la forma final, lo que daría como resultado características de flujo de grano superiores y propiedades mecánicas y daría como resultado una utilización más eficaz de la materia prima.

Objetos de la invención

En consecuencia, un objeto de la presente invención es proporcionar un método de fabricación de ejes huecos para ser usados en componentes de caja de engranajes desplegados en aplicaciones de energía eólica.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método para optimizar el tocho de concast o un lingote redondo fundido para hacerlo adecuado para su uso en un proceso de tecnología de forjado próximo a la forma final. Otro objeto de la invención es proporcionar un proceso de tecnología de forjado próximo a la forma final para la fabricación de ejes huecos a fin de mejorar la utilización del material desde las etapas de fabricación de la forja hasta la prueba.

Otro objeto más de la invención es proporcionar ejes huecos de flujo de grano denso mejorado, y resistencia a través del forjado, seguido de etapas de normalización, endurecimiento y doble revenido antes del mecanizado a prueba seguido de un alivio del estrés.

Estos objetos se logran mediante el método de la reivindicación 1.

Lista de partes

1. Tocho de concast o lingote
2. Diámetro central
3. Eje hueco próximo a la forma final
4. Eje hueco terminado

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra un diagrama de flujo para un proceso convencional típico de fabricación de eje hueco.

La figura 2a muestra el diagrama de flujo para el proceso de la presente invención usado para tochos de concast de forma rectangular.

La figura 2b muestra el diagrama de flujo para el proceso de la presente invención usado para lingotes redondos en colada.

La figura 2c muestra el eje próximo a la forma final después de usar el punzón.

5 La figura 3 muestra las etapas simuladas, forjadas y mecanizadas a prueba del eje hueco fabricado usando el proceso de la presente invención.

Resumen de la invención:

10 La presente invención describe un método para fabricar un eje hueco próximo a la forma final útil para aplicaciones de alta potencia tales como cajas de engranajes para la industria de la energía eólica. El método implica proporcionar un tocho de concast (de una sección transversal redonda o rectangular o de cualquier sección transversal poligonal) o un lingote redondo fundido a partir del cual se prepara una preforma hueca utilizando perforación de matriz hueca, seguido de un proceso de tratamiento térmico, prueba de mecanizado y alivio de estrés.

Descripción detallada de la invención:

15 La presente invención es aplicable para fabricar cualquier componente de eje hueco que se use en una variedad de industrias, particularmente aquellas requeridas en la industria de energía eólica y otras industrias en las que se usan cajas de engranajes de transmisión de alta potencia. La presente descripción se proporciona sobre la base de los ejes huecos que se usan en la industria de la energía eólica.

Es evidente a partir del diagrama de flujo que se muestra en la figura 1 que los procesos existentes de fabricación de ejes huecos normalmente implican los siguientes pasos:

- 20
- Proporcionar un lingote de fundición o tocho (1) de concast, típicamente de forma redonda
 - Realización de torneado OD, acabado y revestimiento
 - Realización de perforación profunda
 - Taladrado y escareo para proporcionar un agujero (2) central
 - Proporcionar tratamiento térmico
- 25
- Realización de mecanizado final

30 Es evidente a partir de la figura 1 que, para conseguir la forma final del eje hueco, se realiza un orificio (2) central a través de la longitud de la pieza de trabajo. Esto da como resultado el corte a través del flujo de grano natural de la pieza de trabajo forjada, lo cual es perjudicial para la resistencia del material. Como se discutió en la sección de antecedentes, se ha observado que los procesos actuales de fabricación de ejes huecos no implementan técnicas de forjado próximos a la forma final en el proceso de fabricación, lo que significa que estos procesos no dan como resultado una estructura de granos reconocible en los componentes. Aunque estos componentes normalmente cumplen con la resistencia y otros requisitos mecánicos, los factores adicionales de seguridad requeridos en las aplicaciones de alta estatura son a menudo difíciles de lograr con cualquier consistencia.

35 Las figuras 2a, 2b y 2c muestran diagramas de flujo del proceso de la presente invención para hacer ejes huecos. El proceso de la presente invención comienza con la provisión de un tocho de concast de transmisión o un lingote (1) redondo de fundido con relaciones de reducción especificadas. Las proporciones de reducción deben ser superiores a tres para lingotes redondos y superiores a cinco para tochos de fundición de concast. Esto es para cumplir con los requisitos de limpieza microscópica y macroscópica, finura del tamaño de grano, propiedades mecánicas.

El proceso de la presente invención comprende los siguientes pasos:

- 40
- Proporcionar un tocho de concast (objeto de entrada) de sección transversal rectangular
 - Calentamiento en un horno
 - Recalcado a una altura intermedia
 - Dibujando a un diámetro intermedio
 - Proporcionar calefacción de refuerzo
- 45
- Recalcado en una matriz hueca a la altura final de la preforma
 - Perforación en una matriz hueca para producir un eje (3) hueco próximo a la forma final

- Proporcionar tratamiento térmico para llevar a cabo la normalización, el endurecimiento y el doble revenido
 - Mecanizado de prueba (torneado OD, acabado y revestimiento, taladrado y escareo) para producir el eje (4) hueco de forma final
 - Aliviar el estrés
- 5 En el caso en el que el tocho de concast o lingote sea redondo en sección transversal, el proceso de la presente invención comprende los siguientes pasos:
- Proporcionar un tocho de concast o un lingote de fundición (objeto de entrada) de sección (1) transversal redonda
 - Calentamiento en un horno
 - Dibujando a un diámetro intermedio
- 10
- Recalcado a una altura intermedia
 - Proporcionar calefacción de refuerzo
 - Dibujando al diámetro alcanzado después del paso de dibujo anterior
 - Proporcionar calefacción de refuerzo si es necesario
 - Recalcado en una matriz hueca a la altura final de la preforma
- 15
- Perforación en una matriz hueca para producir un eje (3) hueco próximo a la forma final
 - Proporcionar tratamiento térmico para llevar a cabo los pasos de normalización, endurecimiento y templado
 - Mecanizado de prueba (torneado OD, acabado y revestimiento, taladrado y escareo) para producir la forma final del eje (4) hueco
 - Aliviar el estrés
- 20 Se observan las siguientes ventajas del proceso de la presente invención sobre los métodos existentes:
1. El peso del objeto de entrada justo al comienzo del proceso se reduce significativamente en comparación con el utilizado en un proceso convencional.
 2. El tiempo de mecanizado se reduce (en comparación con un proceso existente) en aproximadamente 40-45%.
 3. El flujo de grano del producto final resultante del proceso de la invención es mucho mejor en comparación con los procesos de fabricación existentes. Esto da como resultado una mejor microestructura y propiedades mecánicas.
 4. Los factores de seguridad en forma de resistencia y propiedades mecánicas de los productos son mucho más altos y consistentes en todos los productos que los procesos existentes, que se requieren en aplicaciones de alta participación, y que a menudo son difíciles de lograr con cualquier consistencia en el caso de los procesos existentes.
- 25
- 30 Con un enfoque de simulación iterativa, se evaluaron numerosos conceptos de fabricación para la forja próxima a la forma final a la red para optimizar la geometría próxima a la forma final y el proceso de fabricación utilizando técnicas de fabricación virtuales. El proceso de forjado también se optimizó utilizando la simulación 3D de flujo de metal y el proceso de mecanizado se optimizó utilizando la simulación CAM. En base a los resultados de la simulación, se desarrolló una metodología de fabricación óptima para fabricar componentes tales como ejes huecos
- 35 utilizados en aplicaciones, por ejemplo, cajas de engranajes para energía eólica.
- Es importante comprender la importancia de la optimización próxima a la forma final. Muchas formas próximas a la forma final son posibles como punto de partida para producir un componente dado. Sin embargo, la forma final del componente y el tipo y tamaño de la herramienta pueden hacer que muchas de las formas próximas a la forma final sean virtualmente imposibles de usar. Por lo tanto, la optimización próxima a la forma final busca llegar a esa forma próxima a la forma final que proporcionará el menor desperdicio de material y también logrará un mecanizado más rápido al llegar al componente final. El presente proceso incorpora el paso de tal optimización próxima a la forma final a través de la forja.
- 40
- Otro aspecto clave de la presente invención es que el proceso de forjado próximo a la forma final se diseña usando una combinación de recalcado y estiramiento usando matrices planas, y recalcando y perforando adicionalmente
- 45 utilizando matrices huecas para proporcionar una entrada próxima a la forma final al mecanizado de prueba. La figura 3 muestra las etapas simuladas, forjadas y mecanizadas a prueba del eje hueco fabricado usando el proceso de la presente invención.

Debe observarse que, en el proceso de la presente invención, la forja próxima a la forma final se realiza mediante cualquier equipo de forjado adecuado, por ejemplo, una prensa hidráulica. El componente resultante se trata con calor para lograr la microestructura y las propiedades mecánicas requeridas.

5 El componente tratado térmicamente se mecaniza a prueba usando un equipo de mecanizado adecuado y se le aplica un alivio de tensión. El proceso de alivio de tensión ayuda a eliminar las tensiones inducidas durante el mecanizado de prueba.

Las principales ventajas de la presente invención son las siguientes,

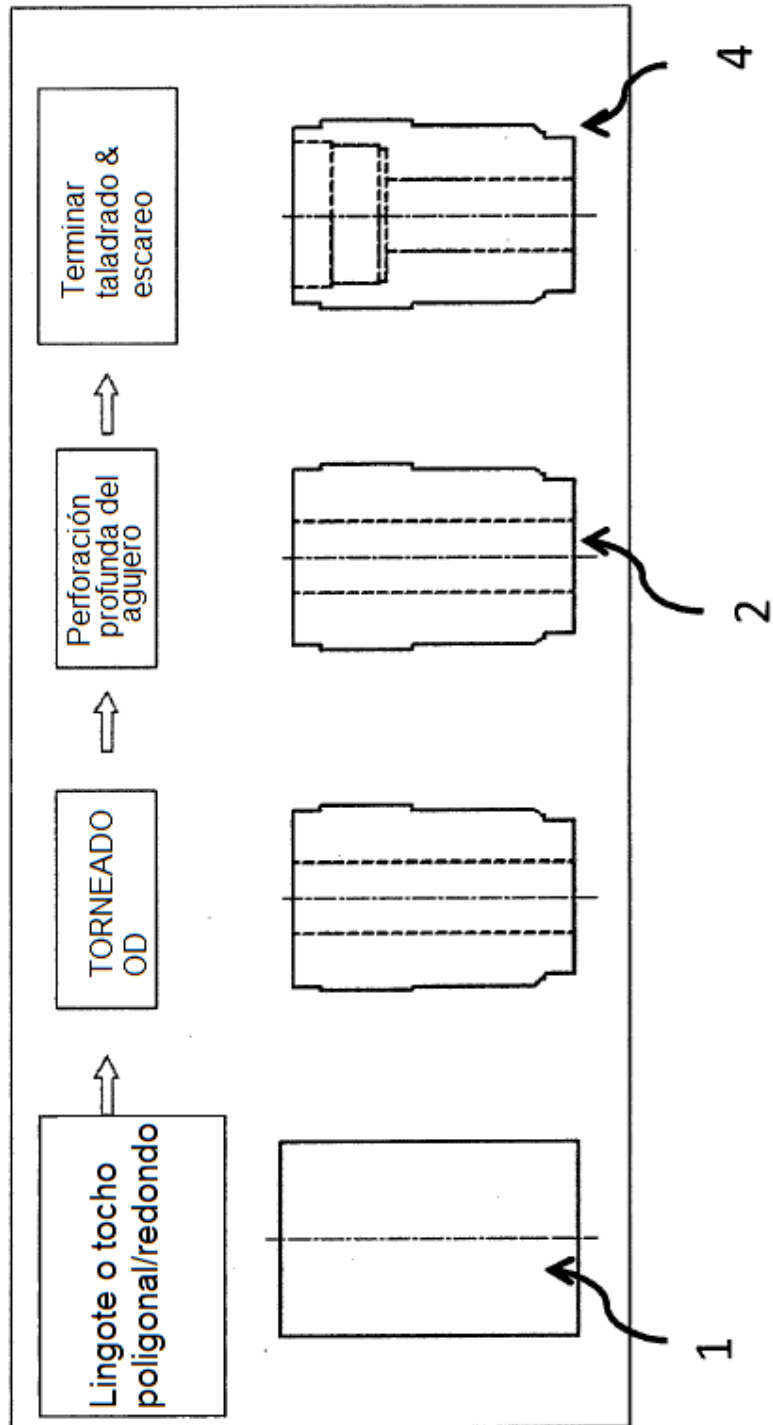
1. Reducción en el peso de entrada
2. La productividad de la fabricación se mejoró sustancialmente
- 10 3. El tiempo de mecanizado se redujo en un 41%.

15 Aunque la descripción anterior contiene mucha especificidad, estos no deben interpretarse como una limitación en el alcance de la invención, sino más bien como una ejemplificación de las realizaciones preferidas de la misma. Debe tenerse en cuenta que las modificaciones y variaciones son posibles en base a la descripción dada anteriormente sin apartarse del alcance de la invención. Por consiguiente, el alcance de la invención debería determinarse no mediante las realizaciones ilustradas, sino mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para fabricar ejes huecos a partir de un objeto de entrada para uso en las cajas de engranajes de aplicaciones de energía eólica, caracterizado porque dicho método comprende los pasos de optimización próxima a la forma final mediante forjado seguido del mecanizado y el alivio de tensión, dicho objeto de entrada es un tocho de concast o lingote, dicha fundición de concast o dicho lingote es redondo o poligonal en sección transversal, en donde dicho paso de optimización próxima a la forma final comprende los pasos de:
- a. calentar dicho tocho o lingote en un horno
 - b. primer recalcado de dicho tocho o lingote a una altura intermedia
 - c. dibujar el tocho moldeado o lingote alterado a un diámetro intermedio
 - 10 d. proporcionar calentamiento de refuerzo al tocho o lingote estirado
 - e. segundo recalcado del tocho o lingote calentado por booster en una matriz hueca a la altura final de la preforma
 - f. perforar el segundo tocho recalcado o lingote en una matriz hueca
 - g. Proporcionar tratamiento térmico al tocho o lingote perforado para llevar a cabo la normalización, el endurecimiento y el doble revenido a fin de producir un eje hueco próximo a la forma final.
- 15 2. El método para fabricar ejes huecos de acuerdo con la reivindicación 1, en donde de tecnología de forjado de precisión en el caso de que dicha tocho de concast o lingote sea sustancialmente rectangular en sección transversal, dicha etapa de optimización próxima a la forma final comprende los pasos de:
- a. calentar dicho tocho o lingote en un horno
 - b. primer recalcado del lingote calentado o tocho a una altura intermedia
 - 20 c. dibujando el primer tocho recalcado o lingote a un diámetro intermedio
 - d. proporcionar calentamiento de refuerzo al tocho o lingote estirado
 - e. segundo recalcado con un calentado de refuerzo del tocho o lingote en una matriz hueca a la altura final de la preforma
 - 25 f. Perforar el segundo tocho recalcado o lingote en una matriz hueca para producir un eje hueco próximo a la forma final.

Figura 1



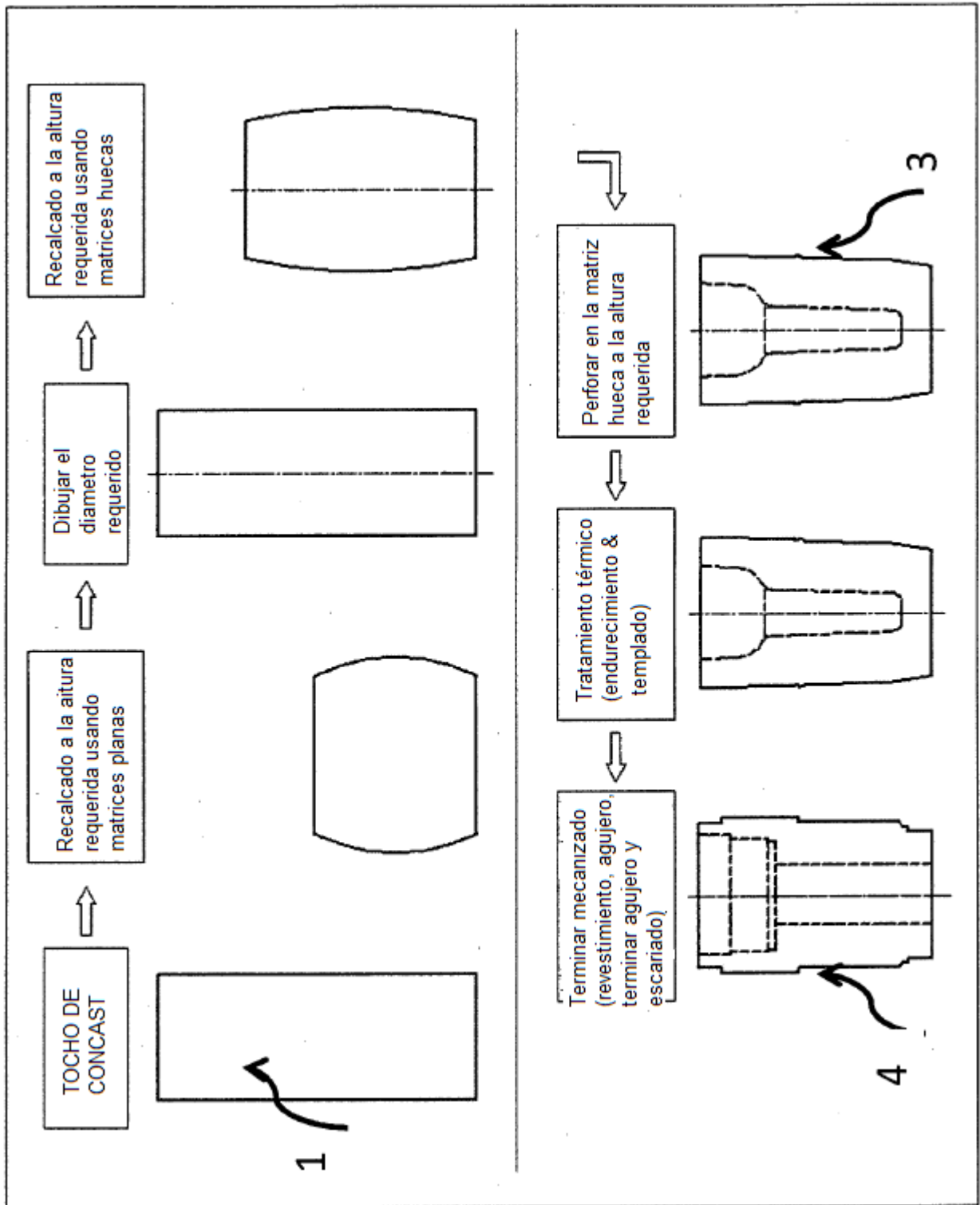
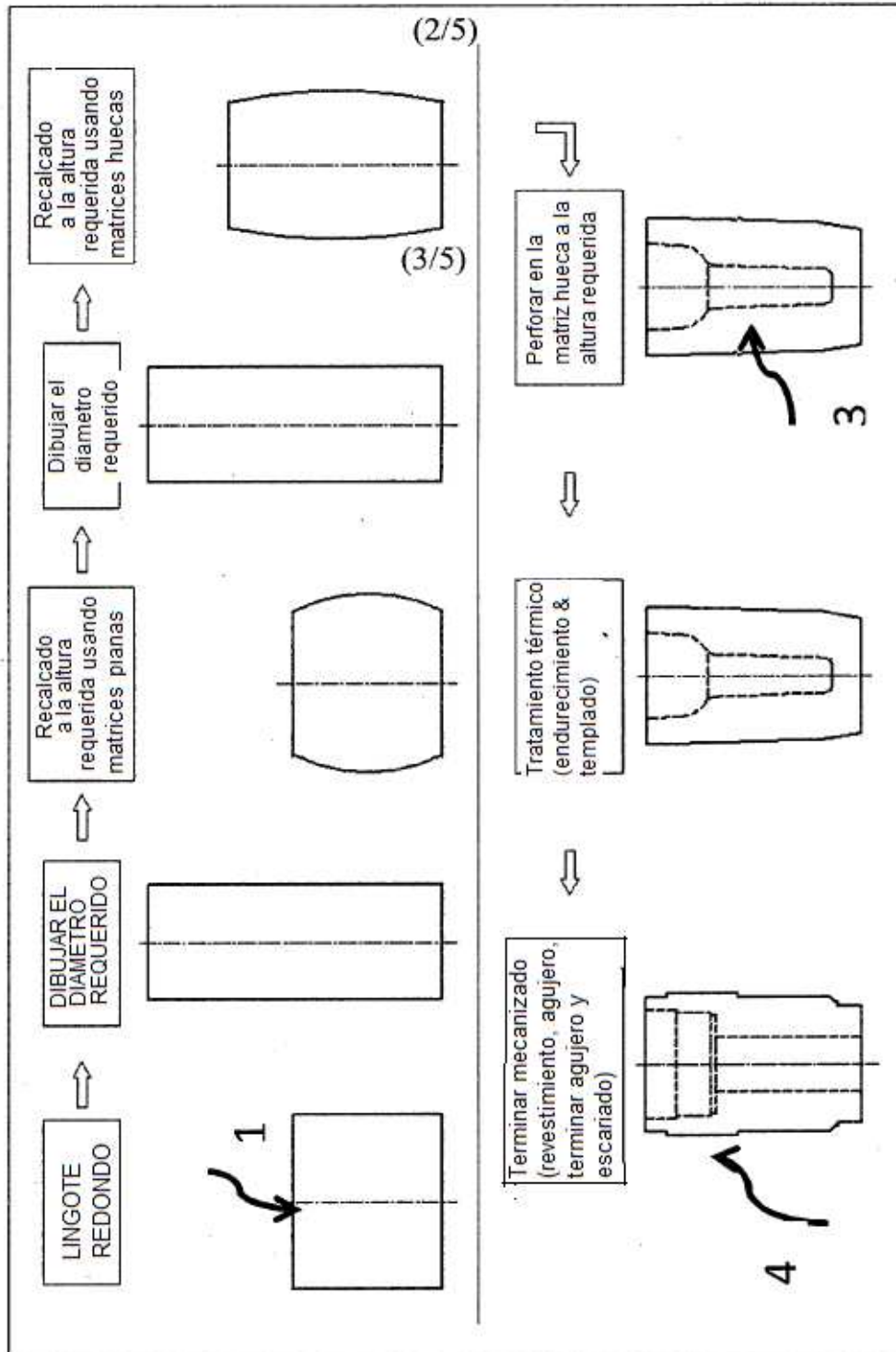


Figura 2a

Figura



2b

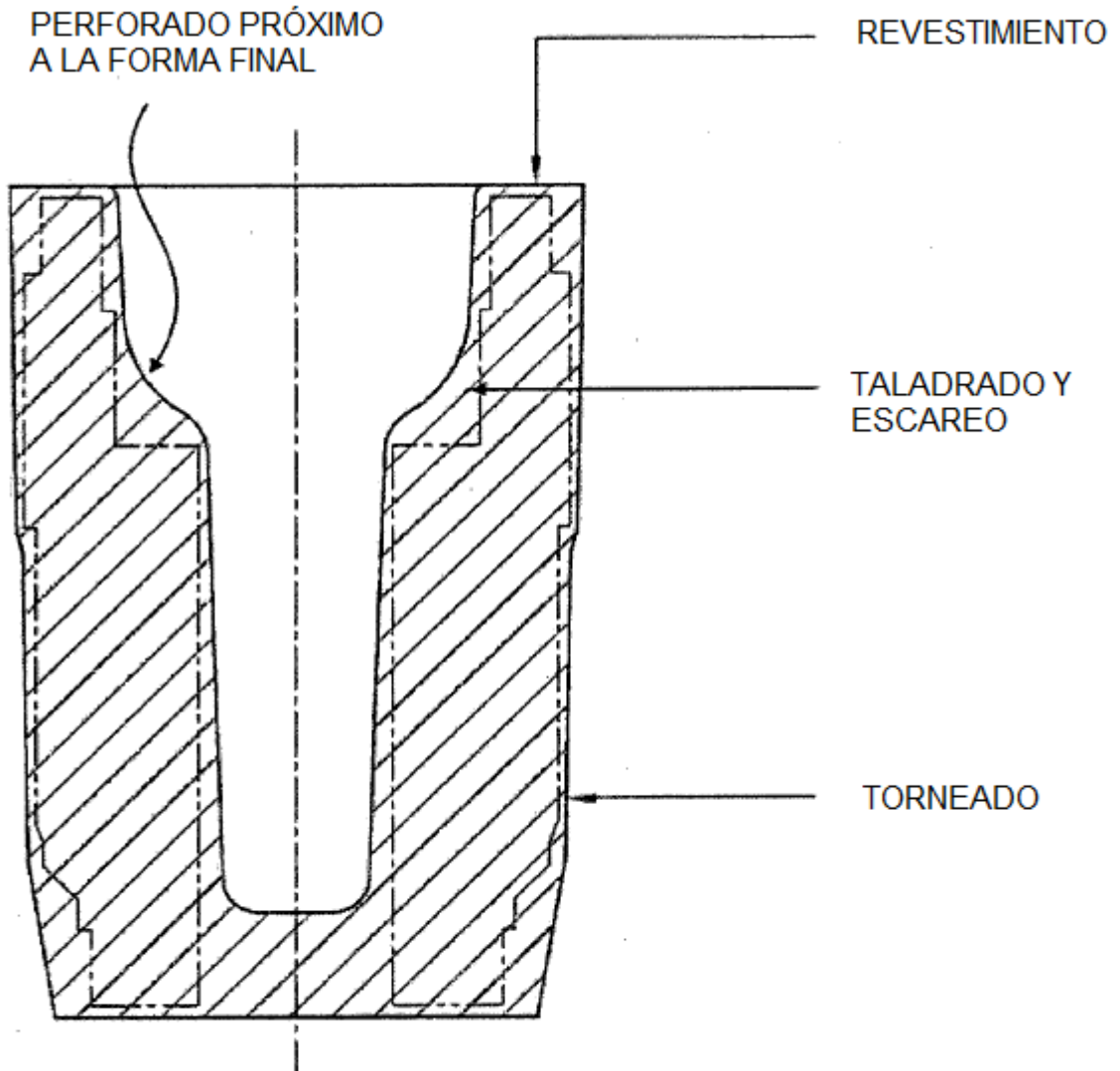
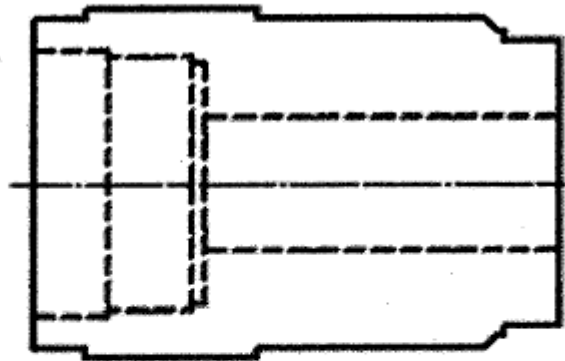
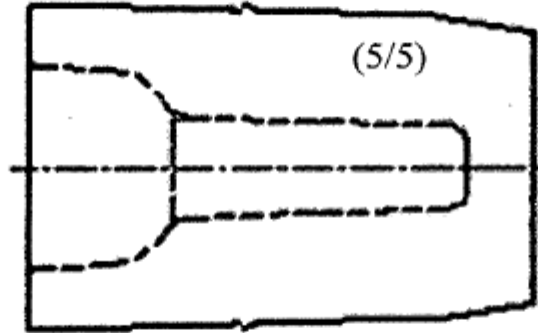


Figura 2c

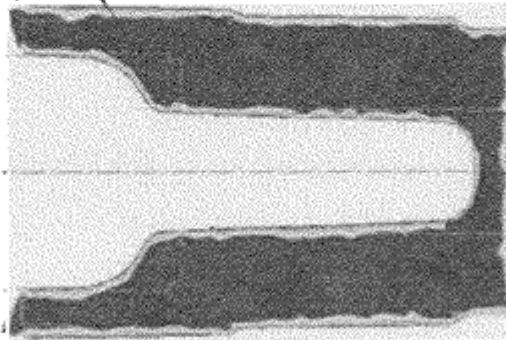
Figura 3



COMO PIEZA MECANIZADA
A PRUEBA



COMO LA PARTE FORJADA
SE LLENA COMPLETAMENTE



SIMULACIÓN