



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0906649-7 A2



(22) Data do Depósito: 16/01/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 06/08/2009

(54) **Título:** MÉTODO DE REGULAGEM PARA UM TREM DE LAMINAÇÃO A FRIO COM REGULAGEM COMPLETA DE ESCOAMENTO DE MASSA

(51) **Int. Cl.:** B21B 37/16.

(30) **Prioridade Unionista:** 31/01/2008 DE 102008007057.2.

(71) **Depositante(es):** SIEMENS AKIENGESSELLSCHAFT.

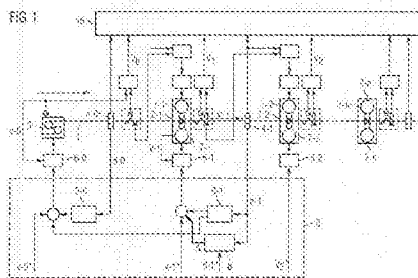
(72) **Inventor(es):** HANS-JOACHIM FELKL.

(86) **Pedido PCT:** PCT EP2009050508 de 16/01/2009

(87) **Publicação PCT:** WO 2009/095323 de 06/08/2009

(85) **Data da Fase Nacional:** 30/07/2010

(57) **Resumo:** "MÉTODO DE REGULAGEM PARA UM TREM DE LAMINAÇÃO A FRIO COM REGULAGEM COMPLETA DE ESCOAMENTO DE MASSA". A presente invenção refere-se a um trem de laminação a frio que compreende uma pluralidade de cadeiras de laminação (2) através das quais uma tira fria (1) passa em sucessão, e um dispositivo de alimentação de tira (3) localizado antes da primeira cadeira de laminação atravessada (2-1). Uma velocidade de ponto de ajustamento zero ($v-0^*$) é enviada para o dispositivo de alimentação de tira (3) de modo que o dispositivo de alimentação de tira (3) alimenta a tira fria (1) para a primeira cadeira de laminação atravessada (2-1) em uma velocidade real zero ($v-0$) que corresponde à velocidade de ponto de ajustamento zero ($v-0^*$). Uma primeira velocidade de ajustamento ($v-1^*$) é enviada para a primeira cadeira de laminação atravessada (2-1) de modo que rolos (7-1) da primeira cadeira de laminação atravessada (2-1) giram em uma primeira velocidade real ($v-1$) que corresponde à primeira velocidade de ponto de ajustamento ($v-1^*$). Entre a primeira cadeira de laminação atravessada (2-1) e a cadeira de laminação seguinte atravessada (2-2) existe um primeiro dispositivo de detecção de espessura (4-1), por meio do qual uma primeira espessura real de um da tira fria (1) é detectada. Um sinal base de saída (.LI)(...).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO DE
REGULAGEM PARA UM TREM DE LAMINAÇÃO A FRIO COM REGULA-
GEM COMPLETA DE ESCOAMENTO DE MASSA".

A presente invenção refere-se a um método de regulagem para
5 um trem de laminador, de laminação a frio, que tem uma pluralidade de ca-
deiras de laminação através das quais uma tira fria passa em sucessão, e
um dispositivo de alimentação de tira disposto a montante da cadeira de la-
minação atravessada primeiro,

em que uma velocidade zero desejada é fornecida para o dispo-
10 sitivo de alimentação de tira, de modo que o dispositivo de alimentação de
tira alimenta a tira fria para a cadeira de laminação atravessada primeiro em
uma velocidade real zero, que corresponde à velocidade zero desejada,

em que uma primeira velocidade desejada é fornecida para a
cadeira de laminação atravessada primeiro de modo que rolos da cadeira de
15 laminação atravessada primeiro giram em uma primeira velocidade real que
corresponde à primeira velocidade desejada,

em que um primeiro dispositivo de detecção de espessura dis-
posto entre a cadeira de laminação atravessada primeiro e a cadeira de la-
minação atravessada em seguida é utilizado para detectar uma primeira es-
20 pessura real da tira fria,

em que um sinal de saída básico é determinado com base na
primeira espessura real da tira fria e uma primeira espessura desejada da
tira fria.

A presente invenção também refere-se a um programa de com-
25 putador que tem um código de máquina que pode ser executado diretamente
por dispositivo de controle para um trem laminador, de laminação de diver-
sas cadeiras e cuja execução pelo dispositivo de controle tem um efeito que
o dispositivo de controle regula o trem laminador de laminação a frio de a-
cordo com tal método de regulagem. A presente invenção refere-se a um
30 meio de armazenagem de dados que tem tal programa de computador ar-
mazenado no meio de armazenagem de dados.

A presente invenção também refere-se a um dispositivo de con-

trole para um trem laminador de laminação a frio que tem uma pluralidade de cadeiras de laminação através dos quais uma tira fria passa em sucessão e um dispositivo de alimentação de tira disposto a montante da cadeira de laminação atravessada primeiro,

5 em que o dispositivo de controle fornece uma velocidade zero desejada para o dispositivo de alimentação de tira, de modo que o dispositivo de alimentação de tira alimenta tira fria para a cadeira de laminação atravessada primeiro em uma velocidade real zero, que corresponde à velocidade de zero desejada,

10 em que o dispositivo de controle fornece uma primeira velocidade desejada a cadeira de laminação atravessada primeiro, de modo que os rolos da cadeira de laminação atravessada primeiro giram em uma primeira velocidade real que corresponde à primeira velocidade desejada,

 em que o dispositivo de controle recebe uma primeira espessura
15 real da tira fria a partir de um primeiro dispositivo de detecção de espessura disposto entre a cadeira de laminação atravessada primeiro e a cadeira de laminação atravessada em seguida,

 em que o dispositivo de controle tem um regulador de espessura que determina um sinal de saída básico com base na primeira espessura
20 real da tira fria e uma primeira espessura desejada da tira fria.

 Finalmente, a presente invenção refere-se a um trem laminador de laminação a frio,

 em que o trem laminador de laminação a frio tem uma pluralidade de cadeiras de laminação através dos quais uma tira fria passa em sucessão,
25

 em que o trem laminador de laminação a frio tem um dispositivo de alimentação de tira disposto a montante da cadeira de laminação atravessada primeiro,

 em que o trem laminador de laminação a frio tem um primeiro
30 dispositivo de detecção de espessura que é disposto entre a cadeira de laminação atravessada primeiro e a cadeira de laminação atravessada em seguida e é utilizado para detectar uma primeira espessura real da tira fria,

em que o trem laminador de laminação a frio tem um dispositivo de controle do tipo descrito acima, de modo que o trem laminador de laminação a frio é operado de acordo com método de regulação do tipo descrito acima.

5 Estes assuntos são geralmente conhecidos.

A DE 39 25 104 A1 descreve um aparelho para regulação de espessuras de tira em laminadores de laminação a frio de bastidor único no qual o aparelho tem um desbobinador para a parte da tira que corre para o interior da cadeira de laminação no laminador de laminação a frio, e um bobinador para a parte da tira que corre para fora da cadeira de laminação. Um
10 dispositivo para regular a velocidade na qual o desbobinador gira é fornecido no sentido que a velocidade da parte da tira que corre para dentro é regulada em relação à velocidade da parte da tira que corre para fora, de acordo com a redução de passo desejada. A DE 39 25 104 A1 também descreve
15 que o princípio de escoamento de massa correspondente é realizado por estas medidas, e que a utilização deste princípio para regulação de trens de laminador de laminação a frio de diversas cadeiras é conhecida em princípio.

No caso de trens de laminador de laminação a frio de diversas cadeiras, as espessuras de tira e as tensões de tira são normalmente ajustadas com base no conceito de regulação de escoamento de massa, preferivelmente na variante estendida, de acordo com a qual o dispositivo de alimentação de tira disposto no lado de entrada é olhado como uma cadeira de laminação zero. As espessuras de tira desejadas são ajustadas virtualmente de maneira automática em virtude da diretriz relativa às velocidades de tira
20 nas seções individuais do trem de laminação de diversas cadeiras (isto é, entre duas cadeiras de laminação respectivas diretamente adjacentes). Contudo, uma vez que as velocidades reais da tira fria nas seções individuais podem ser ajustadas somente de maneira indireta por meio das velocidades circunferenciais dos rolos nas cadeiras de laminação, a condução das velocidades reais da tira fria nas seções individuais em relação às velocidades de rolo é um fator de incerteza. As demandas crescentemente restritivas feitas na estabilidade dimensional dos produtos laminados, portanto requer
30

novos métodos para ser capaz de eliminar estas incertezas em relação à condução.

Para solucionar os problemas mencionados acima é conhecido compensar defeitos de espessura que resultam das conduções desconhecidas nas cadeiras intermediárias por meio de uma malha de controle de espessura na saída do trem laminador de laminação a frio. De maneira particular, no modo mais comum de operação no qual a última cadeira de laminação no trem laminador de laminação a frio opera em modo de passe superficial, (isto é, somente com uma redução muito pequena na espessura de, por exemplo, 1% a 2%), a regulagem de monitoramento lento na saída do trem laminador de laminação a frio é apenas capaz de corrigir estes defeitos de espessura de maneira inadequada.

É conhecido modelar o condutor nos pontos de trabalho essenciais de cada bastidor de laminação. As velocidades circunferenciais dos rolos são com isto submetidas a controle-piloto, de tal maneira que as velocidades reais da tira fria nas seções individuais são tão próximas quanto possível dos valores desejados correspondentes. Além disso, se - como é possível em particular no caso de laminadores de laminação a frio que têm um rolo de tensão na entrada - o escoamento de material que corre para dentro pode ser fixado em um escoamento de massa desejado, as incertezas em relação ao condutor raramente têm um efeito sobre a qualidade da espessura-alvo quando empregando os conceitos de regulagem de tensão conhecidos.

O objetivo da presente invenção é fornecer possibilidades por meio das quais as espessuras reais que saem fora de no mínimo uma das cadeiras de laminação possam ser ajustadas de maneira correta. Neste caso a possibilidade deveria ser combinada com ajustamento correto do escoamento de massa do lado de entrada.

Com relação a um método de regulagem do tipo descrito na introdução, o objetivo é alcançado em virtude do fato

que a primeira velocidade desejada, porém não a velocidade zero desejada, é ajustada com base no sinal de saída básico de modo que a

primeira espessura real da tira fria é correspondida com a primeira espessura desejada da tira fria,

que um dispositivo de detecção de espessura zero disposto entre o dispositivo de alimentação de tira e a cadeira de laminação atravessada primeiro é utilizada para detectar uma espessura real zero da tira fria, e

que um regulador de velocidade zero para frente é utilizado para ajustar a velocidade zero desejada, de tal maneira que o produto da velocidade zero desejada e a espessura real zero seja ajustado para um escoamento de massa desejado.

De maneira correspondente, o programa de computador é projetado de tal maneira que ele realiza estas medidas. Da mesma maneira, o meio de armazenagem de dados tem um programa de computador correspondente.

Além disto, o objetivo com relação ao dispositivo de controle descrito acima é alcançado por meio das medidas correspondentes. O trem laminador de laminação a frio de acordo com a invenção tem um dispositivo de controle deste tipo, de modo que o dispositivo de controle durante operação opera o trem laminador de laminação a frio de acordo com método de regulação deste tipo.

Em um refinamento preferido do método de regulação é estabelecido

que o dispositivo de controle tenha um regulador de escoamento de massa que recebe uma espessura real zero da tira fria a partir de um dispositivo de detecção de espessura zero disposto entre o dispositivo de alimentação de tira e a cadeira de laminação atravessada primeiro,

que o regulador de escoamento de massa, além disto, receba a velocidade real zero e uma velocidade real da tira fria entre a cadeira de laminação atravessada primeiro e a cadeira de laminação atravessada em seguida, e

que o regulador de escoamento de massa utilize as variáveis que ele recebeu para determinar um sinal de saída adicional, com base no qual a primeira velocidade desejada, porém não a velocidade zero desejada,

é ajustada de modo que a primeira espessura real da tira fria é correspondida com a primeira espessura desejada da tira fria.

Esta medida torna possível conseguir dinâmica de regulação melhorada.

5 Em um refinamento preferido desta última modalidade o regulador de escoamento de massa também recebe o sinal de saída básico.

Em um outro refinamento preferido o regulador de velocidade para frente zero dá saída a seu sinal de saída em forma de rampa quando o regulador de alimentação para frente zero é conectado. Esta última medida
10 resulta em uma conexão mais suave e mais estável do regulador de velocidade para frente zero.

Em outro refinamento preferido da presente invenção é estabelecido que o dispositivo de controle tenha um primeiro regulador de velocidade para frente que recebe a primeira espessura real a partir do primeiro
15 dispositivo de detecção de espessura. Neste caso, o primeiro regulador de velocidade para frente ajusta a primeira velocidade desejada e a velocidade zero desejada da mesma maneira.

Em um refinamento particularmente preferido desta última modalidade o primeiro regulador de velocidade para frente dá saída a seu sinal de
20 saída em forma de rampa quando o primeiro regulador de alimentação para frente é conectado. Esta última medida resulta em uma conexão mais suave e mais estável do primeiro regulador de velocidade para frente.

Os refinamentos acima descritos do método de regulação podem também ser realizados no caso do programa de computador e do dispositivo de controle.
25

O dispositivo de controle pode ser realizado na forma de circuitos. Contudo, o dispositivo de controle é geralmente projetado como um dispositivo de controle programável que, durante operação, executa um programa de computador do tipo descrito acima.

30 O dispositivo de alimentação de tira pode ser projetado como requerido. À guisa de exemplo, ele pode ser projetado como um rolo de tensão ou como um desbobinador.

Outras vantagens e detalhes emergem da descrição de modalidades tomadas como exemplo que seguem, em conjunto com os desenhos, nos quais, em forma de delineamento:

5 a figura 1 mostra, de maneira esquemática, um trem laminador de laminação a frio que inclui um dispositivo de controle para o trem laminador de laminação a frio,

as figuras 2 e 3 mostram, de maneira esquemática, o arranjo da figura 1 com um dispositivo de controle modificado, e

10 a figura 4 mostra um possível refinamento do dispositivo de controle mostrado nas figuras 1 a 3.

Como mostrado na figura 1, um trem laminador de laminação a frio para laminar uma tira fria 1 tem uma pluralidade de cadeiras de laminação 2. A tira fria 1 passa através das cadeiras de laminação 2 em sucessão.

Se requerido, no texto que segue um numeral ou a letra n é colocada em cada caso depois das cadeiras de laminação 2 com um hífen. Neste contexto o numeral "1" representa a cadeira de laminação 2 atravessada primeiro, o numeral "2" representa a cadeira de laminação 2 atravessada em seguida e a letra "n" representa a cadeira de laminação n atravessada por último. Onde necessário, o mesmo procedimento é também adotado em conjunto com outros elementos e variáveis indicados por símbolos de referência.

O trem laminador de laminação a frio também tem um dispositivo de alimentação de tira 3. O dispositivo de alimentação de tira 3 é disposto a montante da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro. Como mostrado na figura 1, o dispositivo de alimentação de tira 3 é projetado como um rolo de tensão. No texto que segue o dispositivo de alimentação de tira 3 é algumas vezes referido como o "bastidor de laminação zero". De maneira correspondente, elementos e variáveis relacionadas ao dispositivo de alimentação de tira 3 são dotados da adição de zero, se requerido.

30 O trem laminador de laminação a frio também tem um primeiro dispositivo de detecção de espessura 4-1. O primeiro dispositivo de detecção de espessura 4-1 é disposto a jusante da cadeira de laminação 2-1 atra-

vessada primeiro, isto é, é disposto entre a cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro e a cadeira de laminação 2-2 atravessada em seguida. O primeiro dispositivo de detecção de espessura 4-1 é utilizado para detectar uma primeira espessura real de uma tira fria 1, isto é, a espessura real d-1 com a qual a tira fria 1 corre para fora da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro.

Finalmente, o trem laminador de laminação a frio tem um dispositivo de controle 5. O dispositivo de controle 5 executa um método de regulação explicado em detalhe abaixo. Por conta do modo de operação do dispositivo de controle 5, o trem laminador de laminação a frio é consequentemente operado de acordo com um método de regulação deste tipo.

De acordo com a figura 1, o dispositivo de controle 5 fornece uma velocidade zero desejada $v-0^*$ para o dispositivo de alimentação de tira 3. O dispositivo de alimentação de tira 3 recebe a velocidade zero desejada $v-0^*$ e é sintonizado de tal maneira a alimentar a tira fria 1 para a cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro em uma velocidade real zero $v-0$. Aqui a velocidade real zero $v-0$ corresponde à velocidade zero desejada $v-0^*$. Para ajustar a velocidade real zero $v-0$ o dispositivo de alimentação de tira 3 pode ter, por exemplo, um regulador de velocidade zero 6-0 que, de maneira correspondente, regula a velocidade real zero $v-0$ do dispositivo de alimentação de tira 3.

Como já mencionado, o dispositivo de alimentação de tira 3 é olhado de maneira lógica como a cadeira de laminação zero. Contudo, ele não lamina a tira fria 1. Um condutor ou similar, portanto, não surge com relação ao dispositivo de alimentação de tira 3. A velocidade circunferencial do dispositivo de alimentação de tira 3, portanto, corresponde diretamente à velocidade real zero $v-0$. Meramente deve ser assegurado que a tira fria 1 não escorrega através dele.

De maneira análoga o dispositivo de controle 5 fornece uma primeira velocidade desejada $v-1^*$ para a cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro. A cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro recebe a primeira velocidade desejada $v-1^*$ e é sintonizado de tal maneira que rolos 7-1

da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro giram em uma primeira velocidade real $v-1$ que corresponde à primeira velocidade desejada $v-1^*$.

A cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro lamina a tira fria 1. Portanto, a tira fria 1 emerge da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro com um condutor. Uma velocidade real $v'-1$ da tira fria 1 a jusante da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro é, portanto, maior do que a primeira velocidade real $v-1$. Mais detalhes relativos a isto são fornecidos abaixo.

Como já mencionado, o primeiro dispositivo de detecção de espessura 4-1 é utilizado para detectar a primeira espessura real $d-1$. O primeiro dispositivo de detecção de espessura 4-1 fornece a primeira espessura real $d-1$ que ele detectou para o dispositivo de controle 5. O dispositivo de controle 5 recebe a primeira espessura real $d-1$.

O dispositivo de controle 5 tem internamente um regulador de espessura 8. À guisa de exemplo, o regulador da espessura 8 pode ser projetado como um P, PI, PID ou outro regulador. A primeira espessura real $d-1$ e uma primeira espessura desejada $d-1^*$ são fornecidas para o regulador de espessura 8. O regulador de espessura 8 determina um sinal de saída básico Δ com base na primeira espessura real $d-1$ da tira fria 1 e uma primeira espessura desejada $d-1^*$ da tira fria 1. O dispositivo de controle 5 ajusta a primeira velocidade desejada $v-1^*$ com base no sinal de saída básico Δ de modo que a primeira espessura real $d-1$ da tira fria 1 é correspondida com a primeira espessura desejada $d-1^*$ da tira fria 1. Contudo, o sinal de saída básico Δ é utilizado meramente para ajustar a primeira velocidade desejada $v-1^*$. Em contraste, a velocidade zero desejada $v-0^*$ não é ajustada, no mínimo não em base do sinal de saída básico Δ .

Como resultado do refinamento e modo de operação, de acordo com a invenção, do dispositivo de controle 5, a tira fria 1 corre para o interior da cadeira de laminação 2-2 atravessada em seguida com uma primeira espessura real correta $d-1$. Uma correção apreciável de um defeito de espessura no última cadeira de laminação 2-n não é, portanto, necessária.

De acordo com a figura 1 o trem laminador de laminação a frio

também tem um dispositivo de detecção de espessura zero 4-0. O dispositivo de detecção de espessura zero 4-0 é disposto entre o dispositivo de alimentação de tira 3 e a cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro. Ele detecta uma espessura atual zero d-0 da tira fria 1, isto é, a espessura real d-0 com a qual a tira fria 1 corre para o interior da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro.

O dispositivo de detecção de espessura zero 4-0 supre a espessura real zero d-0 para um regulador de alimentação para frente zero 9-0. Neste caso o regulador de alimentação para frente zero 9-0 é uma parte constituinte do dispositivo de controle 5. O regulador de alimentação para frente zero 9-0 recebe a espessura real zero d-0. Ele ajusta a velocidade zero desejada $v-0^*$ de tal maneira que o produto de velocidade zero desejada $v-0^*$ e espessura real zero d-0 é ajustado para um escoamento de massa desejado. Aqui o regulador de alimentação para frente zero 9-0 preferivelmente leva em consideração a distância entre o dispositivo de detecção de espessura zero 4-0 e a cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro, a dinâmica do dispositivo de alimentação de tira 3 e o perfil de tempo da velocidade real zero $v-0$. De acordo com monitoramento de deslocamento, estas medidas podem ter o efeito que a velocidade zero desejada correspondente $v-0^*$ é impingida no dispositivo de alimentação de tira 3 no tempo correto (isto é, quando o ponto correspondente respectivo da tira fria 1 alcança a cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro).

O princípio explicado acima já trabalha muito bem, porém pode ser ainda melhorado por meio dos refinamentos explicados abaixo. Neste contexto os refinamentos preferidos explicados abaixo, em conjunto com as figuras 1, 2 e 3, podem ser realizados como requerido, como uma alternativa ou em adição.

De acordo com a figura 1, o dispositivo de controle 5 pode também ter um primeiro regulador de alimentação para frente 9-1. O primeiro regulador de alimentação para frente 9-1 recebe a primeira espessura real d-1 a partir do primeiro dispositivo de detecção de espessura 4-1. O primeiro regulador de alimentação para frente 9-1 ajusta a primeira velocidade dese-

jada $v-1^*$ e a velocidade zero desejada $v-0^*$ da mesma maneira.

Este refinamento não contradiz a regulação por meio do regulador de espessura 8. Isto porque a regulação por meio do primeiro regulador de alimentação para frente 9-1 tem dinâmica diferente (mais elevada) para a
5 regulação por meio do regulador de espessura 8.

De acordo com a figura 2, possivelmente de maneira alternativa, porém geralmente de maneira adicional, o dispositivo de controle 5 pode ter um regulador de escoamento de massa 10 para o refinamento descrito acima do princípio básico de acordo com a invenção. O regulador de escoamento de massa 10 recebe:
10

a espessura real zero $d-0$,

a velocidade real zero $v-0$, e

a velocidade real $v'-1$ da tira fria 1 a jusante da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro.

15 Em adição, o regulador de escoamento de massa 10 pode receber possivelmente o sinal de saída básico Δ a partir do regulador de espessura 8.

A espessura real zero $d-0$ é fornecida para o regulador de escoamento de massa 10 por meio do dispositivo de detecção de espessura zero
20 4-0. A velocidade real zero $v-0$ pode ser detectada de maneira relativamente fácil, uma vez que o dispositivo de alimentação de tira 3 não deforma a tira fria 1. Meramente deve ser assegurado que nenhum deslizamento da tira fria 1 ocorre em relação ao dispositivo de alimentação de tira 3.

A velocidade $v'-1$ da tira fria 1 entre a cadeira de laminação 2-1
25 atravessada primeiro e o laminador ou bastidor de laminação 2-2 atravessada em seguida pode ser determinada com base em uma modelagem do comportamento da tira fria 1 na cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro em conjunto com a primeira velocidade real $v-1$ dos rolos 7-1. Contudo, outros procedimentos também são possíveis. Em particular é possível
30 medir a velocidade $v'-1$ da tira fria 1 a jusante da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro, por exemplo, por meio de métodos óticos conhecidos por si mesmos, ou utilizando a velocidade de rotação de um rolo de medição

colocado na tira fria 1.

O regulador de escoamento de massa 10 utiliza as variáveis fornecidas para ele (isto é, as duas velocidades v_0 e v_{-1} , a espessura real zero d_0 e possivelmente o sinal de saída básico Δ para determinar um sinal de saída adicional δ . De maneira análoga ao sinal de saída básico Δ , a primeira velocidade desejada v_{-1}^* é ajustada com base no sinal de saída adicional δ de modo que a primeira espessura real d_1 da tira fria 1 é correspondida com a primeira espessura desejada d_1^* da tira fria 1. Em contraste, e de maneira análoga ao sinal de saída básico Δ , a velocidade zero desejada v_0^* não é ajustada com base no sinal de saída adicional δ .

O refinamento mostrado na figura 2 é vantajoso, uma vez que embora a correção por meio do sinal de saída adicional δ em contraste com a correção por meio do sinal de saída básico Δ é relativamente imprecisa, dinâmica consideravelmente mais elevada é possível para ela.

A figura 3 mostra de maneira substancial um refinamento similar àquele na figura 1. A diferença em relação ao refinamento na figura 1 é que geradores de rampa 11 e multiplicadores 12 estão adicionalmente presentes. Quando um sinal de partida respectivo S é fornecido para os geradores de rampa 11 os geradores de rampa 11 aumentam seus sinais de saída gradualmente a partir de zero até um. Os multiplicadores 12 recebem o sinal de saída de seu respectivo gerador de rampa 11 e o sinal de saída do zero ou do primeiro regulador de alimentação para frente 9-0, 9-1 e dão saída ao produto de seus dois sinais de entrada como seu sinal de saída. Os multiplicadores 12 em combinação com os geradores de rampa 11, têm assim o efeito que o sinal de saída do zero ou do primeiro regulador de alimentação para frente 9-0, 9-1 é saído em forma de rampa.

O respectivo sinal de partida S é fornecido para os geradores de rampa 11 em um ponto adequado no tempo. Aqui, o ponto no tempo é escolhido de modo a cair dentro de um período de tempo no qual uma cabeça da tira fria 1 ainda não correu para o interior da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro ou, aliás, já emergiu da cadeira de laminação 2-1 atravessada primeiro, porém ainda não correu para o interior da cadeira de lamina-

ção 2-2 atravessada em seguida. Portanto, a formação de rampa tem lugar durante a laminação da tira fria 1.

O dispositivo de controle 5 mostrado nas figuras 1 a 3 pode ser realizado na forma de circuitos. Contudo, em diversos casos que correspondem à figura 4, o dispositivo de controle 5 é projetado como um dispositivo de controle programável (software) que durante a operação executa um programa de computador 13. Independentemente de se o dispositivo de controle 5 é realizado na forma de circuitos ou é programável (software), durante operação o dispositivo de controle 5 pode, contudo, alternativamente realizar um método de regulação de acordo com o princípio básico da presente invenção explicado acima, ou um método de regulação de acordo com um dos refinamentos preferidos do método de regulação de acordo com a invenção, os quais estão, da mesma maneira, explicados acima.

Se o dispositivo de controle 5 é programável por software, o programa de computador correspondente 13 tem um código de máquina 14. O código de máquina 14 pode ser executado diretamente pelo dispositivo de controle 5. A execução do código de máquina 14 pelo dispositivo de controle 5 tem o efeito que o dispositivo de controle 5 regula o trem laminador de laminação a frio de acordo com um dos métodos de regulação explicados em mais detalhe acima.

O programa de computador 13 pode já ser armazenado no dispositivo de controle 5 durante a produção do dispositivo de controle 5. Alternativamente é possível fornecer o programa de computador 13 para o dispositivo de controle 5 através de um link de computador-computador (por exemplo, um LAN ou a Internet). Por sua vez, é possível de maneira alternativa armazenar o programa de computador 13 em um meio de armazenagem de dados 15 e fornecer o programa de computador 13 para o dispositivo de controle 5 através do meio de armazenagem de dados 15. Apenas à guisa de exemplo, o meio de armazenagem de dados 15 está mostrado como um CD-ROM na figura 4. Contudo, ele poderia alternativamente ter um projeto diferente, por exemplo, um bastão de memória USB ou um cartão de memória.

A figura 4 também mostra dois refinamentos alternativos do dispositivo de alimentação de tira 3, especificamente, primeiramente como uma +brida de tensão (como nas figuras 1 a 3) e, em segundo lugar, como um desbobinador (somente na figura 4). Este último refinamento do dispositivo de alimentação de tira 3 pode claramente também ser realizado no caso de trens laminadores de laminação a frio mostrados nas figuras 1 a 3.

A presente invenção tem diversas vantagens. Em particular, a primeira espessura real $d-1$ da tira fria 1 é ajustada de maneira correta. Em conjunto com o regulador de alimentação para frente zero 9-0 outro efeito é que o escoamento de massa através do trem laminador de laminação a frio é também ajustado de maneira correta. Não obstante, o projeto do dispositivo de controle 5 em termos de regulagem tem uma simplicidade fascinante. Em particular, apenas algumas regulagens interacopladas são requeridas. Além disto, durante operação do trem laminador de laminação a frio de acordo com a invenção, estabilidade dimensional consideravelmente melhorada da espessura real $d-n$ é obtida a jusante da cadeira de laminação 2-n atravessada por último no trem laminador de laminação a frio, para ser preciso, ao mesmo tempo sob condições operacionais estáticas e sob condições operacionais dinâmicas (por exemplo, aceleração ou desaceleração da tira fria 1 ou passagem de costura de solda). Além disto, o sinal de saída adicional δ do regulador de escoamento de massa 10 é uma indicação direta para a qualidade de modelagem do condutor e pode assim ser utilizado de maneira destacada para a adaptação possível de um modelo de processo 16.

A descrição acima serve exclusivamente para explicar a presente invenção. O escopo de proteção da presente invenção, em contraste, deveria ser definido exclusivamente pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de regulação para um trem laminador de laminação a frio, que tem uma pluralidade de cadeiras de laminação (2) através das quais uma tira fria (1) passa em sucessão, e um dispositivo de alimentação de tira (3) disposto a montante da cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro, em que uma velocidade zero desejada ($v-0^*$) é fornecida para o dispositivo de alimentação de tira (3) de modo que o dispositivo de alimentação de tira (3) alimenta a tira fria (1) para a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro em uma velocidade real zero ($v-0$) que corresponde à velocidade zero desejada ($v-0^*$),

no qual uma primeira velocidade desejada ($v-1^*$) é fornecida para a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro, de modo que rolos (7-1) da cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro giram em uma primeira velocidade real ($v-1$) que corresponde à primeira velocidade desejada ($v-1^*$),

em que um primeiro dispositivo de detecção de espessura (4-1) disposto entre a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro e a cadeira de laminação (2-2) atravessada em seguida é utilizado para detectar uma primeira espessura real ($d-1$) da tira fria (1),

em que um sinal de saída básico (Δ) é determinado com base na primeira espessura real ($d-1$) da tira fria (1) e uma primeira espessura desejada ($d-1^*$) da tira fria (1),

em que a primeira velocidade desejada ($v-1^*$), porém não a velocidade zero desejada ($v-0^*$) é ajustada com base no sinal de saída básico (Δ) de modo que a primeira espessura real ($d-1$) da tira fria (1) é correspondida com a primeira espessura desejada ($d-1^*$) da tira fria (1),

em que um dispositivo de detecção de espessura zero (4-0) disposto entre o dispositivo de alimentação de tira (3) e a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro é utilizado para detectar uma espessura real zero ($d-0$) da tira fria (1),

em que um regulador de alimentação para frente zero (9-0) é utilizado para ajustar a velocidade zero desejada ($v-0^*$) de tal maneira que o

produto da velocidade zero desejada ($v-0^*$) e espessura real zero ($d-0$) é ajustado para um escoamento de massa desejado.

2. Método de regulação de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que

5 o dispositivo de controle (5) tem um regulador de escoamento de massa (10) que recebe uma espessura real zero ($d-0$) da tira fria (1) a partir de um dispositivo de detecção de espessura zero (4-0) disposto entre o dispositivo de alimentação de tira (3) e a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro,

10 pelo fato de que o regulador de escoamento de massa (10), além disto, recebe a velocidade real zero ($v-0$) e uma velocidade real ($v'-1$) da tira fria (1) entre a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro e a cadeira de laminação (2-2) atravessada em seguida, e

15 pelo fato de que o regulador de escoamento de massa (10) utiliza as variáveis ($v-0$), ($v'-1$), ($d-0$) que ele recebeu para determinar um sinal de saída adicional (δ) com base no qual a primeira velocidade desejada ($v-1^*$), porém não a velocidade zero desejada ($v-0^*$) é ajustada de modo que a primeira espessura real ($d-1$) da tira fria (1) é correspondida com a primeira espessura desejada ($d-1^*$) da tira fria (1).

20 3. Método de regulação de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o regulador de escoamento de massa (10) também recebe o sinal de saída básico (Δ).

25 4. Método de regulação de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o regulador de alimentação para frente zero (9-0) dá saída a seu sinal de saída em forma de rampa quando o regulador de alimentação para frente zero (9-0) é conectado.

30 5. Método de regulação de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que um primeiro regulador de alimentação para frente (9-1), que recebe a primeira espessura real ($d-1$) da tira fria (1) a partir do primeiro dispositivo de detecção de espessura (4-1), é utilizado para ajustar a primeira velocidade desejada ($v-1^*$) e a velocidade zero desejada ($v-0^*$) da mesma maneira.

6. Método de regulação de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o primeiro regulador de alimentação para frente (9-1) dá saída a seu sinal de saída em forma de rampa quando o primeiro regulador de alimentação para frente (9-1) está conectado.

5 7. Programa de computador que tem um código de máquina (14) que pode ser executado diretamente por um dispositivo de controle (5) para um trem laminador de laminação a frio de diversas cadeiras, e a execução do qual pelo dispositivo de controle (5) tem um efeito que o dispositivo de controle (5) regula o trem laminador de laminação a frio como definido no
10 método de regulação como definido em uma das reivindicações precedentes.

8. Meio de armazenagem de dados que tem um programa de computador (13) como definido na reivindicação 7, armazenado no meio de armazenagem de dados.

15 9. Dispositivo de controle para um trem laminador de laminação a frio, que tem uma pluralidade de cadeiras de laminação (2) através das quais uma tira fria (1) passa em sucessão e um dispositivo de alimentação de tira (3) disposto a montante da cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro,

20 em que o dispositivo de controle fornece uma velocidade zero desejada ($v-0^*$) para o dispositivo de alimentação de tira (3) de modo que o dispositivo de alimentação de tira (3) alimenta a tira fria (1) para a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro em uma velocidade real zero ($v-0$) que corresponde à velocidade desejada zero ($v-0^*$),

25 em que o dispositivo de controle aplica uma primeira velocidade desejada ($v-1^*$) aa cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro, de modo que rolos (7-1) da cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro giram em uma primeira velocidade real ($v-1$) que corresponde à primeira velocidade desejada ($v-1^*$),

30 em que o dispositivo de controle recebe uma primeira espessura real ($d-1$) da tira fria (1) a partir de um primeiro dispositivo de detecção de espessura (4-1) disposto entre a cadeira de laminação (2-1) atravessada

primeiro e a cadeira de laminação (2-2) atravessada em seguida,

em que o dispositivo de controle tem um regulador de espessura (8) que determina um sinal de saída básico (Δ) com base na primeira espessura real (d-1) da tira fria (1) e uma primeira espessura desejada (d-1*) da tira fria (1),

em que o dispositivo de controle ajusta a primeira velocidade desejada (v-1*), porém não a velocidade zero desejada (v-0*) com base no sinal de saída básico (Δ) de modo que a primeira espessura real (d-1) da tira fria (1) é correspondida com a primeira espessura desejada (d-1*) da tira fria (1),

em que o dispositivo de controle (5) tem um regulador de alimentação para frente zero (9-0) que recebe uma espessura real zero (d-0) da tira fria (1) a partir de um dispositivo de detecção de espessura zero (4-0) disposto entre o dispositivo de alimentação de tira (3) e a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro,

em que o regulador de alimentação para frente zero (9-0) ajusta a velocidade zero desejada (v-0*) de tal maneira que o produto da velocidade zero desejada (v-0*) e espessura real zero (d-0) é ajustado para um escoamento de massa desejado.

10. Dispositivo de controle de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é projetado de tal maneira que realiza um método de regulação como definido em uma das reivindicações 2 a 6.

11. Dispositivo de controle de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é projetado como um dispositivo de controle programável que durante operação executa um programa de computador (13) como definido na reivindicação 7.

12. Trem laminador de laminação a frio,

em que o trem laminador de laminação a frio tem uma pluralidade de cadeiras de laminação (2) através dos quais uma tira fria (1) atravessa em sucessão,

em que o trem laminador de laminação a frio tem um dispositivo

de alimentação de tira (3) disposto a montante da cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro,

em que o trem laminador de laminação a frio tem um primeiro dispositivo de detecção de espessura (4-1) que é disposto entre a cadeira de laminação (2-1) atravessada primeiro e a cadeira de laminação (2-2) atravessada em seguida, e é utilizado para detectar uma primeira espessura real (d-1) da tira fria (1).

em que o trem laminador de laminação a frio tem um dispositivo de controle (5) como definido na reivindicação 9, 10 ou 11, de modo que o trem laminador de laminação a frio é operado de acordo com um método de regulação como definido em uma das reivindicações 1 a 6.

13. Trem laminador de laminação a frio de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de alimentação de tira (3) é projetado como uma +brida de tensão ou como um desbobinador.

FIG 1

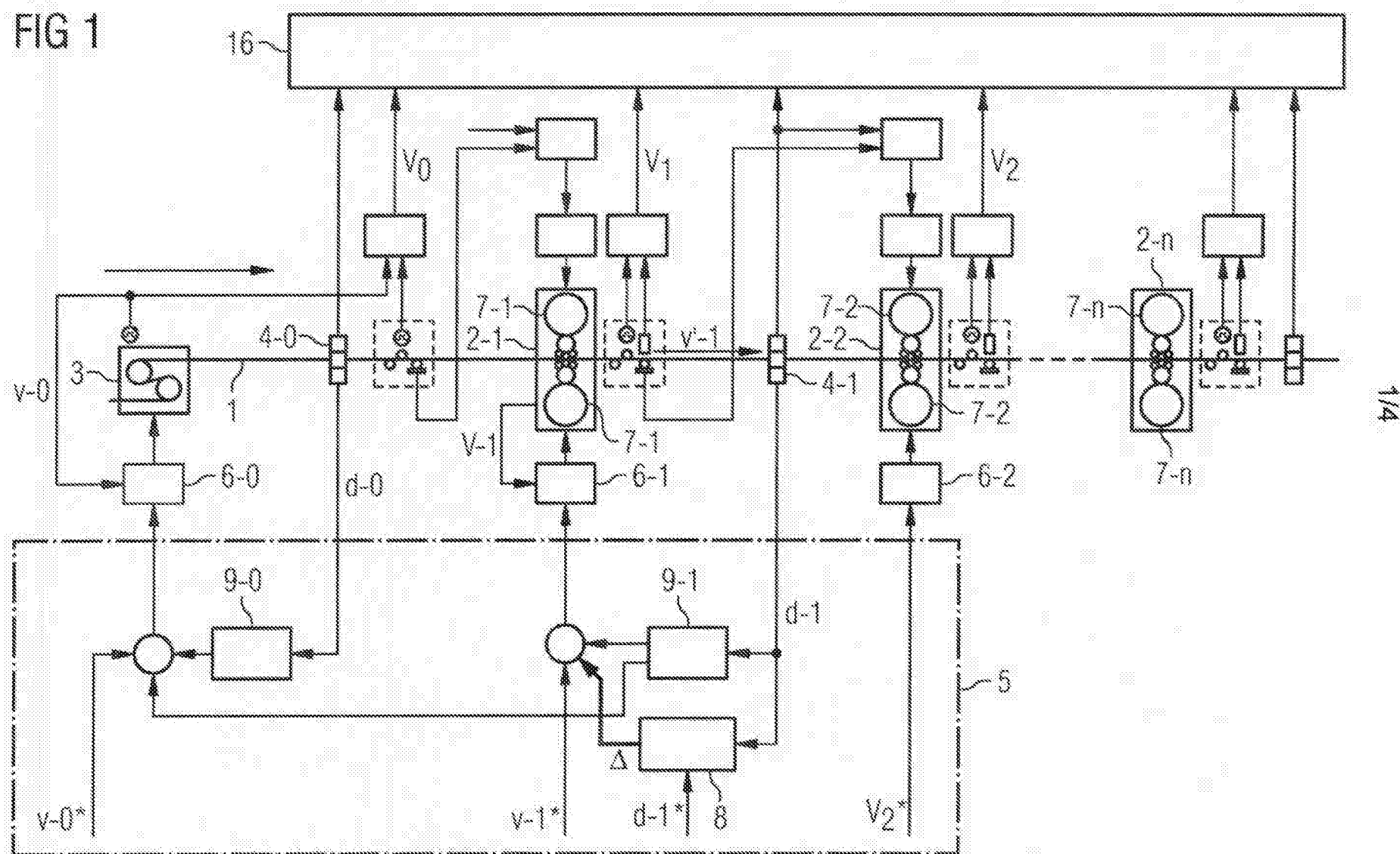


FIG 2

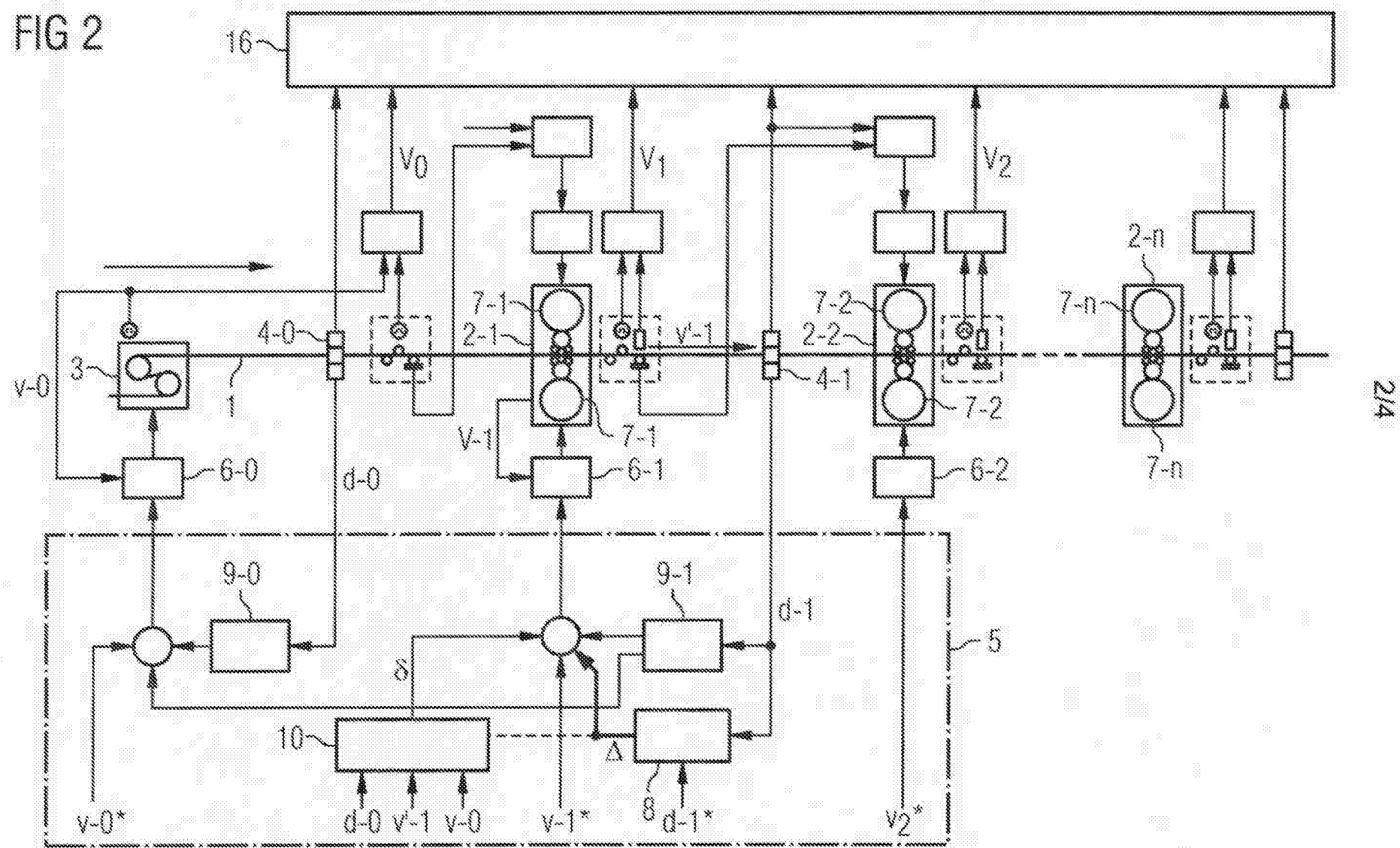


FIG 3

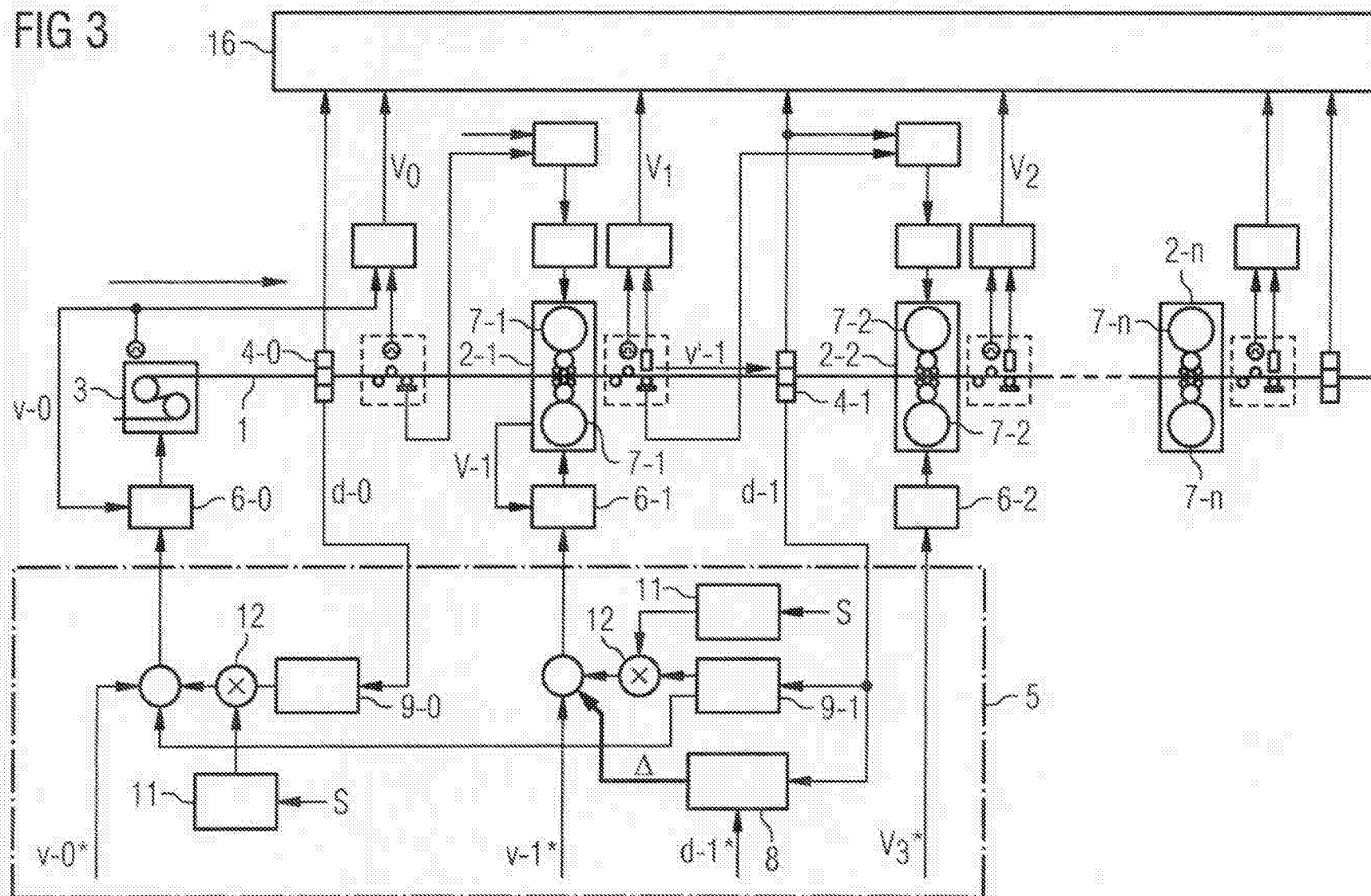
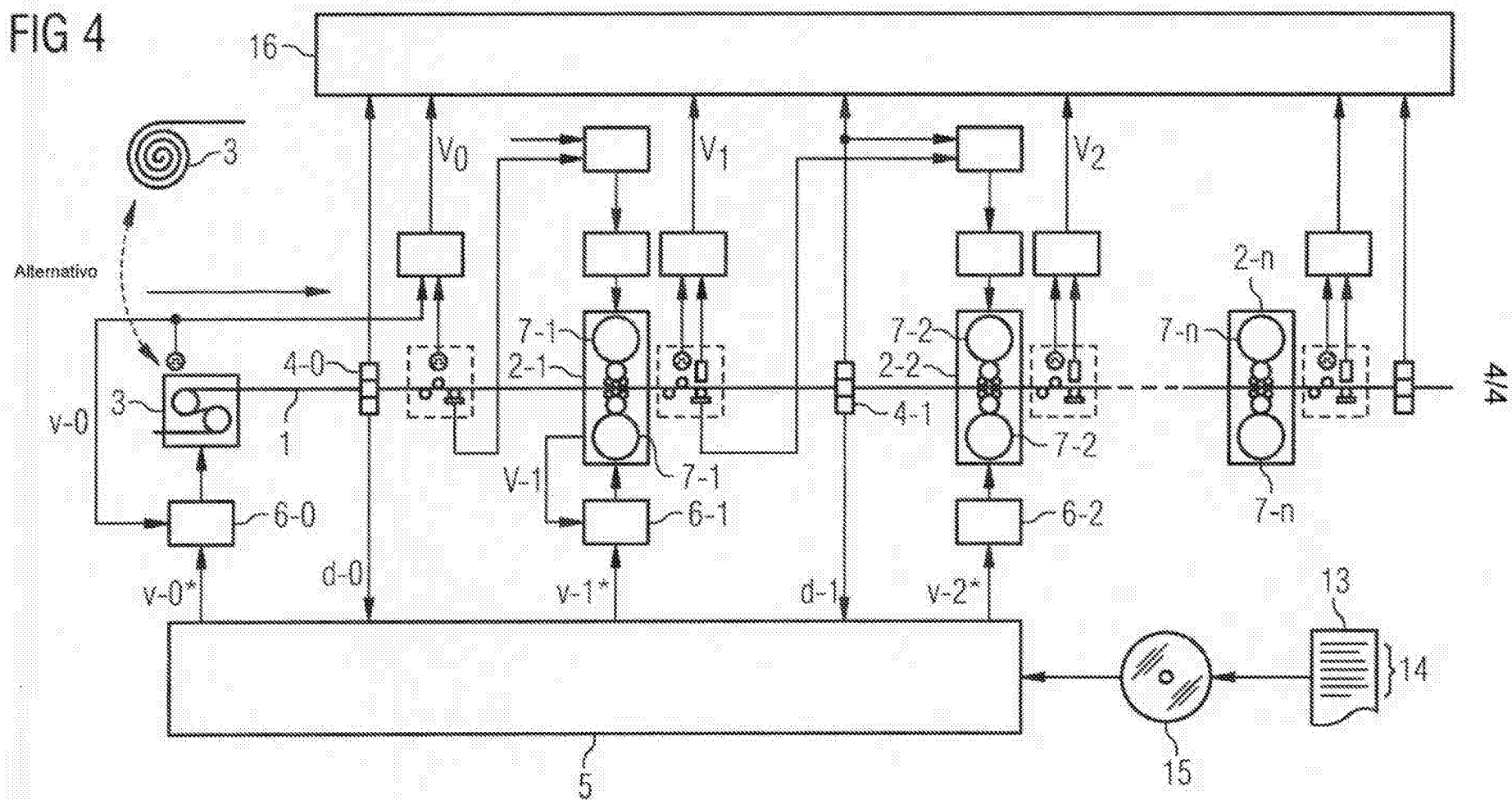


FIG 4



RESUMO

Patente de Invenção: "MÉTODO DE REGULAGEM PARA UM TREM DE LAMINAÇÃO A FRIO COM REGULAGEM COMPLETA DE ESCOAMENTO DE MASSA".

5 A presente invenção refere-se a um trem de laminação a frio que compreende uma pluralidade de cadeiras de laminação (2) através das quais uma tira fria (1) passa em sucessão, e um dispositivo de alimentação de tira (3) localizado antes da primeira cadeira de laminação atravessada (2-1). Uma velocidade de ponto de ajustamento zero ($v-0^*$) é enviada para o dispositivo de alimentação de tira (3) de modo que o dispositivo de alimentação de tira (3) alimenta a tira fria (1) para a primeira cadeira de laminação atravessada (2-1) em uma velocidade real zero ($v-0$) que corresponde à velocidade de ponto de ajustamento zero ($v-0^*$). Uma primeira velocidade de ajustamento ($v-1^*$) é enviada para a primeira cadeira de laminação atravessada (2-1) de modo que rolos (7-1) da primeira cadeira de laminação atravessada (2-1) 10 giram em uma primeira velocidade real ($v-1$) que corresponde à primeira velocidade de ponto de ajustamento ($v-1^*$). Entre a primeira cadeira de laminação atravessada (2-1) e a cadeira de laminação seguinte atravessada (2-2) existe um primeiro dispositivo de detecção de espessura (4-1), por meio do qual uma primeira espessura real de um da tira fria (1) é detectada. Um sinal base de saída (Δ) é determinado utilizando a primeira espessura real ($d-1$) e uma primeira espessura de ponto de ajustamento ($d-1^*$), o dito sinal base de saída sendo utilizado para ajustar a primeira velocidade de ponto de ajustamento ($v-1^*$), porém não a velocidade de ponto de ajustamento zero ($v-0^*$), 20 de modo que a primeira espessura real ($d-1$) é conformada para a primeira espessura de ponto de ajustamento ($d-1^*$). Entre o dispositivo de alimentação de tira (3) e a primeira cadeira de laminação de atravessada (2-1) existe um dispositivo de detecção de espessura zero (4-0) por meio do qual uma espessura real zero ($d-0$) da tira fria (1) é detectada. A velocidade de ponto de ajustamento zero ($v-0^*$) é ajustada por meio de um controlador de alimentação para frente zero (9-0) de tal maneira que o produto é ajustado para um 25 ponto de ajustamento de escoamento de massa por meio da velocidade de