(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 397 625**

(51) Int. Cl.:
B21H 3/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2011** **E 11701451 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2012** **EP 2367645**

(54) Título: **Procedimiento y mordazas de laminación para fabricar un tornillo con paso de rosca variable**

(30) Prioridad:

14.01.2010 DE 102010000084

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.03.2013

(73) Titular/es:

LUDWIG HETTICH & CO. (100.0%)
Dr. Kurt-Steim-Strasse 28
78713 Schramberg-Sulgen, DE

(72) Inventor/es:

HETTICH, ULRICH

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 397 625 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

Procedimiento y mordazas de laminación para fabricar un tornillo con paso de rosca variable

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento y a medios para fabricar un tornillo con una rosca continua de paso variable. El término rosca "continua" indica que se trata de una sola rosca sinfín y sirve para distinguirla de un tornillo con dos roscas separadas entre ellas.

Estado de la técnica más próximo

Un tornillo con una rosca continua de paso variable se describe por ejemplo en el documento WO2009/015754. Mediante una variación adecuada del paso de rosca, al enroscar el tornillo en un componente se puede producir una tensión propia en la unión entre el tornillo y el componente. Según la teoría de la memoria de patente citada, la variación del paso de rosca ha de elegirse de tal forma que la tensión propia de una tensión de unión, que se produce cuando el componente está bajo carga, sea contraria, de modo que al menos las crestas de tensión de la tensión de unión resultante se reduzcan cuando el componente está bajo carga. Un tornillo de este tipo con un paso de rosca variable puede usarse por ejemplo para armar componentes, por ejemplo, soportes de capas de tablas o para introducir fuerzas en un componente.

Para fabricar un tornillo con un paso de rosca variable deseado se ofrece fresar la rosca a partir de una pieza en bruto. Las máquinas de arranque de virutas modernas pueden programarse de forma relativamente sencilla según el paso de rosca deseado. Sin embargo, resultan desventajosos tanto la pérdida relativamente grande de material durante el arranque de virutas como el tiempo de mecanizado relativamente largo que limita el rendimiento.

Un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 ó 2 se conoce por el documento DE602004004057T2.

Resumen de la invención

La invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para fabricar un tornillo con una rosca continua de paso de rosca variable, que se pueda realizar de forma rápida y económica, así como medios para realizar dicho procedimiento.

Este objetivo se consigue en una primera forma de realización mediante el procedimiento según la reivindicación 1 y, en una segunda forma de realización, mediante un procedimiento según la reivindicación 2. Además, se consigue mediante una mordaza de laminación según la reivindicación 7 o una mordaza de laminación según la reivindicación 8. Algunas variantes ventajosas se indican en las reivindicaciones independientes.

En el procedimiento, una pieza en bruto se lamina entre dos mordazas de laminación, estando realizado en cada mordaza de laminación un perfil de laminación que comprende una serie de ahondamientos curvados, no paralelos. Esta es una diferencia esencial con respecto a los procedimientos de laminación conocidos para la realización de roscas con pasos de rosca constantes, en las que el perfil de laminación está formado por una serie de ahondamientos rectos, paralelos y dispuestos a distancias iguales.

Según una primera forma de realización, los ahondamientos están configurados y dispuestos de tal forma que las líneas centrales de ahondamientos contiguos pueden ponerse en congruencia en un trayecto T constante mediante un desplazamiento en el sentido de laminación. Además, los pasos de las líneas centrales que están definidos como cociente de los cambios de la posición de la línea central en sentido transversal y en sentido paralelo con respecto al sentido de laminación, en los respectivos puntos de intersección de las líneas centrales son idénticos a una línea paralela con respecto al sentido de laminación. Por lo demás, estos pasos son proporcionales al paso de rosca en la sección, correspondiente a la línea, del tornillo laminado acabado, es decir a la sección del tornillo conformada por una sección de la mordaza de laminación que se extiende a lo largo de las citadas líneas paralelas con respecto al sentido de laminación.

Por lo tanto, la extensión de cada ahondamiento individual o su línea central refleja la extensión del paso variable del tornillo acabado.

El inventor ha detectado que un tornillo con un paso de rosca variable con una mordaza de laminación configurada de esta forma puede realizarse sin complicaciones en la práctica y - lo que resultaba sorprendente para el inventor - con una baja presión de laminación. La geometría definida anteriormente de los ahondamientos según el primer ejemplo de realización tiene como consecuencia que, salvo la introducción de material por laminación en los ahondamientos para realizar la rosca, prácticamente no existe ninguna transferencia de material en el sentido axial de la pieza en bruto, por lo que las fuerzas de laminación pueden mantenerse asombrosamente bajas.

El comportamiento sin complicaciones durante la laminación con esta geometría de la mordaza de laminación resulta sorprendente para el experto. Por ejemplo, el inventor conoce experimentos de realizar dos roscas separadas con pasos de rosca diferentes pero respectivamente constantes en una pieza en bruto en un solo proceso de laminación con una mordaza de laminación formada por dos piezas. En la práctica, esto ha resultado ser difícil, porque la pieza en bruto tiende a volcar transversalmente con respecto al sentido de laminación. Es un resultado sorprendente del procedimiento de laminación según la primera forma de realización el hecho de que no se produce ningún vuelco de este tipo durante la laminación, sino que se pueden laminar de forma sencilla y sin complicaciones roscas variables de excelente calidad.

Por tanto, la geometría antes descrita de los ahondamientos del perfil de laminación se ha elegido de tal forma que el transporte de volumen del material en el sentido axial es mínimo, lo que se considera una causa de la presión de laminación relativamente baja y el comportamiento de laminación sin complicaciones. Sin embargo, el inventor ha encontrado que un transporte de volumen planeado en el sentido axial puede ser incluso deseable. Partiendo de que la pieza en bruto es cilíndrica presentando por tanto un volumen constante por unidad de longitud, esto significa que tras un proceso de laminación sin transporte de volumen en el sentido axial, también la rosca laminada acabada presenta a lo largo de toda su longitud un volumen constante por unidad de longitud. En realidad, sin embargo, en una zona de menor paso de rosca, es decir de menor altura de paso, el tornillo necesita más material por unidad de longitud para realizar la rosca, que en una zona de gran altura de paso. Si este material adicional necesario falta durante la laminación, puede ocurrir que el diámetro de la rosca disminuya en la zona de un menor paso de rosca, o que la rosca no se "llene" completamente durante el proceso de laminación. La falta local de material se denomina a continuación también "defecto de volumen". Por esta razón, en determinadas aplicaciones resultaría ventajoso que en el marco del proceso de laminación, el material se transfiriese de aquellas secciones axiales de la pieza en bruto en las que ha de realizarse una sección de rosca con un mayor paso, a una zona axial en la que ha de realizarse una sección de rosca con un menor paso.

Según la segunda forma de realización, esto se puede conseguir de tal forma que en un primer extremo de la mordaza de laminación en el que comienza el proceso de laminación de la pieza en bruto, el paso de las líneas centrales de los ahondamientos se varía en relación con el paso en la sección opuesta - visto en el sentido de laminación - de un segundo extremo de la mordaza de laminación, en el que finaliza el proceso de laminación. Es que si se aumentan los pasos de los ahondamientos o, dicho de otra manera, la distancia de los ahondamientos en una zona del primer extremo, en comparación con la zona del segundo extremo, opuesta, visto en el sentido de laminación, esto provoca durante la laminación un recalcado de la sección correspondiente de la pieza en bruto, de modo que se transporta material a la zona axial correspondiente del tornillo acabado. El efecto contrario se produce si el paso o la distancia de ahondamientos contiguos en la zona del primer extremo de la mordaza de laminación disminuye en relación con el paso en la zona correspondiente en el segundo extremo. Esto produce durante la laminación un transporte de volumen de material desde una zona axial correspondiente.

Este principio se puede aprovechar para compensar el defecto de volumen descrito anteriormente en secciones de rosca de reducido paso de rosca. Por lo tanto, según la segunda forma de realización, el perfil de laminación se elige de tal forma que es aplicable la siguiente inecuación:

$$\frac{P_{21}}{P_{11}} < \frac{P_{22}}{P_{12}},$$

en la que P_{21} es el paso medio de (la línea central) de los ahondamientos en una primera zona en el segundo extremo de la mordaza de laminación, que es inferior al paso medio P_{22} de los ahondamientos en una segunda zona en el segundo extremo de la mordaza de laminación, y en la que P_{11} y P_{12} son los pasos medios en aquellas zonas en el primer extremo de la mordaza de laminación, opuestas a la primera o la segunda zona, visto en el sentido de laminación. Aquí, el término "opuesto, visto en el sentido de laminación" significa que las zonas correspondientes están limitadas por dos líneas paralelas con respecto al sentido de laminación.

Hay que tener en cuenta que a diferencia de ello, en la geometría de la primera forma de realización es aplicable: $P_{21}=P_{11}$ y $P_{22}=P_{12}$, de modo que los dos quebrados en la ecuación 1 que figura arriba dan como resultado 1, lo que indica una falta de transporte de volumen en el sentido axial.

Adicionalmente o alternativamente, el defecto de volumen también puede compensarse eligiendo para la rosca laminada acabada, en una zona de menor paso de rosca se elige una menor sección transversal del diente de rosca mediante la variación del ángulo de flanco y/o de la profundidad de rosca. Así, con menos material disponible puede fabricarse el mismo diámetro de rosca.

Preferentemente, en la mordaza de laminación, los ahondamientos, cuya línea central tienen un mayor paso en la zona del primer extremo de la mordaza de laminación, están realizados con más profundidad en la zona del primer extremo de la mordaza de laminación que aquellos, cuya línea central tiene un menor paso en la zona del primer extremo de la mordaza de laminación. Dado que los ahondamientos con un mayor paso están dispuestos a una distancia entre ellos en la zona del primer extremo, para el proceso de laminación resulta ventajoso que estos ahondamientos estén realizados con más profundidad. Preferentemente, los ahondamientos en la zona del primer extremo de la mordaza de laminación son de sección transversal en forma de V y su profundidad es, al menos hasta ± 10%, proporcional al paso de la línea central en el primer extremo de la mordaza de laminación.

Descripción breve de las figuras

Más ventajas y características de la invención resultan de la siguiente descripción en la que la invención se describe con la ayuda de dos ejemplos de realización haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

la figura 1A, una vista en planta desde arriba de una mordaza de laminación según el estado de la técnica para la laminación de una rosca de paso constante, así como de una pieza en bruto y de una rosca laminada acabada;

la figura 1B, una vista en planta desde arriba de una superficie frontal de la mordaza de laminación de la figura 1A en su primer extremo;

la figura 1C, una vista en planta desde arriba de una superficie frontal de la mordaza de laminación de la figura 1A en su segundo extremo;

la figura 2A, una vista en planta desde arriba de una mordaza de laminación según una primera forma de realización de la invención, así como de una pieza en bruto y de una rosca laminada acabada;

la figura 2B, una vista en planta desde arriba de una superficie frontal de la mordaza de laminación de la figura 2A en su primer extremo;

la figura 2C, una vista en planta desde arriba de una superficie frontal de la mordaza de laminación de la figura 2A en su segundo extremo;

la figura 2D, una vista en planta desde arriba, aumentada y simplificada, de la mordaza de laminación de la figura 2A;

la figura 2E, una vista en perspectiva de la mordaza de laminación de la figura 2A;

la figura 3A, una vista en planta desde arriba de una mordaza de laminación según una segunda forma de realización de la invención, así como de una pieza en bruto y de una rosca laminada acabada;

la figura 3B, una vista en planta desde arriba de una superficie frontal de la mordaza de laminación de la figura 3A en su primer extremo;

la figura 3C, una vista en planta desde arriba de una superficie frontal de la mordaza de laminación de la figura 3A en su segundo extremo.

Descripción de las formas de realización preferibles

La figura 1A es una vista en planta desde arriba de una mordaza de laminación 10 según el estado de la técnica, con la que un tornillo puede laminarse con un paso de rosca constante.

La mordaza de laminación 10 tiene un primer extremo 12 y un segundo extremo 14. Durante la laminación, una pieza en bruto 16 se lamina partiendo del primer extremo 12 de la mordaza de laminación 10 en dirección al segundo extremo 14. En la superficie de la mordaza de laminación 10 está realizado un perfil de laminación formado por una multitud de ahondamientos 18 rectilíneos, paralelos y equidistantes. Los ahondamientos 18 en la zona del primer o segundo extremo 12, 14 se pueden ver en las figuras 1B y 1C que muestran respectivamente una vista en planta desde arriba de una de las superficies frontales 20, 22 de la mordaza de laminación 10. Un tornillo 19 con la rosca laminada acabada está representado en la zona del segundo extremo 14 de la mordaza de laminación 10.

Como se puede ver en las figuras 1A, 1B y 1C, la sección transversal de los ahondamientos 18 varía entre el primer y el segundo extremo 12, 14 de la mordaza de laminación 10. No obstante, las secciones transversales de todos los ahondamientos 18 en el primer extremo 12 son idénticas (véase la figura 1B) y lo mismo es válido para las secciones transversales 18 en el segundo extremo de la mordaza de laminación 10 (véase la figura 1C). Además, las líneas centrales de los ahondamientos 18 están dispuestas paralelamente y a las mismas distancias unas respecto a otras.

La figura 2A muestra una vista en planta desde arriba de una mordaza de laminación 24 apropiada para un procedimiento para fabricar un tornillo 26 de rosca continua 28 de paso variable, que igualmente está representado en la figura 2A. El tornillo 26 puede fabricarse a partir de la misma pieza en bruto 16 que se ha descrito en la forma de realización de la figura 1A y que se lamina partiendo de un primer extremo 30 de la mordaza de laminación 24 en dirección hacia un segundo extremo 32. La figura 2E muestra una vista en perspectiva de la mordaza de laminación 24. Las figuras 2B y 2C muestran vistas en planta desde arriba de superficies frontales 36 ó 38 en la zona del primer o del segundo extremo 30, 32 de la mordaza de laminación 24.

Como se puede ver en la figura 2A, el perfil de laminación de la mordaza de laminación 24 se compone de una multitud de ahondamientos 34 alargados que sin embargo, a diferencia de las mordazas de laminación 10 de la figura 1A, no son rectilíneos, ni paralelos ni equidistantes. La geometría de los ahondamientos 34 se describe con más detalle con la ayuda de la figura 2D en la que está representada de forma aumentada la vista en planta desde arriba de la mordaza de laminación 24 y en la que, para mayor claridad, están representadas sólo las líneas centrales 34' de los respectivos ahondamientos 34 alargados.

Como se puede ver en la figura 2D, las líneas centrales 34' de dos ahondamientos contiguos están configuradas y dispuestas de tal forma que pueden ponerse en congruencia mediante un desplazamiento en el sentido de laminación en un trayecto T constante. Las líneas centrales 34' tienen un paso que está definido como el cociente de los cambios Δy ó Δx de la posición de la línea central en el sentido transversal (sentido y) o paralelo (sentido x) con respecto al sentido de laminación. Debido a la simetría de traslación en el sentido de laminación, los pasos de cada línea central en el punto de intersección correspondiente son idénticos a una línea 40 paralela con respecto al sentido de laminación, y dicho paso es proporcional al paso de rosca en la sección 42 del tornillo 26 acabado, correspondiente a la línea 40 (véase también la figura 2A).

En las figuras 2B y 2C se puede ver que las distancias entre ahondamientos 34 contiguos varían en el sentido γ, es decir en un sentido transversal con respecto al sentido de laminación, tanto en el primer como en el segundo extremo 30, 32 de la mordaza de laminación 24. Esta variación de las distancias refleja el paso de rosca variable, ya que las distancias representan una altura de paso "local" del tornillo, es decir, el paso de rosca local del tornillo. Cabe tener en cuenta que el paso de rosca local $P=dy/d\varphi$ es proporcional al paso $\Delta y/\Delta x$ representado en la figura 2D, ya que un trayecto Δx determinado durante la rodadura de la pieza en bruto corresponde a un ángulo de rodadura $\Delta\varphi$ determinado.

No obstante, cabe tener en cuenta que los pasos medios de los ahondamientos 34 en zonas opuestas - visto en el sentido de laminación - en el primer y el segundo extremo 30, 32 de la mordaza de laminación 24 son idénticos. Para ilustrarlo, en la figura 2B está representada una primera zona 44 del primer extremo y en la figura 2C está representada una primera zona 46 del segundo extremo de la mordaza de laminación 24. En cada una de estas zonas existen seis ahondamientos 34, lo que significa que el paso medio de los ahondamientos 34 en las zonas 44, 46 opuestas es idéntico.

Además, la figura 2B muestra una segunda zona 48 del primer extremo de la mordaza de laminación 24, cuyo ancho corresponde a aquel de la primera zona 44, pero en la que es mayor el paso medio de los ahondamientos 34, ya que en la zona 48 caben sólo cuatro ahondamientos. Enfrente de la segunda zona 48 del primer extremo se encuentra una segunda zona 50 del segundo extremo, en la que el paso medio es mayor que en la primera sección 46 del segundo extremo, pero igual a aquel en la sección 48 opuesta del primer extremo.

El hecho de que los pasos medios en las secciones 44/46 ó 48/50 opuestas - visto en el sentido de laminación - en el primer y el segundo extremo 30, 32 de la mordaza de laminación 24 son idénticos, lo que tiene como consecuencia que no hay prácticamente ningún transporte de volumen de material en el sentido axial de la pieza en bruto (o el sentido γ de la mordaza de laminación 24) (a excepción del transporte durante el llenado de los ahondamientos 34). De esta forma, el procedimiento de laminación puede realizarse de forma fácil y rápida con fuerzas de laminación relativamente pequeñas.

Además, en experimentos del inventor se ha demostrado que durante la laminación con el perfil de laminación de la figura 2A ó 2D, la pieza en bruto 16 no tiende a ponerse en transversal, de modo que el tornillo 26 con rosca continua de paso variable puede laminarse de forma - para el inventor sorprendentemente - fácil y sin complicaciones.

Otra diferencia entre la mordaza de laminación 24 según la primera forma de realización y las mordazas de laminación 10 de las figuras 1A a 1C del estado de la técnica consiste en que aquellos ahondamientos 34, cuya línea central en la zona del primer extremo 30 de la mordaza de laminación 24 tiene un mayor paso, están realizados en la zona del primer extremo 30 con una mayor profundidad que aquellos, cuya línea central tiene un menor paso en la zona del primer extremo 30, como se puede ver en la figura 2B. En la mordaza de laminación 10 de la figura 1B, en cambio, las profundidades de todos los ahondamientos 18 en el primer extremo 12 de la

mordaza de laminación 10 son idénticas. Mediante la adaptación de la profundidad de fresado de los ahondamientos 34 en la zona del primer extremo 30 de la mordaza de laminación 24 al paso o la distancia de ahondamientos contiguos, se puede garantizar que entre dos ahondamientos quedan realizadas puntas que se encuentran todas al menos aproximadamente al mismo nivel y por ello entran en contacto simultáneamente con la pieza en bruto 16. En la figura 2B se puede ver que en la primera forma de realización, los ahondamientos 34 en la zona del primer extremo 30 de la mordaza de laminación 24 tienen forma de V en sección transversal, y su profundidad es proporcional al paso de la línea central 34' en la zona del primer extremo 30 de la mordaza de laminación 24 o a la distancia de ahondamientos 34 contiguos.

Dado que la pieza en bruto 16 empleada es cilíndrica y por tanto presenta un volumen constante por unidad de longitud, también el tornillo 26 fabricado con la mordaza de laminación 24 tiene un volumen constante por unidad de longitud, ya que la geometría del perfil de laminación se ha elegido de tal forma que se evita un transporte de volumen en el sentido axial durante la laminación de la pieza en bruto 16. Sin embargo, en una zona de menor paso de rosca en la que las espiras se encuentran más cerca unas de otras, el tornillo 26 acabado necesita más material. Si el paso de rosca varía fuertemente a lo largo de la longitud de la rosca del tornillo, puede ocurrir que la rosca no se "llene" completamente en algunos puntos durante la laminación por la existencia insuficiente de material o que el diámetro de la rosca disminuya en esta zona.

En lo sucesivo, la falta de material en la zona de menor paso de rosca se denomina "defecto de volumen". Para compensar el defecto de volumen, se proponen tres procedimientos:

En primer lugar, en lugar de una pieza en bruto cilíndrica se podría usar una pieza en bruto de sección transversal variable. Esta pieza en bruto tendría, en zonas en las que ha de realizarse una sección de rosca de menor paso de rosca, un diámetro algo más grande que en zonas en las que ha de realizarse una sección con un paso de rosca relativamente grande.

Sin embargo, esta solución resulta desventajosa, porque requiere una fabricación compleja de la pieza en bruto.

Una segunda solución consiste en variar la sección transversal del diente de rosca de la rosca 28 mediante la variación del ángulo de flanco y/o de la profundidad de rosca, de tal forma que el diente de rosca laminado acabado presenta en una zona de menor paso de rosca una superficie de sección transversal más pequeña y así se compensa el defecto de volumen. Así, la rosca puede tener un ángulo de flanco más agudo, de modo que, visto en sección longitudinal del tornillo, la rosca es más estrecha y está provista de un flanco más agudo y, por tanto, necesita más material. En el procedimiento según la primera forma de realización, esto puede implementarse de forma muy sencilla, de tal forma que los anchos de los ahondamientos 34 en el segundo extremo de la mordaza de laminación 24 quedan realizados de forma más estrecha y/o menos profunda en zonas de menor paso de rosca.

La tercera solución, la solución preferida, consiste en realizar el perfil de laminación de tal forma que se produzca un transporte de volumen selectivo de zonas de mayor paso de rosca a zonas de menor paso de rosca, que compense justo el defecto de volumen. Esta tercera variante se describe en la segunda forma de realización que en lo sucesivo se describe haciendo referencia a las figuras 3A a 3C.

La figura 3A muestra una vista en planta desde arriba de una mordaza de laminación 52 según una segunda forma de realización de la presente invención, que presenta un primer extremo 54 y un segundo extremo 56. Sobre la mordaza de laminación 52, de manera similar a la figura 2A, está realizado un perfil de laminación compuesto por una multitud de ahondamientos 58 alargados, curvados, no paralelos. La extensión de los ahondamientos 58 está basada en aquella de la figura 2A, pero se modificó adicionalmente con vistas a un transporte de volumen especial previsto.

Las figuras 3B y 3C muestran a su vez la vista en planta desde arriba de las superficies frontales 60 ó 62 del primer o del segundo extremo 54, 56 de la mordaza de laminación 52. Como se puede ver mediante la comparación de las figuras 2C y 3C, en la segunda forma de realización, en el segundo extremo 56 de la mordaza de laminación 52, el perfil de laminación es idéntico a aquel en el segundo extremo 32 de la mordaza de laminación 24 de la primera forma de realización. Esto se debe a que ha finalizado el procedimiento de laminación en el segundo extremo y que aquí, salvo la corrección del defecto de volumen, con las dos formas de realización ha de fabricarse el mismo tipo de tornillo. La diferencia entre la primera y la segunda forma de realización consiste en la forma del perfil de laminación en el primer extremo de la mordaza de laminación 52, como se puede ver mediante la comparación de las figuras 3B y 2B.

Según la segunda forma de realización de las figuras 3B y 3C, los pasos de rosca en las secciones opuestas - visto en el sentido de laminación - del primer y del segundo extremo 54, 56 de la mordaza de laminación 52 ya no son idénticos. En la figura 3B está representada una primera zona 64 del primer extremo 54 de la mordaza de laminación 52, que comprende cinco ahondamientos 58. Enfrente de esta zona - visto en el sentido de laminación -

en el segundo extremo 56 de la mordaza de laminación 52 se encuentra una zona 66 en la que existen seis ahondamientos 58. Dicho con otras palabras, el paso medio P_{11} en la primera zona 64 del primer extremo 54 es más grande que el paso medio P_{21} en la primera zona 66 del segundo extremo 58. Esto tiene como consecuencia que durante la laminación de la pieza en bruto 16 se produce un transporte de material a la sección de la rosca, correspondiente a la zona 66. Dado que la sección de rosca correspondiente a la zona 66 es una sección de menor paso de rosca, de esta manera se puede compensar en esta zona el defecto de volumen descrito anteriormente.

El efecto contrario se produce en una segunda zona 70 en el segundo extremo 56 de la mordaza de laminación 52, opuesta a una segunda zona 68 en el primer extremo 54 de la mordaza de laminación 52 - visto en el sentido de laminación. Como se puede ver en las figuras 3B y 3C, el paso medio P_{22} de la segunda zona 70 es en el segundo extremo de la mordaza de laminación 52 mayor que el paso medio P_{12} en la zona 68 opuesta - visto en el sentido de laminación - lo que significa que se produce un transporte de material desde la sección de la rosca, correspondiente a la zona 70. Esto resulta conveniente, porque la zona correspondiente de la rosca es una zona de gran paso de rosca, en la que por tanto se necesita menos material por unidad de longitud para realizar la rosca.

Hay que tener en cuenta que por una variación del paso de rosca en secciones opuestas - visto en el sentido de laminación - en el primer y el segundo extremo de la mordaza de laminación se puede conseguir tanto un estiramiento o recalcado global de la rosca, como una redistribución de materiales en el sentido axial. Sin embargo, para la corrección del defecto de volumen descrito anteriormente, no basta con un estiramiento o recalcado global, sino que más bien es necesario transferir material de una zona de mayor paso de rosca a una zona de menor paso de rosca. Un criterio para una redistribución de este tipo se da por la siguiente inecuación:

$$P_{21}/P_{11}<P_{22}/P_{12},$$

en la que P_{21} es el paso medio de los ahondamientos en una primera zona en el segundo extremo de la mordaza de laminación, P_{22} es el paso medio de los ahondamientos en una segunda zona en el segundo extremo de la mordaza de laminación y P_{11} y P_{12} son los pasos medios en las zonas en el primer extremo de la mordaza de laminación, opuestas a la primera y la segunda zona - visto en el sentido de laminación - y en la que además es aplicable: $P_{21}<P_{22}$. Por lo tanto, la inecuación anterior define una redistribución local de material en el sentido axial que va más allá de un estiramiento o recalcado global.

La mordaza de laminación de las figuras 3A a 3C puede construirse por ejemplo de la siguiente manera: Punto de partida puede ser la mordaza de laminación sin transporte de volumen, tal como está representado en la figura 2A. La geometría de los ahondamientos de la mordaza de laminación sin transporte de volumen puede construirse entonces partiendo de una forma deseada del tornillo acabado y recurriendo a los criterios mencionados en relación con las figuras 2A a 2E. Como se ha descrito anteriormente, los pasos medios en zonas opuestas - visto en el sentido de laminación - en el primer y el segundo extremo de la mordaza de laminación inicialmente son idénticos. En un segundo paso, los pasos en el primer extremo pueden variarse entonces de tal forma que provoquen el transporte de volumen deseado. Para ello, preferentemente, al paso del i-ésimo ahondamiento en el primer extremo se adiciona un valor de corrección dp(i) que se calcula de la siguiente manera:

$$dp(i) = \frac{\Delta V(i)}{d_{G0}{}^{2}\pi/4},$$

siendo ΔV el defecto de volumen de la i-ésima espira y d_{G0} un "diámetro cilíndrico de sustitución" de la rosca acabada, es decir, el diámetro de un cilindro de sustitución que tiene la misma longitud y el mismo volumen que la rosca acabada. dp(i) es el cambio de paso por variación de ángulo $\Delta\varphi$, que es proporcional a una variación ΔX de los ahondamientos en el sentido de laminación.

De esta manera, las correcciones de paso en el primer extremo pueden calcularse para cada espira. La corrección conduce a un desplazamiento de los ahondamientos en el primer extremo de la mordaza de laminación, como se puede ver mediante la comparación de las figuras 3B y 2B. Entonces, los distintos ahondamientos pueden modificarse mediante funciones lisas de tal forma que provoquen la variación deseada en el primer extremo de la mordaza de laminación y la forma de rosca deseada en el segundo extremo de la mordaza de laminación.

Hay que tener en cuenta que en las mordazas de laminación 24 de la figura 2 ó 52 de la figura 3, los pasos de las líneas centrales 34' de los ahondamientos 34 varían continuamente. En concreto, esto significa que los ahondamientos no están doblados en ningún punto, lo que correspondería a una variación brusca del paso de rosca del tornillo laminado. Variaciones bruscas se obtendrían si en el tornillo acabado se juntasen secciones de rosca con pasos de rosca diferentes, pero constantes dentro de la sección. Una mordaza de laminación

correspondiente posiblemente sería de construcción más sencilla, pero de fabricación más complicada que las mordazas de laminación descritas aquí. Las mordazas de laminación representadas aquí con los ahondamientos lisos, sin dobladuras, pueden fabricarse en procedimientos de fresado. Esto no es posible sin más en mordazas de laminación con ahondamientos doblados. Aunque la mordaza de laminación podría ensamblarse en los puntos de dobladura a partir de varias piezas fabricadas por separado, el inventor ha encontrado que una mordaza de laminación ensamblada de esta manera tiende a ser susceptible al desgaste. Alternativamente, sería posible fabricar mordazas de laminación con ahondamientos doblados en un procedimiento de erosión, que sin embargo, es más costoso que un procedimiento de fresado. Por lo tanto, la mordaza de laminación con una extensión lisa sin dobladura de los ahondamientos resulta especialmente ventajosa.

Lista de signos de referencia

10 Mordaza de laminación

12 Primer extremo de la mordaza de laminación 10

14 Segundo extremo de la mordaza de laminación 10

16 Pieza en bruto

18 Ahondamiento

19 Tornillo

20 Superficie frontal en el primer extremo de la mordaza de laminación 10

22 Superficie frontal en el segundo extremo de la mordaza de laminación 10

24 Mordazas de laminación

26 Tornillo

28 Rosca del tornillo 26

30 Primer extremo de la mordaza de laminación 24

32 Segundo extremo de la mordaza de laminación 24

34 Ahondamiento

34' Líneas centrales de los ahondamientos 34

36 Lado frontal en el primer extremo de la mordaza de laminación 24

38 Lado frontal en el segundo extremo de la mordaza de laminación 24

40 Línea paralela con respecto al sentido de laminación

42 Sección de la rosca 28

44 Primera zona en el primer extremo de la mordaza de laminación

46 Primera zona en el segundo extremo de la mordaza de laminación 24

48 Segunda zona en el primer extremo de la mordaza de laminación 24

50 Segunda zona en el segundo extremo de la mordaza de laminación 24

52 Mordaza de laminación

54 Primer extremo de la mordaza de laminación 52

56 Segundo extremo de la mordaza de laminación 52

58 Ahondamiento

60 Lado frontal en el primer extremo de la mordaza de laminación 52

62 Lado frontal en el segundo extremo de la mordaza de laminación 52

64 Primera zona en el primer extremo de la mordaza de laminación 52

66 Primera zona en el segundo extremo de la mordaza de laminación 52

68 Segunda zona en el primer extremo de la mordaza de laminación 52

70 Segunda zona en el segundo extremo de la mordaza de laminación 52

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar un tornillo (26) con una rosca (28) continua de paso variable, en el que una pieza en bruto (16) se lamina entre dos mordazas de laminación (24), y en el que en cada mordaza de laminación está realizado un perfil de laminación que comprende una serie de ahondamientos (34), y las líneas centrales (34') de ahondamientos (34) contiguos pueden ponerse en congruencia mediante el desplazamiento en el sentido de laminación en un trayecto (T) constante, y los pasos de las líneas centrales (34'), definidos como cociente de las variaciones de la posición de la línea central (34') en dirección transversal o paralela con respecto al sentido de laminación, son en los puntos de intersección de las líneas centrales (34') idénticos a una línea (40) paralela con respecto al sentido de laminación, y la mordaza de laminación (24, 52) tiene un primer y un segundo extremo (30, 32; 54, 56) situados a una distancia entre ellos en el sentido de laminación, estando orientado el sentido de laminación del primer extremo en dirección hacia el segundo extremo de la mordaza de laminación (24, 52), **caracterizado porque** el perfil de laminación de cada mordaza de laminación comprende una serie de ahondamientos (34, 58) curvados, no paralelos, y los ahondamientos (34, 58) están realizados en la zona del segundo extremo (32, 56) de tal forma que la rosca (28) laminada acabada presenta en una zona de menor paso de rosca un ángulo de flanco más agudo que en una zona de mayor paso de rosca, y/o se usa una pieza en bruto de sección transversal variable que en una zona en la que ha de realizarse una sección de rosca de menor paso presenta un mayor diámetro que en una zona en la que ha de realizarse una sección de rosca de mayor paso, y/o aquellos ahondamientos (34, 58), cuyas líneas centrales (34') tienen en la zona del primer extremo (30, 54) un mayor paso están realizados con mayor profundidad en la zona del primer extremo (30, 54) que aquellos, cuyas líneas centrales (34') presentan un menor paso en la zona del primer extremo (30, 54).

2. Procedimiento para fabricar un tornillo con una rosca continua de paso variable, en el que una pieza en bruto (16) se lamina entre dos mordazas de laminación (52), y en el que en cada mordaza de laminación (52) está realizado un perfil de laminación que comprende una serie de ahondamientos (58), y la mordaza de laminación (52) tiene un primer y un segundo extremo situados a una distancia entre ellos en el sentido de laminación, **caracterizado porque** el perfil de laminación de cada mordaza de laminación comprende una serie de ahondamientos (58) curvados, no paralelos, y en una primera zona (66) en el segundo extremo (56) de la mordaza de laminación (52), el paso medio (P_{21}) de los ahondamientos (58) es menor que el paso medio (P_{22}) de los ahondamientos (58) en una segunda zona (70) en el segundo extremo (56) de la mordaza de laminación (52), siendo aplicable:

$$P_{21}/P_{11}<P_{22}/P_{12},$$

donde P_{11} y P_{12} son los pasos medios en las zonas (64, 68) en el primer extremo (54) de la mordaza de laminación (52), opuestas a la primera o la segunda zona (66, 70) del segundo extremo (56), visto en el sentido de laminación.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la mordaza de laminación (24, 52) tiene un primer y un segundo extremo (30, 32; 54, 56) situados a una distancia entre ellos en el sentido de laminación, estando orientado el sentido de laminación desde el primer extremo en dirección hacia el segundo extremo de la mordaza de laminación (24, 52), y en el que los ahondamientos (34, 58) están realizados en la zona del segundo extremo (32, 56) de tal forma que, en una zona de menor paso de rosca, la rosca (28) laminada acabada tiene un ángulo de flanco más agudo que en una zona de mayor paso de rosca.

4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, en el que en una primera zona en el segundo extremo (32, 56) de la mordaza de laminación (24, 52), en la que el paso de rosca medio es menor que en una segunda zona en el segundo extremo (32, 56) de la mordaza de laminación (24, 52), los ahondamientos (34, 58) son más estrechos que en la segunda zona.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 4, en el que la mordaza de laminación (24, 52) tiene un primer extremo y un segundo extremo (30, 32; 54, 56) situados a una distancia entre ellos en el sentido de laminación, y el sentido de laminación está orientado desde el primer extremo (30, 54) en dirección hacia el segundo extremo (32, 56), y en el que aquellos ahondamientos (34, 58), cuyas líneas centrales (34') tienen un mayor paso en la zona del primer extremo (30, 54), están realizados con más profundidad en la zona del primer extremo (30, 54) que aquellos, cuyas líneas centrales (34') presentan un menor paso en la zona del primer extremo (30, 54).

6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que en la zona del primer extremo (30, 54) de la mordaza de laminación (24, 52), el ahondamiento tiene forma de V en sección transversal, y la profundidad es proporcional al paso de la línea central (34'), al menos hasta $\pm$ 10%.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el paso de la rosca varía continuamente.

8. Mordaza de laminación (24) para fabricar un tornillo (26) con una rosca (28) continua de paso variable, en el que en la mordaza de laminación está realizado un perfil de laminación que comprende una serie de ahondamientos (34), y las líneas centrales (34') de ahondamientos (34) contiguos pueden ponerse en congruencia mediante el desplazamiento en el sentido de laminación en un trayecto (T) constante, y los pasos de las líneas centrales (34), definidos como cociente de las variaciones de la posición de la línea central (34') en dirección transversal o paralela con respecto al sentido de laminación, son, en el punto de intersección correspondiente, idénticos a una línea (40) paralela con respecto al sentido de laminación, y la mordaza de laminación tiene un primer y un segundo extremo (30, 32; 54, 56) situados a una distancia entre ellos en el sentido de laminación, estando orientado el sentido de laminación del primer extremo en dirección hacia el segundo extremo de la mordaza de laminación (24, 52), **caracterizado porque** el perfil de laminación comprende una serie de ahondamientos (34, 58) curvados, no paralelos, y los ahondamientos (34, 58) están realizados en la zona del segundo extremo (32, 56) de tal forma que la rosca (28) laminada acabada presenta, en una zona de menor paso de rosca, un ángulo de flanco más agudo que en una zona de mayor paso de rosca, y/o aquellos ahondamientos (34, 58), cuyas líneas centrales (34') tienen en la zona del primer extremo (30, 54) un mayor paso están realizados con mayor profundidad en la zona del primer extremo (30, 54) que aquellos, cuyas líneas centrales (34') presentan un menor paso en la zona del primer extremo (30, 54).

9. Mordaza de laminación (52) para fabricar un tornillo con una rosca continua de paso variable, en el que en cada mordaza de laminación (52) está realizado un perfil de laminación que comprende una serie de ahondamientos (58), y la mordaza de laminación (52) tiene un primer y un segundo extremo situados a una distancia entre ellos en el sentido de laminación, **caracterizado porque** la mordaza de laminación comprende una serie de ahondamientos (58) curvados, no paralelos, y en una primera zona (66) en el segundo extremo (56) de la mordaza de laminación (52), el paso medio (P_{21}) de los ahondamientos (58) es menor que el paso medio (P_{22}) de los ahondamientos (58) en una segunda zona (70) en el segundo extremo (56) de la mordaza de laminación (52), siendo aplicable:

$$P_{21}/P_{11}<P_{22}/P_{12},$$

donde P_{11} y P_{12} son los pasos medios en las zonas (64, 68) en el primer extremo (54) de la mordaza de laminación (52), opuestas a la primera o la segunda zona (66, 70) del segundo extremo (56), visto en el sentido de laminación.

10. Mordaza de laminación (24, 52) según la reivindicación 9 que tiene un primer y un segundo extremo (30, 32; 54, 56) situados a una distancia entre ellos en el sentido de laminación, estando orientado el sentido de laminación desde el primer extremo en dirección hacia el segundo extremo de la mordaza de laminación (24, 52), y en el que los ahondamientos (34, 58) están realizados en la zona del segundo extremo (32, 56) de tal forma que, en una zona de menor paso de rosca, la rosca (28) laminada acabada tiene un ángulo de flanco más agudo que en una zona de mayor paso de rosca.

11. Mordaza de laminación (24, 52) según la reivindicación 10, en la que en una primera zona en el segundo extremo (32, 56) de la mordaza de laminación (24, 52), en la que el paso de rosca medio es menor que en una segunda zona en el segundo extremo (32, 56) de la mordaza de laminación (24, 52), los ahondamientos (34, 58) son más estrechos que en la segunda zona.

12. Mordaza de laminación (24, 52) según una de las reivindicaciones 8 a 11, que tiene un primer extremo y un segundo extremo (30, 32; 54, 56) situados a una distancia entre ellos en el sentido de laminación, y el sentido de laminación está orientado desde el primer extremo (30, 54) en dirección hacia el segundo extremo (32, 56), y en el que aquellos ahondamientos (34, 58), cuyas líneas centrales (34') tienen en la zona del primer extremo (30, 54) un mayor paso, están realizados con más profundidad en la zona del primer extremo (30, 54) que aquellos, cuyas líneas centrales (34') presentan un menor paso en la zona del primer extremo (30, 54).

13. Mordaza de laminación (24, 52) según la reivindicación 12, en la que en la zona del primer extremo (30, 54) de la mordaza de laminación (24, 52), el ahondamiento tiene forma de V en sección transversal, y la profundidad es proporcional al paso de la línea central (34'), al menos hasta $\pm$ 10%.

14. Mordaza de laminación (24, 52) según una de las reivindicaciones 8 a 13, en la que los pasos de las líneas centrales (34') de los ahondamientos (34) varían continuamente.

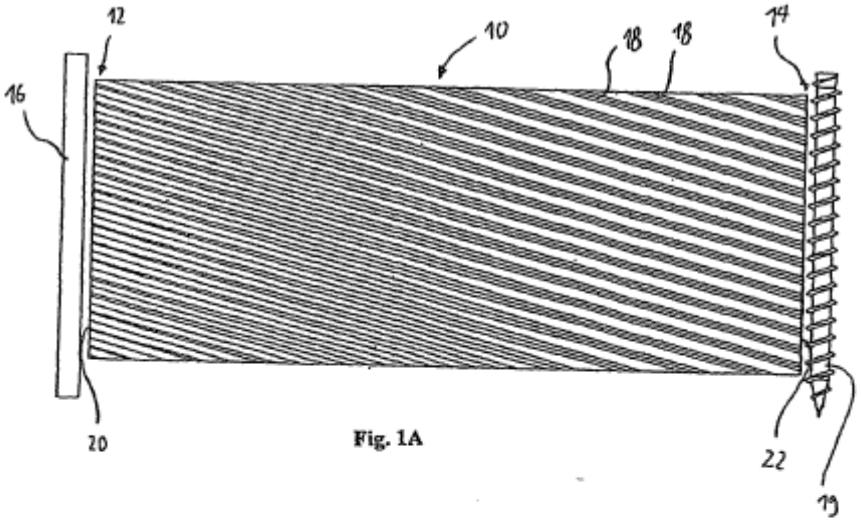

Fig. 1A

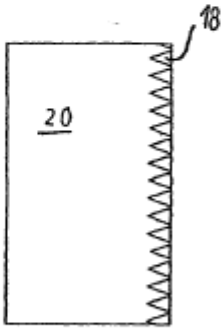

Fig. 1B

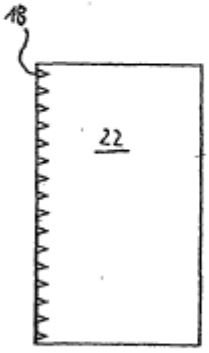

Fig. 1C

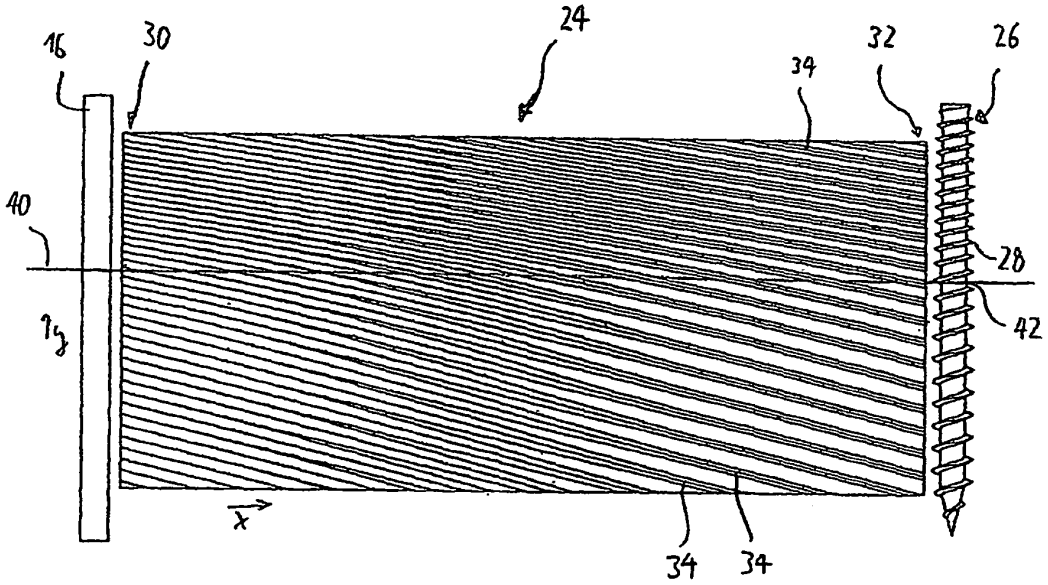

Fig. 2A

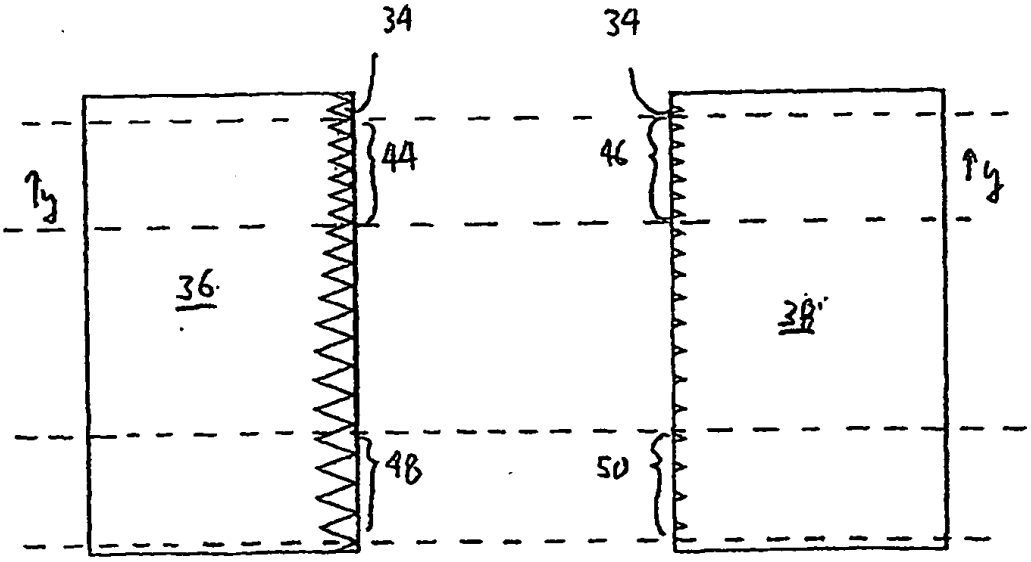

Fig. 2B

Fig. 2C

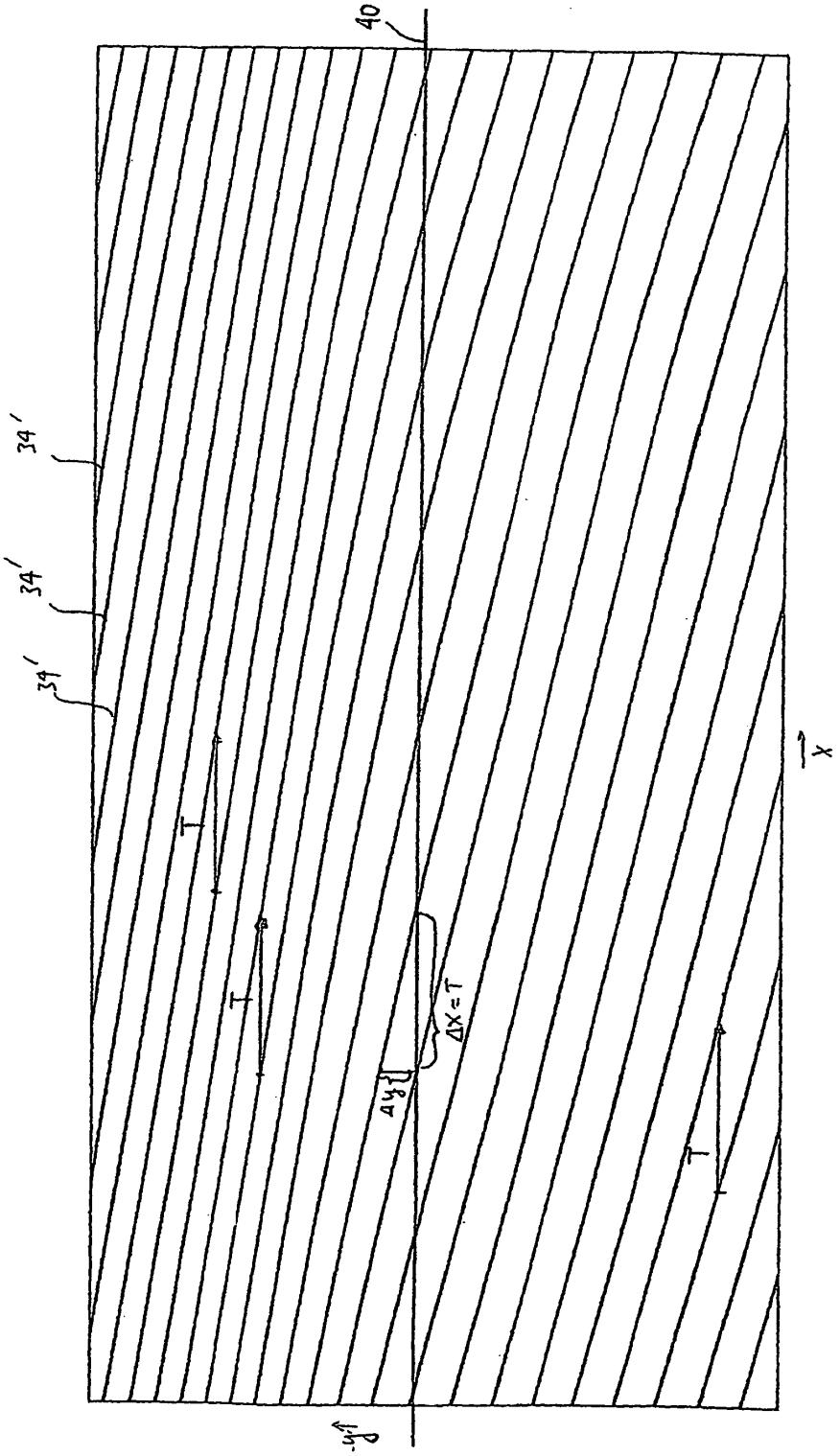

Fig. 2D

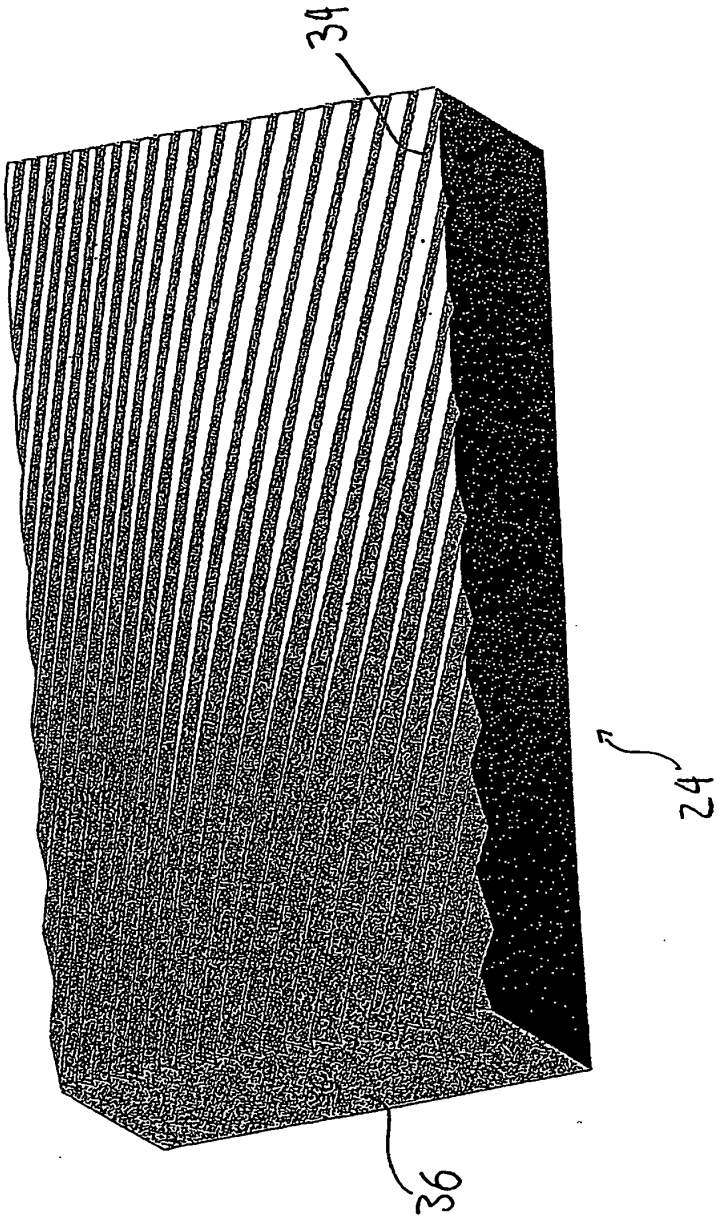

Fig. 2E

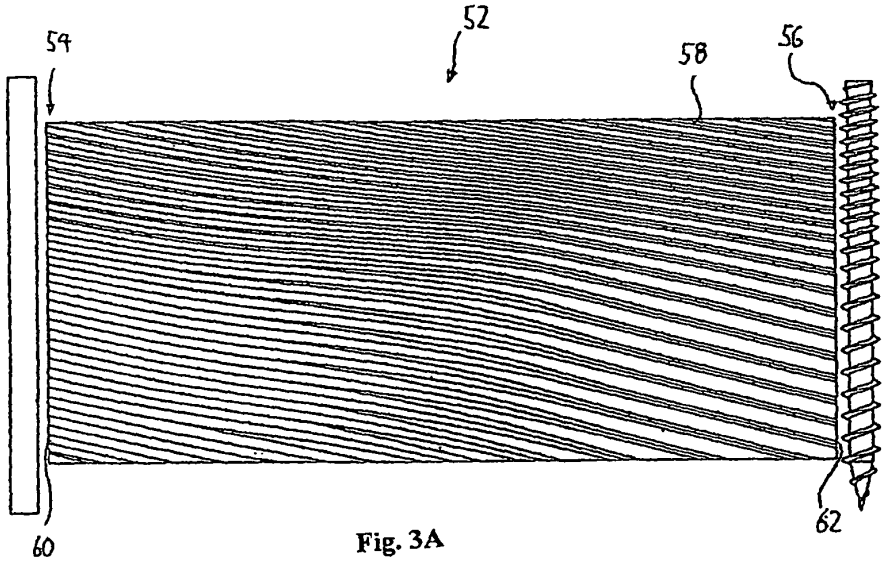

Fig. 3A

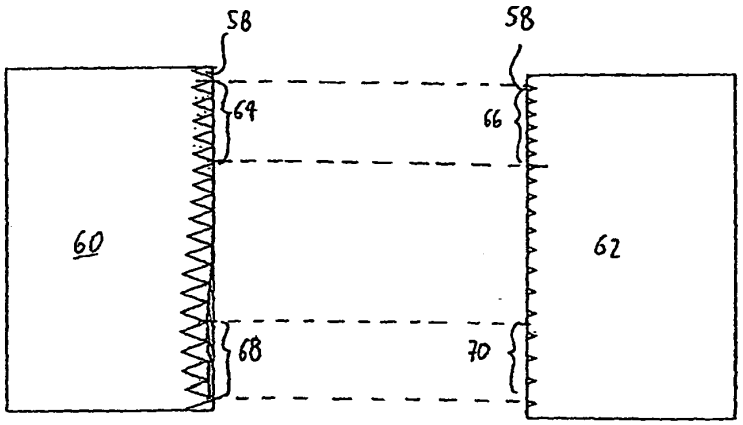

Fig. 3B

Fig. 3C