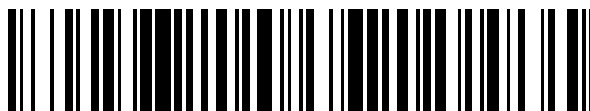


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 702**

51 Int. Cl.:

B21B 1/082 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.04.2012 PCT/IB2012/000658**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2013 WO13150324**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2012 E 12724381 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 2834020**

54 Título: **Método para laminación en caliente de pilas de láminas de sección en z**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.10.2016

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
**HERMES, ALOYSE y
ROBINET, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 587 702 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 para laminación en caliente de pilas de láminas de sección en z

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere generalmente a un método para laminación en caliente de pilas de láminas de sección en Z.

TÉCNICA ANTERIOR

Las pilas de láminas de acero son secciones estructurales largas provistas con un sistema de interbloqueo que permite construir paredes de retención continua. Las secciones de pila de láminas más comunes son: secciones en Z, secciones en U, secciones en Ω , secciones de alma plana y secciones en H o en doble T.

10 Las pilas de láminas de sección en Z incluyen un primer ala, un segundo ala, que es sustancialmente paralela a el primer ala, una alma inclinada, una primera esquina que une el alma con el primer ala, una segunda esquina que une el alma con el segundo ala, en donde cada una de las esquinas tiene un ángulo de abertura α mayor de 90° , preferiblemente del orden de 110° a 140° . Los bordes longitudinales de las alas están equipados generalmente con medios de acoplamiento para propósitos de interbloqueo. En claro contraste con otras secciones de pila de láminas, las pilas de lámina de sección
15 en Z no tienen un plano de simetría.

Es bien conocido en la técnica producir pilas de láminas de sección en Z por un proceso de laminación en caliente, comenzando con palanquillas o, más recientemente, con piezas elementales de viga. Diferentes métodos para laminación en caliente de pilas de láminas de sección en Z están por ejemplo descritos en los siguientes documentos: US 4.291.564, EP 0284827 A2, EP 0890395 A1, DE 2529405 A, JP 4/288903 A y US-A-5.671.630.

20 El documento US-A-5.671.630 sobre el que está basado el preámbulo de la reivindicación 1, describe un método para laminación de tales pilas de láminas de sección en Z desde una pieza elemental de viga. De acuerdo con este método, una preforma de la pila de láminas es laminada con preformas curvadas del alma y las alas. La preforma curvada del alma comprende: dos secciones de transición de alma/ala, que son sustancialmente secciones planas paralelas al plano de laminación; una sección media, que es una sección sustancialmente plana que define un ángulo de aproximadamente
25 60 grados con el plano de laminación; y dos arcos de conexión, que conectan las secciones de transición de alma/ala a la sección media oblicua. Las preformas sustancialmente en forma de "J" de las alas permiten la laminación de los medios de acoplamiento cerca del plano de laminación neutro. En una última operación de laminación, las preformas curvadas del alma y las alas son enderezadas para formar la pila de láminas de sección en Z acabadas.

30 Es bien conocido en la técnica que los rodillos ranurados utilizados para la laminación de las pilas de láminas de sección en Z tienen un tiempo de vida relativamente corto. Debido a la ausencia de simetría especular en su sección, uno ha de producir un lado de la pila de láminas de sección en Z en una ranura profunda del rodillo superior y el otro lado en una ranura profunda del rodillo inferior. Tales contornos de separación de rodillo extremos resultan porque las superficies del rodillo se desgastan rápidamente y porque las posibilidades para su nueva mecanización son más bien limitadas. Aumentan también el riesgo de una rotura del rodillo.

35 Existe por consiguiente una necesidad de un método para laminar una pila de láminas de sección en Z en que los rodillos tengan una duración de vida más larga y estén menos expuestos a una rotura del rodillo.

RESUMEN DE LA INVENCION

La invención propone un método para laminación en caliente de una pila de láminas de sección en Z que tiene un primer
40 ala, un segundo ala, que es sustancialmente paralela al primer ala, una alma inclinada, una primera esquina que une el alma con el primer ala, una segunda esquina que une el alma con el segundo ala, en donde cada una de las esquinas tiene un ángulo de abertura α mayor de 90° , preferiblemente del orden de 110° a 140° . El método propuesto comprende las operaciones de: (1) laminar una preforma curvada del alma en espacios de rodillos sucesivos definidos por al menos un par de rodillos que comprende un rodillo superior ranurado y un rodillo inferior ranurado, en donde una preforma de la primera esquina y una primera parte adjunta de la preforma curvada del alma son formadas en una primera ranura del
45 rodillo superior, en que el último tiene por ejemplo su diámetro mínimo, y una preforma de la segunda esquina y una segunda parte adyacente de la preforma curvada del alma son formadas en una primera ranura del rodillo inferior, en que el último tiene por ejemplo su diámetro mínimo; y (2) posteriormente enderezar la preforma curvada del alma entre un rodillo de enderezado superior y un rodillo de enderezado inferior. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, al menos en los últimos espacios del rodillo que lamina la preforma curvada del alma, el diámetro del rodillo inferior disminuye de una manera discontinua en el intervalo entre la primera ranura en el rodillo superior y la primera ranura en el rodillo inferior, y el diámetro del rodillo superior aumenta de una manera complementaria. Disminuir de una manera discontinua significa que el diámetro del rodillo inferior no disminuye continuamente; es decir hay partes intermedias del rodillo inferior en el intervalo en cuestión, en que el diámetro que disminuye inicialmente se mantiene sustancialmente constante, y/o en que aumenta antes de que disminuya otra vez. En otras palabras, en el intervalo entre la primera
50 ranura en el rodillo superior y la primera ranura en el rodillo inferior, el diámetro del rodillo inferior disminuye por ejemplo
55

de una manera escalonada y/o de una manera ondulada. Se deduce que se requiere menos espacio vertical para la laminación de la preforma del alma; es decir los diámetros mínimos de los dos rodillos pueden ser mayores con cualquier método de la técnica anterior de laminación de pilas de láminas en forma de Z. Por consiguiente, el contorno del espacio del rodillo puede ser mecanizado de nuevo más a menudo, antes de que los diámetros mínimos de los rodillos disminuyan más allá de un valor límite. Además, las ranuras menos profundas en los rodillos dan como resultado también esfuerzos de torsión de laminación más pequeños y velocidades superficiales más iguales a lo largo del contorno del espacio de rodillo, es decir menos desgaste mecánico de las superficies de los rodillos. En resumen, con el método propuesto, los rodillos se desgastan menos rápido y deben ser mecanizados de nuevo menos a menudo, pero - debido a un diámetro mínimo mayor - pueden incluso ser mecanizados de nuevo más a menudo que con cualquier método de la técnica anterior para laminación de las pilas de láminas de sección en Z. Por último pero no menos importante, las ranuras menos profundas en los rodillos reducen sustancialmente también el riesgo de una rotura del rodillo. Por consiguiente, con el método propuesto, la duración de vida total esperada de los rodillos puede ser sustancialmente incrementada. Finalmente, se apreciará además que el método propuesto permite utilizar una palanquilla relativamente delgada como un producto de partida para laminación de una pila de láminas de sección en Z.

En una realización preferida, el diámetro del rodillo inferior disminuye, en el intervalo entre la primera ranura en el rodillo superior y la primera ranura en el rodillo inferior, de una manera ondulada, de modo que tenga en este intervalo al menos un valor máximo intermedio y un valor mínimo intermedio. Esto significa por ejemplo que una tercera parte de la preforma curvada del alma, que está ubicada entre la primera parte y la segunda parte, es formada parcialmente en una segunda ranura del rodillo inferior, y parcialmente en una segunda ranura del rodillo superior. Debido al hecho de que la laminación de la preforma curvada del alma se asigna al menos en dos ranuras en el rodillo superior y al menos en dos ranuras en el rodillo inferior, estas ranuras pueden ser menos profundas, es decir los diámetros mínimos de los dos rodillos pueden ser mayores.

En otra realización, en el intervalo entre la primera ranura en el rodillo superior y la primera ranura en el rodillo inferior, el diámetro del rodillo inferior disminuye y luego se mantiene constante, antes de disminuir más. Esto significa por ejemplo que una tercera parte de la preforma curvada del alma, que está ubicada entre la primera parte y la segunda parte, está formada entre partes sustancialmente cilíndricas del rodillo superior y del rodillo inferior. Debido al hecho de que la sección media de la preforma curvada del alma es laminada - al menos parcialmente - entre secciones de rodillo sustancialmente cilíndricas, se requiere menos espacio vertical para la laminación de la preforma del alma; es decir los diámetros mínimos de los dos rodillos pueden ser mayores que con cualquier método de la técnica anterior de laminación de pilas de láminas en forma de Z.

Si la línea central de un rodillo es definida como el eje (línea) alrededor del que cual el rodillo (es decir la línea que pasa a través de los centros de los dos apoyos de cojinetes del rodillo) y el diámetro nominal de un rodillo en un par de rodillos es definido como la distancia mínima vertical entre las líneas centrales de los rodillos del par de rodillos, el diámetro mínimo del rodillo inferior en su - ya mencionada - segunda ranura es preferiblemente menor que el diámetro nominal del rodillo inferior y preferiblemente mayor que el diámetro mínimo del rodillo inferior en su primera ranura; y/o el diámetro mínimo del rodillo superior en su - ya mencionada - segunda ranura es preferiblemente menor que el diámetro nominal del rodillo superior y preferiblemente mayor que el diámetro mínimo del rodillo superior en su primera ranura.

Además, si:

- Dmin(URG1) es el diámetro mínimo del rodillo superior en su primera ranura;
- Dmin(URG2) es el diámetro mínimo del rodillo superior en su segunda ranura;
- Dmin(LRG1) es el diámetro mínimo del rodillo inferior en su primera ranura;
- Dmin(LRG2) es el diámetro mínimo del rodillo inferior en su segunda ranura; y
- Dnom es el diámetro nominal del rodillo superior y el rodillo inferior;

entonces las siguientes relaciones entre estos diámetros son preferiblemente satisfechas:

$$[Dnom - Dmin(URG2)] < k \cdot [Dnom - Dmin(URG1)]$$

y/o

$$[Dnom - Dmin(LRG2)] < k \cdot [Dnom - Dmin(LRG1)]$$

donde k es preferiblemente menor que 1, preferiblemente menor o igual a 0,5 y, en una realización preferida, igual a 0,2.

Si

- Dmin(UR) es el diámetro mínimo del rodillo superior;

ES 2 587 702 T3

- $D_{min}(LR)$ es el diámetro mínimo del rodillo inferior; y
- $E(CC)$ es la distancia vertical mínima entre las líneas centrales del rodillo superior y del rodillo inferior; y
- w es la anchura horizontal total del contorno del espacio del rodillo;

entonces las siguientes relaciones entre estos parámetros son preferiblemente satisfechas:

5
$$\{w/E(CC)-(D_{min}(UR)+D_{min}(LR))/2\} > 3,5$$

y preferiblemente
$$\{w/E(CC)-(D_{min}(UR)+D_{min}(LR))/2\} > 4.$$

10 En una realización preferida, en la primera ranura del rodillo superior y/o del rodillo inferior, la superficie inferior está formada por una superficie sustancialmente cilíndrica; y/o en la segunda ranura (si está presente) del rodillo superior y/o del rodillo inferior, la superficie inferior está formada por una superficie curvada de manera cóncava.

15 En una realización preferida: en la primera ranura del rodillo superior, respectivamente del rodillo inferior, la superficie de flanco exterior está formada por una superficie cónica que define un ángulo α_1 del orden de 55° a 75° , con una superficie de referencia cilíndrica centrada sobre la línea central del rodillo superior, respectivamente del rodillo inferior; y/o en la primera ranura del rodillo superior, respectivamente del rodillo inferior, la superficie de flanco interior está formada por una superficie cónica que define un ángulo del orden de 45° a 65° , con una superficie de referencia cilíndrica centrada sobre la línea central del rodillo superior, respectivamente del rodillo inferior. La conexión entre la superficie de flanco interior cónica y la superficie inferior sustancialmente cilíndrica es ventajosamente una superficie de transición curvada de manera cóncava.

20 En una realización preferida, la tercera parte de la preforma curvada del alma tiene - en una sección transversal - sustancialmente la forma de una letra "S" inclinada 90° , y forma un seno de la onda y una cresta de la onda.

25 Si un plano de laminación neutro es definido como un plano paralelo a las líneas centrales del rodillo superior e inferior de un par de rodillos y ubicado a mitad de la distancia entre estas líneas centrales; y si el primer ala (es decir el ala adyacente a la primera esquina) tiene un primer medio de acoplamiento, preferiblemente un medio de acoplamiento en forma de gancho, a lo largo de su extremidad libre, entonces una preforma de este primer medio de acoplamiento es ventajosamente laminada por debajo del plano de laminación neutro, en que el diámetro mínimo del rodillo inferior en esta región es mayor que o igual al diámetro mínimo del rodillo inferior en su primera ranura. De manera similar, si el segundo ala (es decir el ala adyacente a la segunda esquina) tiene un segundo medio de acoplamiento, preferiblemente un medio de acoplamiento en forma de garra, a lo largo de su extremidad libre, entonces una preforma de este segundo medio de acoplamiento es ventajosamente laminada sobre el plano de laminación neutro, en donde el diámetro mínimo del rodillo superior en esta región es mayor que o igual al diámetro mínimo del rodillo superior en su primera ranura.

30 Antes de la operación final de enderezamiento, la preforma laminada comprende ventajosamente:

- una preforma curvada del primer ala, que tiene en una sección transversal la forma de una letra "J" que está ligeramente inclinada a la derecha, en donde el equivalente de la rama inferior de la letra "J" está preferiblemente equipada con primeros medios de acoplamiento, que son preferiblemente medios de acoplamiento en forma de gancho;
- una preforma curvada del segundo ala, que tiene en una sección transversal sustancialmente la forma de una letra "J" que está girada en el sentido de las agujas del reloj en 180° , en donde el equivalente de la rama inferior de la letra "J" está preferiblemente equipada con segundos medios de acoplamiento, que son preferiblemente medios de acoplamiento en forma de garra;
- una preforma de la primera esquina que tiene un ángulo de abertura α' mayor de 90° pero preferiblemente menor aún que la primera esquina en el final en la pila de láminas de sección en Z;
- una preforma de la segunda esquina que tiene un ángulo de abertura α' mayor de 90° pero preferiblemente menor aún que la primera esquina en el final de la pila de láminas de sección en Z; y
- una preforma ondulada del alma, que incluye preferiblemente una primera parte sustancialmente plana conectada a la preforma de la primera esquina, una parte central, que comprende preferiblemente al menos un seno de la onda y una cresta de la onda, y preferiblemente una segunda parte sustancialmente plana conectada a la preforma de la segunda esquina.

50 El enderezamiento de esta preforma tiene lugar a continuación entre un rodillo de enderezamiento superior y un rodillo de enderezamiento inferior. El rodillo de enderezamiento inferior incluye ventajosamente: una ranura para recibir el primer medio de acoplamiento de la pila de láminas enderezada; una primera sección cónica para entrar en contacto con el lado

interior del primer ala de la pila de láminas enderezada sustancialmente sobre toda la anchura del lado interior; una segunda sección cónica para entrar en contacto con un lado del alma de la pila de láminas enderezada sustancialmente sobre toda la anchura del alma; y una tercera sección cónica para entrar en contacto con el lado exterior del segundo ala de la pila de láminas enderezada sustancialmente sobre toda la anchura del lado exterior. El rodillo de enderezamiento superior incluye ventajosamente: una primera sección cónica para entrar en contacto con el lado exterior del primer ala de la pila de láminas enderezadas sustancialmente sobre toda la anchura del lado exterior; una segunda sección cónica para entrar en contacto con el otro lado del alma de la pila de láminas enderezada sustancialmente sobre toda la anchura del alma; una tercera sección cónica para entrar en contacto con el lado interior del segundo ala de la pila de láminas enderezada sustancialmente sobre toda la anchura del lado interior; y una ranura para recibir el segundo medio de acoplamiento de la pila de láminas enderezada. Cuando la preforma que ha de ser enderezada es introducida entre el rodillo de enderezamiento superior y el rodillo de enderezamiento inferior: la preforma curvada del primer ala descansa en primer lugar preferiblemente con su primera parte sustancialmente plana contra la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento superior y con su segunda parte sustancialmente plana contra la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento inferior, en donde al menos un seno de la onda y una cresta de la onda están dispuestas preferiblemente en el contorno de espacio de rodillo formado entre la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento inferior y la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento superior, sin tocar este último; y la preforma curvada del segundo ala descansa preferiblemente en primer lugar con una parte de esquina convexa contra la tercera sección cónica del rodillo de enderezamiento superior.

Antes de que la preforma laminada sea introducida entre los rodillos de enderezamiento inferior y superior, es hecha girar preferiblemente alrededor de un eje longitudinal en un ángulo del orden de entre 5° y 45°; preferiblemente de manera que la primera parte sustancialmente plana y la segunda parte sustancialmente plana de la preforma ondulada del alma son (existen) sustancialmente paralelas a un generador de cono de la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento superior o inferior.

Si un plano de laminación neutro para el rodillo de enderezamiento superior y el rodillo de enderezamiento inferior es definido como un plano paralelo a las líneas centrales de ambos rodillos de enderezamiento y ubicado a la mitad de la distancia entre estas líneas centrales; entonces, las conexiones entre las extremidades del ala y los medios de acoplamiento están preferiblemente ubicadas cerca del plano de laminación neutro.

Cuando la preforma que ha de ser enderezada es introducida entre el rodillo de enderezamiento superior y el rodillo de enderezamiento inferior: la parte de esquina convexa de la preforma curvada del primer ala es ventajosamente guiada a lo largo de la primera sección cónica del rodillo de enderezamiento inferior hacia la ranura que recibe el primer medio de acoplamiento; la parte de esquina convexa de la preforma curvada del segundo ala es ventajosamente guiada a lo largo de la tercera sección cónica del rodillo de enderezamiento superior hacia la ranura que recibe el segundo medio de acoplamiento; la primera parte sustancialmente plana de la preforma ondulada del alma es ventajosamente guiada a lo largo de la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento superior hacia la primera sección cónica del rodillo de enderezamiento superior; la segunda parte sustancialmente plana de la preforma ondulada del alma es ventajosamente guiada a lo largo de la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento inferior hacia la tercera sección cónica del rodillo de enderezamiento inferior. Al menos un seno de la onda y al menos una cresta de la onda están previstas inicialmente en el contorno de espacio de rodillo formado entre la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento inferior y la segunda sección cónica del rodillo de enderezamiento superior, preferiblemente sin hacer contacto con las secciones cónicas.

Si AB es la distancia en la preforma laminada antes del enderezamiento entre el centro A de la preforma de la primera esquina y el centro B de la preforma de la segunda esquina, y A'B' es la distancia en el final de la pila de láminas entre el centro A' de la primera esquina y el centro B' de la segunda esquina; entonces la relación A'B'/AB es preferiblemente del orden de 1,05 y 1,25.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS:

Lo antes descrito y otras características, aspectos y ventajas de la invención será mejor comprendidos con respecto a la siguiente descripción de una realización de la invención y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 ilustra esquemáticamente un método para laminación de una pila de láminas de sección en Z por vistas en sección transversal vertical de espacios de rodillo sucesivos identificados con referencias alfanuméricas C01A, C01B, C02A, C02B, C03, C04, ..., C08, C09, C10;

La fig. 2 es una vista en sección transversal vertical esquemática del espacio de rodillo C09 de la fig. 1, que muestra además las líneas centrales de un rodillo superior y de un rodillo inferior y, dentro del espacio de rodillo C09, un pieza elemental final de la pila de láminas C09 laminada en este espacio de rodillo;

La fig. 3 es una vista en sección transversal vertical esquemática del espacio de rodillo C10 de la fig. 1, a la entrada del espacio de rodillo definida por un rodillo de enderezamiento superior e inferior, es decir el plano de sección vertical está fuera de alineación con las líneas centrales del rodillo de enderezamiento superior e inferior; mostrando la sección además la pieza elemental final de la pila de láminas C09 de la fig. 2, cuando entra en primer lugar en contacto con los

rodillos de enderezamiento;

La fig. 4 es una vista en sección transversal vertical esquemática como en la fig. 3, conteniendo ahora el plano de sección vertical las líneas centrales del rodillo de enderezamiento superior e inferior;

La fig. 5 es una vista en sección transversal de una pila de láminas producida de acuerdo con el método propuesto; y

- 5 La fig. 6 es una vista en sección transversal vertical esquemática de otra realización del último espacio de rodillo que lamina otra pieza elemental de pila de láminas para ser enderezada después de ello.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La fig. 5 muestra una pila de láminas 10 de sección en Z típica que ha de ser laminada con el proceso descrito más adelante. Tal pila de láminas 10 de sección en Z típica tiene un primer ala 12, un segundo ala 14, que es sustancialmente paralela al primer ala 12, una alma 16 recta (es decir plana) inclinada, una primera esquina 18 que une el alma 16 con el primer ala 12, una segunda esquina 20 que une el alma 16 con el segundo ala 14. Las esquinas tienen un ángulo de abertura α mayor de 90° , típicamente del orden de 110° a 140° . Las pilas de láminas de sección en Z actualmente en el mercado tienen una anchura B típicamente del orden de 500 mm a 800 mm y una altura típicamente del orden de 250 mm a 600 mm. En la mayoría de las pilas de láminas de sección en Z, el alma y las alas tienen el mismo grosor (es decir $t_1 = t_2$), típicamente del orden de 8 mm a 20 mm. Para pilas de láminas de sección en Z más pesadas, el grosor t_1 de las alas 12, 14 puede ser sin embargo mayor que el grosor t_2 del alma 16.

En la pila de láminas 10 de la fig. 5, el primer ala 12 está equipada con un medio de acoplamiento 22 en forma de gancho, más particularmente un acoplamiento de tipo LARSEN en forma de gancho. El segundo ala 14 está equipada con un medio de acoplamiento 24 en forma de garra, en el caso presente un acoplamiento de tipo LARSEN en forma de garra. Se comprenderá sin embargo que el método propuesto no está necesariamente limitado a la laminación de una pila de láminas de sección en Z con medios de acoplamiento 22, 24 de tipo LARSEN como se ha mostrado en la fig. 5. Otros posibles medios de acoplamiento están mostrados por ejemplo en la norma europea EN 10248-2, pero también son posibles otros medios de acoplamiento. Además, no está excluido que la pila de láminas 10 de sección en Z esté laminada con las extremidades de alas desnudas o con extremidades de ala que soportan justo una preforma del medio de acoplamiento, en donde el medio de acoplamiento es por ejemplo cortado subsiguientemente a la extremidad del ala o a la preforma del medio de acoplamiento por una o más operaciones de mecanización, o en que el medio de acoplamiento es fijado subsiguientemente a extremidades de ala desnudas (por ejemplo soldada).

La fig. 1 ilustra esquemáticamente diferentes operaciones en una realización preferida del método propuesto para laminar tal pila de láminas de sección en Z. El método propuesto es implementado en pares de rodillos ranurados, comprendiendo cada par de rodillos un rodillo superior 26 ranurado y un rodillo inferior 28 ranurado montados en una plataforma de rodillo vertical (no mostrada).

Las ranuras en el rodillo superior 26 y en el rodillo inferior 28 cooperan para definir un espacio de rodillo con un contorno formado y, posiblemente, una altura ajustable. En la fig. 1, cada imagen separada es una vista en sección transversal vertical de un contorno de espacio de rodillo individualmente conformado. Las referencias C01A, C01B, C02A, C02B, C03, C04, ..., C08, C09, C10 son utilizadas para identificar los contornos de espacio de rodillo sucesivos utilizados en el método propuesto para laminar la pila de láminas 10 de sección en Z. Se comprenderá que a través de algunos espacios de rodillo, la pieza elemental de pila de láminas de sección en Z ha de pasar varias veces, en donde la altura del espacio es progresivamente reducida reduciendo la distancia vertical entre el rodillo superior 26 y el rodillo inferior. Si la pieza elemental de pila de láminas tiene que pasar varias veces a través de un espacio de rodillo específico, entonces el contorno de espacio de rodillo mostrado en la fig. 1 muestra la altura del espacio de rodillo durante el último paso de la pieza elemental de pila de láminas a través del espacio de rodillo específico. Las referencias C01A, C01B, C02A, C02B, C03, C04, ..., C08, C09 serán también utilizadas para identificar la pieza elemental de pila de láminas después de su paso final a través de un contorno de espacio de rodillo con la misma referencia.

Se observará además que un par de rodillos 26, 28 definen generalmente varias (la mayoría de las veces tres) espacios de rodillo adjuntos; pero que varios de tales pares de rodillos son no obstante requeridos para definir todos los contornos de espacio de rodillo utilizados para transformar progresivamente el producto de partida en la pila de láminas de sección en Z finalizada. Sin embargo, para comprender el método de laminación propuesto, no es realmente importante conocer por que el par de rodillos o en que plataforma de rodillos, está definido un contorno de espacio de rodillo particular C01A, C01B, C02A, C02B, C03, C04, ..., C08, C09, C10. Por lo tanto, el número de referencia 26 es sistemáticamente utilizado para identificar generalmente cualquier rodillo superior, y el número de referencia 28 es sistemáticamente utilizado para identificar generalmente cualquier rodillo inferior utilizado en el método propuesto.

Se observará que el método propuesto puede ser llevado a cabo bien con una pieza elemental de viga o una palanquilla como un producto de partida. Básicamente, solo los dos primeros contornos de espacio de rodillo diferirán dependiendo de si el producto de partida es una pieza elemental de viga o una palanquilla. Así, en la fig. 1, los contornos de espacio de rodillo C01A y C02A corresponden al caso cuando el producto de partida es una pieza elemental de viga, mientras que los contornos de espacio de rodillo C01B, C02B corresponden al caso cuando el producto de salida es una

palanquilla, y los contornos de espacio de rodillo C03 a C10 son finalmente comunes a ambos productos de partida.

En el contorno de espacio de rodillo C01A, está mostrada la forma inicial de una pieza elemental de viga 30. Se observará que esta pieza elemental de viga 30 es soportada sobre una mesa de laminación ligeramente inclinada (no mostrada), de manera que su alma 32 está, a la entrada del contorno de espacio de rodillo C01A, ligeramente inclinada con respecto a un plano horizontal 34. Así, a la entrada del contorno de espacio de rodillo C01A, la parte de alma 32 de la pieza elemental de viga 30 tiene aproximadamente la misma inclinación que la parte de alma correspondiente en el contorno de espacio de rodillo C01A. Como se ha mencionado antes, la altura del espacio de rodillo mostrada para el contorno de espacio de rodillo C01A, corresponde con la altura de este espacio de rodillo durante el último paso de la pieza elemental de viga 30 a través de este contorno de espacio de rodillo C01A. Para conseguir la reducción y deformación de grosor deseadas, son requeridas por ejemplo tres pasadas a través del contorno de espacio de rodillo C01A, en donde la altura del espacio de rodillo es disminuida progresivamente. A la salida del contorno de espacio de rodillo C01A, la sección transversal de la pieza elemental de pila de láminas C01A tiene aún una forma similar a un hueso, acercándose a la sección transversal de la pieza elemental de viga 30.

En el contorno de espacio de rodillo C01B, se ha mostrado la forma inicial de la palanquilla 36. Se observará que el plano horizontal de simetría 38 de esta palanquilla 36 contiene la así llamada línea neutra o de paso, es decir una línea horizontal ubicada a mitad de la distancia vertical entre el eje central del rodillo superior 26 y el eje central del rodillo inferior 28. Para conseguir la reducción y deformación inicial de grosor deseadas de la palanquilla 36, solamente son requeridos de dos a cuatro pasadas a través del contorno de espacio de rodillo C01B, en donde la altura del contorno de espacio de rodillo C01B es sucesivamente disminuida. Se observará en este contexto que la altura (o grosor) de la palanquilla 36, antes de entrar por primera vez en el contorno de espacio C01B, es ligeramente menor que la altura del rectángulo ficticio que encierra el contorno de espacio de rodillo C01B. (Como se ha explicado aquí más adelante, la altura de este rectángulo corresponde con $[E(CC)-(Dmin(UR)+Dmin(LR))/2]$, en donde: E(CC) es la distancia vertical entre las líneas centrales del rodillo superior 26 y del rodillo inferior 28; Dmin(UR) es el diámetro mínimo del rodillo superior 26; y Dmin(LR) es el diámetro mínimo del rodillo inferior 28). A la salida del contorno de espacio de rodillo C01B, la sección transversal de la pieza elemental de pila de láminas C01B ya tiene aproximadamente la forma de una letra inclinada "Z".

Se apreciará que, mientras los contornos de los espacios de rodillos C01A y C01B son aún bastante diferentes, los contornos de los espacios de rodillo C02A y C02B posteriores son ya muy similares. Se deduce que las secciones transversales de las piezas elementales de pila de láminas C02A y C02B, son ya lo suficientemente similares para tener un diseño común para el siguiente contorno de espacio del rodillo C03.

Se observará que una preforma de una parte específica de una pila de láminas 10 acabada (véase fig. 5) es identificada en una pieza elemental de pila de láminas C01A, C01B, C02A, C02B, C03, C04, ..., C08, C09, C10, con referencia de la parte correspondiente en la fig. 5, soportando como una referencia de subíndice, el número de la referencia C correspondiente. Por ejemplo: una preforma temprana del alma 16 en la pieza elemental de pila de láminas C02A o C02B será identificada con la referencia 16₀₂. De manera similar, los elementos de contorno presentes en varios contornos de espacio de rodillo o elementos presentes en las piezas elementales de pila de láminas en diferentes etapas son identificados con una referencia principal común, teniendo como una referencia de subíndice, el número de la referencia C correspondiente.

En los contornos de espacio de rodillo C02A y C02B (y ya en C01B también), una preforma aproximada del alma 16 (véase referencia 16₀₂) del primer ala 12 (véase referencia 12₀₂), del segundo ala 14 (véase referencia 14₀₂), de la primera esquina 18 (véase referencia 18₀₂) y de la segunda esquina 20 (véase referencia 20₀₂) son laminadas. La preforma aproximada 18₀₂ de la primera de esquina 18 y una primera parte adjunta 40₀₂ de la preforma aproximada 16₀₂ del alma 16 están formadas en una primera ranura 42₀₂ del rodillo superior 26, en que este rodillo superior 26 tiene su diámetro mínimo. La preforma aproximada 20₀₂ de la segunda esquina 20 y una segunda parte contigua 44₀₂ de la preforma aproximada 16₀₂ del alma 16 son formadas en una primera ranura 46₀₂ del rodillo inferior 28, en que este rodillo inferior 28 tiene su diámetro mínimo. Una tercera parte 48₀₂ de la preforma aproximada 16₀₂ del alma 16, que está ubicada centralmente entre la primera parte 40₀₂ y la segunda parte 44₀₂ antes mencionadas, está formada entre dos superficies cilíndricas (véase C02B) o dos superficies ligeramente cónicas (véase C01B y C02A) de los rodillos 26, 28.

En el contorno de espacio de rodillo C03, el grosor de todas las preformas aproximadas 12₀₂, 14₀₂, 16₀₂, 18₀₂, 20₀₂, es reducido adicionalmente. La tercera parte 48₀₂ antes mencionada de la preforma aproximada 16₀₂ del alma 16 es ampliada y laminada ahora entre dos superficies cilíndricas de los rodillos 26, 28 cerca del plano de laminación neutro 50, es decir un plano horizontal ubicado a mitad de la distancia vertical entre el eje central del rodillo superior 26 y el eje central del rodillo inferior 28. Se deduce que la tercera parte 48₀₃, de la preforma aproximada 16₀₃ del alma 16 de la pieza elemental de pila de láminas C03 es sustancialmente plana. Además, una preforma aproximada 22₀₃ del medio de acoplamiento 22 en forma de gancho es laminada en la parte final de la preforma temprana 12₀₂ del primer ala 12, y una preforma aproximada 24₀₃ del medio de acoplamiento 24 en forma de garra es laminada en la parte final de la preforma aproximada 14₀₂ del segundo ala 12.

En el contorno de espacio de rodillo C04, se reduce además el grosor de todas las preformas 12₀₃, 14₀₃, 16₀₃, 18₀₃, y 20₀₃, laminadas con el contorno de espacio de rodillo C03. Además, la tercera parte 48₀₃ sustancialmente plana y

horizontal de la preforma temprana 16₀₃ del alma 16 es ahora laminada como una tercera parte 48₀₄ ligeramente ondulada, que tiene - en una sección transversal - sustancialmente la forma de una letra "S" inclinada 90°. Esta tercera parte o parte central 48₀₄ ondulada de la preforma 16₀₄ del alma 16 es formada parcialmente en una segunda ranura 52₀₄ de rodillo inferior 28, que es horizontalmente adyacente a la primera ranura 42₀₄ en el rodillo superior 26, que es horizontalmente adyacente a la segunda ranura 52₀₄ en el rodillo inferior 28. La preforma aproximada 22₀₃ del medio de acoplamiento 22 en forma de gancho es elaborada además en una tercera ranura 56₀₄ en el rodillo inferior 28, ubicado ligeramente por debajo del plano de laminación 50, por medio de un primer cordón 58₀₄ en forma de anillo del rodillo superior 26. La preforma aproximada 24₀₃ del medio de acoplamiento 24 en forma de garra es elaborada además en una tercera ranura 60₀₄ en el rodillo superior 26, ubicado ligeramente por encima del plano de laminación 50, en donde el rodillo superior 26 tiene un segundo cordón 62₀₄ en forma de anillo ubicado en la tercera ranura 60₀₄ para formar una cámara interna en la preforma 24₀₄ del medio de acoplamiento 24 en forma de garra.

En los contornos de espacio de rodillo C05 a C07, que no están mostrados en la fig. 1, el grosor de todas las preformas 12₀₄, 14₀₄, 16₀₄, 18₀₄ y 20₀₄ laminadas con el contorno de espacio de rodillo C04 es aún reducido adicionalmente. Comparando el contorno de espacio de rodillo C04 con el contorno de espacio de rodillo C08, se apreciará que el aumento en longitud de la preforma curvada 16₀₄ del alma 16, que es provocado por una reducción de grosor, es absorbido parcialmente desarrollando una parte sustancialmente plana 64₀₈ en la primera ranura 42₀₈ del rodillo superior 26 y una parte sustancialmente plana 66₀₈ en la primera ranura 46₀₄ del rodillo inferior 28, y parcialmente por una profundidad aumentada de la segunda ranura 52₀₈ del rodillo inferior 28 y de la segunda ranura 54₀₈ del rodillo superior 28. El aumento en longitud de la preforma 12₀₄ del primer ala 12, que es provocado por la reducción de grosor, es principalmente absorbido disponiendo el equivalente 56₀₈ de la tercera ranura 56₀₄, en que es formada una preforma 22₀₈ del medio de acoplamiento 22 en forma de gancho, a una mayor distancia por debajo del plano de laminación 50. El diámetro mínimo del rodillo inferior 28 en la tercera ranura 56₀₈, permanece sin embargo mayor que (o al menos igual a) el diámetro mínimo del rodillo inferior 28 en la primera ranura 46₀₈. De manera similar, el aumento en longitud de la preforma 14₀₄ del segundo ala 14, que es provocado por la reducción de grosor, es principalmente absorbido disponiendo el equivalente 60₀₈ de la tercera ranura 60₀₄, en que es formada una preforma 24₀₈ del medio de acoplamiento 24 en forma de garra, a una distancia mayor por encima del plano de laminación 50. El diámetro mínimo del rodillo superior 26 en la tercera ranura 60₀₈, permanece sin embargo mayor que (o al menos igual a) el diámetro mínimo del rodillo superior 26 en la primera ranura 42₀₈.

El contorno de espacio de rodillo C09 difiere del contorno de espacio de rodillo C08 principalmente en la tercera ranura 56₀₉ en el rodillo inferior 28, en que es acabado el medio de acoplamiento 22 en forma de gancho, y en la tercera ranura 60₀₉ en el rodillo superior 26, en que es acabado el medio de acoplamiento 24 en forma de garra. La primera y segunda ranuras 46₀₉, 52₀₉ en el rodillo inferior 28, y la primera y segunda ranuras 42₀₉, 54₀₉ en el rodillo superior 26 son sustancialmente iguales en los contornos de espacio de rodillo C08 y C09. La pieza elemental de pila de láminas C09 tiene una preforma curvada 16₀₉ del alma 16, una preforma curvada 12₀₉ del primer ala 12, equipada con el medio de acoplamiento 22 en forma de gancho, y una preforma curvada 14₀₉ del segundo ala 14, equipada con el medio de acoplamiento 24 en forma de garra. La geometría del contorno de espacio de rodillo C09 y de la pieza elemental de pila de láminas C09 será descrita en mayor detalle aquí a continuación con referencia a la fig. 2.

El contorno de espacio de rodillo C10 es concebido como un espacio de rodillo de enderezamiento puro, en el cual son enderezadas la preforma curvada 16₀₉ del alma 16, la preforma curvada 12₀₉ del primer ala 12, y la preforma curvada 14₀₉ del segundo ala 14, confirmando por ello la geometría final de una pila de láminas 10 de sección en Z, como se ha mostrado en la fig. 5, a la pieza elemental de pila de láminas C09 como se ha mostrado en la fig. 2.

Con referencia ahora a la fig. 2, la geometría del contorno de espacio de rodillo C09 y de la pieza elemental de pila de láminas C09 será descrita en mayor detalle. El número de referencia 70 identifica la línea central del rodillo superior 26, y el número de referencia 72 la línea central del rodillo inferior 28. La línea central 70, 72 de un rodillo es definida como la línea alrededor de la cual gira el rodillo 26, 28, es decir la línea que pasa a través de los centros de los dos apoyos de cojinetes del rodillo. La distancia vertical entre las dos líneas centrales 70, 72 está indicada con la flecha E(CC). El diámetro nominal D_{nom} del rodillo superior 26 y del rodillo inferior 28 es igual por definición a la distancia E(CC). (Con el fin de ahorrar espacio, los diámetros de rodillo son identificados en la fig. 2 por flechas que comienzan solamente en la línea central 70, 72 del rodillo 26, 28).

Mirando a la fig. 2, se nota que la pieza elemental de pila de láminas C09 está laminada en seis ranuras, definidas en el rodillo superior 26 y el rodillo inferior 28, es decir:

- 1) la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26: en que son laminadas la preforma 18₀₉ de la primera esquina 18 y la primera parte 40₀₉ adjunta de la preforma curvada 16₀₉ del alma 16; en que el rodillo superior 26 tiene un diámetro mínimo D_{min}(URG1), menor que D_{nom}; y en que el rodillo inferior 28 tiene una forma convexa que se acopla con la forma cóncava de la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26;
- 2) la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 28: en que son laminadas la preforma 20₀₉ de la segunda esquina 20 y la segunda parte 44₀₉ contigua de la preforma curvada 16₀₉ del alma 16; en que el rodillo inferior 28 tiene un diámetro mínimo D_{min}(LRG1), menor que D_{nom}; y en que el rodillo superior 26 tiene una forma convexa que se acopla con la forma cóncava de la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 28;

- 3) la segunda ranura 52₀₉ en el rodillo inferior 28: que es horizontalmente adyacente a la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26: en que son laminadas una primera parte curvada (es decir un seno de la onda) de la tercera parte 48₀₉ de la preforma curvada 16₀₉ del alma 16; en que el rodillo inferior 28 tiene un diámetro mínimo Dmin(LRG2), ligeramente menor que Dnom; y en que el rodillo superior 26 tiene una forma convexa que se acopla con la forma cóncava de la primera ranura 52₀₉ en el rodillo inferior 28;
- 4) la segunda ranura 54₀₉ en el rodillo superior 26: que es horizontalmente adyacente a la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 26; en que es laminada una segunda parte curvada (es decir un seno de la onda) de la tercera parte 48₀₉ de la preforma curvada 16₀₉ del alma 16; en que el rodillo superior 26 tiene un diámetro mínimo Dmin(URG2), ligeramente menor que Dnom; y en que el rodillo inferior 28 tiene una forma convexa que se acopla con la forma cóncava de la segunda ranura 54₀₉ en el rodillo superior 26;
- 5) la tercera ranura 56₀₉ en el rodillo inferior 28: que es horizontalmente adyacente a la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26; en que es laminado el medio de acoplamiento 22 en forma de gancho; en que el rodillo inferior 28 tiene un diámetro mínimo Dmin(LRG3), menor que Dnom; y en que el rodillo superior 26 tiene una forma convexa que se acopla con un primer cordón en forma de anillo 58₀₉ que penetra en una cavidad en forma de anillo en la tercera ranura 56₀₉ para formar ahí el medio de acoplamiento 22 en forma de gancho; y
- 6) la tercera ranura 60₀₉ en el rodillo superior 26: que es horizontalmente adyacente a la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 26; en que es laminado el medio de acoplamiento 24 en forma de garra; en que el rodillo superior 26 tiene un diámetro mínimo Dmin(URG3), menor que Dnom; en que el rodillo superior 26 tiene una depresión en forma de anillo con un segundo cordón en forma de anillo 62₀₉ en ella, para formar en ella el medio de acoplamiento 24 forma de garra; y en que el rodillo inferior 26 tiene una forma convexa de acoplamiento para formar la pieza sustancialmente plana del medio de acoplamiento 24 en forma de garra.

De izquierda a derecha, la sucesión de las seis ranuras que forman el contorno de espacio de rodillo C09 es como sigue: (1) la tercera ranura 56₀₉ en el rodillo inferior 28; (2) la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26; (3) la segunda ranura 52₀₉ en el rodillo inferior 28; (4) la segunda ranura 54₀₉ en el rodillo superior 26; (5) la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 28; y (6) la tercera ranura 60₀₉ en el rodillo superior 26.

Se observará además que: Dmin(LRG1) es aproximadamente igual a Dmin(URG1); Dmin(LRG2) es mayor que Dmin(LRG1); y Dmin(LRG3) es aproximadamente igual a Dmin(LRG1). De manera similar: Dmin(URG2) es mayor que Dmin(URG1); y Dmin(URG3) es aproximadamente igual a Dmin(URG1).

Esta distribución del contorno de espacio de rodillo propuesta está ilustrada además por referencia a un rectángulo 74, que es dibujado en la fig. 2 con una línea de puntos y trazos. La anchura w de este rectángulo 74 es la anchura total horizontal del contorno de espacio de rodillo, y la altura h es la altura total vertical del contorno de espacio de rodillo, es decir:

$$h = E_{\text{min}}(\text{CC}) - [\text{Dmin}(\text{URG1}) - \text{Dmin}(\text{LRG1})] / 2.$$

en donde E_{min}(CC) es la distancia vertical mínima entre las líneas centrales del rodillo superior 26 y del rodillo inferior 28, es decir cuando el rodillo superior 26 y el rodillo inferior 28 están más próximos (en caso de que la pieza elemental de pila de láminas pase varias veces a través del contorno de espacio de rodillo y la altura del contorno de espacio de rodillo es reducida entre las sucesivas pasadas). El plano de laminación neutro 50 es el plano central del rectángulo 74.

La forma de este rectángulo 74 puede estar caracterizada por su relación de anchura a altura w/h. En el ejemplo mostrado en la fig. 2, esta relación es aproximadamente 5. Con el método descrito en el documento US 5.671.630 la misma relación es menor de 3, lo que significa que con el método de la técnica anterior, las ranuras en los rodillos son - para la misma anchura de laminación disponible - mucho más profundas que con el nuevo método propuesto aquí.

Se apreciará que - debido al uso de un contorno de espacio de rodillo con un total de seis ranuras adyacentes 56₀₉, 42₀₉, 52₀₉, 54₀₉, 46₀₉, 60₀₉ - las partes individuales de la pieza elemental de pila de láminas C09 (así como las de cualquiera de las piezas elementales de pila de láminas C04 a C08) pueden ser laminadas en proximidad directa del plano de laminación neutro 50, es decir sin requerir ranuras profundas en los rodillos 26, 28. Se deduce que el diámetro mínimo inicial de los rodillos 26, 28 puede ser mayor; es decir el contorno de espacio de rodillo puede ser mecanizado de nuevo más a menudo, antes de que los diámetros mínimos de los rodillos disminuyan más allá de un valor límite. Cuando es comparado con el método descrito en el documento US 5.671.630, el método propuesto aquí permite ganar aproximadamente 80 mm sobre el diámetro mínimo de los rodillos. Además, ranuras menos profundas en los rodillos también dan como resultado pares de laminación menores y velocidades superficiales más iguales a lo largo del contorno de espacio de rodillo, es decir menos desgaste mecánico de las superficies de los rodillos. Finalmente, las ranuras con esquinas generosamente redondeadas, como en los contornos de espacio de rodillo propuestos, también dan como resultado menores tensiones en los rodillos. En resumen, con el método propuesto, el desgaste de los rodillos es menos rápido y debe ser mecanizado de nuevo menos a menudo, pero - debido a un diámetro mínimo mayor - pueden incluso ser mecanizados de nuevo más a menudo que con cualquier método de la técnica anterior para laminar las pilas de láminas de sección en Z. Por consiguiente, con el método propuesto, la duración de vida total de los rodillos

es sustancialmente aumentada.

Se apreciará además que - debido a las seis ranuras adyacentes 56, 42, 52, 54, 46, 60 - la pieza elemental de pila de láminas es muy bien guiada entre los rodillos, lo que facilita, entre otras cosas, la laminación del medio de acoplamiento (la pieza elemental de pila de láminas es menos probable que se desvíe lateralmente).

- 5 Otra ventaja significativa del método propuesto es que es posible laminar la pila de láminas de sección en Z comenzando con una palanquilla relativamente delgada.

10 Para facilitar el enderezamiento de la preforma curvada 16₀₉ del alma 16, la profundidad de la segunda ranura 52₀₉ en el rodillo inferior 28 y la profundidad de la segunda ranura 54₀₉ en el rodillo superior 26 son preferiblemente menos importantes que la profundidad de la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 28 y la profundidad de la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26. En el ejemplo ilustrado por los dibujos se tiene por ejemplo:

$$[D_{nom} - D_{min}(URG2)] < 0,2 \cdot [D_{nom} - D_{min}(URG1)]$$

y

$$[D_{nom} - D_{min}(LRG2)] < 0,2 \cdot [D_{nom} - D_{min}(LRG1)].$$

15 Como puede verse en la fig. 2, la segunda ranura 52₀₉ en el rodillo inferior 28 y la segunda ranura 54₀₉ en el rodillo superior 26 tienen una superficie inferior 76, 78 curvada de forma cóncava, mientras que las superficies inferiores en la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 28 y la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26 son superficies sustancialmente cilíndricas, al menos en la proximidad directa de las esquinas que laminan las preformas 18₀₉, 20₀₉ de las esquinas 18, 20.

20 En la primera ranura 46₀₉ del rodillo superior 26, la superficie de flanco exterior está formada por una superficie cónica que define un ángulo α_1 de aproximadamente 67°, y la superficie de flanco interior está formada por una superficie cónica que define un ángulo α_2 de aproximadamente 55°, con una superficie de referencia cilíndrica centrada sobre la línea central 70 del rodillo superior 26. De manera similar, en la primera ranura 46₀₉ del rodillo inferior 28, la superficie de flanco exterior está formada por una superficie cónica que define un ángulo α_1 de aproximadamente 67°, y la superficie de flanco interior está formada por una superficie cónica que define un ángulo α_2 de aproximadamente 55°, con una superficie de referencia cilíndrica centrada sobre la línea central 72 del rodillo inferior 26. Típicamente, α_1 es del orden de 25
25 55° a 75°, preferiblemente de 60° a 70°, y α_2 es del orden de 45° a 65°, preferiblemente de 50° a 60°.

30 La tercera parte 48₀₉ de la preforma curvada 16₀₉ del alma 16 tiene sustancialmente la forma de una letra "S" inclinada 90°, que forma un seno de la onda y una cresta de la onda. La parte central de la parte en forma de "S", que une el seno de la onda a la cresta de la onda, forma un ángulo β de aproximadamente 25° (típicamente β es del orden de 10° a 40°, preferiblemente 20° a 30°).

35 La preforma 12₀₉ del primer ala 12 tiene sustancialmente la forma de una letra "J" que está ligeramente inclinada a la derecha, en donde el equivalente de la rama inferior de la letra "J", que está equipada con la preforma 22₀₉ del medio de acoplamiento 22 en forma de gancho, se extiende sustancialmente paralela al plano neutro 50. La preforma 14₀₉ del segundo ala 14 tiene sustancialmente la forma de una letra "J" que ha sido girada en el sentido de las agujas del reloj aproximadamente 180°, en donde el equivalente de la rama inferior de la letra "J" que está equipada con la preforma 24₀₉ del medio de acoplamiento 24 en forma de garra, se extiende sustancialmente paralela al plano neutro 50. Como ya se ha indicado anteriormente, la preforma 22₀₉ del medio de acoplamiento 22 en forma de gancho es laminada por debajo del plano de laminación neutro 50, en donde $D_{min}(LRG3)$ es sustancialmente igual a $D_{min}(LRG1)$; y la preforma 24₀₉ del medio de acoplamiento 24 en forma de garra es laminada sobre el plano de laminación neutro 50, en donde $D_{min}(URG3)$ es sustancialmente igual a $D_{min}(URG1)$. Se observará también que la preforma 22₀₉ tiene ya la forma final del medio de acoplamiento 22 en forma de gancho, y la preforma 24₀₉ tiene ya la forma final del medio de acoplamiento 24 en forma de garra. Sin embargo, debido a la preforma curvada 12₀₉ y 14₀₉ de las alas 12 y 14 la orientación de los medios de acoplamiento 22, 24 aún no es definitiva.

45 En la fig. 6 se ha mostrado otra realización de un espacio de rodillo y una pieza elemental de pila de láminas de acuerdo con la presente invención. Esta realización se distingue de la realización de la fig. 2 porque el intervalo "I" entre la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26 y la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 28, el diámetro del rodillo inferior 28 primero disminuye hasta que es aproximadamente igual al diámetro nominal D_{nom} , después permanece constante sobre una cierta longitud del rodillo inferior 28, antes de disminuir otra vez. El diámetro del rodillo superior 26 varía de una manera complementaria en este intervalo I. Esto significa que la sección media 104 de la preforma curvada del alma 16₀₉ está formada principalmente entre una parte sustancialmente cilíndrica del rodillo superior 26 y una parte sustancialmente cilíndrica del rodillo inferior 28, cerca del plano de laminación neutro. Debido al hecho de que la sección media 104 de la preforma curvada del alma 16₀₉ es laminada - al menos parcialmente - entre secciones de rodillo sustancialmente cilíndricas, se requiere menos espacio vertical para laminar la preforma del alma; es decir los diámetros mínimos de los dos rodillos pueden ser mayores que con cualquier método de la técnica anterior de laminación de las pilas de láminas en forma de Z. Se observará que en vez de laminar, como se ha mostrado en la fig. 6, un paso intermedio en la preforma curvada del alma 16₀₉, se pueden laminar también varios pasos intermedios en la preforma

curvada del alma 16₀₉.

El enderezamiento de la pieza elemental de pila de láminas C09 es ahora descrito con referencia a las figs. 3 y 4. En la fig. 3 se reconoce la pieza elemental de pila de láminas C09 descrita con referencia a la fig. 2 a la entrada de un espacio de rodillo definido por un rodillo de enderezamiento superior 26' y un rodillo de enderezamiento inferior 28' (el plano de sección vertical está fuera de alineación con las líneas centrales de los rodillos de enderezamiento superior e inferior 26', 28'), en donde la pieza elemental de pila de láminas es mostrada en una posición cuando entra en primer contacto con los rodillos de enderezamiento 26', 28'. En la fig. 4, la pila de laminas 10 de sección en Z acabada es mostrada a la salida del espacio de rodillo definido por el rodillo de enderezamiento superior 26' y el rodillo de enderezamiento inferior 28' (en esta fig. 4, el plano de sección vertical contiene las líneas centrales de los rodillos de enderezamiento superior e inferior 26', 28').

El rodillo de enderezamiento inferior 28' incluye (véanse las figs. 3 y 4): una ranura 84 para recibir el primer medio de acoplamiento 22 de la pila de láminas enderezada; una primera sección cónica 86, que en la fig. 4 está en contacto con el lado interior del primer ala 12 de la pila de láminas enderezadas sobre sustancialmente toda la anchura de este lado interior; una segunda sección cónica 88, que en la fig. 4 está en contacto con un lado del alma 16 de la pila de láminas enderezada sobre sustancialmente toda la anchura de esta alma 16; y una tercera sección cónica 90, que en la fig. 4 está en contacto con el lado exterior del segundo ala 14 de la pila de láminas enderezada sobre sustancialmente toda la anchura de este lado exterior.

El rodillo de enderezamiento superior 26' incluye: una primera sección cónica 92, que en la fig. 4 está en contacto con el lado exterior del primer ala 12 de la pila de láminas enderezadas sobre sustancialmente toda la anchura de este lado exterior; una segunda sección cónica 94, que en la fig. 4 está en contacto con el otro lado del alma de la pila de láminas enderezadas sobre sustancialmente toda la anchura del alma 16; una tercera sección cónica 96, que en la fig. 4 está en contacto con el lado interior del segundo ala 14 de la pila de láminas enderezadas sobre sustancialmente toda la anchura de este lado interior; y una ranura 98 para recibir el segundo medio de acoplamiento 24 de la pila de láminas enderezada.

Se observará por consiguiente que la geometría del rodillo de enderezamiento superior 26' y del rodillo de enderezamiento inferior 28' es determinada principalmente por la geometría de la pila de láminas 10 de sección en Z final.

Antes de que la pieza elemental de pila de laminas C09 sea introducida entre el rodillo de enderezamiento superior 26' y el rodillo de enderezamiento inferior 28', es hecha girar alrededor de un eje longitudinal de manera que las primeras partes 64₀₉ y 66₀₉ sustancialmente planas de la preforma ondulada 16₀₉ del alma 16 son sustancialmente paralelas a un generador de cono de la segunda sección cónica 94 del rodillo de enderezamiento superior 26', respectivamente a un generador de cono de la segunda sección cónica 88 del rodillo de enderezamiento inferior 28'. En el presente caso la pieza elemental de pila de láminas ha sido por ejemplo girada un ángulo de aproximadamente 12° alrededor de un eje longitudinal que pasa a través de la esquina convexa definida por la preforma 12₀₉ en forma de J del primer ala 12.

En la fig. 3, la pieza elemental de pila de laminas C09 es mostrada dentro del espacio de rodillo C10 en primer contacto con los rodillos de enderezamiento 26', 28'; es decir antes de comenzar con el enderezamiento. La preforma curvada 12₀₉ del primer ala 12 descansa sobre una parte de la esquina convexa contra la primera sección cónica 86 del rodillo de enderezamiento inferior 28'. La preforma ondulada 16₀₉ del alma 16 descansa sobre su segunda parte 66₀₉ sustancialmente plana contra la segunda sección cónica 88 del rodillo de enderezamiento inferior 28'. El rodillo de enderezamiento superior 26' contacta con la pieza elemental de pila de laminas C09 con su segunda sección cónica 94 en la primera parte 64₀₉ sustancialmente plana de la preforma ondulada 16₀₉ del alma 16, y con su tercera sección cónica 96 en una parte de la esquina convexa de la preforma curvada 14₀₉ del segundo ala 14. Se observará que un seno 100 de la onda y una cresta 102 de la onda de la preforma ondulada 16₀₉ del alma 16 están dispuestas en el contorno de espacio de rodillo formado entre la segunda sección cónica 88 del rodillo de enderezamiento inferior 28' y la segunda sección cónica 94 del rodillo de enderezamiento superior 26', sin tocar a este último. Esto es posible porque, como se ha descrito antes, en el contorno de espacio de rodillo C09, la profundidad de la segunda ranura 52₀₉ en el rodillo inferior 28 y la profundidad de la segunda ranura 54₀₉ en el rodillo superior 26 son de lejos menos importantes que la profundidad de la primera ranura 46₀₉ en el rodillo inferior 28 y la profundidad de la primera ranura 42₀₉ en el rodillo superior 26. Se apreciará que el hecho de que - al menos durante el enderezamiento inicial del alma ondulada 16₀₉ - el seno 100 de la onda y la cresta 102 de la onda no tocan los rodillos de enderezamiento 26', 28' lo que facilita en gran medida esta operación de enderezamiento.

El enderezamiento de la pieza elemental de pila de laminas C10 en el contorno de espacio de rodillo C10 puede ser realizado en sólo un paso. Durante el enderezamiento, la parte de esquina convexa de la preforma curvada 12₀₉ del primer ala 12 es guiada a lo largo de la sección cónica 86 del rodillo de enderezamiento inferior 28' hacia la ranura 84 que recibe el primer medio de acoplamiento 22₀₉. De manera similar, la parte de esquina convexa de la preforma curvada 14₀₉ del segundo ala 14 es guiada a lo largo de la tercera sección cónica 96 del rodillo de enderezamiento superior 26' hacia la ranura 98 que recibe el segundo medio de acoplamiento 24₀₉. Simultáneamente, los ángulos de abertura α' de las preformas 18₀₉, 20₀₉ de la primera y segunda esquinas 18, 20, que son inicialmente mayores de 90° pero aún menores que los ángulos de abertura correspondientes en la pila de láminas de sección en Z, aumentan. La primera

5 parte 64₀₉ sustancialmente plana de la preforma ondulada 16₀₉ del alma 16 es guiada a lo largo de la segunda sección cónica 94 del rodillo de enderezamiento superior 26' hacia la sección cónica 92 del rodillo de enderezamiento superior 26'. De manera similar, la segunda parte 66₀₉ sustancialmente plana de la preforma ondulada 16₀₉ del alma 16 es guiada a lo largo de la segunda sección cónica 88 del rodillo de enderezamiento inferior 88 hacia la tercera sección cónica del rodillo de enderezamiento superior 28'.

10 La fig. 3 muestra la lámina en forma de Z enderezada saliendo del espacio de rodillo definido por los rodillos de enderezamiento 26', 28'. El alma 16, el primer ala 12 y el segundo ala 14 son ahora planas y los medios de acoplamiento 22, 24, que están ubicados en las ranuras 84, 98, tienen su orientación final con respecto al primer ala 12 y al segundo ala 14. Las conexiones entre las extremidades del ala y los medios de acoplamiento 22, 24 son ubicadas cerca de dicho plano de laminación neutro 50.

Durante el enderezamiento de la preforma 16₀₉ del alma 16, la distancia entre los puntos A y B, que son los centros de las esquinas 18, 20, aumenta aproximadamente en un 14%. De manera similar, la distancia entre los puntos C y D sobre las caras de extremidad externa de los medios de acoplamiento aumenta aproximadamente un 12%. Finalmente, la relación entre la anchura horizontal total w de los contornos de espacio de rodillo C10 y C09 es de aproximadamente 1,2.

15 Se apreciará que el método propuesto es particularmente ventajoso para laminar pilas de láminas de sección en Z en las que el grosor t2 del alma 16 es menor que el grosor t1 de las alas 12, 14 y/o en que las esquinas 18, 20 están reforzadas externa y/o internamente por un grosor adicional local del alma 16 y/o del ala 12, 14.

Lista de signos de referencia

20 (En la siguiente lista, "i" representa un subíndice formado en base a la referencia utilizada para identificar el contorno de espacio de rodillo o la preforma de la pila de láminas laminada en este contorno de espacio de rodillo)

10 pila de láminas de sección en Z	50 plano de laminación neutro
12 primer ala	52i segunda ranura en 28
12i preforma de 12	54i segunda ranura en 26
14 segundo ala	56i tercera ranura en 28
14i preforma de 14	58i primer cordón en forma de anillo de 26
16 alma recta inclinada	60i tercera ranura en 26
16i preforma de 16	62i segundo cordón en forma de anillo de 26
18 primera esquina	64i parte de 40i sustancialmente plana
18i preforma de 18	66i parte de 44i sustancialmente plana
20 segunda esquina 20	70 línea central de 26
20i preforma de 20	72 línea central de 28
22 medio de acoplamiento en forma de gancho	74 rectángulo en la fig. 2
22i preforma de 22	76i superficie inferior en 52i
24 medio de acoplamiento en forma de garra	78i superficie inferior en 54i
24i preforma de 24	80i superficie inferior en 42i

ES 2 587 702 T3

26 rodillo superior	82i superficie inferior en 46i
26' rodillo de enderezamiento superior	84 una ranura en 28' para 22
28 rodillo inferior	86 primera sección cónica de 28'
28' rodillo de enderezamiento inferior	88 segunda sección cónica de 28'
30 pieza elemental de viga	90 tercera sección cónica de 28'
32 alma de 30	92 primera sección cónica de 26'
34 plano horizontal	94 segunda sección cónica de 26'
36 palanquilla	96 tercera sección cónica de 26'
38 plano horizontal de simetría de 36	98 una ranura en 26' para 24
40i primera parte de 16 adjunta a 18	100 seno de la onda
42i primera ranura de 26	102 cresta de la onda
44i segunda parte de 16 adjunta a 20	104 sección media de la preforma curvada del alma
46i primera ranura de 28	
48i tercera parte de 16	

REIVINDICACIONES

1. Un método para laminar una pila de láminas de sección en Z que tiene un primer ala (12), un segundo ala (14), que es sustancialmente paralela a dicho primer ala (12), un alma inclinada (16), una primera esquina (18) que une dicha alma (16) a dicho ala (12), una segunda esquina (20) que une dicho alma (16) a dicho segundo ala (14), en el que cada una de dichas esquinas tiene un ángulo de apertura α mayor de 90°; en el que dicho método comprende las operaciones de:

- laminar una preforma curvada de dicho alma (16) en espacios de rodillos sucesivos definidos por al menos un par de rodillos que comprenden un rodillo superior ranurado (26) y un rodillo inferior ranurado (28), en el que:

una preforma de dicha primera esquina (18) y una primera parte adjunta de dicha preforma curvada de dicha alma (16) están formadas en una primera ranura (42) de dicho rodillo superior (26), y

una preforma de dicha segunda esquina (20) y una segunda parte adjunta de dicha preforma curvada de dicho alma (16) están formadas en una primera ranura (46) de dicho rodillo inferior (28); y

- enderezar subsiguientemente dicha preforma curvada de dicho alma (16) entre un rodillo de enderezamiento superior (26') y un rodillo de enderezamiento inferior (28');

caracterizado por que

al menos en los últimos espacios de rodillo que forman dicha preforma curvada de dicho alma (16), el diámetro de dicho rodillo inferior (28) disminuye de una manera discontinua en el intervalo entre dicha primera ranura (42) en dicho rodillo superior (26) y dicha primera ranura (46) en dicho rodillo inferior (28), y el diámetro de dicho rodillo superior (26) aumenta en dicho intervalo de una manera complementaria.

2. El método según la reivindicación 1, en el que:

una tercera parte de dicha preforma curvada de dicho alma (16), que está ubicada entre dicha primera parte y dicha segunda parte, está formada bien parcialmente en al menos una segunda ranura (52) de dicho rodillo inferior (28) o bien parcialmente en al menos una segunda ranura (54) de dicho rodillo superior (26), o parcialmente entre partes sustancialmente cilíndricas de dicho rodillo superior (26) y de dicho rodillo inferior (28).

3. El método según la reivindicación 2, en el que:

el diámetro nominal (Dnom) de cada rodillo (26, 28) en un par de rodillos es definido como la distancia vertical mínima (E(CC)) entre las líneas centrales (70, 72) de los rodillos (26, 28) de dicho par de rodillos;

el diámetro mínimo (Dmin(LRG2)) de dicho rodillo inferior (28) en su segunda ranura (52) es menor que el diámetro nominal (Dnom) de dicho rodillo inferior (28) y mayor que el diámetro mínimo (Dmin(LRG1)) de dicho rodillo inferior (28) en su primera ranura (46); y/o

el diámetro mínimo (Dmin(URG2)) de dicho rodillo superior (26) en su segunda ranura (54) es menor que el diámetro nominal (Dnom) de dicho rodillo superior (26) y mayor que el diámetro mínimo (Dmin(URG1)) de dicho rodillo superior (26) en su primera ranura (42).

4. El método según la reivindicación 3, en el que si:

Dmin(URG1) es el diámetro mínimo de dicho rodillo superior (26) en su primera ranura (42);

Dmin(URG2) es el diámetro mínimo de dicho rodillo superior (26) en su segunda ranura (54);

Dmin(LRG1) es el diámetro mínimo de dicho rodillo inferior (28) en su primera ranura (46); y

Dmin(LRG2) es el diámetro mínimo de dicho rodillo inferior (28) en su segunda ranura (52); y

Dnom es el diámetro nominal del rodillo superior (26) y del rodillo inferior (28);

entonces:

$$[Dnom - Dmin(URG2)] < k \cdot [Dnom - Dmin(URG1)]$$

y/o

$$[Dnom - Dmin(LRG2)] < k \cdot [Dnom - Dmin(LRG1)]$$

en el que k es menor que 1, preferiblemente menor o igual a 0,5 y, en una realización preferida, igual a 0,2.

5. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que si:

Dmin(UR) es el diámetro mínimo de dicho rodillo superior (26);

Dmin(LR) es el diámetro mínimo de dicho rodillo inferior (28); y

E(CC) es la distancia mínima vertical entre las líneas centrales (70, 72) de dicho rodillo superior (26) y de dicho rodillo inferior (28); y

5 w es la anchura del contorno del espacio de rodillo;

entonces:

$$\{w / [E(CC)-(Dmin(UR) + Dmin(LR))/2]\} > 3,5$$

y preferiblemente

$$\{ w / [E(CC)-(Dmin(UR)+Dmin(LR))/2] \} > 4.$$

10 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

en dicha primera ranura (42, 46) de dicho rodillo superior (26) y/o de dicho rodillo inferior (28), la superficie inferior (80, 82) está formada por una superficie sustancialmente cilíndrica; y/o en dicha segunda ranura (54, 52) de dicho rodillo superior (26) y/o de dicho rodillo inferior (28) en el método según la reivindicación 2, la superficie inferior (76, 78) está formada por una superficie curvada de forma cóncava.

15 7. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

en dicha primera ranura (42, 46) de dicho rodillo superior (26), respectivamente de dicho rodillo inferior (28), la superficie de flanco exterior está formada por una superficie cónica que define un ángulo $\alpha 1$ del orden de 55° a 75°, con una superficie de referencia cilíndrica centrada en la línea central de dicho rodillo superior (26), respectivamente de dicho rodillo inferior (28); y/o en dicha primera ranura (42, 46) de dicho rodillo superior (26), respectivamente de dicho rodillo inferior (28), en el método según la reivindicación 2, la superficie de flanco interior está formada por una superficie cónica que define un ángulo del orden de 45° a 65°, con una superficie de referencia cilíndrica centrada en la línea central de dicho rodillo superior (26), respectivamente de dicho rodillo inferior (28).

20 8. El método según la reivindicación 2 y cualquiera de las reivindicaciones precedentes que dependen de la reivindicación 2, en el que:

25 en una sección transversal, dicha tercera parte (48) de dicha preforma curvada de dicha alma (16) tiene sustancialmente la forma de una letra "S" inclinada 90°, que forma un seno (100) de la onda y una cresta (102) de la onda.

9. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

un plano de laminación neutro es definido como un plano paralelo a las líneas centrales (70, 72) del rodillo superior e inferior (26, 28) de un par de rodillos y ubicado a mitad de la distancia entre estas líneas centrales (70, 72);

30 dicho primer ala (12) tiene un primer medio de acoplamiento (22), preferiblemente un medio de acoplamiento en forma de gancho, a lo largo de su extremidad libre, en el que una preforma de este primer medio de acoplamiento (22) es laminada por debajo de dicho plano de laminación neutro (50), en el que el diámetro mínimo (Dmin(LRG3)) de dicho rodillo inferior (28) en esta región es mayor que o igual al diámetro mínimo (Dmin(LRG1)) de dicho rodillo inferior (28) en su primera ranura (46); y/o

35 dicho segundo ala (14) tiene un segundo medio de acoplamiento (24), preferiblemente un medio de acoplamiento en forma de garra, a lo largo de su extremidad libre, en el que una preforma de este segundo medio de acoplamiento (24) es laminada por debajo del plano de laminación neutro (50), en el que el diámetro mínimo (Dmin(URG3)) de dicho rodillo superior (26) en esta región es mayor que o igual al diámetro mínimo (Dmin(URG1)) de dicho rodillo superior (26) en su primera ranura (42).

40 10. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que antes de la operación de enderezamiento final, la preforma laminada comprende:

una preforma curvada del primer ala (12), que tiene en una sección transversal sustancialmente la forma de una letra "J" que está ligeramente inclinada a la derecha, en la que el equivalente de la rama inferior de la letra "J" está equipado preferiblemente con el primer medio de acoplamiento (22), que son medios de acoplamiento preferiblemente en forma de gancho;

45 una preforma curvada del segundo ala (14), que tiene en una sección transversal sustancialmente la forma de una letra "J" que está girada en el sentido de las agujas del reloj 180°, en el que el equivalente de la rama inferior de la letra "J" está equipado preferiblemente con el segundo medio de acoplamiento (24), que son medios de acoplamiento

preferiblemente en forma de garra;

5 una preforma de la primera esquina (18) que tiene un ángulo de abertura (α') mayor de 90° pero aún menor que la primera esquina (18) en el final en la pila de láminas de sección en Z; una preforma de la segunda esquina (20) que tiene un ángulo de abertura (α') mayor de 90° pero aún menor que la segunda esquina (20) en el final de la pila de láminas de sección en Z; y

una preforma ondulada del alma (16), que incluye una primera parte sustancialmente plana (64) conectada a dicha preforma de la primera esquina (18), una parte central (48) que comprende al menos un seno (100) de la onda y una cresta (102) de la onda, y una segunda parte sustancialmente plana (66) conectada a dicha preforma de dicha segunda esquina (20).

10 11. El método según la reivindicación 10, teniendo lugar dicha operación de enderezamiento entre un rodillo de enderezamiento superior (26') y un rodillo de enderezamiento inferior (28'), en el que:

dicho rodillo de enderezamiento inferior (28') incluye:

- una ranura (84) para recibir dicho primer medio de acoplamiento (22) de la pila de láminas enderezada;

15 - una primera sección cónica (86) para entrar en contacto con el lado interior de dicho primer ala (12) de la pila de láminas enderezada sobre sustancialmente toda la anchura de dicho lado interior;

- una segunda sección cónica (88) para entrar en contacto con un lado de dicho alma (16) de la pila de láminas enderezada sobre sustancialmente toda la anchura de dicho alma (16); y

- una tercera sección cónica (90) para entrar en contacto con el lado exterior de dicho segundo ala (14) de la pila de láminas enderezada sobre sustancialmente toda la anchura de dicho lado exterior;

20 dicho rodillo de enderezamiento superior (26') incluye:

- una primera sección cónica (92) para entrar en contacto con el lado exterior de dicho primer ala (12) de la pila de láminas enderezada sobre sustancialmente toda la anchura de dicho lado exterior;

- una segunda sección cónica (94) para entrar en contacto con el otro lado de dicho alma (16) de la pila de láminas enderezada sobre sustancialmente toda la anchura de dicho alma (16); y

25 - una tercera sección cónica (96) para entrar en contacto con el lado interior de dicho segundo ala (14) de la pila de láminas enderezada sobre sustancialmente toda la anchura de dicho lado interior; y

- una ranura (98) para recibir dicho segundo medio de acoplamiento (24) de la pila de láminas enderezada;

en el que cuando dicha preforma que ha de ser enderezada es introducida entre dicho rodillo de enderezamiento superior (26') y dicho rodillo de enderezamiento inferior (28'):

30 - dicha preforma curvada de dicho primer ala (12) descansa en primer lugar con una parte de esquina convexa contra dicha primera sección cónica (86) de dicho rodillo de enderezamiento inferior (26'); y

35 - dicha preforma ondulada del alma (16) descansa en primer lugar con su primera parte sustancialmente plana (64) contra dicha segunda sección cónica (94) de dicho rodillo de enderezamiento superior (26') y con su segunda parte sustancialmente plana (66) contra dicha segunda sección cónica (88) de dicho rodillo de enderezamiento inferior (28'), en el que al menos un seno (100) de la onda y una cresta (102) de la onda están dispuestas en el contorno de espacio de rodillo formado entre dicha segunda sección cónica (88) de dicho rodillo de enderezamiento inferior (28') y dicha segunda sección cónica (94) de dicho rodillo de enderezamiento superior (26'), sin tocar a éste último; y

- dicha preforma curvada de dicho segundo ala (14) descansa en primer lugar con una parte de esquina convexa contra dicha tercera sección cónica (96) de dicho rodillo de enderezamiento superior (26').

40 12. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

antes de introducir dicha preforma laminada entre un rodillo de enderezamiento inferior (28') y un rodillo de enderezamiento superior (26'), es hecha girar alrededor de un eje longitudinal por un ángulo del orden de entre 5° y 45°.

13. El método según la reivindicación 11 ó 12, en el que:

45 un plano de laminación neutro (50) para dicho rodillo de enderezamiento superior (26') y dicho rodillo de enderezamiento inferior (28') está definido como un plano paralelo a las líneas centrales (70, 72) de ambos rodillos de enderezamiento y ubicado a mitad de la distancia entre estas líneas centrales (70, 72); y

las conexiones entre las alas (12, 14) y el medio de acoplamiento (22, 24) están ubicadas cerca de dicho plano de

laminación neutro (50).

14. El método según la reivindicación 11 o cualquiera de las reivindicaciones que dependen de la reivindicación 11, en el que, cuando se introduce dicha preforma entre dicho rodillo de enderezamiento inferior (28') y dicho rodillo de enderezamiento superior (26'):

5 - dicha parte de esquina convexa de dicha preforma curvada de dicho primer ala (12) es guiada a lo largo de dicha primera sección cónica (86) de dicho rodillo de enderezamiento inferior (28') hacia dicha ranura (84) que recibe dicho primer medio de acoplamiento (22);

10 - dicha parte de esquina convexa de dicha preforma curvada de dicho segundo ala (14) es guiada a lo largo de dicha tercera sección cónica (96) de dicho rodillo de enderezamiento superior (26') hacia dicha ranura (98) que recibe dicho segundo medio de acoplamiento (24);

- dicha primera parte sustancialmente plana (64) de dicha preforma ondulada del alma (16) es guiada a lo largo de dicha segunda sección cónica (94) de dicho rodillo de enderezamiento superior (26') hacia dicha primera sección cónica (92) de dicho rodillo de enderezamiento superior (26'); y

15 - dicha segunda parte sustancialmente plana (66) de dicha preforma ondulada del alma (16) es guiada a lo largo de dicha segunda sección cónica (88) de dicho rodillo de enderezamiento inferior (28') hacia dicha tercera sección cónica (90) de dicho rodillo de enderezamiento inferior (28'); y

20 al menos dicho seno (100) de la onda y al menos dicha cresta (102) de la onda están dispuestas inicialmente en la entrada del contorno de espacio de rodillo formada entre dicha segunda sección cónica (88) de dicho rodillo de enderezamiento inferior (28') y dicha segunda sección cónica (94) de dicho rodillo de enderezamiento superior (26'), sin contactar dichas secciones cónicas (88, 94).

15. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que si:

AB es la distancia en la preforma laminada antes del enderezamiento entre el centro A de la preforma de la primera esquina (18) y el centro B de la preforma de la segunda esquina (20); y

25 A'B' es la distancia en la pila de láminas final entre el centro A' de la primera esquina (18) y el centro B' de la segunda esquina (20);

entonces la relación A'B'/AB es del orden de 1,05 y 1,25.

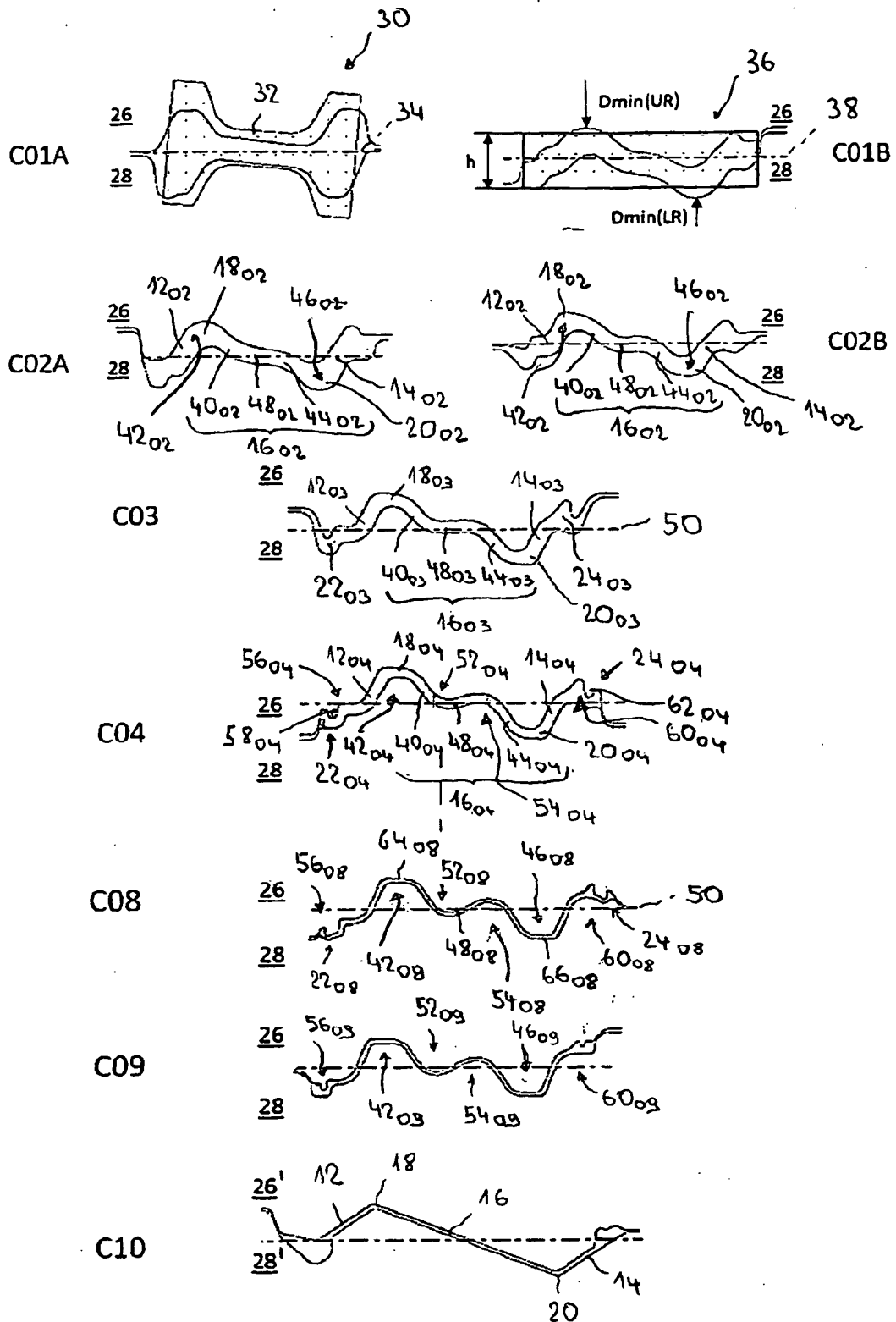


FIG. 1

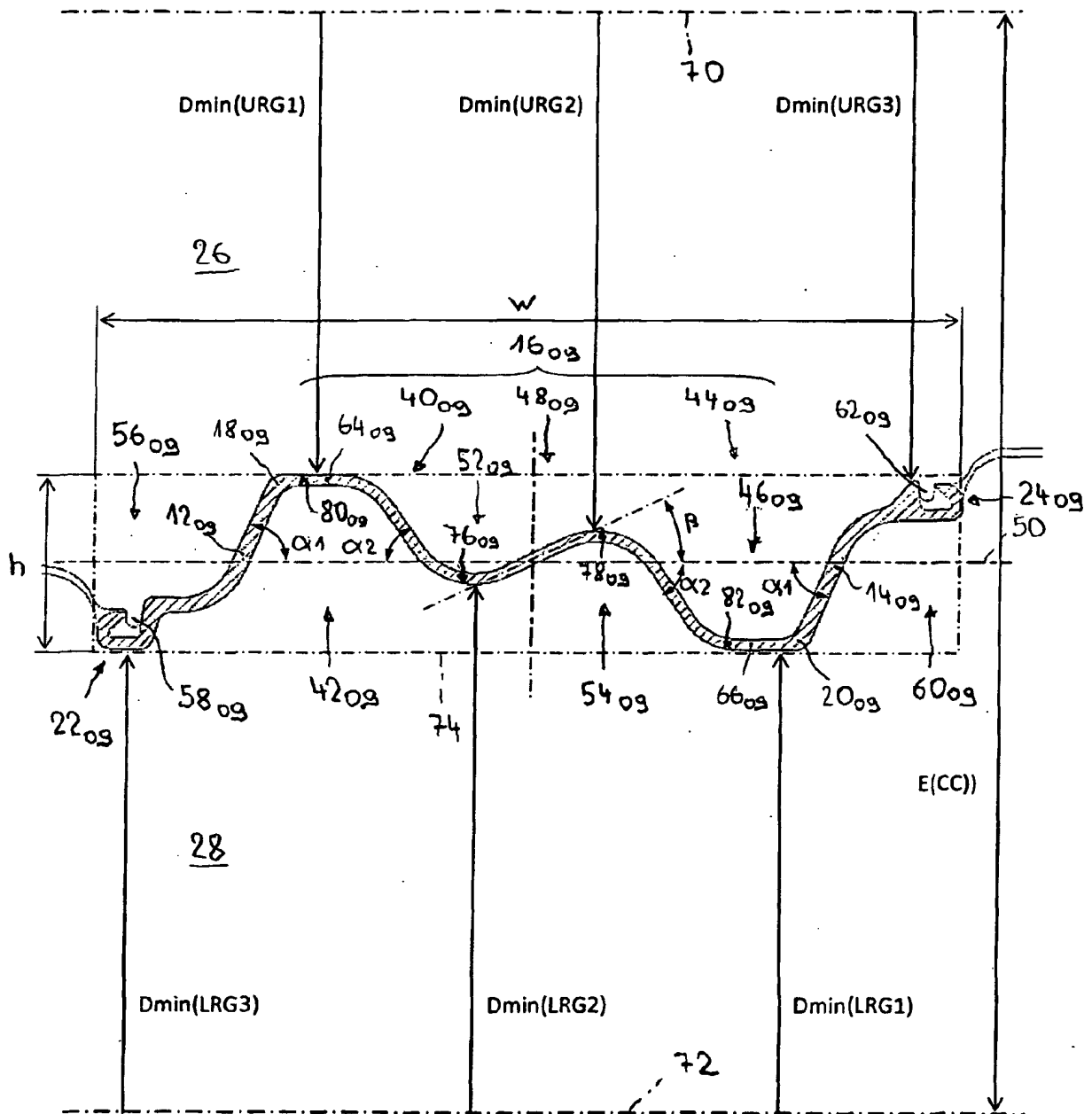


FIG. 2

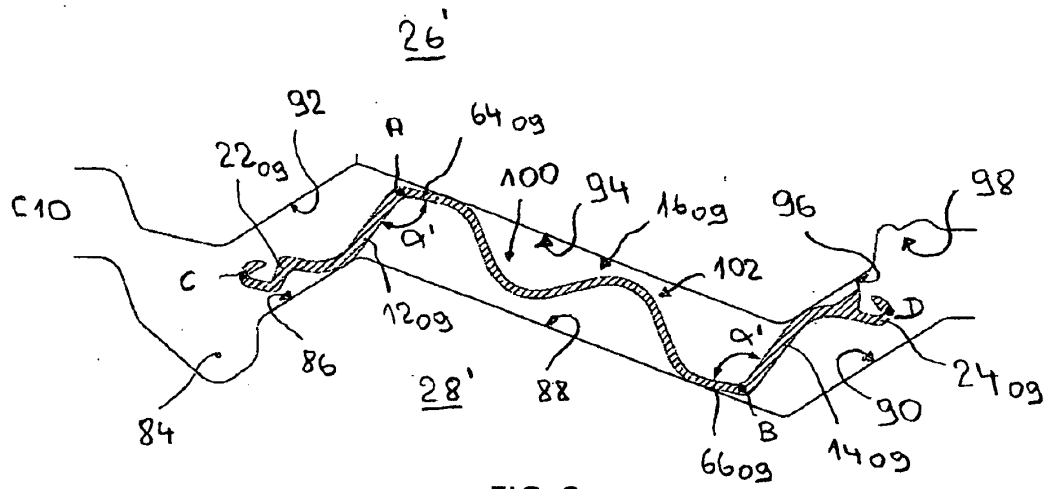


FIG. 3

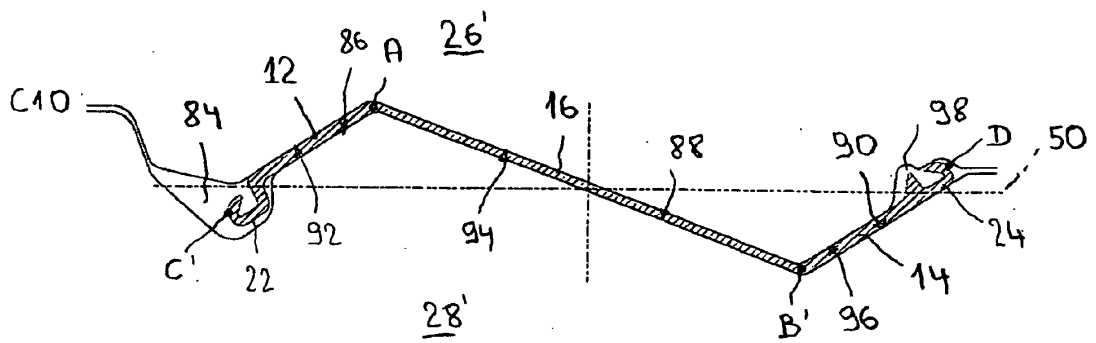


FIG. 4

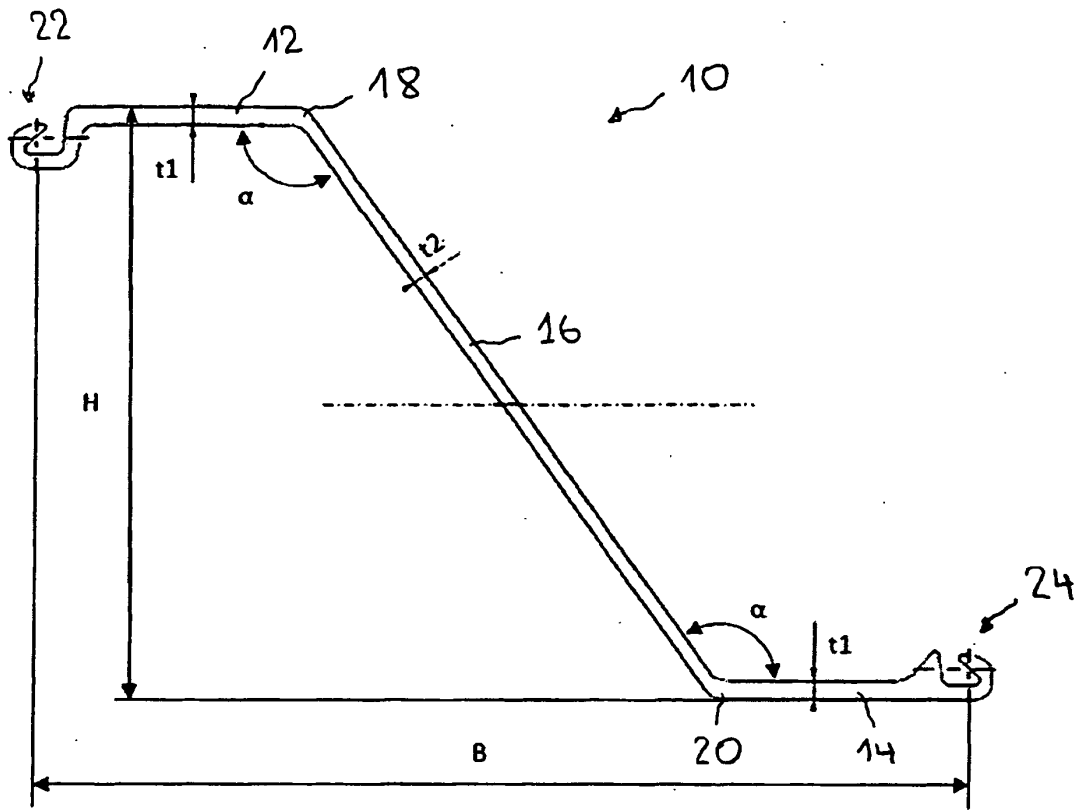


FIG. 5

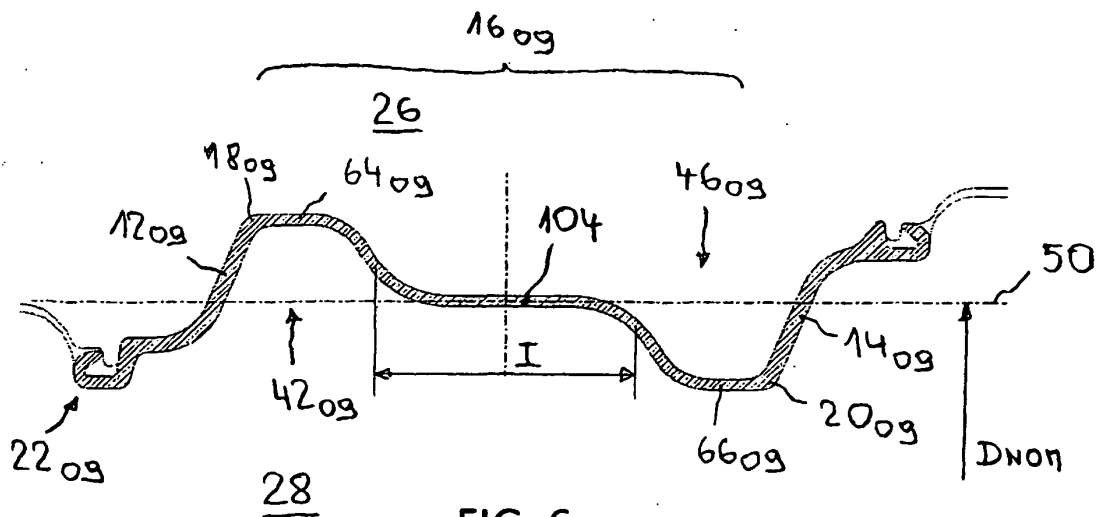


FIG. 6