



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0417704-5 B1

(22) Data do Depósito: 11/11/2004

(45) Data de Concessão: 24/04/2018



* B R P I 0 4 1 7 7 0 4 B 1 *

(54) Título: ESTRATÉGIAS DE DESLOCAMENTO OTIMIZADAS COMO FUNÇÃO DA LARGURA DE TIRA

(51) Int.Cl.: B21B 13/14; B21B 37/40

(30) Prioridade Unionista: 18/12/2003 DE 103 59 402.7

(73) Titular(es): SMS GROUP GMBH

(72) Inventor(es): ANDREAS RITTER; RÜDIGER HOLZ

ESTRATÉGIAS DE DESLOCAMENTO OTIMIZADAS COMO FUNÇÃO DA
LARGURA DE TIRA

A invenção refere-se a um processo para otimização de estratégias de deslocamento como função da largura de tira para aproveitamento o melhor possível das vantagens da tecnologia CVC/CVC^{plus} na operação do deslocamento orientado a aresta de tira em armações de 4/6 cilindros, abrangendo respectivamente um par de cilindros de trabalho e cilindros de apoio e, adicionalmente, um par de cilindros intermediários em armações de 6 cilindros, sendo que ao menos os cilindros de trabalho e os cilindros intermediários cooperam com dispositivos para o deslocamento axial, e sendo que cada cilindro de trabalho/intermediário apresenta uma superfície de cilindro prolongada do curso de deslocamento CVC com secção traseira unilateral na região da aresta de superfície.

No passado tem havido um aumento constante nos requisitos de qualidade a tira laminada a frio relativamente a tolerâncias de espessura, espessuras finais alcançáveis, perfil de tira, nivelamento de tira, superfícies, etc.. A pluralidade de produtos no mercado para chapas laminadas a frio conduz, além disso, a um espectro de produtos sempre mais variado no tocante às propriedades de material e às dimensões geométricas. Devido a essa evolução cresce cada vez mais o desejo de concepções de instalações mais flexíveis e modalidades operacionais em laminadores tandem a frio - com ótima adaptação ao produto final a ser laminado.

A obtenção de uma espessura final desejada bem como a realização de determinadas distribuições de tiragem

(configuração de plano de sangria), especialmente com materiais mais altamente resistentes, são normativamente influenciadas pelo diâmetro de cilindro de trabalho. Com diâmetro de cilindro de trabalho decrescente, reduz-se a

5 requerida força de laminador por um comportamento de aplainamento mais favorável. A redução de diâmetro tem limites tanto pela transmissão dos torques como também no que concerne à flexão dos cilindros. Não bastando as seções transversais de espiga para transmissão dos momentos de

10 acionamento, então os cilindros de trabalho podem ser acionados pelo cilindro vizinho mediante travamento devido à fricção. No caso de uma armação de 4 cilindros, todavia, são requeridos elementos de acionamento pesados (motor, engrenagem de pinhão de dentes angulares, fusos) para

15 realização de um acionamento de cilindro de apoio, o que encarece a instalação. É aqui conveniente executar armações individuais como armações de 6 cilindros (em geral as dianteiras) com acionamento de cilindro intermediário.

Para o nivelamento da tira, além da flexão vertical,

20 reveste um papel significativo também a flexão horizontal dos cilindros de trabalho e de cilindros intermediários. Pelo deslocamento horizontal dos cilindros de trabalho/intermediários do plano central da armação ocorre um apoio do conjunto de cilindros, que leva à redução

25 essencial da flexão horizontal.

Além disso, a armação de 6 cilindros na flexão de cilindros intermediários dispõe de um elemento de ajuste rápido, adicional. Em combinação com a flexão de cilindros de trabalho, a armação de 6 cilindros possui dois elementos

30 de ajuste independentes na ação sobre o espaço entre

cilindros. Na primeira armação, portanto, é garantida uma rápida adaptação do espaço entre os cilindros ao perfil de tira de entrada para evitar defeitos de nivelamento. Na última armação, ambos os elementos de ajuste podem ser efetivamente empregados na regulação do nivelamento.

Para as modalidades de armação clássicas 4-High e 6-High existem, além de concepções básicas com sistemas de flexão e superfícies de cilindro fixas como elementos de ajuste influenciando o espaço entre cilindros, essencialmente duas outras concepções de armação, que pelo deslocamento de cilindros de trabalho ou cilindros intermediários, com base em distintos princípios ativos, influenciam adicionalmente o espaço entre cilindros:

- tecnologia CVC/CVC^{plus}
- tecnologia do deslocamento orientado a aresta de tira.

Trata-se então de concepções de armação separadas, pois são necessárias distintas geometrias de cilindros.

Na tecnologia CVC clássica, como descrita na EP 0 049 798 B1, os comprimentos de superfície dos cilindros deslocáveis sempre são maiores do que dos cilindros não deslocados, fixos, pelo curso de deslocamento axial. Consegue-se assim que o cilindro deslocável não possa ser deslocado com sua aresta de superfície sob as superfícies dos cilindros fixos. São assim evitadas marcações/avarias de superfície. Os cilindros de trabalho são em geral apoiados nos cilindros intermediários ou de apoio por todo o seu comprimento. A força de laminação exercida pelos cilindros de apoio é assim transmitida a todo o comprimento dos cilindros de trabalho. Isso tem por consequência o fato

de que as extremidades dos cilindros de trabalho lateralmente salientes do material de laminação e, portanto não participantes da operação de laminação são flexionadas na direção do material de laminação pela força de laminação a elas aplicada. Dessa flexão prejudicial dos cilindros de trabalho resulta uma flexão dos segmentos centrais dos cilindros. Ela produz uma laminação demasiado pouca da região central da tira e uma forte laminação das arestas da tira. Esses efeitos se manifestam especialmente sob condições de laminação variáveis quando da operação bem como quando da laminação de tiras de distintas larguras.

Frente a isso, na tecnologia do deslocamento orientado à aresta da tira, como descrita na DE 22 06 912 C3, no conjunto total de cilindros são empregados cilindros com igual comprimento de superfície. Os cilindros deslocáveis são então unilateralmente correspondentemente configurados geometricamente na região de aresta da superfície e providos de uma secção traseira para redução de picos de carga que ocorram localmente. O princípio ativo se baseia no deslocamento posterior, orientado a aresta de tira, da aresta de superfície, quer à frente, sobre a ou mesmo até atrás da aresta da tira. Especialmente com armações de 6 cilindros, o deslocamento do cilindro intermediário sob o cilindro de apoio leva a uma influência específica da eficácia da flexão positiva dos cilindros de trabalho. Todavia, nesse processo, o deslocamento axial dos cilindros tem uma influência negativa sobre a distribuição de carga nas respectivas juntas de contato. Com largura de tira se reduzindo, aumenta acentuadamente o máximo pico de carga que ocorre da distribuição de força de contato.

Na carta-patente DE 36 24 241 C2 (processo para operação de um trem de laminação para produção de uma tira laminada) ambos os processos são combinados entre si. O objetivo é compensar a desvantajosa flexão dos cilindros de trabalho sob força de laminação por todo o espectro de largura da tira e, mediante encurtamento dos trajetos de deslocamento, aumentar a eficácia dos sistemas de flexão de cilindro, sem que a operação de laminação contínua precise ser interrompida. Esse objetivo é alcançado pelo deslocamento, orientado a aresta de tira, de cilindros intermediários ou de trabalho com uma secção traseira CVC aplicada. As arestas de superfície dos cilindros CVC são então posicionadas na região da aresta da tira. Como no caso da tecnologia do deslocamento orientado a aresta da tira, o conjunto de cilindros consiste em cilindros de igual comprimento de superfície.

Nas tecnologias discutidas, trata-se respectivamente de concepções de armação separadas, pois são necessárias distintas geometrias de cilindro. Há empenho em concretizar essas tecnologias/procedimentos mediante uma concepção de armação com conjunto de cilindros geometricamente igual. O procedimento em princípio para a concretização de uma estratégia de deslocamento orientada a aresta de fita exclusivamente dos cilindros intermediários e exclusivamente em uma armação de 6 cilindros com emprego de um conjunto de cilindro geometricamente igual foi minuciosamente descrito na DE 100 37 004 A1.

Constitui objetivo da invenção estender também a estratégia de deslocamento orientada a aresta de tira, conhecida da DE 100 37 004 A1, de modo que seja viável uma

concepção de armação com jogo de cilindros geometricamente igual.

O objetivo colocado é alcançado pelas características caracterizadoras da reivindicação 1 mediante previsão da posição de deslocamento dos cilindros de trabalho/intermediários deslocáveis em função da largura de tira, em que o cilindro de trabalho/intermediário é posicionado em diversas posições relativamente à aresta de tira, sendo que dentro de diversas faixas de largura de tira é prevista então a posição de deslocamento do respectivo cilindro por função inicial linear peça por peça.

Em função das propriedades de material, os parâmetros livres da função inicial são selecionados previsivelmente tão variáveis que as posições predeterminadas se ajustam relativamente à aresta de tira. O deslocamento orientado a aresta de tira dos cilindros de trabalho/intermediários é executado de tal maneira que estes podem ser deslocados um contra o outro relativamente à posição de deslocamento neutra ($S_{ZW} = 0$ ou $S_{AW} = 0$) no meio da armação simetricamente respectivamente pela mesma medida na direção de seu eixo.

Como base para a concepção de armação é empregada a configuração de cilindro da tecnologia CVC/CVC^{plus} para uma armação de 6 cilindros ou armação de 4 cilindros. O cilindro intermediário ou de trabalho deslocável possui uma superfície de cilindro mais longa pelo curso de deslocamento CVC, que se encontra simetricamente no meio da armação para a posição de deslocamento neutra $S_{ZW} = 0$ ou $S_{AW} = 0$.

O cilindro de trabalho/intermediário com superfície de cilindro mais longa e simétrica é empregado durante o deslocamento orientado a aresta de tira ou com uma secção CVC/CVCplus cilíndrica, abaulada ou superposta. Mediante execução apropriada de uma secção traseira unilateral em combinação com a secção de cilindro superposta e a otimização em função da largura de tira da posição de deslocamento pode ser especificamente influenciado o comportamento de deformação do conjunto de cilindros e a eficácia da flexão posição de cilindros de trabalho (armação de 6 cilindros). O espaço entre cilindros pode assim ser otimamente ajustado.

À superfície cilíndrica do cilindro de trabalho/intermediário pode adicionalmente ser superposto um contorno curvo (p.ex. secção CVC/CVCplus). No caso de uma secção CVC/CVCplus o contorno curvo é descrito pela equação:

$$R(x) = R_0 + a_1 * x + a_2 * x^2 \dots + a_n * x^n.$$

Pelo contorno curvo, superposto do cilindro de trabalho/intermediário pode ser reduzido o requerido curso de deslocamento, pois o início da secção traseira do cilindro de trabalho/intermediário é posicionado nitidamente antes da aresta de tira. De um lado, reduz-se a distribuição de carga em consequência do maior comprimento de contato. De outro lado, o máximo da distribuição de carga pela secção CVC/CVCplus se desloca cada vez mais para o centro da armação com largura de tira decrescente.

Quando do deslocamento axial do cilindro de trabalho/intermediário, o início da secção posterior é posicionado fora, sobre ou dentro da aresta de tira,

portanto já dentro da largura de tira. O posicionamento se dá em função da largura de tira e das propriedades de material, podendo assim o comportamento elástico do conjunto de cilindros bem como a eficácia da flexão de cilindro de trabalho positiva (armação de 6 cilindros) ser especificamente ajustado.

Mediante otimização da posição de deslocamento dos cilindros de trabalho/intermediários, regiões de superfície do cilindro dentro do conjunto de cilindros são excluídas do fluxo de força. Deformações de efeito negativo, disso resultantes, são reduzidas, pois há uma aproximação do princípio da "armação ideal". Todavia, aumentam as distribuições de carga incidentes nas respectivas juntas de contato devido aos comprimentos de contato reduzidos.

Do deslocamento em sentido contrário dos cilindros CVC/CVC^{plus} resulta, ademais, a possibilidade de uma influência específica do perfil de tira no sentido de um elemento de ajuste pré-estabelecido. Sendo o contorno curvado selecionado de tal maneira que em posição de deslocamento ao máximo negativa não produz ou produz uma "crown" mínima e, em posição de deslocamento ao máximo positiva, produz uma "crown" máxima, então a deformação de armação em função da largura de tira pode ser assim parcialmente compensada. A parte restante é compensada pelo efeito crescente da flexão positiva de cilindro de trabalho com largura de tira decrescente.

Outras vantagens, detalhes e características da invenção se depreendem das explicações a seguir de alguns exemplos de execução esquematicamente representados nas figuras do desenho. Para maior clareza, cilindros iguais

são providos de iguais números de referência.

Mostram:

Figura 1 - a secção traseira unilateral na região da aresta de superfície de um cilindro de trabalho/intermediário,

Figura 2 - concepção de armação para deslocamento orientado a aresta de tira seção CVC/CVC^{plus} superposta dos cilindros intermediários,

Figura 3 - concepção de armação para deslocamento orientado a aresta de tira seção CVC/CVC^{plus} superposta dos cilindros de trabalho,

Figuras 4a-4c - posicionamento da secção traseira dos cilindros intermediários,

Figuras 5a-5c - posicionamento da secção traseira dos cilindros de trabalho.

Figura 6 - predeterminação da posição de deslocamento em função da largura de tira.

Na figura 1 estão esquematicamente representados o aspecto e a disposição geométrica de uma secção traseira unilateral d na região da aresta de superfície de um cilindro de trabalho/intermediário 10, 11. Na DE 100 37 004 A1 está já minuciosamente descrita uma secção traseira unilateral, como é aqui empregada, e representada em uma figura de desenho.

O comprimento l da secção traseira unilateral d na região da aresta de superfície do cilindro de trabalho/intermediário 10, 11 se divide em duas regiões a e b posicionadas contíguas. Na primeira região interior a, começando no ponto d₀, a secção traseira y(x) segue a equação circular $(1 - x)^2 + y^2 = R^2$ com R para o raio do

cilindro. Com o traçado nas coordenadas x e y resulta, então, a região interior a da seção traseira y(x) de:

$$\text{região a: } = R^2 - (R-d)^2)^{1/2} \Rightarrow y(x) = R - (R^2 - (1-x)^2)^{1/2}$$

Sendo alcançada mínima redução de diâmetro 2d necessária, predeterminada em função das condições marginais exteriores (força de laminação e deformação de cilindro disso resultante), a seção traseira y(x) se estende então linearmente até à aresta de superfície, do que resulta para a região b

10 região b: = 1-a $\Rightarrow y(x) = d = \text{const.}$

A transição entre região a e b pode ser executada com ou sem transição continuamente diferenciável. Além disso, essa transição da seção traseira pode também ser realizada com uma retirada seqüencial da medida d resultante do
15 nivelamento segundo uma tabela previamente determinada. A seção traseira y(x) é então, por exemplo, na região de transição, mais plana do que um raio e no final muito mais inclinada. Por motivos de técnica de seccionamento, a transição para a parte cilíndrica deve ser realizada
20 através de um salto correspondentemente maior na transição entre a e b (cerca de 2d).

A redução de diâmetro 2d pela seção traseira y(x) é de tal maneira determinada que em uma armação de 6 cilindros o cilindro de trabalho 10 pode flexionar livremente pela
25 seção traseira y(x) do cilindro intermediário 11, sem que se deva recear contato na região b. Na armação de 4 cilindros, a seção traseira y(x) serve apenas para redução local dos picos de carga que ocorrem.

No caso normal, a seção traseira d unilateral no
30 cilindro de trabalho/intermediário superior 10, 11 se

encontra no lado de operação BS e no cilindro de trabalho/intermediário inferior 10, 11 no lado de acionamento AS, como representado nas figuras 2 e 3. Mas nada se altera no princípio ativo quando a secção traseira d, inversamente, é aplicada no cilindro de trabalho/intermediário superior 10, 11 no lado de acionamento AS e no cilindro de trabalho/intermediário inferior 10, 11 no lado de operação BS.

Na figura 2, está representado o conjunto de cilindros de uma armação de 6 cilindros, consistindo nos cilindros de trabalho 10, nos cilindros intermediários 11 com superfície prolongadas e nos cilindros de apoio 12. A tira de laminação 14 fica disposta simetricamente no meio da armação. O deslocamento representado do cilindro intermediário 11 pelo valor $S_{ZW} = "+"$ significa que ele foi deslocado na direção do lado de acionamento AS. (Deslocamento positivo significa que o cilindro de trabalho/intermediário 10, 11 superior é deslocado na direção do lado de acionamento AS e o cilindro de trabalho/intermediário 10, 11 inferior na direção do lado de operação BS).

Na figura 3 está representado um conjunto de cilindros de uma armação de 4 cilindros, consistindo nos cilindros de trabalho 10 com superfície prolongada e nos cilindros de apoio 12. Também aqui foi realizado um deslocamento positivo, a saber, dos cilindros de trabalho 10 pelo valor $S_{AW} = "+"$.

Nas figuras 4a a 4c e 5a a 5c está representado novamente em detalhe o deslocamento axial do cilindro de trabalho/intermediário 10, 11 por um curso de deslocamento

m. Nas posições representadas das figuras 4a e 5a, o início d_0 da secção traseira $y(x)$ foi posicionado fora da aresta de tira ($m = +$), nas figuras 4b e 5b na aresta de tira ($m = 0$) e nas figura 4c e 5c dentro da aresta de tira ($m = -$),
5 portanto já dentro da largura de tira.

Em diversas regiões de largura de tira, em função da largura de tira a posição de deslocamento é determinada por funções adicionais lineares por peças, que tomam por base distintas posições do início d_0 da secção traseira
10 relativamente à aresta de tira. O cilindro de trabalho/intermediário deslocável não é então posicionado, como convencionalmente usual, com uma medida fixa m , como representado nas figuras 4 e 5, antes da aresta de tira, mas sim em função da largura de tira em diversas posições P
15 (α, β, χ , ver Tabela 1) relativamente à largura de tira. Dentro de diversas faixas de largura de tira B (a, b, c, d, e , ver Tabela 1), é então determinada a posição de deslocamento VP (w, x, y, z , ver Tabela 1) do respectivo cilindro mediante função adicional linear por peça. Os
20 parâmetros livres da função adicional são então seleccionados de tal maneira que as posições P determinadas na Tabela 1 podem ser ajustadas relativamente à aresta de tira. Resulta assim igualmente a posição de deslocamento VP do cilindro. Em função das
25 propriedades de material, são variavelmente predetermináveis os parâmetros.

Na figura 6 está representado, em forma de um diagrama, um exemplo para a predeterminação da posição de deslocamento dependente da largura de tira do cilindro
30 intermediário em uma armação de 6 cilindros. Na ordenada

está registrada a posição de deslocamento VP predeterminada em mm e na abscissa a faixa de largura de tira B. Paralelamente à abscissa estão registradas na parte superior do diagrama a máxima posição de deslocamento VP_{max} e, na parte inferior, a mínima posição de deslocamento VP_{min} em forma tracejada.

Desse diagrama podem ser tiradas para diversas posições P as posições de deslocamento VP obtidas com auxílio da Tabela 1 como segue:

10 - Com um início de seção traseira d_0 no cilindro intermediário à distância $P = \alpha$ em mm fora da aresta de tira $B = a$ em mm resulta uma posição de deslocamento VP de w em mm.

15 - Com um início de seção traseira d_0 no cilindro intermediário à distância $P = \beta$ em mm fora da aresta de tira $b < B < d$ em mm resulta uma posição de deslocamento VP entre x a z em mm.

20 - Com um início de seção traseira d_0 no cilindro intermediário à distância $P = \chi$ em mm dentro da aresta de tira $B = e$ em mm resulta uma posição de deslocamento VP de z em mm.

Vantagem essencial da concepção de armação descrita reside em que com apenas um conjunto de cilindros geometricamente igual pode ser viabilizada a tecnologia CVC/CVC^{plus} bem como a tecnologia do deslocamento orientado a aresta de tira da maneira acima apresentada. Não mais são necessários distintos tipos de cilindros. Existem diferenças apenas ainda na seção de cilindro aplicada ou em um seção traseira conforme dados indicados acima. Há
30 adicionalmente a possibilidade de se combinar ambas as

tecnologias entre si e otimizar, com emprego de diversas estratégias de deslocamento, o comportamento de deformação da armação de cilindros bem como a distribuição de carga nas juntas de contato (tecnologia ESS = Enhanced Shifting Strategies).

LISTA DE REFERÊNCIAS

- 10 cilindro de trabalho
- 11 cilindro intermediário
- 12 cilindro de apoio
- 10 14 tira de laminação
 - a primeira seção interna alongada de d
 - b segunda seção externa alongada de d
 - d seção traseira (correspondendo a uma redução de diâmetro de $2d$)
- 15 d_0 início de d
 - l comprimento de d
 - m curso de deslocamento
 - s_{AW} deslocamento do cilindro de trabalho
 - s_{ZW} deslocamento do cilindro intermediário
- 20 x, y coordenadas cartesianas
 - AS lado de acionamento
 - B largura de tira
 - BS lado de operação
 - P posição de 10, 11 em relação a aresta de tira
- 25 R raio do cilindro
 - R_0 raio do cilindro inicial
 - VP posição de deslocamento

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para otimização de estratégias de deslocamento como função da largura de tira para aproveitamento o melhor possível das vantagens da tecnologia CVC/CVC^{plus} na operação do deslocamento orientado a aresta de tira em armações de 6 cilindros, compreendendo:

um par de cilindros de trabalho (10);

um par de cilindros de apoio (12) e,

adicionalmente, um par de cilindros intermediários

10 (11),

sendo que ao menos os cilindros de trabalho (10) e, em armações de 6 cilindros, os cilindros intermediários (11) cooperam com dispositivos para o deslocamento axial, e

sendo que cada um desses cilindros intermediários (11)

15 apresenta uma superfície de cilindro prolongada do curso de deslocamento CVC com uma secção traseira $y(x)$ unilateral na região da aresta de superfície, e

sendo que o cilindro intermediário (11) é posicionado em diversas posições (P) relativamente à aresta de tira

20 (14) por predeterminação da posição de deslocamento (VP) dos cilindros intermediários (11) como função da largura de tira, e dentro de diversas faixas de largura de tira (B) a posição de deslocamento (VP) do respectivo cilindro é predeterminada por uma função linear peça por peça,

25 **caracterizado** pelo fato de que

- o método também se aplica a um método para otimização de estratégias de deslocamento como uma função da largura de tira para aproveitamento o melhor possível das vantagens da tecnologia CVC/CVC^{plus} na operação do deslocamento orientado a aresta de tira em armações de 4

30

cilindros;

- cada cilindro de trabalho (10) apresenta uma superfície prolongada pelo curso de deslocamento CVC com seção traseira unilateral $y(x)$ na região da aresta de superfície e, assim como o cilindro intermediário (11), o cilindro de trabalho (10) é posicionado em diversas posições (P) relativamente à aresta de tira (14) por predeterminação da posição de deslocamento (VP) dos cilindros de trabalho (10) deslocáveis como função da largura de tira, e dentro de diversas faixas de largura de tira (B) a posição de deslocamento (VP) do respectivo cilindro é predeterminada por uma função linear peça por peça.

2. Processo, de acordo com reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que, em função das propriedades de material, os parâmetros livres da função inicial são selecionados previsivelmente tão variáveis que as posições (P) predeterminadas se ajustam relativamente à aresta de tira (14).

3. Processo, de acordo com reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que o deslocamento orientado a aresta de tira dos cilindros de trabalho/intermediários (10, 11) é executado relativamente à posição de deslocamento neutra ($S_{ZW} = 0$ ou $S_{AW} = 0$) no meio da armação simetricamente respectivamente pela mesma medida na direção de seu eixo um contra o outro.

4. Laminador, abrangendo armações de 4/6 cilindros em tipo de construção CVC com respectivamente um par de cilindros de trabalho (10) e cilindros de apoio (12) em armações de 4 cilindros e adicionalmente respectivamente um

par de cilindros intermediários (11) em armações de 6 cilindros, sendo que ao menos os cilindros de trabalho (10) e os cilindros intermediários (11) cooperam com dispositivos para deslocamento axial, para realização do
 5 processo das reivindicações 1 a 3, **caracterizado** pelo fato de que as armações de cilindro apresentam um conjunto de cilindros geometricamente igual, sendo que os cilindros de trabalho/intermediários (10, 11) deslocáveis das armações de cilindros apresentam cada qual uma superfície simétrica
 10 e mais longa pelo deslocamento CVC axial, que é superposta com um contorno de cilindro curvado com seção CVC/CVC^{plus} e provida de uma seção traseira (d) unilateral.

5. Laminador, de acordo com reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o contorno de cilindro
 15 curvado (seção CVC/CVC^{plus}) é descrito pela equação

$$R(x) = R_0 + a_1 * x + a_2 * x^2 \dots + a_n * x^n$$

onde R_0 é o raio das regiões iniciais.

6. Laminador, de acordo com reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que o comprimento (l) da seção
 20 traseira unilateral $y(x)$ dos cilindros de trabalho/intermediários (10, 11) está separado em duas regiões (a) e (b) mutuamente contíguas, sendo que a primeira região (a), começando com o raio (R_0) segue a equação circular $(l - x)^2 + y^2 = R^2$ e a região (b) se
 25 estende linearmente, do que resulta para essas regiões a seguinte seção traseira $y(x)$ ou a seguinte redução de diâmetro $2 * y(x)$ devido à medida resultante do aplainamento dos cilindros:

$$\text{região a: } = R^2 - (R-d)^2)^{1/2} \Rightarrow y(x) = d = R - (R^2 - (l-x)^2)^{1/2}$$

$$30 \text{ região b: } = l-a \Rightarrow y(x) = d = \text{const.}$$

7. Laminador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 ou 5, **caracterizado** pelo fato de que a transição da seção traseira $y(x)$ entre as regiões (a) e (b) é executada com um recuo seqüencial da medida (d) resultante do aplainamento do cilindro segundo uma tabela determinada.

8. Laminador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4, 5, 6 ou 7, **caracterizado** pelo fato de que as armações de cilindro apresentam um conjunto de cilindro geometricamente igual.

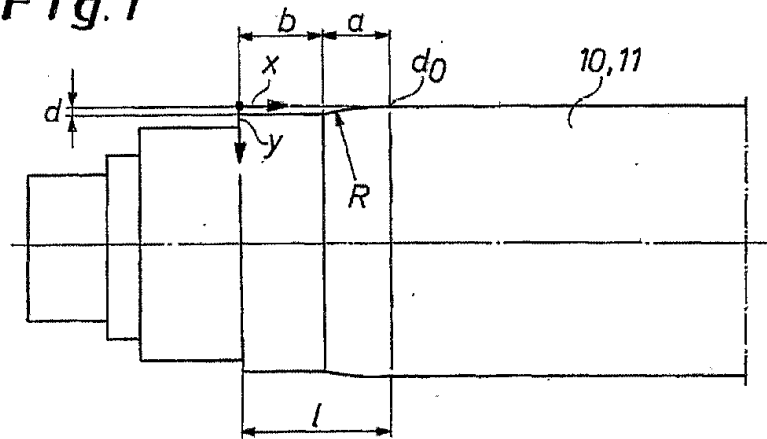
Fig.1

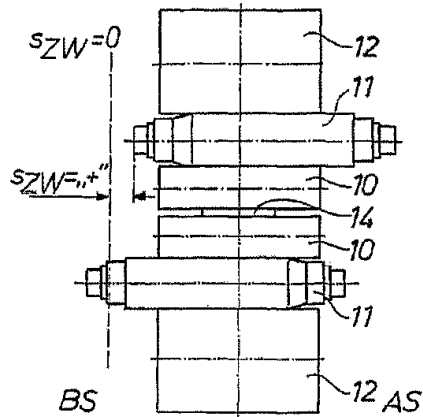
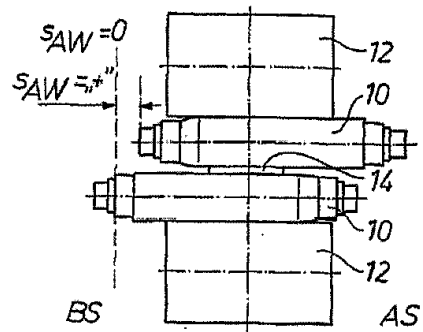
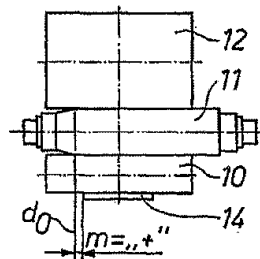
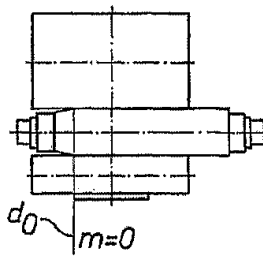
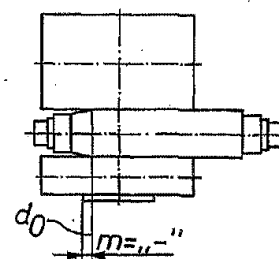
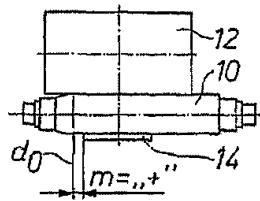
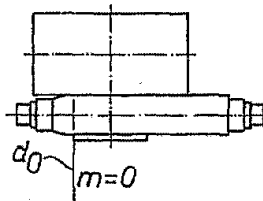
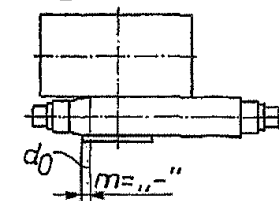
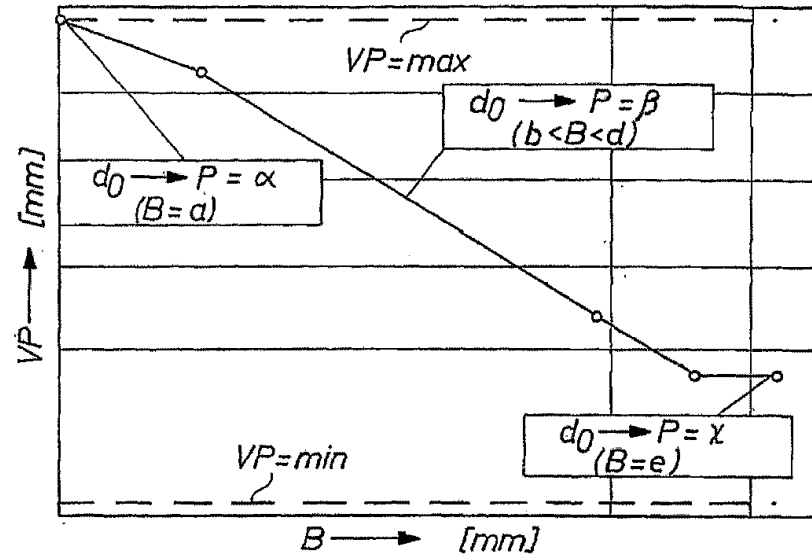
Fig. 2**Fig. 3****Fig. 4a****Fig. 4b****Fig. 4c****Fig. 5a****Fig. 5b****Fig. 5c**

Fig. 6

TAB. 1

B [mm]	VP [mm]	P [mm]
a	w	α
b	x	β
c	y	β
d	z	β
e	z	χ