

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 771**

51 Int. Cl.:

B23K 15/06 (2006.01)

B21J 5/00 (2006.01)

B08B 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2015 PCT/CN2015/083018**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2016 WO16150024**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2015 E 15885962 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019 EP 3275585**

54 Título: **Método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas**

30 Prioridad:

26.03.2015 CN 201510134094

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

23.06.2020

73 Titular/es:

**INSTITUTE OF METAL RESEARCH CHINESE
ACADEMY OF SCIENCES (100.0%)
No. 72 Wenhua Road, Shenhe District
Shenyang, Liaoning 110016, CN**

72 Inventor/es:

**SUN, MINGYUE;
XU, BIN;
LI, DIANZHONG y
LI, YIYI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 768 771 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 construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas

Campo técnico

5 La presente invención se relaciona con el campo de la forja y, más particularmente, con un método de construir y forjar el cual puede usarse para preparar piezas forjadas homogéneas. Usando la presente invención, palanquillas de colada continua pueden ser apiladas y soldadas por forja para hacer piezas forjadas homogéneas.

Descripción de la técnica relacionada

10 Como los componentes esenciales de los grandes equipos de ingeniería usados en los campos de la maquinaria metalúrgica, industria petroquímica, transporte y producción de energía, las piezas forjadas juegan un papel importante en la economía nacional, los equipos de defensa nacional y dispositivos científicos importantes. La capacidad de producción y la calidad de las piezas forjadas son símbolos importantes para medir la capacidad independiente y la fortaleza nacional de un país. En consecuencia, es extremadamente importante mejorar la calidad interna de las piezas forjadas para asegurar su seguridad y fiabilidad durante su funcionamiento.

15 Las piezas forjadas usualmente se forjan a partir de lingotes. Hay siempre muchas cavidades por contracción microscópicas y porosidades inevitables en los lingotes causadas por la contracción en la solidificación del metal. Estos defectos vacíos dispersos en el centro del lingote destruyen la continuidad del material y afectan a las propiedades mecánicas de las piezas forjadas. Por otra parte, debido a la redistribución del soluto durante el proceso de solidificación, la última zona de solidificación en lingotes grandes tiene una concentración de aleación más elevada y un enriquecimiento de elementos de fusión pobre e impurezas. Así, se forma la segregación
20 macroscópica. Ésta causa una gran diferencia de propiedades mecánicas entre la cabeza y la cola del lingote lo cual afecta seriamente a la homogeneidad de las propiedades de la pieza de forja y su seguridad durante su servicio. Actualmente, en la industria, la cabeza y la cola de los lingotes se recortan siempre para reducir estos efectos malos. La tasa de recorte está por encima del 30% lo cual reduce grandemente la tasa de utilización de material y conduce a una pobre eficiencia económica.

25 La palanquilla rectangular de colada continua es uno de los productos más estables y maduros en la industria de producción a gran escala del hierro y del acero, cuyo coste de fabricación es bajo y la eficiencia de producción es elevada. Cuando su dimensión es menor que un determinado valor (generalmente, el espesor de la palanquilla rectangular es 300 mm y el diámetro de la palanquilla redonda es 600 mm), su estructura interna es relativamente densa y la segregación macroscópica es ligera. No obstante, debido a la rápida solidificación y a que no hay
30 alimentación a la mazarota caliente durante la colada, cuando la dimensión de la palanquilla de colada continua es mayor que el determinado valor mencionado, el centro de la palanquilla es propenso a tener cavidades de contracción que penetran a través de toda la longitud. Las cavidades de contracción se oxidarían después de recortar y no podrían ser subsanadas en un proceso de laminado o forja subsiguientes, lo cual limita el campo de aplicaciones de la palanquilla. Así, la palanquilla de colada continua no puede usarse para hacer piezas forjadas de
35 alta calidad y se usan aún como materia prima lingotes colados en molde con costes elevados.

En los últimos años, con el desarrollo del generador de haz de electrones de alta potencia, se ha propuesto un método de recubrimiento por laminación al vacío para fabricar planchas de gran espesor (ref. Development of new heavy gauge steel plate using cladding technology. JFE Technical Report, 2004, 5(8):65). En este método, se apilan
40 juntas planchas de espesor normal; las superficies de contacto entre las planchas se sellan en su contorno mediante soldeo por haz de electrones; luego, las planchas se calientan y laminan, de forma que puede obtenerse una plancha de gran espesor. La soldadura por haz de electrones al vacío se usa para proteger la superficie de contacto de contaminación severa y la oxidación a alta temperatura. El metal es soldado por difusión bajo alta temperatura durante el proceso de recubrimiento por laminación, así, se conectan juntas múltiples planchas. Este método
45 resuelve la dificultad de fabricar planchas de gran espesor. Tres factores clave del soldeo por difusión son temperatura, presión y tiempo. Incluso aunque el proceso de laminación esté bajo alta temperatura y alta presión, la presión sobre la superficie de contacto de unión sólo existe en un tiempo extremadamente corto debido a la elevada velocidad de laminación, así que es difícil soldar completamente la superficie de contacto de unión y hacer la superficie de contacto lo mismo que cuerpos de las palanquillas. Comparado con la forja, la laminación se caracteriza por una deformación unidireccional y pequeña, con la deformación distribuyéndose sobre la superficie de
50 la palanquilla y alcanzando el valor mínimo en la parte centra, lo cual perjudica la soldadura de la superficie de contacto en el centro. La referencia (Effect of Rolling Parameters on Microstructure and Property of Vacuum Rolling Clad Steel Plate. Journal of Iron and Steel Research 2011 23 (12) 27-30) ha estudiado el efecto de diferentes tasas de reducción de laminado sobre la soldadura de la superficie de contacto. Se encuentra que sólo cuando la tasa de reducción de laminado alcanza el 70%, la resistencia a la tracción en dirección Z de la superficie de contacto de
55 unión puede alcanzar la de los cuerpos de las palanquillas. Este resultado sugiere que la superficie de contacto no puede ser soldada completamente bajo una tasa de reducción pequeña mientras que aún existen la microporosidad y la capa de óxido, lo cual es fatal para las propiedades mecánicas del material y extremadamente inaceptable para componentes que sirven bajo cargas alternantes. Por tanto, las planchas gran espesor producidas mediante el método de recubrimiento por laminación al vacío no pueden usarse bajo condiciones de servicio severas.

Comparada con el recubrimiento por laminación, la forja como un método de procesamiento con presión del metal tradicional es ineficiente pero su método de deformación es flexible, lo cual hace posible deformación unidireccional y deformación multidireccional grandes. Antes de la revolución industrial, dispositivos de metal alta calidad, tales como espadas, se producían todos mediante forja. Limitada por la tecnología metalúrgica en el momento, las piezas forjadas se producían a partir de hierro poroso. Después de deformaciones grandes repetidas, las inclusiones en el metal podían romperse y se podía conseguir la descarburización mediante extensión y oxidación superficial. Después de plegar y forjar durante cientos de veces, la tenacidad y uniformidad del material podían mejorarse. Las espadas producidas mediante este método de forja combinan tanto dureza elevada como tenacidad elevada. Su tecnología de procesamiento y propiedades es asombrosa. No obstante, limitada por el nivel tecnológico en el momento, no se podían evitar la contaminación y la oxidación de la superficie de contacto durante el plegado y el forjado. Así, con el fin de conseguir el soldeo de la superficie de contacto, la capa de óxido de la superficie de contacto debe romperse y dispersarse mediante muchas veces de deformación grande.

En los últimos años, se ha desarrollado una tecnología de limpieza con plasma en el campo del área de limpieza de superficies. Se produce un campo eléctrico alterno en alta tensión mediante una fuente de energía de radiofrecuencias. Este puede hacer vibrar oxígeno, argón, hidrógeno y otros gases y producir iones con actividad de reacción elevada y energía elevada. Entonces, los contaminantes orgánicos y particulados cambiarán a sustancias volátiles mediante reacción o colisión con estos iones y serán limpiados mediante flujo de gas y bomba de vacío. Así, el propósito de la limpieza y la activación superficiales pueden conseguirse y éste es el método de limpieza con arranque más a fondo. Usando este método, puede conseguirse la limpieza profunda en microagujeros y microdepresiones de la superficie de la palanquilla, lo cual puede eliminar de manera efectiva la contaminación por aceite sobre la superficie, aumenta la actividad superficial y mejorar el efecto de soldeo. Por otra parte, este método evita el uso de disolventes dañinos y no producirá contaminantes dañinos, lo cual es bueno para la protección medioambiental. El documento de patente china CN 102 764 961 A divulga un método de usar un desbaste plano de colada continua para fabricar una plancha de acero que comprende los pasos:

- 25 preparar palanquillas preformadas, que tienen determinados tamaños, fresar las superficies de las palanquillas;
- apilar la pluralidad de palanquillas;
- soldar con haz de electrones al vacío;
- calentar las palanquillas preformadas hasta una temperatura determinada;
- 30 apilar las palanquillas preformadas y ejecutar sellado y soldeo por haz de electrones sobre las periferias de las superficies a ser soldadas en una cámara de vacío;
- calentar las palanquillas preformadas soldadas;
- ejecutar un tratamiento de laminación sobre las palanquillas soldadas apiladas preformadas.

Resumen

35 Basándose en el método de plegado y soldado por forja de espadas, la tecnología de limpieza con plasma y la tecnología de soldeo por haz de electrones al vacío, la presente invención proporciona un método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de acuerdo con la reivindicación 1. Después de mecanizado y limpieza superficiales, varias palanquillas de colada continua de bajo coste son selladas y soldadas juntas mediante soldeo por haz de electrones al vacío. Entonces, la tecnología de soldeo por forja caracterizada por deformación grande, mantenimiento de presión y forja multidireccional se aplica sobre la palanquilla. Las superficies de contacto pueden ser soldadas y dispersadas completamente. Finalmente, la composición, estructura y nivel de inclusiones pueden alcanzar los de los cuerpos de las palanquillas.

Las soluciones técnicas de la presente invención son:

- 45 un método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas, de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende los pasos siguientes:
- en primer lugar, preparar palanquillas preformadas; recortar una pluralidad de palanquillas de colada continua para tener ciertos tamaños, fresar y alisar las superficies de las palanquillas a ser soldadas mediante una fresadora-cepilladora, ejecutar una operación de limpieza con plasma al vacío a las superficies a ser soldadas, apilar la pluralidad de palanquillas y sellar en su contorno las superficies a ser soldadas en una cámara de vacío mediante soldeo por haz de electrones;
- 50 entonces, soldar por forja y homogeneizar las palanquillas preformadas; calentar las palanquillas preformadas hasta una temperatura determinada en un horno de calentamiento y sacar del horno de calentamiento las palanquillas preformadas calientes, forjar las palanquillas preformadas mediante una prensa hidráulica, usar medios de mantenimiento de presión y mantenimiento de temperatura durante un

primer proceso de recalcar para soldar las superficies completamente juntas, luego usar forja tridimensional para dispersar las superficies soldadas de tal forma que la composición, estructura e inclusión de las áreas de superficie de contacto estén al mismo nivel que las de los cuerpos de las palanquillas;

formado final: forjar las palanquillas preformadas hasta tener la forma y el tamaño finales;

5 los pasos específicos del método son como sigue:

un primer paso, recortar la pluralidad de las palanquillas de colada continua de acuerdo con una especificación determinada;

un segundo paso, mecanizar y limpiar las superficies de las palanquillas a ser soldadas;

10 un tercer paso, soldar las palanquillas mediante soldeo por haz de electrones al vacío para sellar las palanquillas;

un cuarto paso, calentar las palanquillas antes de forjar;

un quinto paso, recalcar y soldar por forja las palanquillas usando un método de mantenimiento de presión;

un sexto paso, soldar por difusión las palanquillas bajo temperatura elevada;

un séptimo paso, estirar las palanquillas en la dirección Y;

15 un octavo paso, estirar las palanquillas en la dirección X;

un noveno paso, estirar las palanquillas en la dirección Z; y

un décimo paso, forjar las palanquillas hasta tener la forma y el tamaño finales.

20 En una realización, el método de construir y forjar es tal que en el primer paso, cuando se recortan las palanquillas de colada continua, una relación anchura a longitud de las palanquillas es 2:3, y el número de palanquillas de colada continua se determina de tal manera que una altura total de las palanquillas apiladas frente a la anchura es 2:1, así, después de apilar, la relación de anchura(X):longitud(Y):altura(Z) = 2:3:4, para facilitar el ejecutar la forja tridimensional.

25 Además, en una realización, el método de construcción y forja es tal que: en el segundo paso, las superficies a ser soldadas son procesadas mediante la fresadora-cepilladora y limpiadas mediante un plasma en la cámara de vacío, para asegurar una limpieza elevada de la superficie y para exponer metal fresco.

Además, en una realización, el método de construcción y forja es tal que: en el tercer paso, las palanquillas apiladas se colocan en la cámara de vacío y las superficies de contacto entre las palanquillas se sellan en su contorno mediante soldeo por haz de electrones, y una profundidad de soldadura es 10 ~ 50 mm.

30 Además, en una realización, el método de construcción y forja es tal que: en el cuarto paso, las palanquillas selladas son enviadas al horno de calentamiento y una temperatura de calentamiento es $0,85T_m$, donde T_m es el punto de fusión del material de las palanquillas y la unidad de T_m es °C.

35 Además, en una realización, el método de construcción y forja es tal que: en el quinto paso, colocar las palanquillas calientes sobre una plataforma de operación de la prensa de forja y hacer la dirección de la altura de la palanquilla vertical; recalcar las palanquillas usando una placa de recalco en la dirección de la altura (dirección Z); el recalco se lleva a cabo en dos pasos: primero, prensar las palanquillas para reducir la altura total de las palanquillas en 10% y mantener presión en las palanquillas durante 5 minutos; luego, continuar el recalco hasta que la altura total de las palanquillas se reduce un 50% y mantener la presión sobre las palanquillas durante 10 minutos.

40 Además, en una realización, el método de construcción y forja es tal que: en el sexto paso, la palanquilla recalada es enviada de vuelta al horno de calentamiento y calentada a una temperatura de calentamiento de $0,85T_m$, T_m es el punto de fusión del material de las palanquillas y tiene una unidad en °C, y la temperatura de calentamiento se mantiene durante $20T_h$ horas después de que las palanquillas se calientan uniformemente, T_h es la altura después de recalcar y tiene unidad en metros.

45 Además, en una realización, el método de construcción y forja es tal que: en el séptimo paso, se usa un yunque plano para estirar las palanquillas en la dirección Y y las palanquillas son formadas en un paralelepípedo con una relación de dimensiones de anchura(X):longitud(Y):altura(Z) = 3:4:2.

Además, en una realización, el método de construcción y forja es tal que: en el octavo paso, recalcar las palanquillas un 50% en la dirección Y mediante un yunque plano y después las palanquillas son deformadas hasta la dimensión determinada, estirando las palanquillas en la dirección X en un paralelepípedo con una relación de dimensiones de

anchura(X):longitud(Y):altura(Z) = 4:2:3.

Además, en una realización, el método de construcción y forja es tal que: en el noveno paso, recalcar las palanquillas un 50% en la dirección X mediante un yunque plano y después las palanquillas son deformadas hasta la dimensión determinada, estirando las palanquillas en la dirección Z en un paralelepípedo con una relación de dimensiones de anchura(X):longitud(Y):altura(Z) = 2:3:4.

El análisis físico metalúrgico y mecánico de la presente invención es como sigue: después de sellar y soldar el borde de las palanquillas de colada continua apiladas, las palanquillas en ambos lados de cada superficie de contacto ya están en contacto entre sí macroscópicamente pero, de hecho, debido a la rugosidad de la superficie de la palanquilla, se está haciendo contacto en múltiples puntos entre las palanquillas microscópicamente. Hay un gran número de espacios intermedios entre los puntos de contacto y estos espacios intermedios pueden ser considerados como vacíos.

Tomando un vacío como ejemplo, se analiza su evolución durante el proceso de forja por recalado: según se muestra en la figura 1, (a) en el comienzo de la deformación, el vacío es aplastado y los granos son deformados; (b) el vacío se cierra macroscópicamente y se transforma en un defecto de grieta. Ocurre recristalización en el cuerpo; (c) el defecto de grieta es inestable y se descompone en microvacíos cilíndricos o esféricos; (d) con migración de las juntas de grano y crecimiento de grano, los microvacíos desaparecen gradualmente debido a la difusión atómica y se consigue la unión metalúrgica entre las dos palanquillas.

El proceso de subsanación de los defectos vacíos incluye cierre de vacíos y soldeo de superficie cerrada: cierre de vacíos hace referencia al contacto físico de la superficie del vacío bajo la acción de tensión y deformación; soldeo de superficie hace referencia a que, bajo una temperatura, una presión de contacto y un tiempo de mantenimiento de la temperatura determinados, la superficie cerrada consigue unión metalúrgica a través de difusión y recristalización, etc. Cierre de vacíos es un prerequisite para el soldeo superficial. La forja se usa para procesar las palanquillas apiladas y soldadas y la deformación de su parte central es mucho mayor que laminando. El soldeo superficial es la clave para realizar una subsanación de defectos completamente. A través de estudio experimental, los inventores encontraron que los defectos a escala microscópica han sido cerrados, pero no soldados, los cuales se abrirían fácilmente de nuevo bajo fuerza externa. Por otra parte, la composición y la microestructura entre la superficie de contacto soldada y el cuerpo de la palanquilla tienen una gran diferencia. Así que, existe una "banda de unión". Esta clase de estructura "cicatriz" puede ser totalmente eliminada después de un tiempo largo de tratamiento térmico a alta temperatura.

Basándose en las consideraciones anteriores, la presente invención propone los métodos de "mantenimiento de presión durante la forja", "mantenimiento de temperatura entre forjas" y "forja multidireccional" para realizar la subsanación de la superficie de contacto y la homogeneización de la composición y la estructura. El "mantenimiento de presión durante la forja" puede garantizar prácticamente el soldeo de dos superficies y evitar que la superficie de contacto soldada se abra de nuevo bajo una fuerza externa; el "mantenimiento de temperatura entre forjas" puede asegurar que los microvacíos que aún existen a escala microscópica durante la forja serán completamente subsanados por difusión a alta temperatura; la "forja multidireccional" puede garantizar que la superficie de contacto soldada es deformada en gran medida en múltiples direcciones de forma que la capa de óxido residual sobre la superficie de contacto se puede dispersar en el cuerpo de la palanquilla tanto como sea posible, lo cual puede reducir su daño a las propiedades mecánicas. Combinando los métodos anteriores juntos, se puede conseguir la coherencia entre la superficie de contacto y el cuerpo en la mayor medida.

La presente invención derriba el método tradicional en el que sólo puede usarse un lingote colado en molde para hacer piezas forjadas grandes. Usando el método de soldar por forja palanquillas de colada continua apiladas, la presente invención combina las ventajas de la industria metalúrgica y la industria mecánica. Este método no sólo reduce el coste de fabricación sino que también mejora la calidad del producto. Por otra parte, la reducción de una gran cantidad de producción de lingotes colados en molde puede hacer una contribución significativa al ahorro de energía y la reducción de emisiones.

La presente invención tiene las ventajas y los efectos beneficiosos siguientes:

1. Puede conseguirse una fabricación homogénea de piezas forjadas de gran sección. Varias palanquillas de colada continua se apilan y sueldan por forja para hacer una pieza de forja grande, la uniformidad de su composición es mucho mejor que la de un lingote colado en molde. Especialmente, la composición química en ambos extremos de la pieza de forja es básicamente la misma pero la de piezas forjadas hechas a partir de lingote colado en molde tiene una gran diferencia.

2. Puede conseguirse la densificación de la fabricación de piezas forjadas de sección grande. La estructura de las palanquillas de colada continua usadas es relativamente densa y no tiene ninguna porosidad central. Después del mantenimiento de temperatura, el mantenimiento de presión y la forja multidireccional, la compacidad de la superficie de contacto soldada es más elevada que la compacidad de piezas forjadas hechas a partir de lingote colado en molde.

3. Puede conseguirse purificación de la fabricación de piezas forjadas de sección grande. Cuando las palanquillas de colada continua se producen en acerías, el horno RH se usa para desgasificar, mientras que el horno VD se usa usualmente para desgasificar lingotes colados en molde cuando el lingote se produce mediante plantas mecánicas. El efecto de desgasificación del horno RH es mejor que el del horno VD debido a su función de circulación. Por lo tanto, el contenido de oxígeno total en la palanquilla de colada continua es menor que el del lingote colado en molde y el nivel de inclusión es relativamente bajo. Las piezas forjadas producidas mediante soldeo por forja de palanquillas de colada continua apiladas muestran un nivel inferior de inclusión que las piezas forjadas hechas a partir de lingotes colados en molde.

4. Puede conseguirse fabricación de bajo coste de piezas forjadas de sección grande. Debido al uso de palanquillas de colada continua, el peso de las palanquillas requeridas puede calcularse exactamente. Cuando se usa lingote colado en molde para hacer una pieza de forja, del 20% al 30% del material se desperdiciará debido al recorte del bebedero y la mazarota caliente y la limitación de las especificaciones de forma del lingote. Al mismo tiempo, la palanquilla de colada continua tiene la ventaja de producción a gran escala y su coste es sólo el 70% del lingote colado en molde. El soldeo por forja de las palanquillas de colada continua apiladas no sólo reduce el coste de la pieza de forja sino que también amplía el campo de aplicación de la palanquilla de colada continua y mejora el valor añadido del producto.

5. Puede conseguirse fabricación limpia y estable de piezas forjadas de sección grande. La producción de lingote colado en molde se caracteriza por su diversidad y carga pequeña. Por otra parte, aquél tiene mucho trabajo de preparación manual tal como prepara moldes, canales y material de aislamiento antes de verter. Al mismo tiempo, después de verter, el agente de calentamiento de la mazarota caliente y el agente de cobertura causarán una contaminación ambiental grave. Sobre las palanquillas de colada continua se usan soldeo por haz de electrones al vacío y soldeo por forja. Este proceso puede ser totalmente automatizado lo cual puede no sólo mejorar el ambiente de trabajo sino que también reduce la influencia del factor humano, así que la calidad del producto será más estable.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra el mecanismo de subsanación los defectos de la superficie de contacto. Se incluyen, (a) la deformación inicial; (b) el cierre de vacíos macroscópicamente; (c) el defecto de grieta volviéndose inestable y descomponiéndose; (d) unión metalúrgica.

La figura 2 muestra, en un ejemplo de realización de la presente invención, las palanquillas de colada continua que son apiladas y soldadas por sellado.

La figura 3 muestra, en un ejemplo de realización de la presente invención, las palanquillas que están siendo forjadas.

La figura 4 muestra el diagrama de flujo del proceso de la presente invención. Se incluyen (a) cortar la palanquilla de colada continua; (b) fresar y alisar las superficies a ser soldadas, exponiendo metal fresco y ejecutando limpieza con plasma; (c) sellar en su contorno la superficie de contacto en una cámara de vacío mediante soldeo por haz de electrones; (d) calentar la palanquilla en horno de alta temperatura; (e) usar prensa hidráulica para recalcar la palanquilla en una dirección perpendicular a la superficie de contacto que va a ser soldada; (f) cuando el recalco alcanza la posición esperada, mantener la presión sobre la palanquilla para hacer que los defectos se suelden completamente; (g) devolver la palanquilla al horno para difusión a alta temperatura después del recalco; (h) ~ (i) forja tridimensional para garantizar la deformación grande de la palanquilla en cada dirección; (j) forjar la palanquilla hasta la forma y el tamaño finales.

La figura 5 muestra, en un ejemplo de realización de la presente invención, la microestructura de la superficie de contacto soldada después de la forja.

La figura 6 muestra, en la realización comparativa 1, la microestructura del área central de las piezas forjadas a partir de lingotes tradicionales.

La figura 7 muestra, en la realización comparativa 2, la microestructura de la superficie de contacto soldada después de recubrimiento por laminación. Se incluyen, (a) el área central de la palanquilla, (b) la región de borde de la palanquilla recubierta por laminación.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

Según se muestra en la figura 4, en la presente invención, el flujo de proceso del método para preparar piezas forjadas homogéneas mediante soldar por forja palanquillas de colada continua apiladas es como sigue:

(a) cortar la palanquilla de colada continua; (b) fresar y alisar las superficies a ser soldadas, exponiendo metal fresco y ejecutando limpieza con plasma; (c) sellar la superficie de contacto en su contorno en una cámara de vacío mediante soldeo por haz de electrones; (d) calentar la palanquilla en horno de alta temperatura; (e) usar prensa hidráulica para recalcar la palanquilla en una dirección perpendicular a la superficie de contacto que va a ser soldada; (f) cuando el recalco alcanza la posición esperada, mantener la presión sobre la palanquilla para hacer

que los defectos se suelden completamente; (g) devolver la palanquilla al horno para difusión a alta temperatura después del recalado; (h) ~ (i) forja tridimensional para garantizar la deformación grande de la palanquilla en cada dirección; (j) forjar la palanquilla hasta la forma y el tamaño finales mediante proceso de forja libre tradicional como recalcar, estirar, redondear, punzonar, brochado y estiramiento de barra de núcleo.

5 La presente invención se ilustra con más detalle mediante ejemplos.

Ejemplo 1

10 Usando el método de colada continua, se cuela la palanquilla rectangular de colada continua con anchura de 1.200 mm y espesor de 200 mm. El acero es 25Cr2Ni4MoV y la composición química se enumera en la Tabla 1. Este acero se usa comúnmente para recipientes a presión. Cortar la palanquilla a un tamaño determinado, después mecanizar y limpiar, sellar y soldar las palanquillas en la cámara de vacío y, luego, forjarla. Los pasos específicos son como sigue:

Tabla 1. Composición química medida de acero 25Cr2Ni4MoV (porcentaje en masa, %)

elemento	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
porcentaje	0,21	0,039	0,27	0,005	0,005	1,64	3,46	0,39	0,095

15 Un primer paso, recortar las palanquillas de colada continua de acuerdo con una especificación determinada. Se cortan y apilan juntas tres piezas de 200×450×300 mm. Hacer las dimensiones de las palanquillas apiladas como anchura=300 mm, longitud=450 mm, altura=600 mm, la cual puede ser forjada fácilmente en tres direcciones.

Un segundo paso, mecanizar y limpiar la superficie a ser soldada. La superficie a ser soldada es procesada mediante fresadora-cepilladora y limpiada mediante plasma en una cámara de vacío, lo cual puede garantizar una elevada limpieza de la superficie y exponer metal fresco.

20 Un tercer paso, sellar las palanquillas mediante soldeo por haz de electrones al vacío. Las palanquillas apiladas se colocan en la cámara de vacío y las superficies de contacto entre las palanquillas son selladas en su contorno mediante soldeo por haz de electrones. La profundidad de soldadura es 10 ~ 50 mm (figura 2).

Un cuarto paso, calentar las palanquillas antes de forjar. La palanquilla sellada se envía al horno de calentamiento y la temperatura de calentamiento es 1.250 °C.

25 Un quinto paso, recalcar y soldar por forja las palanquillas usando un método de soldeo por forja con mantenimiento de presión. Colocar las palanquillas calientes en la plataforma de operación de la prensa de forja y hacer la dirección de la altura de la palanquilla vertical; recalcar las palanquillas usando placa de recalado en la dirección de la altura (dirección Z), recalcar se lleva a cabo en dos pasos: primero, prensar las palanquillas para reducir la altura total de las palanquillas un 10% y mantener la presión sobre las palanquillas durante 5 minutos, luego, continuar el recalado hasta que la altura total de las palanquillas se reduce un 50% y mantener la presión sobre las palanquillas durante 10 minutos (figura 3).

Un sexto paso, soldar por difusión las palanquillas a alta temperatura. Las palanquillas recaladas son enviadas de vuelta al horno de calentamiento y la temperatura de calentamiento es 1.250 °C. El tiempo de mantenimiento de la temperatura es 6 horas.

35 Un séptimo paso, estirar la palanquilla en la dirección Y y deformarla hasta anchura=450 mm, longitud=600 mm y altura=300 mm.

Un octavo paso, estirar la palanquilla en la dirección X y deformarla hasta anchura=600 mm, longitud=300 mm y altura=450 mm.

40 Un noveno paso, estirar la palanquilla en la dirección Z y deformarla hasta anchura=300 mm, longitud=450 mm y altura=600 mm.

Un décimo paso, forjar la palanquilla hasta tener la forma y el tamaño finales, los cuales son espesor=180 mm longitud=1.000 mm y anchura=1.000 mm,

Ejemplo 2

45 La composición química del material y el tamaño de la pieza de trabajo final en el ejemplo 2 son los mismos que los del ejemplo 1. En el ejemplo 2 se usa un proceso convencional de lingote colado en molde y forja. Los pasos específicos son como sigue:

Un primer paso, hacer el molde del lingote, bastidor, caja de la mazarota caliente y tubo de colada central. Se usa fundición gris de hierro para producir el molde del lingote, bastidor, caja de la mazarota caliente y tubo de colada

central para un lingote de 2 toneladas. Deben prepararse el panel de asilamiento de la mazarota caliente, polvo de moldeo, cáscara de arroz carbonizada, agente de calentamiento y otros materiales auxiliares.

5 Un segundo paso, ensamblar el molde del lingote. Los ladrillos se colocan sobre el bastidor para hacer el canal. El molde del lingote y el tubo de colada central son colocados sobre el chasis, la caja de la mazarota caliente es colocada sobre el molde del lingote y el polvo de moldeo es colocado en el interior del molde del lingote.

Un tercer paso, fundir y verter. 2 toneladas de acero son fundidas y vertidas. Después de verter, se coloca la cáscara de arroz carbonizada sobre la parte superior de la mazarota caliente para conservación del calor.

Un cuarto paso, desmoldear. 5 horas después de verter, se puede obtener un lingote de acero de $\varnothing 280 \times 1.000$ mm después de desmoldear.

10 Un quinto paso, recortar. Después de cortar la mazarota caliente y el bebedero, se puede conseguir la palanquilla.

Un sexto paso, calentar. La palanquilla se pone en el horno de calentamiento y la temperatura de calentamiento es 1.250 °C. El tiempo de mantenimiento de temperatura es de 6 horas.

Un séptimo paso, estirar la palanquilla en la dirección Y y deformarla hasta anchura=450 mm, longitud=600 mm y altura=300 mm.

15 Un octavo paso, estirar la palanquilla en la dirección X y deformarla hasta anchura=600 mm, longitud=300 mm y altura=450 mm.

Un noveno paso, estirar la palanquilla en la dirección Z y deformarla hasta anchura=300 mm, longitud=450 mm y altura=600 mm.

20 Un décimo paso, forjar la palanquilla hasta tener la forma y el tamaño finales, los cuales son espesor=180 mm longitud=1.000 mm y anchura=1.000 mm,

Ejemplo 3

La composición química del material y el tamaño de la pieza de trabajo final en el ejemplo 3 son los mismos que los del ejemplo 1. En el ejemplo 3 se usa un proceso convencional de recubrimiento por laminación. Los pasos específicos son como sigue:

25 Un primer paso, recortar la pluralidad de las palanquillas de colada continua de acuerdo con una especificación determinada. Se cortan y se pilan juntas 3 piezas de $200 \times 450 \times 300$ mm de palanquillas de colada continua. Hacer las dimensiones de las palanquillas apiladas como anchura=300 mm, longitud=450 mm y altura=600 mm.

Un segundo paso, mecanizar y limpiar las superficies de las palanquillas a ser soldadas. La superficie a ser soldada es procesada mediante fresadora-cepilladora y limpiada usando alcohol o acetona.

30 Un tercer paso, soldar las palanquillas mediante soldeo por haz de electrones al vacío para sellar las palanquillas. Las palanquillas apiladas son colocadas en la cámara de vacío y las superficies de contacto entre las palanquillas son soldadas en su contorno mediante soldeo por haz de electrones. La profundidad de la soldadura es 50 mm.

Un cuarto paso, calentar las palanquillas antes de forjar. La palanquilla sellada se envía al horno de calentamiento y la temperatura de calentamiento es 1.250 °C.

35 Un quinto paso, laminar la palanquilla. La palanquilla caliente se coloca en una laminadora de chapa gruesa para laminar. La profundidad de reducción media para cada prensa es 30 mm. Se usan tanto laminación transversal como laminación longitudinal. Después de laminar 14 veces, la palanquilla está laminada hasta el espesor de 180 mm, longitud de 1.000 mm y anchura de 1.000 mm.

Ejemplo 4

40 Las piezas forjadas de los ejemplos 1, ejemplo 2, ejemplo 3 se asierra en la línea central. Muestras de área de superficie de contacto soldada pueden obtenerse y corroerse con ácido nítrico y alcohol. La macroestructura específica se muestra en las figuras 5, 6 y 7. Puede verse a partir de las figuras que la microestructura de la pieza de forja usando el método de soldeo por forja de palanquilla de colada continua apilada de la presente invención es básicamente la misma que la del la pieza de forja usando el método de forja convencional. No se encuentra ninguna

45 microestructura anormal en la posición de la superficie de contacto original mientras que comparada con el método de forja convencional, el método de soldeo por forja de palanquillas de colada continua apiladas de la presente invención puede mejorar la tasa de utilización del material un 30%. Por otra parte, la superficie de contacto no ha sido completamente soldada por laminación en el centro de la palanquilla producida por el método de recubrimiento por laminación palanquillas de colada continua (figura 7a). Durante las varias primeras pasadas de la laminación de

50 pasadas múltiples, hay una cizalladura en el borde de la superficie de contacto de la palanquilla, el cual fracturará el área de soldeo por haz de electrones y conducirá a la oxidación de la superficie a ser soldada. Después de la

deformación, existe una estructura de superficie de contacto obvia, según se muestra en la figura 7b.

5 El resultado de la realización experimental muestra que la presente invención derriba el método convencional de usar lingote de acero colado en molde para hacer piezas forjadas grandes. Usando soldeo por haz de electrones y limpieza al vacío sobre palanquillas de colada continua y un método de mantenimiento de presión y mantenimiento de temperatura durante la forja, la superficie de contacto se suelda completamente. Entonces, se usa forja tridimensional en el proceso de recalcar y estirar subsiguiente para dispersar la superficie de contacto soldada, lo cual hace que la composición, microestructura y nivel de inclusión del área de superficie de contacto alcancen la del nivel de la matriz. La presente invención puede reducir grandemente el coste de fabricación, mejorar la tasa de utilización del material y resolver los problemas de los lingotes convencionales de segregación, cristal grueso, 10 inclusión, cavidades de contracción y porosidad, así que puede conseguirse la fabricación de piezas forjadas homogéneas. Además, la presente invención puede, también, usarse para unir diferentes clases de metales.

REIVINDICACIONES

1. Un método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas, en donde:

5 en primer lugar, preparar palanquillas preformadas; recortar una pluralidad de palanquillas de colada continua para tener ciertos tamaños, fresar y alisar las superficies de las palanquillas a ser soldadas mediante una fresadora-cepilladora, ejecutar una operación de limpieza con plasma al vacío a las superficies a ser soldadas, apilar la pluralidad de palanquillas y sellar en su contorno las superficies a ser soldadas en una cámara de vacío mediante soldeo por haz de electrones;

10 entonces, soldar con forja y homogeneizar las palanquillas preformadas; calentar las palanquillas preformadas hasta una temperatura determinada en un horno de calentamiento y sacar del horno de calentamiento las palanquillas preformadas calientes, forjar las palanquillas preformadas mediante una prensa hidráulica, usar medios de mantenimiento de presión y mantenimiento de temperatura durante un primer proceso de recalcar para soldar las superficies completamente juntas, luego usar forja tridimensional para dispersar las superficies soldadas de tal forma que la composición, estructura e inclusión de las áreas de superficie de contacto son sustancialmente las mismas que las de los cuerpos de las palanquillas;

15 formado final: forjar las palanquillas preformadas hasta tener la forma y el tamaño finales;

en donde el método comprende:

un primer paso, recortar la pluralidad de las palanquillas de colada continua de acuerdo con una especificación determinada;

20 un segundo paso, mecanizar y limpiar las superficies de las palanquillas a ser soldadas;

un tercer paso, soldar las palanquillas mediante soldeo por haz de electrones al vacío para sellar las palanquillas;

un cuarto paso, calentar las palanquillas antes de forjar;

25 un quinto paso, recalcar y soldar por forja las palanquillas usando un método de de soldeo por forja y mantenimiento de presión;

un sexto paso, soldar por difusión las palanquillas bajo temperatura elevada;

un séptimo paso, estirar las palanquillas en la dirección Y;

un octavo paso, estirar las palanquillas en la dirección X;

un noveno paso, estirar las palanquillas en la dirección Z; y

30 un décimo paso, forjar las palanquillas hasta tener la forma y el tamaño finales.

2. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el primer paso, cuando se recortan las palanquillas de colada continua, una relación anchura a longitud de las palanquillas es 2:3, y el número de palanquillas de colada continua se determina de tal manera que una altura total de las palanquillas apiladas frente a la anchura es 2:1, así, después de apilar, la relación de anchura(X):longitud(Y):altura(Z) = 2:3:4, para facilitar el ejecutar la forja tridimensional.

3. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el segundo paso, las superficies a ser soldadas son procesadas mediante la fresadora-cepilladora y limpiadas mediante un plasma en la cámara de vacío, para asegurar una limpieza elevada de la superficie y para exponer metal fresco.

40 4. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el tercer paso, las palanquillas apiladas se colocan en la cámara de vacío y las superficies de contacto entre las palanquillas se sellan en su contorno mediante soldeo por haz de electrones, y una profundidad de soldadura es 10 ~ 50 mm.

45 5. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el cuarto paso, las palanquillas selladas son enviadas al horno de calentamiento y una temperatura de calentamiento es $0,85T_m$, donde T_m es el punto de fusión del material de las palanquillas y la unidad de T_m es °C.

6. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el quinto paso, colocar las palanquillas calientes sobre una plataforma de operación de la prensa de forja y hacer la

- 5 dirección de la altura de la palanquilla vertical; recalcar las palanquillas usando una placa de recalcado en la dirección de la altura (dirección Z); el recalcado se lleva a cabo en dos pasos: primero, prensar las palanquillas para reducir la altura total de las palanquillas un 10% y mantener la presión sobre las palanquillas durante 5 minutos; luego, continuar el recalcado hasta que la altura total de las palanquillas se reduce un 50% y mantener la presión sobre las palanquillas durante 10 minutos.
- 10 7. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el sexto paso, la palanquilla recalcada es enviada de vuelta al horno de calentamiento y calentada a una temperatura de calentamiento de $0,85T_m$, T_m es el punto de fusión del material de las palanquillas y tiene una unidad en °C, y la temperatura de calentamiento se mantiene durante $20T_h$ horas después de que las palanquillas se calientan uniformemente, T_h es la altura después de recalcar y tiene unidad en metros.
- 15 8. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el séptimo paso, se usa un yunque plano para estirar las palanquillas en la dirección Y y las palanquillas son formadas en un paralelepípedo con una relación de dimensiones de anchura(X):longitud(Y):altura(Z) = 3:4:2.
- 20 9. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el octavo paso, recalcar las palanquillas un 50% en la dirección Y mediante un yunque plano y después las palanquillas son deformadas hasta la dimensión determinada, estirando las palanquillas en la dirección X en un paralelepípedo con una relación de dimensiones de anchura(X):longitud(Y):altura(Z) = 4:2:3.
10. El método de construir y forjar para preparar piezas forjadas homogéneas de la reivindicación 1, en donde: en el noveno paso, recalcar las palanquillas un 50% en la dirección X mediante un yunque plano y después las palanquillas son deformadas hasta la dimensión determinada, estirando las palanquillas en la dirección Z en un paralelepípedo con una relación de dimensiones de anchura(X):longitud(Y):altura(Z) = 2:3:4.

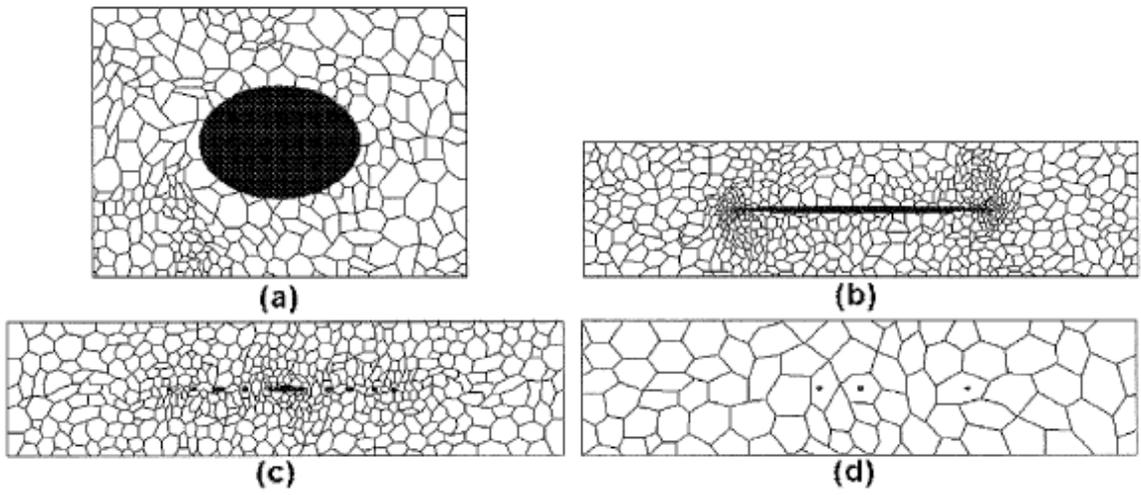


Fig .1

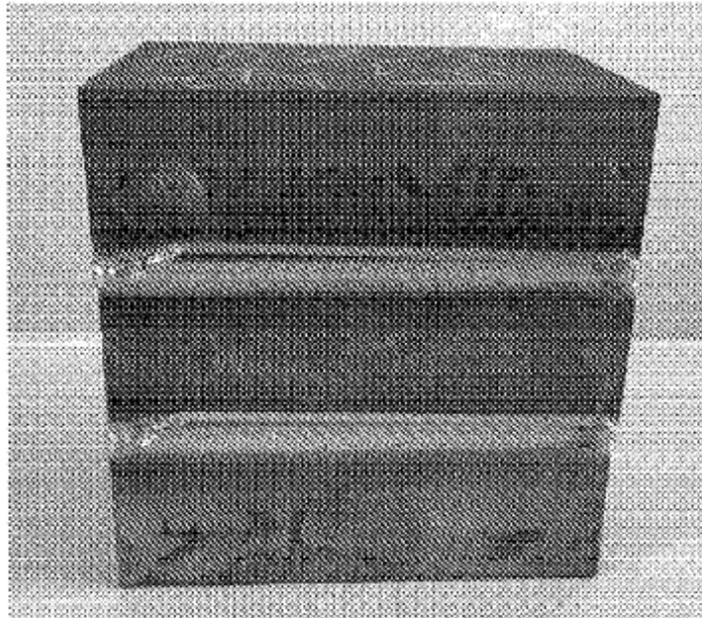


Fig .2



Fig. 3

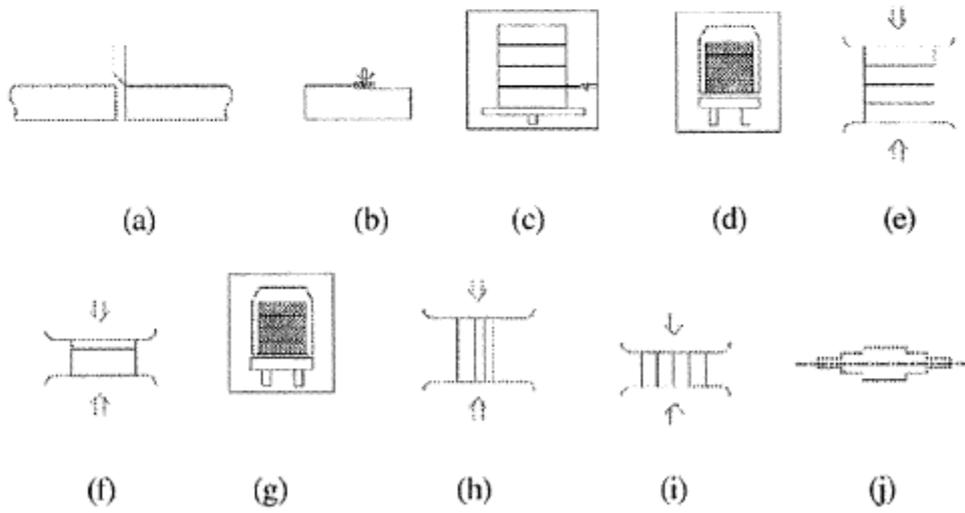


Fig. 4

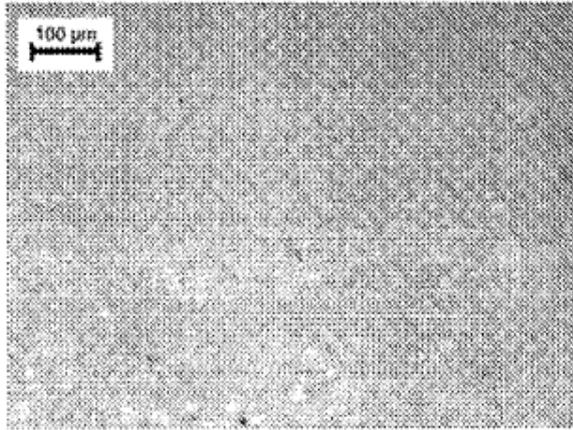


Fig. 5

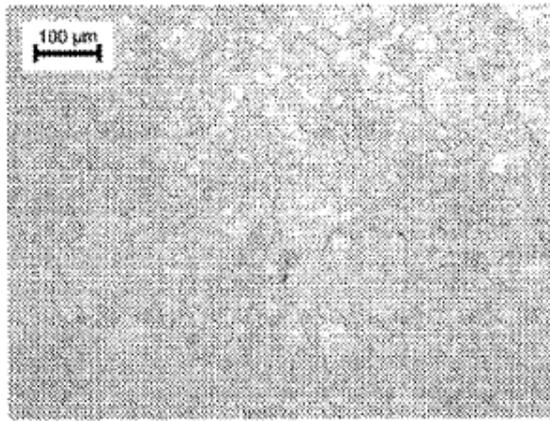
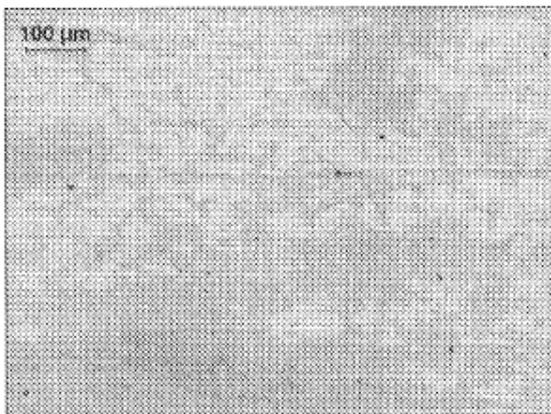
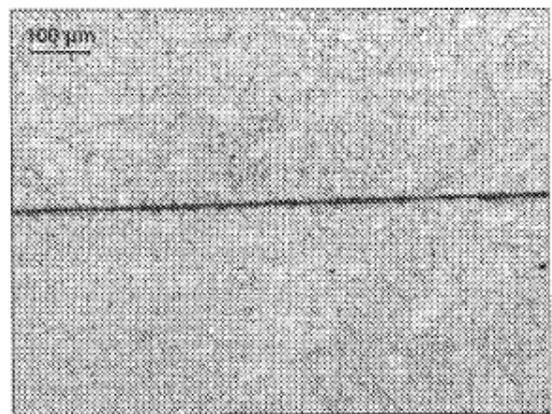


Fig. 6



(a)



(b)

Fig. 7