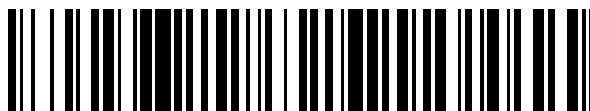


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 006**

51 Int. Cl.:

B21J 1/02 (2006.01)

B21J 1/04 (2006.01)

B21J 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.10.2012 PCT/IB2012/055288**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.04.2013 WO13050935**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.10.2012 E 12791549 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 2763804**

54 Título: **Proceso para la fabricación de componentes forjados y maquinados**

30 Prioridad:

07.10.2011 IN 2851MU2011

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

23.12.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KALYANI, BABASAHEB NEELBANTH

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 736 006 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

Proceso para la fabricación de componentes forjados y maquinados

5 Campo de la invención

El campo técnico de la invención se refiere generalmente a la fabricación de componentes. En particular, la presente invención se refiere a un proceso que combina técnicas de maquinado y forja para mejorar la productividad del proceso de fabricación.

10

Antecedentes de la invención

En la industria de petróleo y gas, las perforaciones en alta mar y en tierra se identifican como áreas de enfoque. Con los nuevos descubrimientos a través del gas de esquisto y la nueva tecnología en perforación direccional, hay un fuerte aumento en la demanda de equipos de perforación, particularmente de equipos críticos de seguridad y de aplicación. Para satisfacer este crecimiento en la demanda de componentes críticos de la seguridad y de aplicación, es esencial mejorar la productividad e innovar en el proceso de fabricación.

15

20

Muchas industrias, incluidas las de petróleo y gas, utilizan componentes críticos para la seguridad y la aplicación. Durante muchas décadas, muchos de estos componentes se han fabricado utilizando un proceso de fabricación convencional (es decir, forja libre seguido de maquinado). En estos métodos, se desbasta un lingote para obtener una barra, lo que es seguido por el corte con sierra, el dimensionamiento aproximado, el maquinado basto, el tratamiento térmico, el maquinado de semiacabado y el maquinado de acabado del componente.

25

En pocas palabras, el método de fabricación existente es la combinación de "Forja libre, maquinado y tratamiento térmico". En este proceso, del 10 al 15 % de la conformación se logra a través de la forja libre y del 85 al 90 % de la forma restante se logra a través del maquinado. El proceso existente da como resultado una utilización del material de aproximadamente el 40 %, lo que conduce a un desperdicio de material de aproximadamente 60 % desde la barra desbastada hasta la parte terminada. Se debe tener en cuenta que dichas barras desbastadas se forman a través de la forja libre y que tienen una forma aproximada y se dimensionan en forma de rectángulos para el maquinado.

30

Durante la producción en masa de tales componentes, la materia prima sustancial se desperdicia con el método de fabricación convencional resultando en un largo tiempo de maquinado y un rendimiento deficiente. Es importante tener una forma con acabado casi final a la entrada del maquinado para establecer el equilibrio correcto entre el proceso de forja y de maquinado para utilizar efectivamente el material y el tiempo de maquinado, lo que conduce a una mejor productividad de dichas piezas sin comprometer las propiedades mecánicas y la resistencia específica deseadas.

35

La revisión de los métodos de forja existentes revela las siguientes brechas tecnológicas, tales como la falta de una combinación adecuada de diseño y proceso de fabricación en la etapa de forja de la fabricación de la pieza. Por ejemplo, la Patente de Estados Unidos núm. 6032507 expone que *la forja de piezas de metal pequeñas y complejas es problemática. Tales piezas se pueden producir por procesos de forja en caliente. Sin embargo, estos procesos no son completamente satisfactorios por varias razones, incluyendo el hecho de que los procesos de forja en caliente dan como resultado que se forme rebaba significativa (exceso de material) en las piezas. Esta rebaba debe eliminarse mediante una operación de maquinado tal como el rectificado, lo que aumenta el costo y la dificultad de producir las piezas terminadas. Además, los procesos de forja en caliente utilizan ineficientemente el material de la pieza de trabajo porque la rebaba es material de desecho. Por consiguiente, es deseable producir tales piezas mediante un proceso de forja distinto a la forja en caliente.* La patente de Estados Unidos núm. 6032507 proporciona matrices hembras de juegos de matrices cerradas, y métodos para forjar piezas en caliente con acabado casi final utilizando las matrices hembras, que se pueden usar para fabricar piezas cuando las piezas de trabajo no encajan en las cavidades de las matrices hembras. Estas matrices hembras se pueden usar en conjuntos de matrices cerradas convencionales en combinación con prensas de forja convencionales para forjar piezas en caliente con acabado casi final.

40

45

50

Además, es de conocimiento general en la técnica la preparación de palanquillas de forja mediante desbaste y/o recalado, véase, por ejemplo, Kurt Lange "Lehrbuch der Umformtechnik - Band 2 - Massivumformung", 1 de enero de 1974 (1974-01-01), Springer Verlag, ISBN: 978-3-540-06196-0, páginas 44-49.

55

También es de conocimiento general en la técnica dar forma a palanquillas de forja por medio de forja de acabado casi final basada en la simulación de elementos finitos y seguida de tratamientos de forja posteriores tales como maquinado y tratamiento térmico, ver por ejemplo Taylan Altan y otros "Cold and hot forging : fundamentals and applications", 1 de febrero de 2005 (2005-02-01), ASM International, Materials Park, Ohio, ISBN: 978-0-87170-805-2, páginas 319-321,

60

Finalmente, el documento WO 00/55399, que se considera que representa el estado más cercano de la técnica, describe un proceso para fabricar un producto forjado y maquinado, que comprende etapas de preparación de la palanquilla (tales como por ejemplo, forja, laminado, extrusión, recalado y desbaste), seguido por la forja de acabado casi final, seguido además por las etapas de procesamiento final, tales como el maquinado y/o el tratamiento térmico.

65

Sin embargo, aunque los procesos de forja en caliente son económicos y ampliamente conocidos, todavía existe la necesidad de proporcionar un proceso de fabricación y forja en caliente en donde la forja se modifique hasta obtener un acabado casi final para mejorar la utilización del material, mejorando así el rendimiento y reduciendo el desperdicio de material sin comprometer la especificación de la pieza final.

5

Objetivos de la invención

Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar componentes críticos para la seguridad y la aplicación con una utilización eficaz del material. Otro objetivo de la invención es proporcionar un método de fabricación del mismo.

10

Otro objetivo de la invención es proporcionar un "barra desbastada" optimizada cuyo tamaño es el que requiere la forja en matriz cerrada. Esto es para reducir el desperdicio de material.

15

Otro objetivo de la invención es proporcionar una forja con acabado casi final para mejorar la utilización del material de la forja en matriz cerrada.

20

Otro objetivo de la invención es proporcionar un diseño de matriz de forja para dicho proceso de forja con acabado casi final.

25

Otro objetivo de la invención es proporcionar un método para fabricar preformas de acabado casi final a partir de la barra desbastada usando forja en matriz cerrada.

30

Otro objetivo más de la invención es proporcionar un diseño de maquinado y un programa de generación de trayectoria de herramienta para dicha forja con acabado casi final.

35

Resumen de la invención

40

La presente invención describe un proceso de fabricación de componentes forjados utilizando una combinación de forja libre y en matriz cerrada, y maquinado. El proceso consiste en las etapas de desbastado del lingote, recalcado de la barra desbastada en dos etapas para formar una preforma, la forja cerrada de la preforma con un martillo, el maquinado basto, el tratamiento térmico, el semiacabado y finalmente el acabado del componente. La presente invención es aplicable a cualquier componente forjado que se use en una variedad de industrias, particularmente aquellos que se forman a partir de grandes lingotes. La invención es particularmente útil para los componentes críticos para la seguridad y la aplicación, tales como los terminales hidráulicos que se utilizan en la industria de petróleo y gas. La descripción a continuación se basa en dicho terminal hidráulico típico. Con el proceso de la presente invención, del 55 al 60 % de la forma y el tamaño del componente final se logra a través de la forja y del 40 al 45 % restante a través del maquinado. Incorporar la etapa de forja en matriz cerrada entre las etapas de forja libre y de maquinado produce el resultado de aproximadamente un 27 % de reducción de material y más de 60 % de reducción en el tiempo de maquinado.

45

Entre otros, un aspecto ventajoso de la presente invención se deriva del proceso de recalcado en donde la preforma obtenida después de un 1er recalcado se gira 90° antes de llevar a cabo un segundo recalcado. Esto asegura una preforma de dimensiones requeridas y una entrada optimizada para la forja en matriz cerrada. Además, garantiza que la rebaba producida se minimice y la carga lateral en las matrices se reduzca, por lo que el rendimiento de la matriz mejora.

50

Breve descripción de los dibujos

la Figura 1 muestra el método convencional de fabricación de componentes por forja libre

la Figura 2 muestra el método de la presente invención

55

la Figura 3 muestra modelos de matrices CAD 3D del proceso de forja en matriz cerrada

la Figura 4 muestra una vista de la porción ranurada de la matriz cerrada utilizada en el proceso de forja

la Figura 5 muestra las herramientas de corte utilizadas en el proceso de forja en matriz cerrada

la Figura 6 muestra la forja con acabado casi final (simulación v. real) lograda por el proceso típico de la presente invención

60

Descripción de la invención

La presente invención es aplicable a cualquier componente forjado que se use en una variedad de industrias, particularmente aquellos que se forman a partir de grandes lingotes. La invención es particularmente útil para los componentes críticos para la seguridad y la aplicación, tales como los terminales hidráulicos que se utilizan en la industria de petróleo y gas. La descripción a continuación se basa en dicho terminal hidráulico típico.

65

La Figura 1 muestra un diagrama de flujo del proceso convencional de fabricación de componentes forjados. La Figura 2 muestra el diagrama de flujo del proceso de la presente invención para la fabricación de componentes forjados. Se ha observado que los procesos de forja actuales no permiten que los acabados casi finales se forjen fácilmente. Las etapas de corte con sierra, dimensionamiento aproximado, maquinado basto y tratamiento térmico que conducen al componente desde las etapas de desbaste hasta el semiacabado implican una gran cantidad de desperdicio de material y energía.

Por otro lado, el proceso de la presente invención implica las siguientes etapas:

- desbaste del lingote
- recalcado en dos etapas
- forja cerrada con martillo
- maquinado basto
- tratamiento térmico
- semiacabado
- acabado

5

10

Como se muestra en la Figura 2, el desbaste del lingote produce una barra desbastada. La barra desbastada se recalca antes de someterla a la forja en matriz cerrada. El recalcado se realiza en dos etapas (en una prensa hidráulica de 4000t). La preforma obtenida después del 1^{er} recalcado se gira 90° antes de llevar a cabo el segundo recalcado. Este proceso de recalcado asegura una preforma de dimensiones requeridas y una entrada optimizada para la forja en matriz cerrada. Esto asegura además que la rebaba producida se minimice y la carga lateral en las matrices se reduzca, por lo que el

15

rendimiento de la matriz mejora. Esto ayuda a producir un componente con acabado casi final después de la forja en matriz cerrada con el martillo. El componente forjado en matriz cerrada se somete luego a un maquinado basto seguido de un tratamiento térmico, semiacabado y acabado para producir el componente final.

Las Figuras 3-6 muestran el resultado de un modelo típico de simulación en matriz cerrada en 3D utilizado para la etapa de forja con martillo en matriz cerrada que la presente invención introduce en el proceso de forja de componentes. Con un enfoque de simulación iterativa, se evaluaron numerosos conceptos de fabricación para forja y maquinado para optimizar la geometría de la pieza, el diseño de forja y el proceso de fabricación utilizando técnicas de fabricación virtual. El proceso de forja se optimizó utilizando la simulación de flujo de metal en 3D y el proceso de maquinado se optimizó utilizando la simulación CAM. Sobre la base de los resultados de la simulación, se desarrolló una metodología de fabricación óptima para la fabricación de componentes tales como los terminales hidráulicos utilizados en la industria de petróleo y gas. Esto se logró mediante la adición de la etapa de forja en matriz cerrada entre la forja libre y el proceso de maquinado que utilizan los métodos convencionales.

20

25

30

El componente con acabado casi final (el terminal hidráulico) se somete a continuación a un proceso de maquinado aproximado para eliminar el sesgo lateral en las cuatro caras laterales del terminal hidráulico forjado. Esta etapa es seguida por el taladrado y/o rimado de agujeros según la especificación. Posteriormente, el terminal hidráulico se trató térmicamente utilizando un tiempo de ciclo optimizado para lograr las propiedades metalúrgicas deseadas. Después del tratamiento térmico, se realizó el maquinado de semiacabado y el maquinado de acabado para lograr la forma y el tamaño finales.

35

Es importante comprender el significado de la optimización del acabado casi final. Muchos acabados casi finales 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 muchos de los acabados casi finales sean prácticamente imposibles de usar. Por lo tanto, la optimización del acabado casi final busca llegar a ese acabado casi final que proporcionará el menor desperdicio de material y también logrará un maquinado más rápido, y procesos de dimensionamiento aproximado al llegar al componente final. El presente proceso incorpora la etapa de dicha optimización del acabado casi final.

40

Otro aspecto clave de la presente invención es que el proceso de forja en matriz cerrada se diseña proporcionando ranuras según el perfil de maquinado de acabado del terminal hidráulico para lograr una forja con acabado casi final. En la Figura 3 se muestran los modelos de matrices CAD en 3D del proceso de forja en matriz cerrada con ranuras proporcionadas, mientras que la Figura 4 indica una vista en despiece de la porción ranurada.

45

Se debe tener en cuenta que, en el proceso de la presente invención, la forja libre se realiza en una prensa hidráulica de 4000 toneladas (proceso de forja libre), el proceso de forja en matriz cerrada se realiza en un martillo de contragolpe de 80 Mt y el maquinado basto es en el proceso SHW-6195 y el maquinado de terminación en TREVISAN.

50

Las ventajas claves de la presente invención se ilustrarán ahora con la ayuda de un ejemplo.

EJEMPLO

55

Dicha barra desbastada se estira y se corta en caliente en una serie de bloques rectangulares según la especificación del lingote estriado M27. Se generan un total de nueve piezas a partir del lingote estriado M27.

El enfriamiento lento y el recocido se realizaron en la barra desbastada antes de someterla a la forja en matriz cerrada para asegurar una condición anisotrópica de los granos. La barra desbastada recocida se calentó a continuación a 1280 °C en un horno alimentado con petróleo. La barra desbastada calentada inicialmente se deformó dos veces en una prensa hidráulica de 4000t; con el segundo recalcado en una posición girada 90° con respecto al primer recalcado. A continuación, la preforma recalcada se forjó en matriz cerrada entre dos mitades de matriz en un martillo de contragolpe con una energía predefinida de 800 KJ para mantener la eficiencia del golpe y el tiempo de espera entre los golpes a un nivel para de esta manera lograr la forma y el tamaño deseados. La rebaba se recortó mediante el uso de herramientas de recorte como se

60

65

ilustra en la Figura 5. Esto fue seguido por un maquinado basto para eliminar el sesgo lateral en las cuatro caras laterales del terminal hidráulico forjado y los orificios taladrados según las especificaciones. Posteriormente, el terminal hidráulico se trató térmicamente mediante el uso de un tiempo de ciclo optimizado para lograr las propiedades metalúrgicas deseadas. Después del tratamiento térmico, se realizó el maquinado de semiacabado y el maquinado de acabado para lograr la forma y el tamaño finales.

Los ahorros logrados al utilizar el proceso de la presente invención en términos del material de entrada y las horas de maquinado se enumeran en la Tabla-1 y la Tabla-2.

Tabla-1: Reducción en el Material de entrada

Parámetros	Proceso convencional	Proceso de la Presente Invención	Ahorros
Peso del maquinado de acabado	1398 Kg	1398 Kg	-
Peso a la entrada en forja	3510 Kg	2561 Kg	949 Kg (27 %)
Rendimiento	39,8%	54,6%	(14,8%)

Tabla-2: Reducción del tiempo de maquinado

Parámetros	Proceso convencional	Proceso de la Presente Invención	Ahorros
Corte con sierra	55 horas	No requerido	55 horas
Dimensionamiento aproximado	30 horas	No requerido	30 horas
Maquinado basto	30 horas	24,3 horas	5,7 horas
Maquinado de semiacabado	35 horas	12,2 horas	22,8 horas
Maquinado de acabado	34,5 horas	34,5 horas	0 horas
Total de horas de producción por pieza	184,5 horas	71 horas	113,5 horas (62,5%)

Beneficios operacionales:

Como resultado de la presente invención, se han observado una serie de beneficios operacionales para todo el proceso de forja de componentes. Estos son fácilmente evidentes a partir de las Tablas 1 y 2 y se han resumidos aquí:

1. 62,5 % de reducción en el tiempo de maquinado.
2. La productividad mejoró sustancialmente
3. Reducción del peso de entrada en un 27 % (949 kg de ahorro de material por parte del peso inicial de 3510 kg necesario para el proceso convencional)
4. El rendimiento mejoró a 54,6 % de 39,8 % (aumento de 14,8 % basado en el peso a la entrada en forja)
5. Ahorro de energía en aproximadamente un 17 %.

Si bien la descripción anterior contiene mucha especificidad, esto no debe interpretarse como una limitación en el alcance de la invención, sino más bien como un ejemplo de sus modalidades preferidas. Debe entenderse que son posibles modificaciones y variaciones basadas en la descripción brindada anteriormente sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para fabricar un componente forjado y maquinado, que incluye una etapa de producir un componente de acabado casi final que usa un proceso de forja en matriz cerrada como etapa intermedia entre las etapas de forja libre y maquinado, en donde dicho proceso comprende las etapas de:
- a. producir una barra desbastada por desbaste de un lingote,
 - b. recalcar dicha barra desbastada para obtener una primera preforma
 - c. girar dicha primera preforma 90° y someterla a recalcado en el estado girado para producir una segunda preforma
 - d. producir un componente de acabado casi final a partir de dicha segunda preforma usando un proceso de forja cerrado con un martillo, en donde el diseño de la matriz de forja y el proceso de forja se optimizan usando simulación de flujo de metal en 3D,
 - e. eliminar el sesgo lateral en todas las caras del componente con acabado casi final mediante un maquinado basto.
 - f. perforar agujeros en el componente con acabado casi final sometido a maquinado basto,
 - g. someter a tratamiento térmico el componente con acabado casi final,
 - h. tratar el componente con acabado casi final sometido a tratamiento térmico con operaciones de semiacabado y de acabado.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se proporcionan ranuras o depresiones según lo requerido por el perfil de maquinado del terminal hidráulico de dicho componente para lograr una forja con acabado casi final.
3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde dicho componente es un terminal hidráulico usado en la industria de exploración de petróleo.

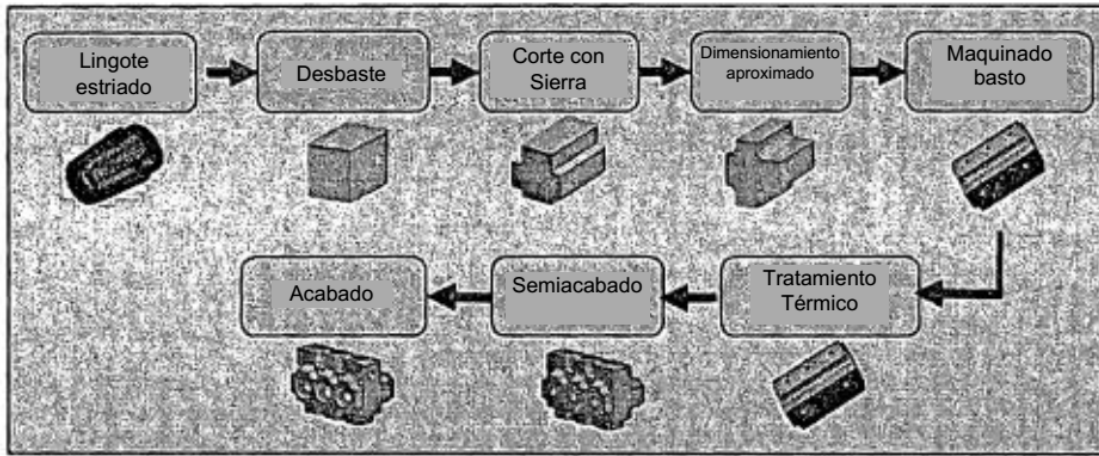


Figura 1

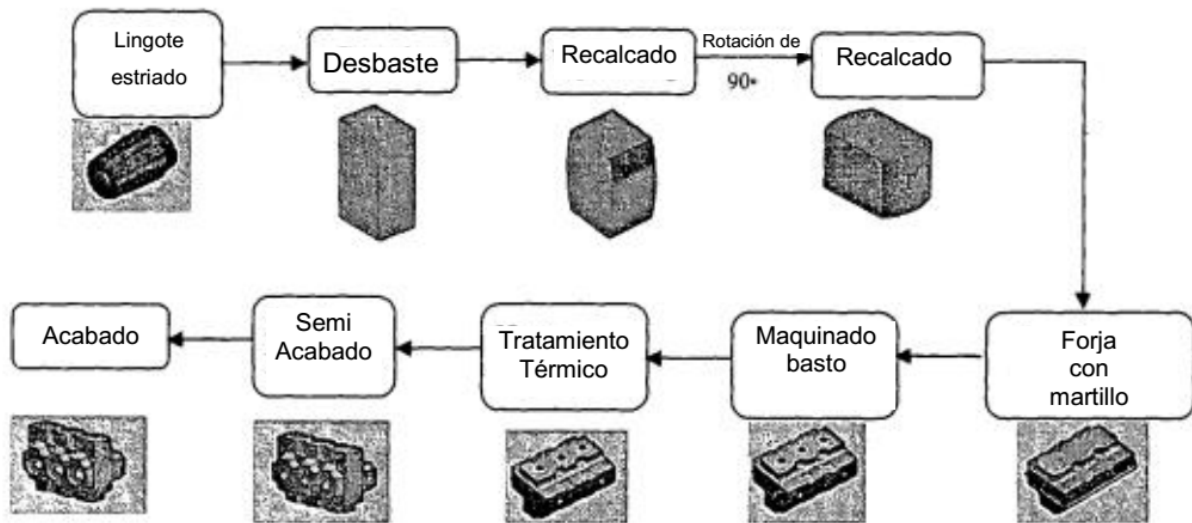


Figura 2

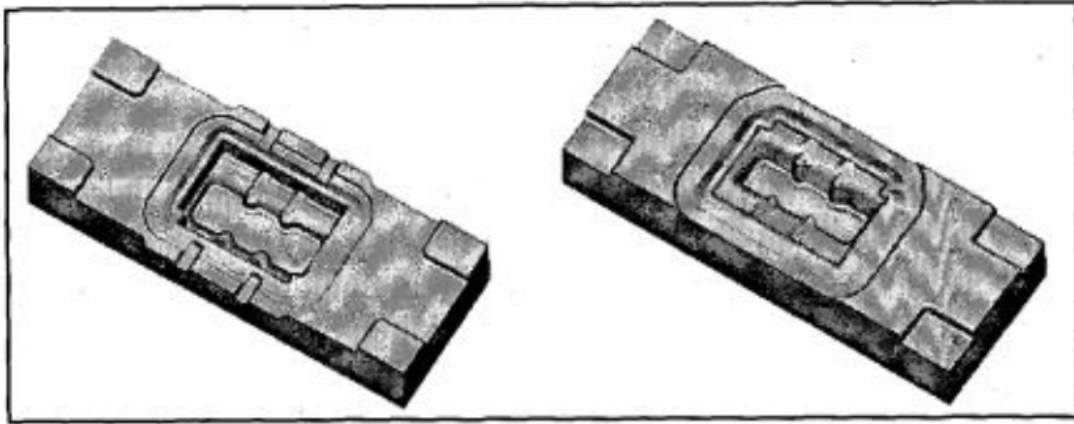


Figura 3

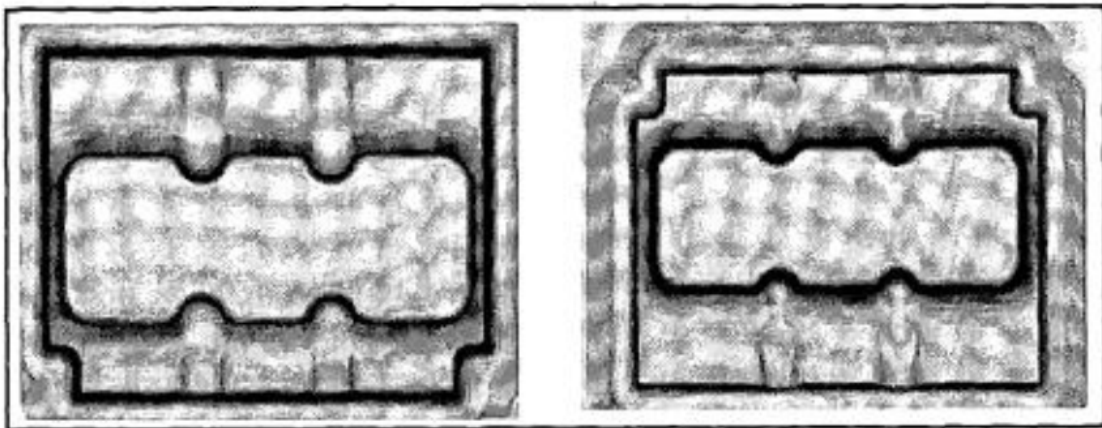


Figura 4



Troquel de recorte



Sacabocados



Placa de Soporte



Cortadora

Figura 5

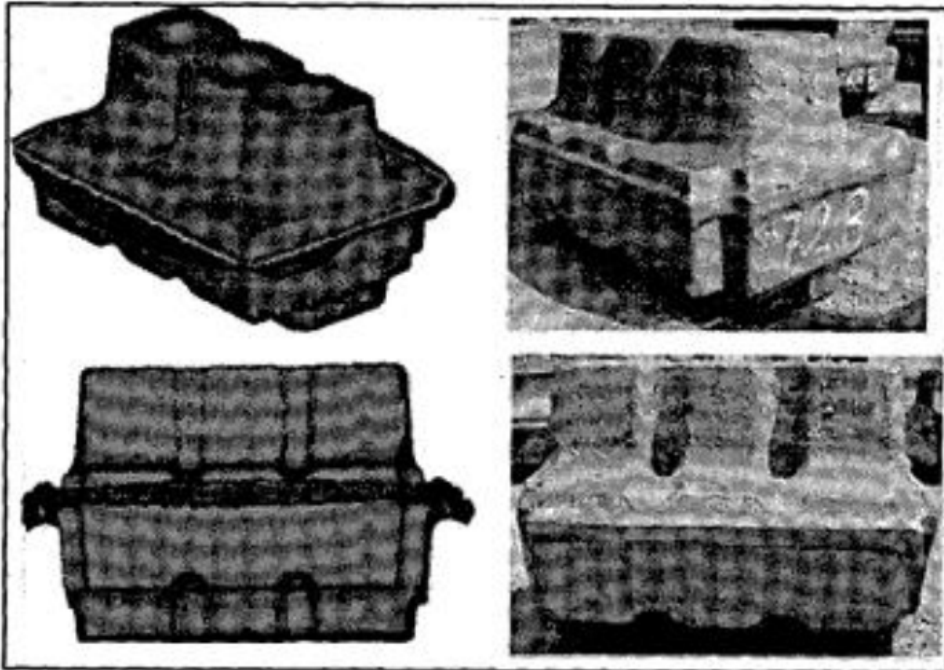


Figura 6