

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 574 616**

51 Int. Cl.:

**B21D 1/05**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2010 E 10752802 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2477764**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de enderezamiento continuo por estiramiento y flexión de bandas metálicas**

30 Prioridad:

**18.09.2009 DE 102009041852**

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

**21.06.2016**

73 Titular/es:

**BWG BERGWERK- UND WALZWERK-  
MASCHINENBAU GMBH (100.0%)**

**Mercatorstr. 74-78  
47051 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**NOÉ, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 574 616 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 dispositivo de enderezamiento continuo por estiramiento y flexión de bandas metálicas.

La invención concierne a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un dispositivo según el preámbulo de la reivindicación 18 para el enderezamiento por estiramiento y flexión de bandas metálicas, en los que una banda sometida a una tensión de tracción por debajo del límite de elasticidad o del límite de estiramiento es curvada alternativamente en el dominio plástico o elástico-plástico alrededor de al menos cuatro rodillos de enderezamiento y experimenta entonces un estiramiento plástico. Los rodillos de enderezamiento que actúan en el dominio plástico o elástico-plástico se denominan también rodillos de estiramiento. La medida en la que la banda (en su conjunto) es estirada plásticamente y, en consecuencia, alargada, se denomina grado de estiramiento. Un procedimiento y un dispositivo de esta clase se revelan, por ejemplo, en el documento JP-A-622 38022. Con este procedimiento de enderezamiento por estiramiento y flexión se pueden enderezar bandas metálicas no planas y, en consecuencia, se pueden eliminar las faltas de planicidad. Falta de planicidad significa, por ejemplo, ondulación de la banda y/o efecto sable de dicha banda que resultan debido a diferencias de longitud de las fibras de la banda en el plano de la misma. Sin embargo, falta de planicidad significa también curvaturas de la banda en dirección longitudinal y/o dirección transversal que se producen debido a momentos flectores en la banda, por ejemplo cuando la banda se ha curvado de manera elástico-plástica alrededor de rodillos de desviación, o bien debido a deformaciones elástico-plásticas al enrollar la banda. Las curvaturas longitudinales se denominan también coilset (efecto bobina) y las curvaturas transversales se denominan crossbow (efecto ballesta). En el curso del enderezamiento por estiramiento y flexión se curva (alternativamente) la banda no plana alrededor de rodillos de diámetro suficientemente pequeño bajo una tensión de tracción que está por debajo del límite de elasticidad  $R_E$  o del límite de elasticidad técnico  $R_{p0,01}$  del material de la banda, de modo que, debido a la superposición de la tensión de tracción con la flexión, se genera en la banda una deformación elástica/plástica. La banda se alarga plásticamente, y la magnitud del alargamiento plástico se denomina grado de estiramiento. Durante el alargamiento plástico se alargan relativamente más las fibras de la banda originalmente cortas. En el caso ideal, después del enderezamiento todas las fibras de la banda tienen la misma longitud, de modo que, en principio, se deberá obtener una banda idealmente enderezada desprovista de ondulaciones o de efecto de la misma.

En los procedimientos de enderezamiento por estiramiento y flexión conocidos por la práctica pueden quedar en principio en la banda después del enderezamiento, debido a la flexión alternativa en el dominio elástico-plástico, unos momentos flectores residuales que pueden hacerse visibles como un abombamiento transversal en la línea de tratamiento de la banda y que pueden conducir en una plancha cortada a una curvatura residual en dirección longitudinal y/o en dirección transversal. Los momentos flectores residuales se originan cuando las distintas flexiones no están óptimamente ajustadas una a otra en su intensidad. Los radios de flexión dependen de los datos de la banda (espesor, módulo de elasticidad, comportamiento cíclico de resistencia, índice de contracción transversal), la tensión de tracción de la banda, los diámetros de los rodillos y la geometría del deslizamiento de la banda alrededor de los rodillos. En primera aproximación, ésta última puede describirse por medio del ángulo de abrazamiento de la banda alrededor de los rodillos. Con un ángulo de abrazamiento suficientemente grande o una tensión de tracción suficiente, la banda adopta el radio del rodillo. La curvatura de la banda alcanza entonces un máximo y se mantiene constante al seguir creciendo el ángulo de abrazamiento o al crecer la tensión de tracción. Sin embargo, en general se ajustan los ángulos de abrazamiento de modo que la banda no siga ya al radio de los rodillos, al menos en los últimos rodillos del bastidor de enderezamiento por estiramiento y flexión. Incluso con un ajuste óptimo de un bastidor prefijado de enderezamiento por estiramiento y flexión se producen momentos flectores residuales debido a fluctuaciones de los parámetros del proceso. En efecto, en la práctica tanto la tensión de tracción y, en consecuencia, el grado de estiramiento como los valores de resistencia y el espesor de la banda están sometidos en principio a ciertas fluctuaciones. Los procedimientos de enderezamiento por estiramiento y flexión conocidos en la práctica reaccionan de manera más o menos sensible a tales fluctuaciones. Esto significa que en los procedimientos convencionales de enderezamiento por estiramiento y flexión tales fluctuaciones repercuten más o menos fuertemente sobre las curvaturas residuales remanentes o generadas. Esto rige también en procedimientos de enderezamiento por estiramiento y flexión en los que la banda se deforma de manera elástico-plástica alrededor de cuatro rodillos de enderezamiento.

En tales bastidores de enderezamiento por estiramiento y flexión con cuatro rodillos de enderezamiento es conocido el recurso de ajustar la geometría del bastidor de enderezamiento por estiramiento y flexión para lograr unos resultados de enderezamiento lo mejores posible. Así, se conoce, por ejemplo por el documento DE 696 08 037 T2 (o el documento EP 0 767 014 B1), un bastidor de enderezamiento por estiramiento y flexión con cuatro rodillos de enderezamiento en el que tanto los rodillos de enderezamiento superiores como los rodillos de enderezamiento inferiores pueden ser variados respecto de su posición. Mientras que los rodillos de enderezamiento inferiores pueden ser aproximados con una cierta exactitud mediante transmisiones de husillo mecánicas para mejorar el resultado del enderezamiento, los rodillos de enderezamiento superiores se accionan hidráulicamente. Se pretende ajustar de esta manera un solapamiento deseado de los rodillos.

Se aplican consideraciones comparables para los bastidores de enderezamiento por estiramiento y flexión conocidos

por los documentos DE 695 14 010 T2 (o EP 0 665 069 B1) y DE 38 85 019 T2 (o EP 0 298 852 B1).

De manera semejante, el artículo técnico "Benefits of a new leveller technology for packaging steels: Multi-Roller Tension Leveller" (Emmanuel Dechassey, Irsid, Grupo Arcelor, Congreso METEC de junio de 2003), describe un dispositivo de enderezamiento por estiramiento y flexión con cuatro rodillos de enderezamiento. En este caso, el solapamiento de la primera unidad de enderezamiento (rodillos primero y segundo) y el solapamiento de la segunda unidad de enderezamiento (rodillos tercero y cuarto) son ajustables.

El documento DE 691 01 995 T2 (o EP 0 446 130 B1) menciona también la posibilidad de variar la posición de los cuatro rodillos de enderezamiento. Sin embargo, esto sirve en primer lugar para el cambio entre una posición de espera y una posición de trabajo. En efecto, en un bastidor de enderezamiento por estiramiento y flexión es necesario en general abrir y volver a cerrar seguidamente el bastidor con miras a dejar que pase el sitio de unión entre dos bobinas o bandas. En cualquier caso, se ha visto en la práctica que los bastidores de estiramiento y flexión o los procedimientos de enderezamiento por estiramiento y flexión conocidos reaccionan de manera relativamente sensible a fluctuaciones de los parámetros del proceso, por lo que las curvaturas residuales no pueden ser minimizadas de la manera deseada.

En principio, los llamados niveladores multirrodillo, que se denominan también equipos de enderezamiento multirrodillo, reaccionan menos sensiblemente a los parámetros del proceso. En el enderezamiento multirrodillo se somete la banda a un gran número de flexiones alrededor de rodillos de pequeño diámetro. Mediante el empleo de muchos rodillos se puede producir la banda con pequeñas curvaturas residuales. Es desventajoso en este caso el hecho de que el gran número de rodillos está ligado a un alto coste de mantenimiento y de piezas de repuesto. Además, los rodillos inferiores y superiores están unidos siempre unos con otros por ajuste de rozamiento como un engranaje 1:1 por medio de los rodillos de apoyo o de cilindros intermedios y rodillos de apoyo. Dado que la banda es alargada plásticamente durante su paso por el bastidor multirrodillo, se aumenta también en la misma medida la velocidad de la banda. Por tanto, la banda se desliza sincrónicamente tan sólo en un rodillo, mientras que entre los otros rodillos y la banda se presenta un resbalamiento. Los rodillos giran frecuentemente con un alto número de revoluciones en una línea de tratamiento de banda de alta velocidad. Este resbalamiento puede inducir en los rodillos vibraciones que generan marcas de retemblado en la superficie de la banda. Esto no es aceptable en la práctica para un gran número de aplicaciones. Por estos motivos, se han combinado también bastidores convencionales de enderezamiento por estiramiento y flexión con unidades de enderezamiento multirrodillo (véanse los documentos EP 0 665 069 B1 o DE 695 14 010 T2).

Por lo demás, el documento DE 27 50 752 describe un procedimiento para enderezar y mejorar las propiedades cualitativas de bandas metálicas, especialmente electrobandas, en el que la banda metálica que se debe tratar es flexionada sin contrapresión y sometida a una flexión plástica alternativa. La banda metálica es flexionada entonces conservando su estado de flexión plástica en posición plana, y las desviaciones de la banda metálica que siguen a la última flexión se realizan en el dominio elástico o casi elástico. Preferiblemente, se materializan entonces únicamente dos rodillos de flexión sin rodillos de contrapresión intercalando o conectando posteriormente uno o varios rodillos de desviación. Se pueden prever también varios rodillos de flexión. Lo importante siempre es que la última flexión se realice con una deformación plástica por flexión lo más alta que sea posible y que a continuación la banda metálica sea aún flexionada solamente en forma elástica o predominantemente elástica.

Partiendo del estado ya conocido de la técnica, la invención se basa en el problema técnico de crear un procedimiento de enderezamiento por estiramiento y flexión que, con un pequeño coste técnico en instalaciones, proporcione óptimos resultados de planicidad y especialmente reaccione de manera poco sensible a fluctuaciones de los parámetros del proceso (tensión de tracción, resistencia de la banda y espesor de la banda). Además, se pretende indicar un dispositivo que se caracterice por una constitución sencilla y barata y, no obstante, proporcione los resultados deseados.

Este problema se resuelve con un procedimiento según las características de la reivindicación 1. Siempre que se flexione alternativamente la banda alrededor de más de cuatro rodillos de enderezamiento, la invención propone especialmente que los radios de flexión de al menos los cuatro últimos rodillos, referido a la dirección de deslizamiento de la banda, sean ajustados en cada caso individualmente y con independencia uno de otro, a cuyo fin se procede preferiblemente a aproximar al menos los cuatro últimos rodillos de forma individualizada y con regulación de su posición.

Las investigaciones realizadas por medio de un modelo de cálculo que tiene en cuenta tensiones en dirección longitudinal y en dirección transversal y que considera como parámetros de cálculo el espesor de la banda, el módulo de elasticidad, el índice de contracción transversal, el comportamiento cíclico de resistencia de la banda, la tensión de tracción de la banda, los radios de los rodillos y la geometría del deslizamiento de la banda alrededor de los rodillos, han llegado sorprendentemente a la conclusión de que este procedimiento proporciona excelentes resultados de curvatura residual y en particular reacciona de manera relativamente poco sensible a las fluctuaciones de los parámetros del proceso. Es aquí de importancia especial el hecho de que las cuatro flexiones que actúan de manera elástico-plástica son ajustables o se ajustan independientemente una de otra con exactitud suficiente y con regulación de posición. Las posiciones de los rodillos de enderezamiento se ajustan entonces con una exactitud y

una precisión de regulación que corresponden a una exactitud de  $\pm 0,05^\circ$  o menos, preferiblemente  $\pm 0,02^\circ$  o menos, referido a la velocidad de abrazamiento de la banda alrededor de los rodillos de enderezamiento. Los ángulos de abrazamiento de la banda alrededor de uno o varios rodillos de enderezamiento, preferiblemente alrededor de todos los rodillos de enderezamiento, pueden ser de  $0,5^\circ$  a  $60^\circ$ , preferiblemente  $1^\circ$  a  $35^\circ$ . El grado de estiramiento (total) es, por ejemplo, de 0,1% a 1,5%, preferiblemente 0,2% a 0,6%. La tensión de tracción de la banda es preferiblemente de 10% a 90%, preferiblemente de 30% a 60% del límite de elasticidad de la banda o del material de la banda.

Los cálculos de simulación han demostrado que una configuración de dos rodillos en el enderezamiento por estiramiento y flexión no lleva en general al objetivo buscado, ya que las evoluciones de los momentos flectores longitudinales y transversales en función de las curvaturas de la banda no tienen un comportamiento negativo simétrico de una con respecto a otra como en el caso de una flexión pura, sino que están desplazadas una respecto de otra debido a la tensión de tracción. Por tanto, para corregir las curvaturas plásticas de la banda generadas en el primer rodillo en dirección longitudinal y en dirección transversal no es suficiente solamente un rodillo adicional, puesto que así se pueden poner en equilibrio solamente los momentos flectores longitudinales o los momentos flectores transversales. En consecuencia, el número mínimo de rodillos para producir una banda idealmente desprovista de curvaturas residuales con unos parámetros dados del proceso es igual a tres. Sin embargo, los cálculos han arrojado el resultado de que los momentos flectores residuales logrados o la eliminación de tales momentos flectores residuales en un bastidor de estiramiento y flexión con tres rodillos reaccionan de manera relativamente sensible a las fluctuaciones de los parámetros del proceso. Lo mismo rige para un bastidor de cuatro rodillos, en el que los distintos rodillos no son aproximables con la precisión necesaria de manera individualizada y con independencia uno de otro. El procedimiento según la invención, en el que los cuatro rodillos son aproximados de manera individualizada e independientemente uno de otro con posición regulada, crea remedios para esta situación.

Asimismo, la invención propone especialmente que la distancia entre al menos dos rodillos de enderezamiento dispuestos (directamente) uno tras otro (referido a la dirección de deslizamiento de la banda) ascienda a al menos un 50% de la anchura (máxima) de la banda. Puede ser conveniente a este respecto que las distancias citadas se presenten en los cuatro rodillos de enderezamiento entre dos respectivos rodillos de enderezamiento dispuestos en pareja (directamente) uno tras otro. Así, la distancia entre dos de estos rodillos de enderezamiento asciende a al menos 300 mm. Las investigaciones basadas en modelos han conducido aquí al resultado sorprendente de que mediante una elección favorable de las distancias entre los rodillos de enderezamiento que actúan de manera elástico-plástica, se pueden minimizar o anular también las diferencias de grado de estiramiento originadas por el proceso a lo largo de la anchura de la banda. Se ha comprobado que en general unas mayores distancias horizontales tienen una repercusión favorable. Con una longitud de construcción máxima dada del bastidor de estiramiento y flexión, es favorable establecer al menos una distancia entre rodillos que actúan de manera elástico-plástica con al menos un 30% de la anchura máxima de la banda, pero con al menos 500 mm. Es decisiva en este caso la distancia de los rodillos de enderezamiento a lo largo de la dirección de deslizamiento de la banda. Esto corresponde a la distancia horizontal en un bastidor de enderezamiento por estiramiento y flexión en modo de construcción horizontal. Sin embargo, puede pensarse también en principio en una distancia en una dirección oblicua o vertical, según la dirección en que se conduzca la banda.

Dependiendo del espectro de aplicaciones de los productos que se deben enderezar, son óptimas diferentes distancias entre los rodillos, de modo que se puede conseguir una mejora adicional del resultado de enderezamiento respecto a la ondulación cuando las distancias se establecen en forma variable o regulable. En consecuencia, según otra propuesta de la invención, a la que se adjudica una importancia autónoma, se ha previsto que se ajuste o pueda ajustarse de forma variable la distancia en la dirección de deslizamiento de la banda entre al menos dos rodillos de enderezamiento. Las distancias óptimas pueden fijarse entonces en base a modelos para una banda determinada.

Asimismo, la invención propone que los valores nominales para la posición de los rodillos de enderezamiento y/o los valores nominales para los ángulos de abrazamiento de la banda alrededor de los rodillos sean determinados con un modelo de cálculo que tenga en cuenta al menos tensiones en dirección longitudinal y en dirección transversal y que procesen como parámetros de cálculo el espesor de la banda, el módulo de elasticidad, el índice de contracción transversal, el comportamiento cíclico de la resistencia de la banda, la tensión de tracción de la banda, los radios de los rodillos y la geometría del deslizamiento de la banda alrededor de los rodillos, y que se calculen los valores nominales del espesor de la banda y de la resistencia, por ejemplo del límite de estiramiento, de modo que se hagan cero o al menos resulten despreciables la curvatura longitudinal residual y la curvatura transversal residual. En consecuencia, en el caso ideal se producen bandas con curvaturas residuales mínimas. Sin embargo, existe opcionalmente también la posibilidad de determinar los valores nominales con el modelo de cálculo, a condición de que ciertamente se logre un valor de curvatura transversal residual mínimo o despreciablemente pequeño, pero las curvaturas longitudinales residuales adopten un valor definido. A este respecto, la invención parte del conocimiento de que existen perfectamente casos de aplicación en los que ciertamente se tienen que evitar completamente las curvaturas transversales residuales, pero en los que se pueden tolerar ciertas curvaturas longitudinales residuales, siempre que éstas se presenten exclusivamente en una dirección determinada y, en consecuencia, presentes

exclusivamente un signo determinado.

Asimismo, la invención propone opcionalmente que, después o detrás de uno o varios rodillos de enderezamiento, por ejemplo después del último rodillo de enderezamiento, de manera especialmente preferida después de cada rodillo de enderezamiento, se mida el abombamiento transversal de la banda en toda la anchura de la misma. Estos abombamientos transversales medidos pueden entrar después en una regulación que, ayudándose de los valores de medida, corrija los ángulos de abrazamiento o las posiciones de los rodillos de modo que se produzca una banda con una curvatura residual longitudinal y una curvatura residual transversal suficientemente pequeñas.

En consecuencia, la invención comprende, en primer lugar, aquellas formas de realización en las que se determinan con ayuda de un modelo matemático los valores nominales para los radios de flexión y, por tanto, para la posición de los rodillos y/o los ángulos de abrazamiento, haciéndose funcionar entonces la instalación con estos valores. Las simulaciones han llegado a la conclusión de que esta forma de actuación conduce a excelentes resultados incluso en el caso de ciertas fluctuaciones de los parámetros del proceso. Opcionalmente, existe la posibilidad de corregir los valores nominales en el curso de la puesta en funcionamiento de la instalación o eventualmente también durante el funcionamiento, concretamente sobre la base de resultados experimentalmente obtenidos. Esta corrección puede realizarse "fuera de línea". Sin embargo, como se ha descrito, existe opcionalmente también la posibilidad de realizar una corrección "en línea" teniendo en cuenta los valores de medida en el sentido de un control o regulación. Esta regulación se puede basar también en un modelo de cálculo que tenga en cuenta al menos tensiones en las direcciones longitudinal y transversal, procese como parámetro de cálculo el espesor de la banda, el módulo de elasticidad, el índice de contracción transversal, el comportamiento cíclico de la resistencia de la banda, la tensión de tracción de la banda, los radios de los rodillos y la geometría del deslizamiento de la banda alrededor de los rodillos, y adjudique a un abombamiento transversal determinado una curvatura longitudinal o una curvatura transversal de la banda.

Los modelos de cálculo descritos pueden basarse en un método de elementos finitos que esté en condiciones de tener en cuenta tensiones y dilataciones incluso a lo largo de la anchura de la banda. Con ayuda de la falta de planicidad de la banda que cabe esperar como máximo o que se ha medido antes del enderezamiento, se pueden calcular según el método de elementos finitos el grado de estiramiento óptimo y/o las distancias horizontales óptimas de los rodillos actuante de manera elástico-plástica que den como resultado las faltas de planicidad residuales mínimas, aquí especialmente ondulaciones o efectos sable de la banda.

Es también objeto de la invención un dispositivo según las características de la reivindicación 18. Los distintos rodillos de enderezamiento pueden todos estar provistos de uno o varios servoaccionamientos finamente ajustables, preferiblemente elementos de elevación por husillo. El diámetro de uno o varios o preferiblemente de los cuatro rodillos de enderezamiento es, por ejemplo, de 15 mm a 150 mm, preferiblemente 25 mm a 80 mm. Ya se ha explicado que se trabaja de manera especialmente preferida con distancias relativamente grandes entre los distintos rodillos de enderezamiento. De manera especialmente preferida, el dispositivo está configurado de modo que estas distancias sean ajustables debido a que, por ejemplo, se puede ajustar de manera variable la posición de al menos un rodillo de enderezamiento a lo largo de la dirección de deslizamiento de la banda.

Otro requisito impuesto a un proceso de enderezamiento es que, aparte de la ausencia de curvatura residual, se minimice la ondulación/efecto sable de la banda. Se deben eliminar las ondulaciones existentes en la banda antes del enderezamiento, y el propio proceso de enderezamiento no deberá generar ninguna ondulación nueva. En el enderezamiento por estiramiento y flexión se plantea aquí la problemática de que la banda se deforma de manera elástico-plástica en el rodillo y se alarga entonces plásticamente. La dilatación longitudinal plástica va acompañada de una reducción plástica de la anchura de la banda. Por tanto, el segmento de la banda es más ancho directamente antes del rodillo que el situado directamente después del rodillo. Sin embargo, dado que la banda no puede variar bruscamente la anchura, se forman, como consecuencia, unas tensiones de cizalladura en el plano de la banda que varían, visto a lo largo de la anchura y la longitud de la banda. Las tensiones de cizalladura conducen a su vez a una deformación plástica de la banda que en conjunto es irregular en toda la anchura de la banda, y así se producen una dilatación longitudinal plástica diferente en toda la anchura de la banda y, por tanto, unas ondulaciones provocadas por el proceso de enderezamiento. Éstas son en general ondulaciones centrales que se hacen más intensas al aumentar el grado de estiramiento. Las investigaciones basadas en modelos han conducido aquí al sorprendente resultado de que estas diferencias de grado de estiramiento condicionadas por el proceso en la anchura de la banda se pueden minimizar o anular mediante una elección favorable de las distancias entre los rodillos que actúan de manera elástico-plástica. Se ha comprobado que en general unas mayores distancias horizontales tienen una repercusión favorable. Dependiendo del espectro de aplicaciones de los productos que se deben enderezar, son óptimas distancias diferentes entre rodillos, de modo que se produce una mejora adicional del resultado de enderezamiento con respecto a la ondulación cuando al menos un rodillo de enderezamiento está construido como horizontalmente regulable.

Con grandes distancias horizontales de los rodillos de enderezamiento que actúan de manera elástico-plástica, las profundidades de penetración de los rodillos se hacen relativamente grandes a ángulos de abrazamiento dados. Para el paso por un sitio de unión de dos bobinas, por ejemplo una unión de troquelado o una costura de soldadura,

se tiene que abrir en general el bastidor de estiramiento y flexión, es decir que se apartan los rodillos. Cuando los caminos que tienen que recorrerse entonces son grandes, este proceso dura mucho tiempo. Cuando la banda sigue deslizándose durante este tiempo en el caso de una línea continua, se tiene que, en consecuencia, se hacen grandes las longitudes de banda no enderezadas alrededor del sitio de unión. Esto es en principio poco deseable.

5 Por tanto, la invención propone en un perfeccionamiento opcional que al menos uno de los rodillos de enderezamiento que actúan de manera elástico-plástica lleve antepuesto un rodillo de desviación contiguo y/o lleve pospuesto un rodillo de desviación contiguo, presentando preferiblemente este rodillo de desviación contiguo al menos el triple del diámetro y de manera especialmente preferida al menos el décuplo del diámetro del rodillo de enderezamiento. De esta manera, se acortan considerablemente los recorridos de aproximación y, por tanto, los  
10 segmentos de banda no enderezados. Los rodillos de desviación presentan en este caso un diámetro tan grande que para al menos una parte del espectro de espesores de banda a enderezar se produzca tan sólo una deformación puramente elástica de la banda. Preferiblemente, al menos los últimos dos rodillos deberán realizarse sin rodillos de desviación intermedios para lograr una exactitud lo más alta posible en el ajuste del ángulo de abrazamiento.

15 Asimismo, es posible que al menos uno de los rodillos de desviación contiguos presente un contorno de rodillo cóncavo o convexo. Uno de los dos rodillos de desviación contiguos o bien ambos rodillos de desviación contiguos pueden estar equipados igualmente con una torsión de rodillo en dirección horizontal y/o en dirección vertical. El primer rodillo de enderezamiento que actúa de manera elástico-plástica puede llevar antepuesto un rodillo tensor o un rodillo de desviación de contorno variable abrazado al menos en 120°. Gracias a esta medida se consigue que en  
20 al menos un rodillo de enderezamiento que actúa de manera elástico-plástica se ajuste una distribución de tensión de tracción determinada en toda la anchura de la banda para poder influir sobre la distribución del grado de estiramiento en toda la anchura de la banda de modo que, después del enderezamiento, se presente una banda con una ondulación residual lo más pequeña posible. Especialmente, un aumento de la tensión de tracción en los bordes de la banda contrarrestaría una ondulación central.

25 Por lo demás, los rodillos de enderezamiento que actúan de manera elástico-plástica pueden estar soportados contra combado por unos rodillos de apoyo. Se pueden emplear, por ejemplo, rodillos de apoyo segmentados. Así, los rodillos que actúan de manera elástico-plástica pueden estar soportados contra combados por dos filas de rodillos de apoyo segmentados o dos cilindros intermedios y tres filas de rodillos de apoyo segmentados.

30 En lo que sigue se explica la invención con más detalle ayudándose de un dibujo que representa únicamente un ejemplo de realización. Muestran:

La figura 1, un dispositivo de enderezamiento por estiramiento y flexión según la invención en una representación esquemática simplificada,

La figura 2, el objeto según la figura 1 en una forma de realización modificada,

35 La figura 3, curvaturas longitudinales residuales calculadas para una banda metálica que se ha enderezado con un dispositivo según la figura 1, y

La figura 4, la curvatura longitudinal residual que se consigue con un bastidor de tres rodillos convencional con aproximación individualizada.

40 En las figuras se representa un dispositivo de enderezamiento continuo por estiramiento y flexión de bandas metálicas 1. En los ejemplos de realización el dispositivo presenta cuatro rodillos de enderezamiento 2 alrededor de los cuales se flexiona alternativamente en el dominio plástico o elástico-plástico una banda 1 sometida a una tensión de tracción por debajo del límite de elasticidad. Cada uno de los rodillos de enderezamiento 2 está soportado en este caso de manera en sí conocida por al menos dos rodillos de apoyo 3. La banda 1 está sometida a una tensión de tracción por debajo del límite de elasticidad. Están previstos para ello unos rodillos tensores no representados,  
45 por ejemplo un juego de rodillos de frenado en el lado de entrada y un juego de rodillos de tracción en el lado de salida.

Según la invención, los radios de flexión en los cuatro rodillos de enderezamiento son ajustables cada uno de ellos de manera individualizada y con independencia uno de otro. A este fin, los cuatro rodillos de enderezamiento 2 pueden ser aproximados, regulados en posición, con un dispositivo de regulación no representado y con servoaccionamientos no representados, por ejemplo, elementos de elevación por husillo, concretamente en una  
50 dirección V vertical con respecto a la dirección R de deslizamiento de la banda. Esto está insinuado en las figuras mediante las posiciones funcionales de los rodillos 2 representadas con línea de trazos y puntos. Los parámetros y especialmente los radios de los rodillos y la tensión de tracción de la banda están ajustados aquí uno a otro de modo que la banda no siga (todavía) al radio de los cuatro rodillos de enderezamiento. En consecuencia, mediante una regulación de la profundidad de aproximación y, por tanto, mediante una regulación de la posición y del ajuste  
55 inherente del ángulo de abrazamiento se puede variar el respectivo radio de flexión.

En el ejemplo de realización según la figura 1 no están dispuestos unos rodillos adicionales entre los cuatro rodillos

de enderezamiento 2. Únicamente delante y detrás de toda la disposición de rodillos de enderezamiento están previstos unos rodillos de desviación 4.

5 Por el contrario, la figura 2 muestra una forma de realización modificada en la que cada rodillo de enderezamiento 2 lleva antepuesto un rodillo de desviación 4a y pospuesto un rodillo de desviación 4b. Sin embargo, en esta forma de realización los cuatro rodillos de enderezamiento 2 pueden ser también variados de manera regulada en su posición perpendicular a la dirección R de deslizamiento de la banda.

10 Aun cuando se ha de preferir en principio la forma de realización según la figura 1, ya que ésta, aparte de los rodillos de la línea de pasada del lado de entrada y del lado de salida, que actúan elásticamente, no necesita otros rodillos (de acción puramente elástica), puede ser ventajosa opcionalmente la forma de realización según la figura 2. Son posibles también combinaciones de las dos realizaciones. Respecto de los rodillos de desviación que actúan de manera puramente elástica, es de hacer notar que éstos actúan de manera puramente elástica en bandas delgadas y/o de mayor resistencia, por ejemplo en el caso del aluminio en el rango de espesores de banda por debajo de un milímetro. Por encima de éste, estos rodillos tienen también una acción elástico-plástica, aun cuando ésta es pequeña, y pueden influir sobre el resultado de enderezamiento con respecto a las curvaturas residuales. Si un bastidor de enderezamiento por estiramiento y flexión debe cubrir un mayor intervalo de espesores de banda, se prescinde de manera especialmente preferida de los rodillos de desviación.

20 Para la puesta en funcionamiento de una instalación de esta clase se determinan ahora las posiciones nominales exactas de los cuatro rodillos de enderezamiento 2 con ayuda de un modelo matemático. Es posible a este respecto determinar primero los ángulos de abrazamiento nominales con un modelo de cálculo que tenga en cuenta al menos tensiones en las direcciones longitudinal y transversal, procese como parámetros de cálculo el espesor de la banda, el módulo de elasticidad, el índice de contracción transversal, el comportamiento cíclico de la resistencia de la banda, la tensión de tracción de la banda, los radios de los rodillos y la geometría del deslizamiento de la banda alrededor de los rodillos, y calcule los valores nominales del espesor de la banda y de la resistencia, por ejemplo del límite de estiramiento, de modo que las curvaturas longitudinales residuales y las curvaturas residuales transversales se hagan cero o casi cero. De esta manera, se pueden ajustar exactamente las posiciones de los rodillos de enderezamiento 2. Existe entonces la posibilidad de realizar "fuera de línea" una corrección de estas posiciones en función de resultados experimentales.

30 Es aquí de especial importancia el hecho de que el ajuste inicialmente prefijado de manera exacta garantice que el comportamiento de curvatura residual sea extremadamente insensible a fluctuaciones de los parámetros del proceso, como especialmente la tensión de tracción y los valores de resistencia y el espesor de la banda. Dado que en la práctica una banda de una bobina está sometida en general a ciertas fluctuaciones de resistencia y espesor y tampoco se puede mantener siempre exactamente constante la tensión de tracción, las curvaturas residuales obtenidas estaban sometidas también a considerables fluctuaciones con el procedimiento conocido hasta ahora. Esto se evita en el marco de la invención. El procedimiento según la invención muestra un comportamiento de curvatura residual especialmente bueno. A este respecto, se hace referencia a la consideración comparativa de las figuras 3 y 4.

40 La figura 3 muestra la curvatura longitudinal residual  $k-L$  (en  $1/m$ ) para una banda de aluminio en función del grado de estiramiento  $S$  (en %), que se ha enderezado con un dispositivo según la figura 1. Se trata de valores calculados que se generaron con un modelo matemático. En el ejemplo de realización se supuso un límite de fluencia de 250 MPa con fluctuaciones de  $\pm 10$  MPa y un espesor de banda de 0,28 mm con fluctuaciones de  $\pm 0,05$  mm. En la figura se han representado también los valores límite de la curvatura longitudinal residual de  $\pm 0,5 m^{-1}$  considerados como admisibles. Se puede apreciar que la curvatura longitudinal residual en la ventana de tolerancia prefijada está dentro de un intervalo de grado de estiramiento bastante grande de 0,31 a 0,59%. Además, es de hacer notar el hecho de que la curvatura longitudinal residual en una ventana de grado de estiramiento de  $\pm 0,05\%$  fluctúa únicamente en  $\pm 0,15 m^{-1}$ . Las curvaturas transversales residuales aquí no mostradas son siempre más pequeñas que las curvaturas longitudinales residuales. Además, las curvaturas longitudinales residuales están situadas dentro de una ventana de grado de estiramiento de 0,36 a 0,52% definida en el rango negativo con fluctuaciones muy pequeñas. Adaptando el ángulo de abrazamiento en el último rodillo se puede desplazar la evolución de la curvatura residual hacia arriba o hacia abajo en el diagrama. Así, se puede ajustar también una curvatura residual longitudinal positiva definida.

55 Por el contrario, la figura 4 muestra una simulación correspondiente con un bastidor de tres rodillos, en el que los distintos rodillos se pueden aproximar también con su posición regulada. Se puede apreciar que la curvatura longitudinal residual fluctúa dentro de un intervalo considerablemente mayor cuando se producen fluctuaciones del grado de estiramiento. El valor límite se mantiene únicamente dentro de un intervalo para el grado de estiramiento de 0,33 a 0,36%. Éste apenas puede garantizarse en la práctica, por ejemplo en fases de aceleración y deceleración.

Por lo demás, es de hacer notar en conjunto el hecho de que los resultados descritos se consiguen con un número relativamente pequeño de rodillos de enderezamiento, de modo que la instalación se caracteriza en conjunto por una

construcción sencilla y barata.

Si se trabaja en una variante con más de cuatro rodillos de enderezamiento, al menos los últimos cuatro rodillos de enderezamiento pueden ser entonces ajustados individualmente según la invención en sus ángulos de abrazamiento para que se logre un comportamiento de curvatura residual análogamente bueno. En el procedimiento según la invención se tiene que, con ángulos de abrazamiento favorablemente elegidos, la curvatura transversal residual es más pequeña en valor absoluto que la curvatura longitudinal residual. A la curvatura longitudinal residual de una plancha cortada después del enderezamiento le corresponde entonces aproximadamente un abombamiento transversal de la banda medido bajo tracción de la banda en la máquina de enderezamiento por estiramiento y flexión. Por tanto, se propone opcionalmente medir al menos en el lado de salida el abombamiento transversal, deducir del valor de medida la curvatura longitudinal residual y, en caso de divergencia respecto del valor deseado, variar el ajuste de los ángulos de abrazamiento y, por tanto, también de las posiciones hasta que se ajuste el abombamiento transversal correspondiente a la curvatura longitudinal residual deseada.

Un método sencillo consiste en variar el ángulo de abrazamiento en el último rodillo que actúa de manera elástico-plástica y desplazar así hacia arriba o hacia abajo la evolución de la curvatura residual mostrada en la figura 3. Es imaginable aquí también un circuito de regulación cerrado. Asimismo, puede ser razonable entonces medir el abombamiento transversal después de cada flexión elástico-plástica para optimizar el ajuste de todos los ángulos de abrazamiento y poder cotejarlo con el modelo de cálculo. A este fin, pueden estar previstos unos dispositivos de medida correspondientes que estén unidos con un equipo de control y regulación. Esto no se representa en las figuras. Con un modelo de elementos finitos se puede precalcular, por ejemplo, un abombamiento transversal teóricamente óptimo después de cada rodillo. Se pueden ajustar luego los rodillos de modo que coincidan lo mejor posible los valores medidos con los valores calculados. Se puede partir entonces de la consideración de que el proceso de enderezamiento real se desvía tan sólo en pequeña medida del teóricamente calculado y, por tanto, coincide igualmente bien el resultado de enderezamiento.

Como ya se ha explicado, la aproximación regulada en posición de los rodillos de enderezamiento (transversalmente a la dirección de deslizamiento de la banda) se efectúa preferiblemente por medio de elementos de elevación por husillo finamente ajustables. Este ajuste fino trabaja en general con una velocidad de ajuste de 2 a 3 mm/s. Para el paso por un sitio de unión de dos bobinas, por ejemplo una unión de troquelado o una costura de soldadura, es conveniente eventualmente abrir el bastidor de estiramiento y flexión, es decir, apartar los rodillos. Cuando los caminos que se deben recorrer entonces sean grandes, este proceso con los elementos de elevación por husillo finamente ajustables es relativamente largo. Por este motivo, en la forma de realización representada en la figura 2 se han previsto los rodillos de desviación antepuestos 4a y los rodillos de desviación pospuestos 4b. De esta manera, se acortan considerablemente los recorridos de aproximación.

Como alternativa o como complemento, existe la posibilidad de prever una aproximación rápida adicionalmente al ajuste fino (a través de, por ejemplo, elementos de elevación por husillo). Esta posibilidad es recomendable especialmente en la forma de realización según la figura 1, pero en principio puede estar prevista también en la forma de realización según la figura 2. Los rodillos de enderezamiento están provistos entonces adicionalmente de una aproximación rápida, por ejemplo servoaccionamientos de cilindro hidráulicos o neumáticos. En este caso, puede ser conveniente prever una aproximación rápida común para varios rodillos de enderezamiento. Así, por ejemplo, en la forma de realización según la figura 1 puede ser conveniente disponer el primer rodillo de enderezamiento y el tercer rodillo de enderezamiento en un bastidor superior común que puede aproximarse con uno o varios servoaccionamientos de cilindro. De manera correspondiente, el segundo rodillo de enderezamiento y el cuarto rodillo de enderezamiento pueden estar dispuestos en un bastidor inferior que puede regularse también con uno o varios servoaccionamientos de cilindro. La aproximación rápida puede efectuarse, por ejemplo, entre dos topes de fin de carrera para la apertura y el cierre del bastidor de enderezamiento por estiramiento y flexión. Estas posibilidades no están representadas en las figuras.



## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de enderezamiento continuo por estiramiento y flexión de bandas metálicas, en el que una banda (1) sometida a una tensión de tracción por debajo del límite de elasticidad es curvada alternativamente alrededor de al menos cuatro rodillos de enderezamiento (2) en el dominio plástico o elástico-plástico y experimenta entonces un estiramiento plástico,
- en el que se ajustan los radios de flexión en los cuatro rodillos de enderezamiento (2) de manera individualizada en cada caso y con independencia uno de otro, **caracterizado** por que se aproximan los cuatro rodillos de desviación (2), regulados en posición, para ajustar los radios de flexión,
- 10 ajustándose las posiciones de los rodillos de desviación (2) con una precisión de regulación que corresponde a una precisión de  $\pm 0,05^\circ$  o menos, referido a los ángulos de abrazamiento de la banda alrededor de los rodillos de enderezamiento,
- ascendiendo a al menos un 30% de la anchura de la banda y a al menos 300 mm la distancia entre dos respectivos rodillos de enderezamiento dispuestos directamente uno tras otro en los cuatro rodillos de enderezamiento, referido a la dirección de deslizamiento de la banda.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la banda se flexiona alrededor de más de cuatro rodillos de enderezamiento (2), **caracterizado** por que los radios de flexión al menos en los últimos cuatro rodillos de enderezamiento (referido a la dirección de deslizamiento de la banda) se ajustan en cada caso individualmente y con independencia uno de otro aproximando preferiblemente para ello al menos los cuatro últimos rodillos de enderezamiento (2) de forma individualizada y regulada en posición.
- 20 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por que se ajustan las posiciones de los rodillos de enderezamiento (2) con una precisión de regulación que corresponde a una precisión de  $\pm 0,02^\circ$  o menos, referido a los ángulos de abrazamiento de la banda alrededor de los rodillos de enderezamiento.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por que los ángulos de abrazamiento de la banda alrededor de uno o varios y preferiblemente la totalidad de los cuatro rodillos de enderezamiento (2) son de  $0,5^\circ$  a  $60^\circ$ , preferiblemente de  $1^\circ$  a  $35^\circ$ .
- 25 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por que el grado de estiramiento es de 0,1% a 1,5%, por ejemplo de 0,2% a 0,6%.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por que la tensión de tracción de la banda es de 10% a 90%, preferiblemente de 30% a 60% del límite de elasticidad de la banda o del material de la misma.
- 30 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por que la distancia entre dos rodillos de enderezamiento (2) dispuestos directamente uno tras otro, referido a la dirección de deslizamiento de la banda, asciende al menos a un 50% de la anchura de la banda.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por que la distancia entre dos rodillos de enderezamiento (2) dispuestos directamente uno tras otro asciende al menos a 500 mm.
- 35 9. Procedimiento según las reivindicaciones 7 y 8, **caracterizado** por que la distancia entre cada dos rodillos de enderezamiento (2) dispuestos directamente uno tras otro está prevista en la totalidad de los cuatro rodillos de enderezamiento.
10. Procedimiento de enderezamiento continuo por estiramiento y flexión de bandas metálicas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** por que se ajusta de forma variable la distancia entre al menos dos rodillos de enderezamiento (2) en la dirección de deslizamiento de la banda.
- 40 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por que se determinan los valores nominales para las posiciones de los rodillos de enderezamiento (2) y/o los valores nominales para los ángulos de abrazamiento de la banda alrededor de los rodillos con un modelo de cálculo que tiene en cuenta al menos tensiones en las direcciones longitudinal y transversal y que procesa como parámetros de cálculo el espesor de la banda, el módulo de elasticidad, el índice de contracción transversal, el comportamiento cíclico de la resistencia de la banda, la tensión de tracción de la banda, los radios de los rodillos y/o la geometría del deslizamiento de la banda alrededor de los rodillos y/o los valores nominales del espesor de la banda y/o de la resistencia, por ejemplo del límite de estiramiento.
- 45 12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado** por que se determinan los valores nominales con el modelo de cálculo bajo la reserva de que la curvatura longitudinal residual y la curvatura transversal residual se
- 50

hagan (aproximadamente) cero.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado** por que se determinan los valores nominales con el modelo de cálculo bajo la reserva de que la curvatura transversal residual se haga (aproximadamente) cero y la curvatura longitudinal residual adopte un valor definido.
- 5 14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** por que después de uno o varios rodillos de enderezamiento (2), por ejemplo después del último rodillo de enderezamiento, preferiblemente después de cada rodillo de enderezamiento, se mide el abombamiento transversal de la banda a lo largo de la anchura de la misma.
- 10 15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** por que se efectúa la regulación de la posición o del ángulo de abrazamiento teniendo en cuenta los valores de medida obtenidos para el abombamiento transversal.
- 15 16. Procedimiento según la reivindicación 15, **caracterizado** por que la regulación se basa en un modelo de cálculo que tiene en cuenta al menos tensiones en dirección longitudinal y en dirección transversal y que procesa como parámetros de cálculo el espesor de la banda, el módulo de elasticidad, el índice de contracción transversal, el comportamiento cíclico de la resistencia de la banda, la tensión de tracción de la banda, los radios de los rodillos y la geometría del deslizamiento de la banda alrededor de los rodillos (2), y por que se asocia a un abombamiento transversal determinado una curvatura longitudinal residual de la banda o una curvatura transversal residual de la misma.
- 20 17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado** por que el modelo de cálculo o los modelos de cálculo se basa/basan en el método de elementos finitos, calculándose según el método de elementos finitos, preferiblemente con ayuda de la falta de planicidad de la banda a esperar como máximo o medida antes del enderezamiento, el grado de estiramiento óptimo y/o las distancias horizontales óptimas de los rodillos de enderezamiento (2) actuantes de manera elástico-plástica que dan como resultado las faltas de planicidad residuales mínimas.
- 25 18. Dispositivo de enderezamiento continuo por estirado y flexión de bandas metálicas (1) según un procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, que comprende al menos cuatro rodillos de enderezamiento (2) alrededor de los cuales se flexiona alternativamente en el dominio plástico o elástico-plástico una banda (1) sometida a una tensión de tracción por debajo del límite de elasticidad, y
- 30 al menos un dispositivo de control y/o regulación, **caracterizado** por que se pueden ajustar los radios de flexión en los cuatro rodillos de enderezamiento (2) en cada caso de manera individualizada e independientemente uno de otro y por que para ello los cuatro rodillos de enderezamiento (2) están unidos con un dispositivo de regulación y se pueden aproximar de manera regulada en posición,
- 35 pudiendo ajustarse las posiciones de los rodillos de enderezamiento con una precisión de regulación que, referido a los ángulos de abrazamiento de la banda alrededor de los rodillos de enderezamiento, corresponde a 0,05° o menos, ascendiendo la distancia entre cada dos rodillos de enderezamiento dispuestos directamente uno tras otro en los cuatro rodillos de enderezamiento, referido a la dirección de deslizamiento de la banda, al menos a un 30% de la anchura de la banda y al menos a 300 mm.
- 40 19. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado** por que los diámetros de uno o varios y preferiblemente la totalidad de los cuatro rodillos de enderezamiento (2) son de 15 mm a 150 mm, por ejemplo de 25 mm a 80 mm.
- 40 20. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 18 y 19, **caracterizado** por que al menos los dos últimos rodillos de enderezamiento (2) de los cuatro rodillos de enderezamiento (2), preferiblemente los tres últimos rodillos de enderezamiento (2), están dispuestos directamente uno tras otro sin intercalación de otros rodillos.
- 45 21. Dispositivo según la reivindicación 20, **caracterizado** por que los cuatro rodillos de enderezamiento (2) están dispuestos directamente uno tras otro sin intercalación de otros rodillos.
- 45 22. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 21, **caracterizado** por que se puede ajustar de manera variable la distancia entre al menos dos rodillos de enderezamiento (2) en la dirección (R) de deslizamiento de la banda.
- 50 23. Dispositivo según la reivindicación 22, **caracterizado** por que se puede ajustar la posición de al menos un rodillo de enderezamiento (2) y preferiblemente de todos los rodillos de enderezamiento (2) a lo largo de la dirección (R) de deslizamiento de la banda.
- 50 24. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 23, **caracterizado** por que al menos un rodillo de enderezamiento (2) lleva antepuesto y/o pospuesto un rodillo de desviación contiguo (4, 4a, 4b), presentando

preferiblemente el rodillo de desviación o los rodillos de desviación (4, 4a, 4b) al menos tres veces el diámetro y de manera especialmente preferida al menos diez veces el diámetro del rodillo de enderezamiento.

25. Dispositivo según la reivindicación 24, **caracterizado** por que el rodillo de desviación antepuesto (4, 4a) y/o el rodillo de desviación pospuesto (4, 4b) presentan un contorno de rodillo cóncavo o convexo.

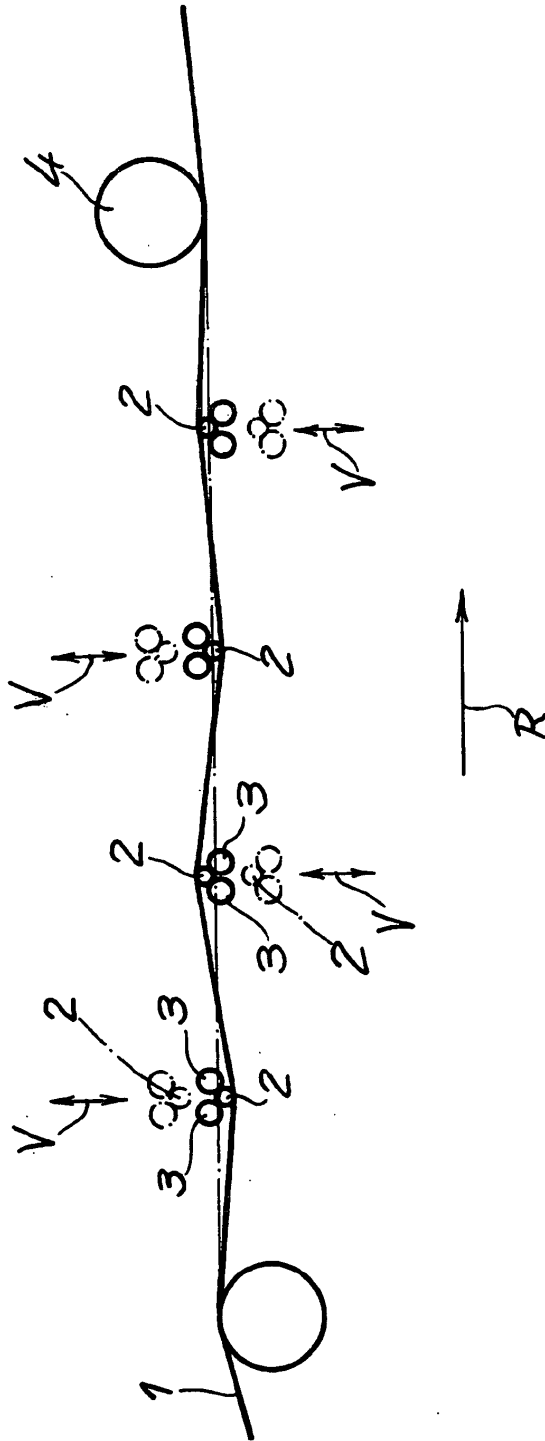
5 26. Dispositivo según la reivindicación 24 o 25, **caracterizado** por que el rodillo de desviación antepuesto (4, 4a) y/o el rodillo de desviación pospuesto (4, 4b) están equipados con una torsión de rodillo en dirección horizontal y/o en dirección vertical.

10 27. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 26, **caracterizado** por que el primer rodillo de enderezamiento (2) lleva antepuesto un rodillo tensor o un rodillo de desviación, preferiblemente un rodillo tensor o un rodillo de desviación de contorno variable, que está abrazado por la banda metálica, por ejemplo, en al menos 120°.

28. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 27, **caracterizado** por que los rodillos de enderezamiento (2) pueden ser aproximados por medio de servoaccionamientos, por ejemplo elementos de elevación por husillo.

15 29. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 28, **caracterizado** por que algunos rodillos de enderezamiento individuales (2) aproximables en posición o varios respectivos rodillos de enderezamiento (2) aproximables en posición están provistos conjuntamente, además, de un mecanismo de aproximación rápida.

Fig. 1



**Fig. 2**

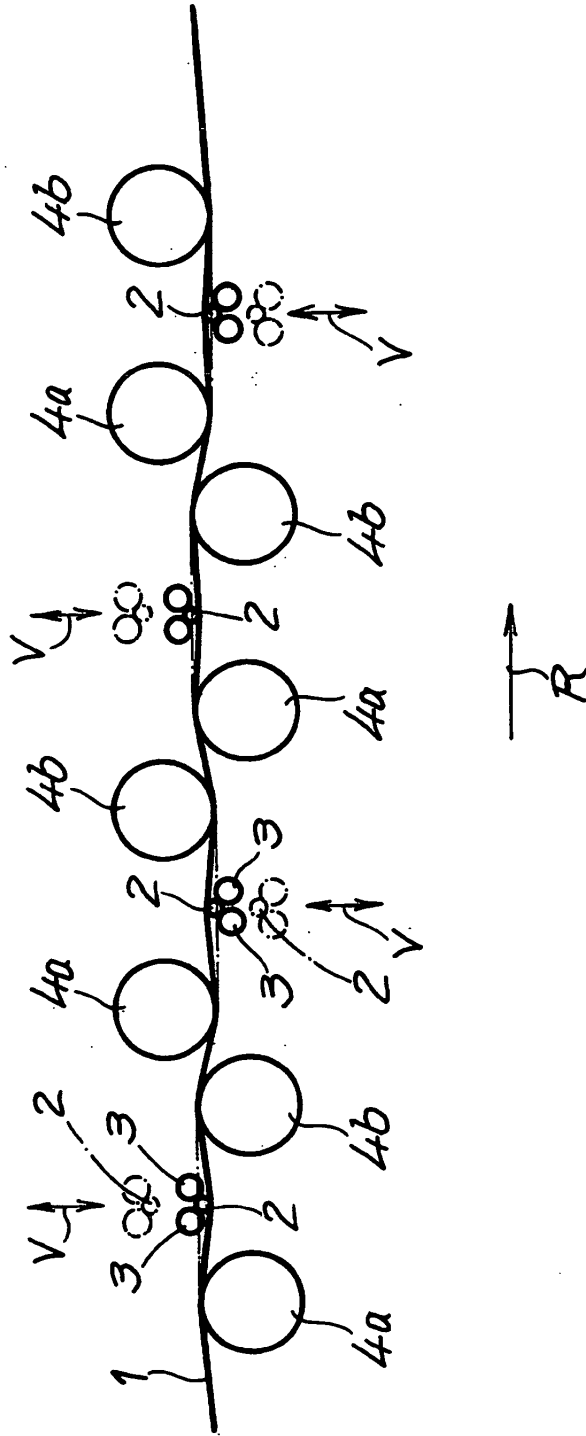


Fig. 3

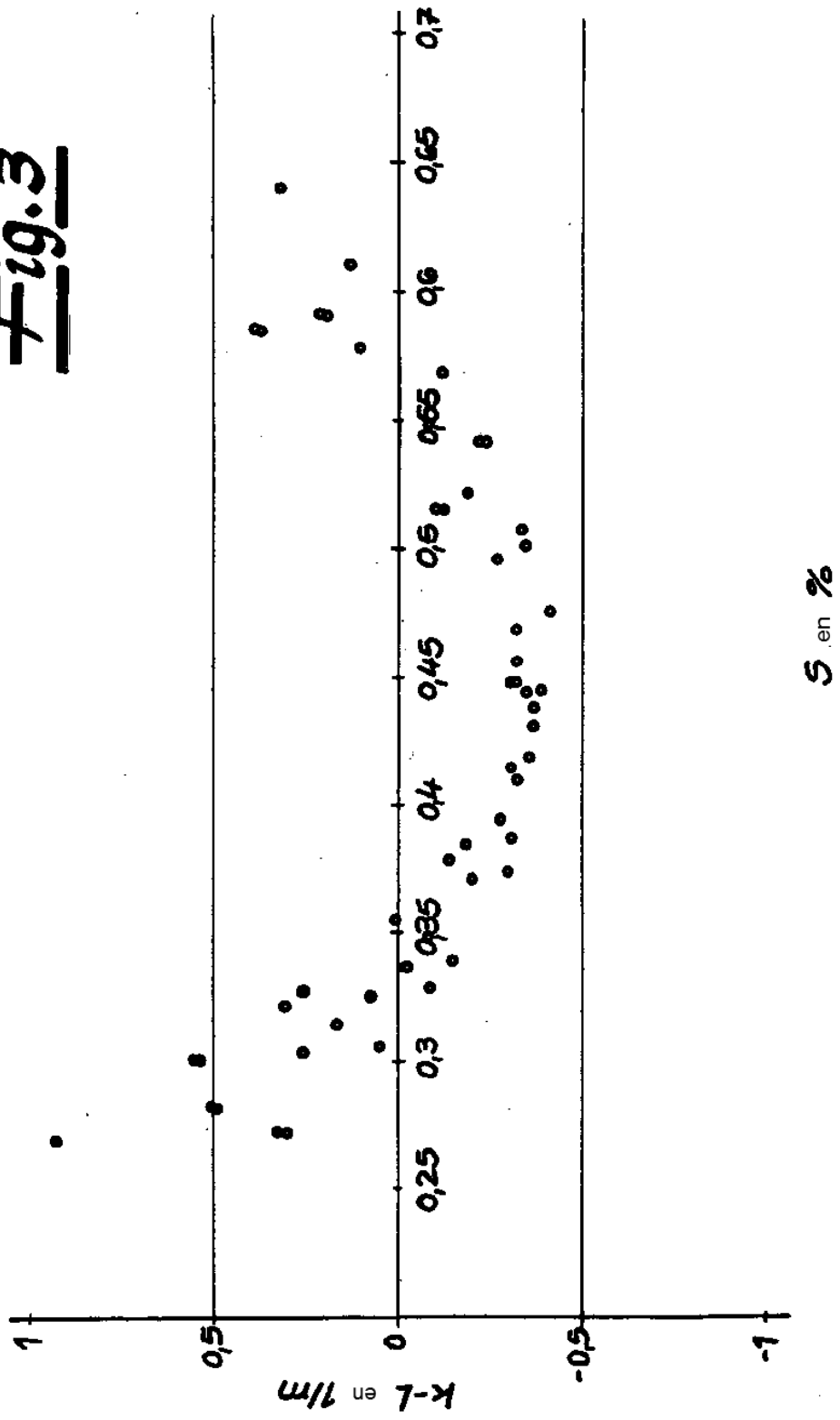
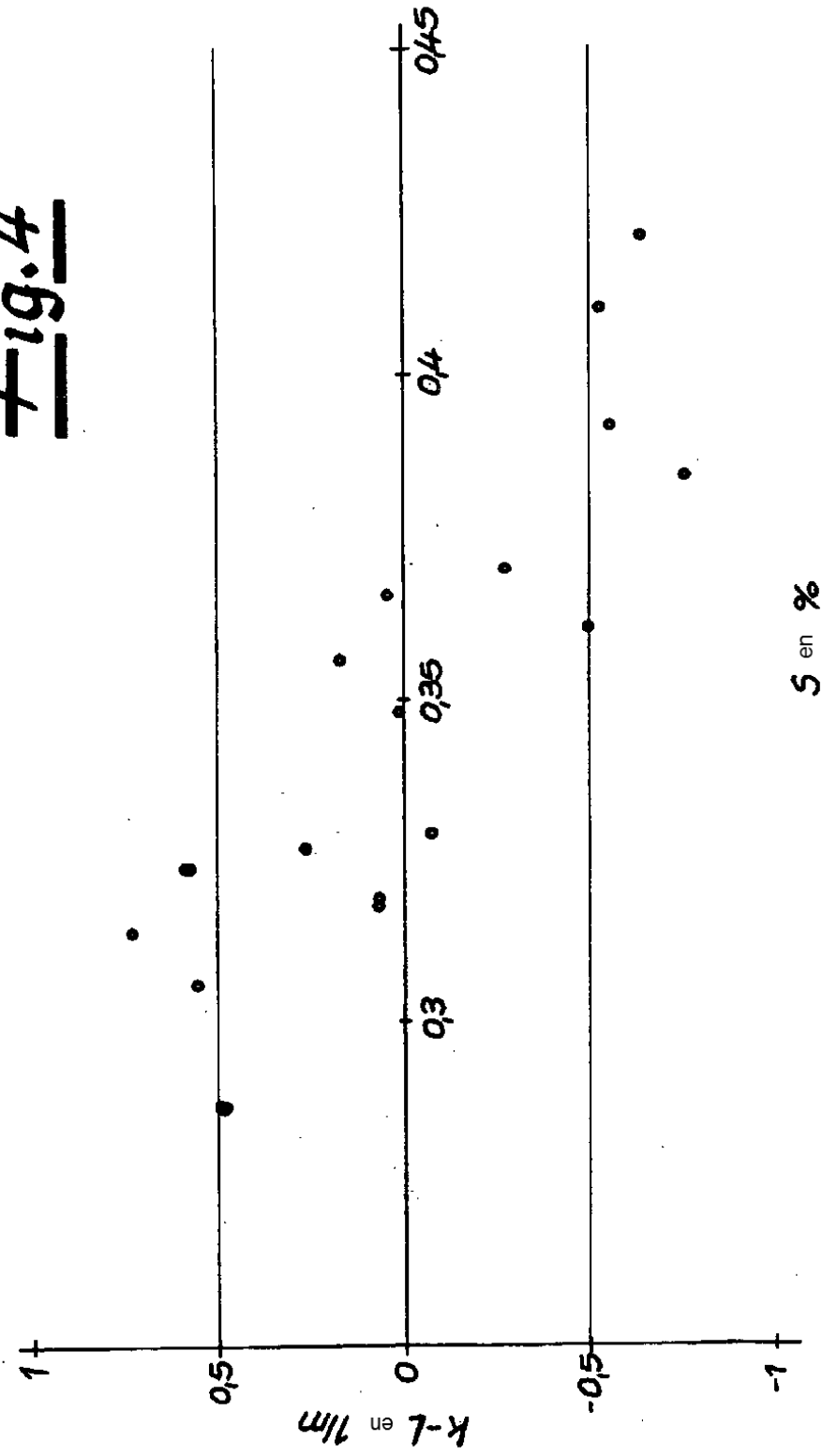


Fig. 4



S en %