



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 316 949**

(51) Int. Cl.:
C21D 8/02 (2006.01)
C21D 8/12 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **04425877 .0**
(96) Fecha de presentación : **24.11.2004**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1662010**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **31.05.2006**

(54) Título: **Chapa de acero magnético laminada en caliente particularmente adecuada para la fabricación de paquetes de chapas electromagnéticas.**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

(73) Titular/es: **Giovanni Arvedi**
Via Mercatello, 26
I-26100 Cremona, IT

(72) Inventor/es: **Arvedi, Giovanni**

(74) Agente: **Isern Jara, Jorge**

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

Chapa de acero magnético laminada en caliente particularmente adecuada para la fabricación de paquetes de chapas electromagnéticas.

La presente invención se refiere a una chapa de acero magnético laminada en caliente de bajo contenido en carbono.

Los documentos WO 2004/013365 y EP 1411138 exponen chapas magnéticas de grano no orientado provistas de características físico-químicas especiales que, después de un tratamiento de laminación en frío y recocido, se hacen adecuadas para ser utilizadas para fabricar, después del corte, paquetes de chapas tales como estatores y rotores de motores eléctricos.

También es conocido que el laminado en frío implica un ciclo de operaciones que es muy gravoso cuando se consideran los costes y el tiempo requeridos. Estas chapas de tipo conocido están adicionalmente caracterizadas por un contenido relativamente elevado de silicio y por una estructura con granos no particularmente finos. Es conocido de hecho que la chapa de acero que comúnmente se utiliza en la técnica para las utilizaciones anteriormente mencionadas generalmente presenta un contenido en silicio $> 0,5\%$, está provista de una estructura con granos ferríticos no particularmente finos y generalmente incluso inferiores al grado 7 de la norma ASTM, a fin de mejorar su permeabilidad magnética.

Es un objeto de la presente invención proporcionar una chapa de acero magnético laminada en frío de bajo contenido en carbono provista de un contenido reducido de silicio y un grosor comprendido entre 0,65 y 1,5 mm, la cual muestra, sin el laminado subsiguiente en frío ni tratamientos adicionales, características metalúrgicas y geométricas particulares, así como las relativas a la planitud y la dureza, lo cual las hace particularmente, aunque no exclusivamente, adecuadas para la fabricación de laminados que, después del corte pueden formar paquetes de múltiples capas adecuados para las utilizaciones anteriormente mencionadas.

La chapa según la presente invención preferiblemente, aunque no exclusivamente, está fabricada por medio de sistemas en línea del tipo "delgado y plano", como el que se describe en la publicación internacional WO 2004/026497 a nombre del mismo solicitante, como se representa esquemáticamente en la figura 5 y está caracterizada, como se establece en la reivindicación 1, por un bajo contenido en silicio (inferior al 0,03%) y una estructura cuya finura está comprendida entre los grados 9 y 12 de la norma ASTM 112, con un grosor comprendido entre 0,65 y 1,5 mm, una relación de paralelismo $< 0,02$ mm y una rugosidad $\geq 1,3 \mu\text{m}$, provista de la siguiente composición: $C \leq 0,06\%$, $Mn 0,10 \div 0,20\%$, $Si < 0,03\%$, $P \leq 0,010\%$, $S \leq 0,005\%$, $Cr \leq 0,10\%$, $Ni \leq 0,12\%$, $Mo \leq 0,03\%$, $Al 0,030 \pm 0,050\%$, el resto siendo Fe y las inevitables impurezas.

El grosor medio es preferiblemente de 0,65-1,0 mm con unas tolerancias estrictas de $\pm 0,05$ mm, mientras el paralelismo es preferiblemente inferior a 0,01 mm. Tras unas posibles operaciones de tratamiento de desoxidante y pasada en frío para reducir el grosor, la dureza de la chapa según la presente invención puede alcanzar valores de HRB 55/70 o HV 110/140.

La rugosidad particular $\geq 1,3 \mu\text{m}$ de la chapa es útil para evitar que las piezas cortadas se unan juntas muy cerca cuando se empaquetan para formar capas múltiples, gracias al aire que está presente en los espacios causados por la rugosidad y el general las características anteriormente descritas hacen este tipo de chapa laminada en frío particularmente adecuada para un corte fino sin necesidad alguna de tener que recortar ni enderezar las piezas cortadas, dejándolas preparadas por lo tanto para las etapas subsiguientes de empaquetado, las cuales en general se llevan a cabo en línea y automáticamente, eliminando de ese modo las operaciones de recortado y enderezado que se requieren en los sistemas tradicionales.

Estos y otros objetos, ventajas y características de la chapa magnética según la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

la figura 1 muestra, trazadas gráficamente, las curvas de la frecuencia con la cual la presencia de un tamaño determinado del grano ha sido detectada estadísticamente en un número de rollos al principio, en medio y al final respectivamente de cada rollo de chapa según la presente invención;

la figura 2 muestra un detalle de la microestructura de la misma chapa, cuando se ve con una amplificación de $\times 1000$;

la figura 3 muestra una distribución de las rebabas en milímetros, como se detecta experimentalmente en un número de piezas cortadas a partir de una chapa según la presente invención;

la figura 4 muestra esquemáticamente cómo se calcula el factor de empaquetado (parámetro de laminación según la norma italiana UNI EN 10126) al cual se hará referencia en lo que sigue a continuación como indicador del paralelismo y de la presencia de rebabas en las piezas cortadas de laminación;

la figura 5 muestra esquemáticamente un tipo de planta, tal como aquél de la publicación anteriormente mencionada WO 2004/026497, utilizada preferiblemente para fabricar la chapa de la presente invención; y

ES 2 316 949 T3

la figura 6 muestra un cuadro de flujo de la comparación entre el ciclo de fabricación de las chapas según la técnica anterior y la presente invención.

Como ya se ha indicado antes en este documento, la chapa magnética según la presente invención puede reemplazar, sin tratamiento de recocido, las chapas laminadas en frío para fabricar, al cortarlas, paquetes del conjunto de piezas estampadas de chapa del circuito magnético. El grosor de dicha chapa de acero es de 0,65-1,5 mm, preferiblemente 0,65-1 mm con unas tolerancias estrictas de $\pm 0,05$ mm y una relación de paralelismo $< 0,02$ mm, preferiblemente 0,01 mm.

Mientras la chapa magnética según la técnica anterior está caracterizada por un contenido en silicio $> 0,5\%$ y un grano ferrítico con una finura inferior al grado 7 de la norma ASTM E 112 para mejorar la permeabilidad magnética, la chapa según la invención, en lugar de un contenido muy bajo en silicio ($< 0,03\%$) y la finura del grano superior al grado 9 de la norma anteriormente mencionada, presenta características magnéticas comparables con aquellas de las chapas a partir de silicio de grano no orientado laminadas en caliente y a continuación recocidas para incrementar el tamaño del grano ferrítico. Esto parece ser debido a la sustancial uniformidad del grano ferrítico, en donde el 70% de los granos muestran un grado de finura comprendido entre los niveles 9 y 12 de la norma ASTM anteriormente mencionada, haciendo particularmente permeable al magnetismo de la misma chapa. Aunque el tamaño de grano juega un papel básico concerniente a la permeabilidad magnética del acero, pruebas experimentales de hecho han demostrado que a este respecto la característica de la uniformidad del grano es también muy importante, sin tener en cuenta su tamaño.

Con referencia a la figura 1 se puede observar lo fina que es la microestructura de las chapas según la invención en las cuales de hecho más del 80% de los granos tienen un tamaño inferior a aquél que corresponde al grado 9 de la norma ASTM E 112 y por lo tanto una finura mejor que la propia de grado 9.

La característica de la uniformidad del grano ferrítico, el cual es muy fino y particularmente homogéneo, descende también en particular a partir de la microfotografía aumentada mil veces como se representa en la figura 2.

Considerando ahora otra característica de la chapa según la invención, esto es la pequeña altura de las rebabas de corte, el límite superior de las cuales como se requiere en el mercado es de 0,04 mm, el gráfico de la figura 3 muestra claramente cómo cumple totalmente un límite de este tipo la chapa de la invención, con la cual el valor de 0,04 mm no parece que se haya alcanzado.

A fin de determinar las características de la planitud y el paralelismo de la chapa de acero, en relación con el producto de la utilización pretendida, es decir paquetes del conjunto de piezas estampadas de chapa del circuito magnético, en particular pero no exclusivamente para fabricar estatores y rotores de motores eléctricos, generalmente se hace referencia a un factor de empaquetado el cual está definido como la relación entre el peso de un paquete de múltiples capas de forma regular (P) y aquél de un bloque de acero macizo que tenga el mismo tamaño (P'). Evidentemente el valor más alto del factor de empaquetado que es posible alcanzar es igual a 1, como se puede ver con referencia a la figura 4, en donde en el lado izquierdo se representa un paquete de múltiples capas y en el lado derecho un bloque de acero macizo. A través de dicho factor P/P' se obtiene una medida del paralelismo del paquete de múltiples capas, o, en otras palabras, una verificación de la posible presencia de espacios debidos a rebabas o grosores no uniformes. Las pruebas experimentales llevadas a cabo en cada posición de la chapa han mostrado que un factor de este tipo no sólo es muy alto, comparable con aquel de las chapas en frío, el cual está comprendido entre 0,90 y 0,99, sino también en el campo de los valores más elevados que corresponden a un grado de paralelismo $< 0,02$ mm e incluso inferior a 0,01 mm.

La chapa según la presente invención está fabricada en una planta tal como aquella ilustrada esquemáticamente en la figura 5, para el laminado continuo en caliente, tal como la del tipo que es el objeto de la publicación WO 2004/026497, a partir de la cual se puede obtener las chapas según la presente invención con las características anteriormente indicadas. En particular la parte inferior de la distribución en planta se refiere a las posibles operaciones de tratamiento desoxidante y pasada en frío para reducir el grosor a las cuales puede estar sometida la chapa a partir de la etapa de laminación, pudiendo alcanzar por lo tanto valores de dureza que corresponden a HRB 55/70 o HV 110/140.

En el cuadro de flujo de la figura 6 se indican claramente, en el lado derecho, las etapas principales del ciclo de fabricación de la chapa según la invención en un sistema de este tipo, destacando por lo tanto el menor número de etapas con respecto a aquellas del ciclo de fabricación según la técnica anterior, que implica el laminado en frío, aunque los resultados de la calidad obtenida son comparables.

El que la chapa según la invención es una solución alternativa válida a las chapas a partir de silicio laminadas en frío con granos no orientados, cuando las aplicaciones no requieren límites particulares de las características magnéticas, ha sido probado por medio de pruebas experimentales las cuales proporcionan los resultados relacionados en la siguiente tabla 1. Se debe indicar que estas pruebas experimentales han sido llevadas a cabo en paquetes de múltiples capas obtenidas a partir de una chapa de la presente invención, en otras palabras laminada en caliente sin tratamientos adicionales, los cuales han sido comparados con paquetes similares obtenidos a partir de una chapa de la técnica interior, que ha sido laminada en frío, recocida y pasada en frío para reducir el grosor (1%).

ES 2 316 949 T3

TABLA 1

Tabla 1	W1T	W1, 5T	B2500	B5000	B10000
Chapa según el estado de la invención: en bruto (ciclo 1)	9,76	20,60	1,581	1,705	1,818
Chapa según el estado de la técnica anterior: recocida (ciclo 2)	10,20	21,61	1,590	1,713	1,829

En donde:

- W1T y W1,5T son las pérdidas magnéticas en vatios/kilo de acero, medidas respectivamente con una inducción magnética (polarización) de 1,0 y 1,5 Tesla en un campo alternativo a 50 hz;
- B2500 - B5000 - B10000 son los valores de inducción magnética (polarización) en Tesla, medidos con intensidad del campo magnético H alternativo a 50 hz de 2500, 5000, 10000 A/m, respectivamente.
- Ciclo 1: laminado en caliente + tratamiento desoxidante + pasada en frío para reducir el grosor
- Ciclo 2: laminado en caliente + tratamiento desoxidante + laminado en frío (> 70%) + recocido + pasada en frío para reducir el grosor.

A través de las observaciones de los resultados relacionados en la tabla se puede observar que los comportamientos de la chapa magnética según la invención son totalmente comparables, bajo el aspecto de la calidad, con aquellos de una chapa según la técnica anterior adicionalmente sometida a un tratamiento de laminado en frío, recocido y pasada en frío para reducir el grosor. Los valores de la permeabilidad magnética que se han encontrado son de hecho bastante similares (la diferencia más elevada: 0,6% en B 10000), mientras las pérdidas magnéticas son incluso inferiores con la chapa de la invención.

También está claro que la fabricación de la chapa magnética según la invención es más económica con respecto a aquella según la técnica anterior, tanto por la adición de menos cantidades de silicio como por la eliminación de las etapas del laminado en frío y de recocido, como ya se ha remarcado antes en este documento. Este ahorro puede alcanzar un valor que corresponde aproximadamente a la cantidad del 15% de los costes totales de fabricación.

Otra ventaja del acero según la invención es que se evita el estado crítico del acero de silicio de grano no orientado tradicional, los desbastes rectangulares del cual se deben calentar a temperaturas más altas (aproximadamente 200°C) que las requeridas por los otros aceros que no incluyen silicio y deben ser enfriados más lentamente con un proceso controlado antes de la subsiguiente etapa de laminación para evitar grietas en los propios desbastes rectangulares.

ES 2 316 949 T3

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero magnético laminada en caliente adecuada para la fabricación de planchas de acero eléctrico, provista de un grosor comprendido entre 0,65 y 1,0 mm y una estructura de grano fino, **caracterizada** por el hecho de que tiene un contenido en silicio $< 0,03\%$, una relación de paralelismo $< 0,02$ mm y con el 70% de los granos ferríticos comprendidos entre los grados 9 y 12 de la norma ASTM E 112, estas características siendo obtenidas sin ninguna etapa adicional de recocido ni laminado en frío con la siguiente composición: $C \leq 0,06\%$, $Mn 0,10 \div 0,20\%$, $Si < 0,03\%$, $P \leq 0,010\%$, $S \leq 0,005\%$, $Cr \leq 0,10\%$, $Ni \leq 0,12\%$, $Mo \leq 0,03\%$, $Al 0,030 \pm 0,050\%$, el resto siendo Fe y las inevitables impurezas.

2. Una chapa de acero magnético laminada en caliente según la reivindicación 1 **caracterizada** por el hecho de que por lo menos el 80% de los granos ferríticos tienen un tamaño inferior a aquél que corresponde al grado 9 de dicha norma.

3. Una chapa de acero magnético laminada en caliente según la reivindicación 1 o 2 **caracterizada** por el hecho de que tiene tolerancias que corresponden a $\pm 0,05$ mm.

4. Una chapa de acero magnético laminada en caliente según la reivindicación 1 o 2 **caracterizada** presenta una relación de paralelismo $< 0,01$ mm.

5. Una chapa de acero magnético laminada en caliente según una o más de las reivindicaciones anteriores **caracterizada** por el hecho de que adicionalmente presenta una rugosidad $\geq 1,3 \mu m$.

6. Una chapa de acero magnético laminada en caliente según las reivindicaciones 4 y 5 **caracterizada** por un factor de empaquetado $(P/P') \geq 0,90$.

7. Una chapa de acero magnético laminada en caliente según la reivindicación 1 o 2 **caracterizada** por el hecho de que presenta, después del tratamiento desoxidante y la pasada en frío para reducir el grosor, valores de la dureza de HRB 55/70 o HV 110/140.

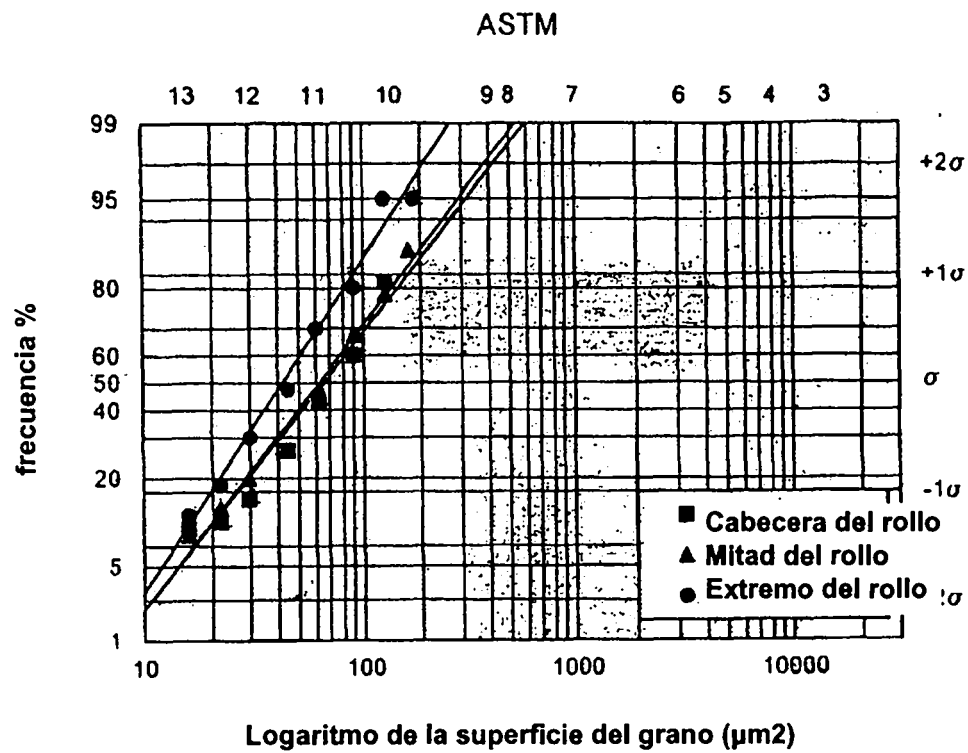


Fig.1

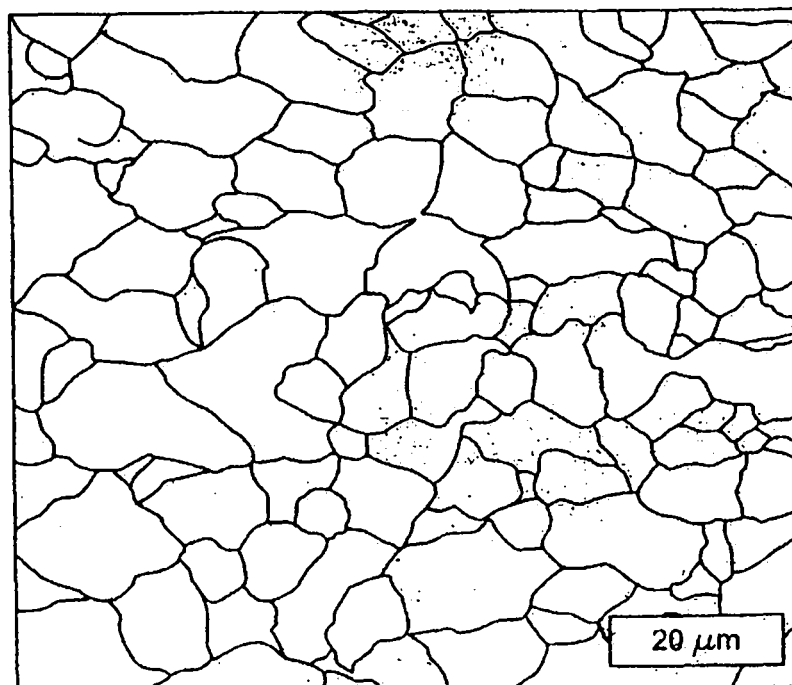


Fig.2

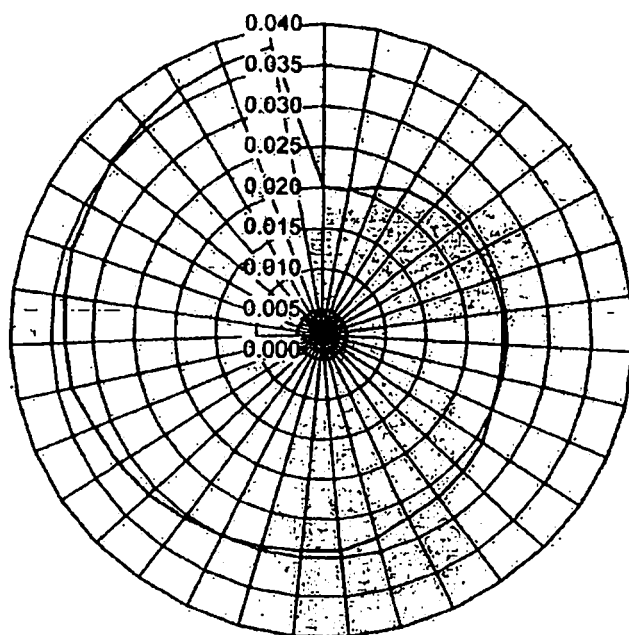
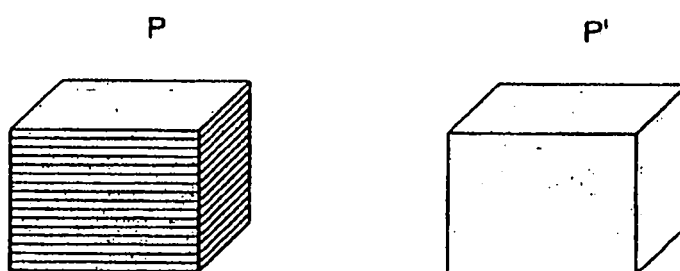


Fig.3



Factor de empaquetado $\frac{P}{P'} = 1 \text{ max}$

Fig.4

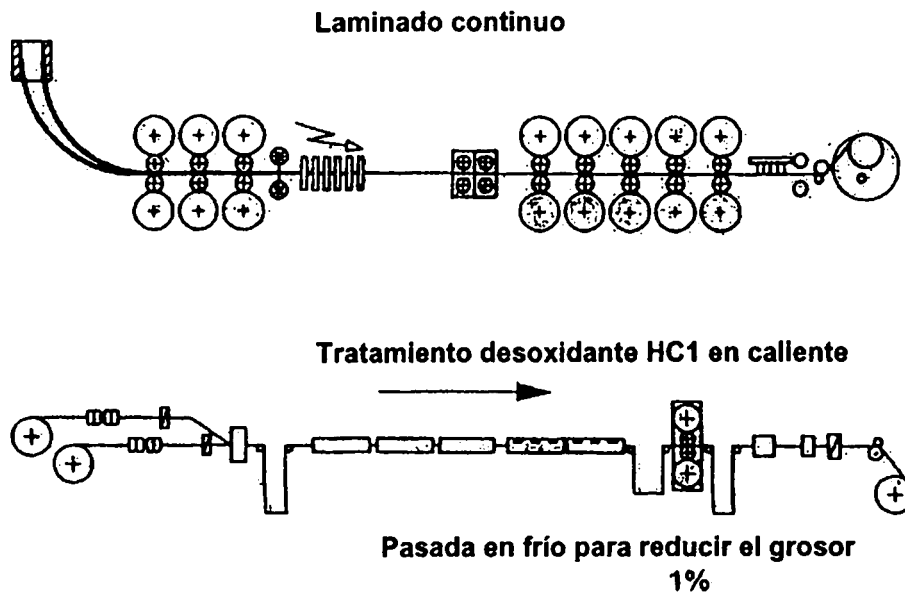
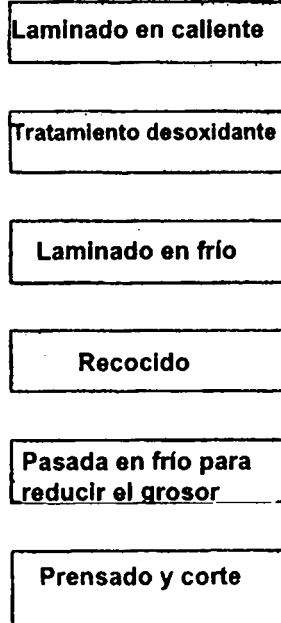


Fig.5

Ciclo de la técnica anterior

**CICLO DE LA
TÉCNICA ANTERIOR**



**CICLO DE LA
PRESENTE INVENCION**

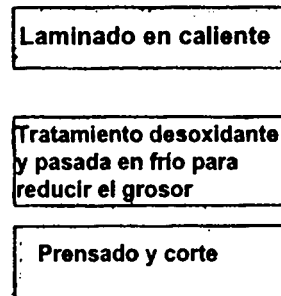


Fig.6