

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

(21) **PI0619864-3 A2**

(22) Data de Depósito: 27/11/2006
(43) Data da Publicação: 25/10/2011
(RPI 2129)



* B R P I 0 6 1 9 8 6 4 A 2 *

(51) *Int.Cl.:*
B22D 11/12

(54) Título: PROCESSO PARA FUNDIÇÃO CONTÍNUA DE TIRAS DE METAL FINAS E INSTALAÇÃO DE FUNDIÇÃO CONTÍNUA

(30) Prioridade Unionista: 14/12/2005 DE 10 2005 059 692.4

(73) Titular(es): SMS DEMAG AG

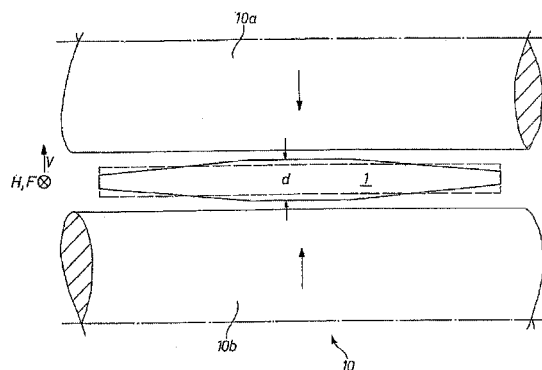
(72) Inventor(es): Christian Bilgen, Holger Beyer-Steinhauer, Wolfgang Hennig

(74) Procurador(es): ORLANDO DE SOUZA

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006011339 de 27/11/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/068338de 21/06/2007

(57) Resumo: PROCESSO PARA FUNDIÇÃO CONTÍNUA DE TIRAS DE METAL FINAS E INSTALAÇÃO DE FUNDIÇÃO CONTÍNUA. A invenção refere-se a um processo para a fundição contínua de tiras de metal (1) finas em uma instalação de fundição contínua (2), em que metal sai de uma coquilha (3) perpendicularmente para baixo, sendo a tira de metal (1) écurvada da direção vertical (V) para a direção horizontal (H) e sendo a tira de metal (1) apoiada e/ou transportada e/ou plasticamente deformada por meio de um número de pares de rolos acionadores (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Para se evitar uma queda de qualidade especialmente quando da alteração dos parâmetros de fundição, é previsto de acordo com a invenção que ao menos um par de rolos acionadores (8, 9, 10) deforma plasticamente a tira de metal (1) sem alteração essencial da espessura (d) média da tira de metal (1). A invenção refere-se ainda a uma instalação de fundição contínua, especialmente para execução desse processo.



**PROCESSO PARA FUNDIÇÃO CONTÍNUA DE TIRAS DE METAL FINAS E
INSTALAÇÃO DE FUNDIÇÃO CONTÍNUA**

A invenção refere-se a um processo para a fundição
contínua de tiras de metal finas em uma instalação de
5 fundição contínua, em que metal sai de uma coquilha
perpendicularmente para baixo, sendo a tira de metal é
curvada da direção vertical para a direção horizontal e
sendo a tira de metal apoiada e/ou transportada e/ou
plasticamente deformada por meio de um número de pares de
10 rolos acionadores.

Um processo segundo o gênero é conhecido da EP 1
071 529 B1 e da WO 2004/065030 A1. Quando da fundição
contínua de tiras de metal finas, metal líquido é aduzido
de cima a uma coquilha, da qual a tira de metal pré-moldada
15 sai verticalmente para baixo com núcleo ainda líquido. A
tira resfria na direção de transporte e se consolida;
gradativamente ela é então curvada da direção vertical para
a direção horizontal. Para tanto há um número de paredes de
rolos acionados, que apóiam e transportam a tira de metal.
20 Também pode ser previsto que os pares de rolos acionadores
procedam a uma pré-deformação da tira de metal, isto é, a
tira de metal é reduzida em sua espessura. Em seguida, isto
é, depois da passagem pelos pares de rolos acionadores, a
tira chega a um trem de laminação pós-conectado, onde a
25 tira é ainda mais laminada. Soluções similares são
conhecidas da GB 766 584 A e da EP 1 033 190 A.

Sob a designação "CSP" é conhecido um processo de
fundição e laminação para lingotes finos, cuja espessura
importa em geral entre 45 e 70 mm, eventualmente também até
30 90 mm. As exigências à observância de medida da geometria e

das propriedades mecânicas da tira quente pronta aumentam continuamente. Simultaneamente aumentam também as exigências do mercado por uma tira quente com espessura final tão pequena quanto possível. Quanto mais fina a tira quente deva ser laminada no trem de acabamento, tanto mais difícil é o domínio do processo de laminação. As exigências aos sistemas de controle e ajuste no trem de acabamento aumentar consideravelmente com espessuras finais aquém de 1,5 mm.

Uma influência essencial sobre a estabilidade do processo de laminação tem então a geometria de lingote entrando no trem de acabamento, revestindo importância especial o perfil e a configuração cuneiforme dos lingotes finos pela largura da tira de metal bem como sua uniformidade pelo comprimento do lingote. Alterações súbitas do perfil ou da configuração cuneiforme pelo comprimento conduzem a alterações súbitas do estado de planura dentro do trem de acabamento e, assim, a instabilidades quando da laminação, que no mais desfavorável dos casos podem ter por consequência um assim chamado "Hochgeher" com falha da produção (interrupção da fundição). A geometria do lingote representa um resultado imediato do processo de fundição, determinante da qualidade. Segundo o estado atual da técnica, há apenas a possibilidade de se obter na região dos pares de rolos acionadores uma certa redução de espessura pelo processo de laminação entre os rolos acionadores.

Máquinas de fundição CSP são equipadas segundo o estado atual da técnica com uma "Liquid Core Reduction" (LCD) e oferecem a possibilidade de alterar através de

cilindros hidráulicos regulados em posição a configuração cuneiforme da tira de metal ou do lingote fino. O perfil do lingote fino resulta da rigidez dos segmentos do arco de fundição e da posição da ponta de cratera líquida. Quanto
5 mais profunda se situe a ponta de cratera líquida na máquina de fundição, tanto maior a pressão ferrostática e, assim, com pressuposta rigidez de segmento constante, a curvatura dos segmentos e o perfil de lingote fino que se estabelece. Na prática, isso significa que uma alteração da
10 velocidade de fundição altera a posição da ponta de cratera líquida e, por conseguinte, resulta também um perfil de lingote alterado. Esse efeito ou essa alteração pode conduzir a consideráveis dificuldades no processo de laminação subsequente.

15 Máquinas de fundição CSP anteriormente empregadas não dispunham, desde logo, em geral, de uma "Liquid Core Reduction". Isso significa que ali nem o perfil nem a configuração cuneiforme do lingote fino podiam ser influenciadas. A geometria do lingote depende, nesse caso,
20 tanto do alinhamento dos segmentos entre si como da rigidez dos segmentos e, finalmente, também da posição da ponta da cratera líquida. Portanto, os problemas a serem esperados no trem de laminação são correspondentemente maiores em máquinas de fundição sem "Liquid Core Reduction".

25 Para a obtenção de condições reproduzíveis para a laminação da tira de metal no trem de laminação, até então faltava, portanto, uma possibilidade de influência, com a qual a geometria do lingote fino pudesse ser aperfeiçoada e mantida constante.

30 A invenção tem, por conseguinte, por objetivo

prover um processo e uma correspondente máquina de fundição contínua, com que seja possível superar as mencionadas desvantagens. Deve ser portanto assegurado que no processo de laminação que se segue ao dispositivo de fundição
5 contínua haja condições ótimas para obtenção de uma tira de metal de alto valor qualitativo.

Esse objetivo é alcançado, de acordo com a invenção, em termos de processo, na medida em que ao menos um par de rolos acionadores deforma plasticamente a tira de
10 metal sem alteração essencial da espessura média da tira de metal, a saber, com uma alteração da espessura média da tira de metal de menos de 5 %, sendo que pela deformação nos pares de rolos acionadores ocorre exclusivamente um fluxo de material transversalmente à direção de transporte
15 da tira de metal. De preferência, a alteração da espessura média da tira de metal por meio do ao menos um par de rolos acionadores importa em menos de 3 %.

De preferência se procede então de tal maneira que o ao menos um par de rolos acionadores elimina ao menos
20 amplamente uma configuração cuneiforme eventualmente presente da tira de metal por sua direção de largura. Alternativamente ou adicionalmente pode ser previsto que o ao menos um par de rolos acionadores produza um desejado perfil de seção transversal da tira de metal.

25 A deformação sem alteração essencial da espessura média ocorre vantajosamente, vista em direção de transporte da tira de metal, no último, nos dois últimos ou nos três últimos pares de rolos acionadores. Ademais, essa deformação tem lugar imediatamente antes ou depois da
30 curvatura da tira de metal na direção horizontal. É

especialmente previsto que a deformação ocorra sem alteração essencial da espessura média nos pares de rolos acionadores imediatamente antes da deformação em um trem de laminação pós-conectado em direção de transporte da tira de metal.

Pois pela mencionada deformação da tira de metal sem alteração essencial de sua espessura média deve se entender que a espessura média da tira de metal por meio do último, dos dois últimos ou dos três últimos pares de rolos acionadores importa no final da instalação de fundição contínua em menos de 5 %, de preferência menos de 3 %.

Com a proposta da invenção é possível um almejado ajuste da geometria de um lingote fino, devendo-se entender por isso especialmente o perfil e a configuração cuneiforme.

Alterações dos parâmetros de fundição, especialmente da velocidade de fundição, não conduzem portanto a alterações do contorno do lingote. O par de rolos acionadores para tanto empregado ou os últimos pares de rolos acionadores vistos na direção de transporte podem ser executados reforçados, para produzirem a desejada deformação sem essencial redução da espessura da tira.

Assim são obtidas condições de alimentação constantes no trem de acabamento, resultando em condições de laminação mais estáveis, especialmente com tiras críticas, isto é, finas.

É então especialmente possível aperfeiçoar tanto o perfil como também a configuração cuneiforme de um lingote fino, sem alterar permanentemente a espessura e estrutura de textura superficial da tira de metal. O fluxo de

material deve se dar apenas em direção transversal, não em direção longitudinal. Como não é requerida nem desejada uma redução de espessura, a execução dos acionadores retificadores pode se dar com menos dispêndio, por exemplo
5 em comparação com a solução da WO 2004/065030 A1. Enquanto que na mencionada publicação ocorre uma sangria redutora (com redução significativa da espessura média da tira), segundo a presente invenção é executada apenas uma sangria de alisamento, que deixa amplamente inalterada a espessura
10 média da tira, mas altera o perfil da tira de metal. Os pressupostos para a laminação de tira fina que se segue são assim aperfeiçoados.

No desenho está representado um exemplo de execução da invenção. Mostram:

15 Fig. 1 - uma representação de princípio de uma instalação de fundição contínua na vista lateral e

Fig. 2 - esquematicamente, a vista de um par de rolos acionadores, vistos em direção de transporte da tira de metal.

20 Na fig. 1 se pode ver uma instalação de fundição contínua 2, em que é produzida uma tira de metal 1. Para tanto, metal líquido é aduzido de cima a uma coquilha 3 oscilante. A tira de metal 1 saindo verticalmente para baixo da coquilha 3 apresenta no interior um núcleo 11
25 ainda líquido, que endurece gradativamente considerado em direção de transporte F, até que a tira de metal fique completamente sólida. O ponto de solidificação 14 está indicado na fig. 1.

Abaixo da coquilha 3, a tira de metal 1 é
30 inicialmente conduzida verticalmente para baixo por meio de

uma guia de lingote 12 perpendicular, depois contudo defletida gradativamente para a horizontal H por um número de rolos, dos quais está representada apenas uma parte. Forma-se assim um arco de fundição 13.

5 No ponto de solidificação 14 de fato ainda se apresentam temperaturas muito altas na tira de metal 1, mas a tira ainda está tão macia que é possível uma laminação controlada da tira de metal 1 com pares de rolos acionadores 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Pares de rolos
10 acionadores são há muito conhecidos como tais no estado atual da técnica e servem para a sustentação, transporte e laminação da tira de metal 1, até que esta seja passada para a horizontal H e aduzida a um trem de laminação não representado, que se conecta depois do último par de rolos
15 acionadores 10 na direção de transporte F.

 A idéia proposta reside, no núcleo, em disponibilizar em seguida ao processo de fundição e solidificação do lingote fino, portanto da tira de metal 1, um elemento de ajuste com o qual a geometria do lingote
20 possa ser influenciada. Essa tarefa deve ser assumida pelos últimos pares de rolos acionadores 8, 9, 10 da máquina de fundição contínua, que se encontram na extremidade de transporte da máquina de fundição contínua. Trata-se então, em geral, de pares de rolos acionadores, que atuam como
25 acionadores retificadores, que alinham a tira de metal portanto para um estado plano. No acionador retificador antes da tesoura (não representada) da máquina de fundição predominam, no caso normal, velocidade de passagem constantes e baixas, e a geometria ajustada no último par
30 de rolos acionadores relativamente ao perfil e à

configuração cuneiforme não mais se altera até à entrada no trem de acabamento. É previsto que o último par de rolos acionadores ou os últimos pares de rolos acionadores 8, 9, 10 - vistos em direção de transporte F - relativamente a pressões e forças são de tal maneira executados que apenas
5 ainda ocorra uma redução mínima de espessura do lingote. Essa mínima redução de espessura tem por consequência um correspondente fluxo transversal de material (fluxo de material transversalmente à direção de transporte F),
10 permitindo ajuste específico do perfil de lingote e da configuração cuneiforme do lingote.

Isso está ilustrado na fig. 2. Ali está esboçado com linhas cheias - em representação exagerada e de vista na direção de transporte F - a seção transversal da tira de metal 1. Os dois cilindros 10a e 10b do último par de rolos acionadores 10 na direção de transporte F atuam sobre as
15 duas superfícies da tira de metal 1, o que está indicado pela seta (para maior clareza os cilindros 10a, 10b foram representados distantes da tira de metal 1).

20 A espessura d da tira de metal 1 não se estende constante pela largura, mas sim se pode identificar um alto perfil da tira de metal, que é indesejável e influi negativamente o processo de laminação subsequente no trem de acabamento. Por isso, os cilindros 10a, 10b são de tal
25 maneira ajustados que, de fato, não resulta uma alteração digna de nota da espessura d média da tira de metal 1, mas uma eliminação da altura demasiada de perfil, o que está representado pelas linhas tracejadas. Como espessura média deve ser entendida média de todos os valores da espessura d
30 pela largura da tira de metal 1.

Na operação de instalações de fundição contínua CSP é sabido que um perfil de lingote fino idealmente ajustado nos segmentos de guia de lingote pode ser desfavoravelmente alterado no acionador de curvatura e/ou de retificação
5 seguinte. A causa mas comum é então um excessivo desgaste dos rolos acionadores. Devido às elevadas temperaturas na linha de fundição já pequenas forças de acionamento bastam para alterar ali permanentemente a geometria do lingote. Por isso, para o conceito proposto está previsto como local
10 preferido o último par de rolos acionadores de retificação 10, sendo que também os dois últimos ou os três últimos pares de rolos acionadores 8, 9, 10 podem ser previstos. No estado atual da técnica já é conhecido influenciar a geometria do lingote ainda antes dos acionadores de
15 retificação 8, 9, 10. Isso acarreta as desvantagens acima explicadas. As medidas anteriormente conhecidas prevêm desde logo alcançar um aperfeiçoamento da qualidade de superfície do lingote fino por uma deformação do lingote, não sendo dada ênfase ao aperfeiçoamento da manutenção da
20 medida.

Para se poder ajustar um perfil constante mesmo com condições iniciais alteradas, como por exemplo a temperaturas de lingote distintas, o último par de rolos acionadores 10 (ou novamente os três últimos pares de rolos
25 acionadores 8, 9, 10) podem ser equipados com um sistema de flexão de rolo. Esse sistema de flexão pode manter constante o flexionamento dos rolos acionadores em função da força de laminação a ser aplicada. Uma outra possibilidade de influenciar especificamente é a previsão
30 de um rolo de contra-suporte hidraulicamente ajustado, que

dependendo do flexionamento pressiona com forças distintas contra o meio do rolo acionador. Assim é garantido que o flexionamento dos rolos acionadores possa ser mantido constante.

5 Alternativamente ou adicionalmente, os rolos acionadores podem também receber um perfilamento especial (contorno CVC) e através de um sistema de deslocamento seria assim igualmente possível manter constante o perfil do lingote e eliminar especialmente uma configuração em
10 cunha.

Em todo caso é vantajoso prover o último par de rolos acionadores 10 ou os dois ou três últimos pares de rolos acionadores 8, 9, 10 de um ajuste hidráulico. Assim, pode ser facilmente corrigida uma cunha existente. Com
15 ajuste regulado em posição resulta no lado com a maior espessura uma força maior devido à maior diminuição. Isso, sob certas circunstâncias, pode provocar certo acutilamento do lingote pelo comprimento. Cabe avaliar aí em que medida pode ou deva em seguida ser corrigido esse acutilamento.
20 Ensaaios anteriores sobre esse tema indicaram que um acutilamento depois da máquina de fundição no forno de túnel se iguala em sua maior parte ou ao menos parcialmente. Com relação a um possível acutilamento restante, cabe verificar igualmente em que medida esta pode
25 levar a problemas no trem de laminação.

Quando da deformação no acionador de retificação é vantajoso obter um fluxo transversal de material (fluxo de material transversalmente à direção de transporte F) tão grande quanto possível. É válido que quanto maior o fluxo
30 transversal tanto menor a alteração transversal e, com

isso, o subsequente acutilamento do lingote. Com um diâmetro de rolo maior dos cilindros do par de rolos acionadores e com maior atrito entre lingote e rolo pode ser favoravelmente influenciado o fluxo transversal.

5 Como ocorrem cargas mais altas na unidade de retificação e conformação proposta, especialmente no último par de rolos acionadores, a consequência é um elevado desgaste do rolo. Uma possibilidade de se manter esse desgaste limitado é influenciar a geometria de lingote
10 apenas em seqüências críticas (laminações de tiras finas). Em todas as seqüências não críticas a modalidade operacional não se alteraria em comparação com o estado atual da técnica.

Um aperfeiçoamento adicional da problemática de
15 desgaste de rolos pode ser obtido pelo emprego de um "On-line-Polisher" (analogamente aos rolos acionadores dobadouros). Por segmentos individualmente ajustáveis (por exemplo por uma mola giratória ou em espiral ou por um dispositivo pneumático) pode ser continuamente esmerilhado
20 o contorno de rolo original. Dessa maneira, podem ser evitadas arestas de desgaste no contorno do rolo.

No âmbito de um cálculo a título de exemplo para o curvamento de rolo com uma "força de laminação " de 1.000 kN resultou um flexionamento por rolo no meio de rolo de
25 564 μm . Com relação à aresta de tira de um lingote com uma largura de fundição de 1.400 mm, o flexionamento importa no meio em cerca de 270 μm . Para a fenda de rolos total resultou assim um perfil de cerca de 540 μm .

LISTA DE REFERÊNCIAS:

30 1 tira de metal

- 2 instalação de fundição contínua
- 3 coquilha
- 4 par de rolos acionadores
- 5 par de rolos acionadores
- 5 6 par de rolos acionadores
- 7 par de rolos acionadores
- 8 par de rolos acionadores
- 9 par de rolos acionadores
- 10 par de rolos acionadores
- 10 10a cilindro do par de rolos acionadores
- 10b cilindro do par de rolos acionadores
- 11 núcleo líquido
- 12 guia de lingote perpendicular
- 13 arco de fundição
- 15 14 ponto de solidificação
- V direção vertical
- H direção horizontal
- d espessura da tira de metal
- F direção de transporte

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a fundição contínua de tiras de metal (1) finas em uma instalação de fundição contínua (2), em que o metal sai de uma coquilha (3) perpendicularmente para baixo, sendo que a tira de metal (1) é curvada da direção vertical (V) para a direção horizontal (H) e sendo a tira de metal (1) apoiada e/ou transportada e/ou plasticamente deformada por meio de um número de pares de rolos acionadores (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10), caracterizado pelo fato de que ao menos um par de rolos acionadores (8, 9, 10) deforma plasticamente a tira de metal (1) sem alteração essencial da espessura (d) média da tira de metal (1), a saber, com uma alteração da espessura (d) média da tira de metal (1) de menos de 5 %, sendo que pela deformação nos pares de rolos acionadores (8, 9, 10) ocorre exclusivamente um fluxo de material transversalmente à direção de transporte (F) da tira de metal (1).

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a alteração da espessura (d) média da tira de metal (1) por meio de ao menos um par de rolos acionadores (8, 9, 10) importa em menos de 3 %.

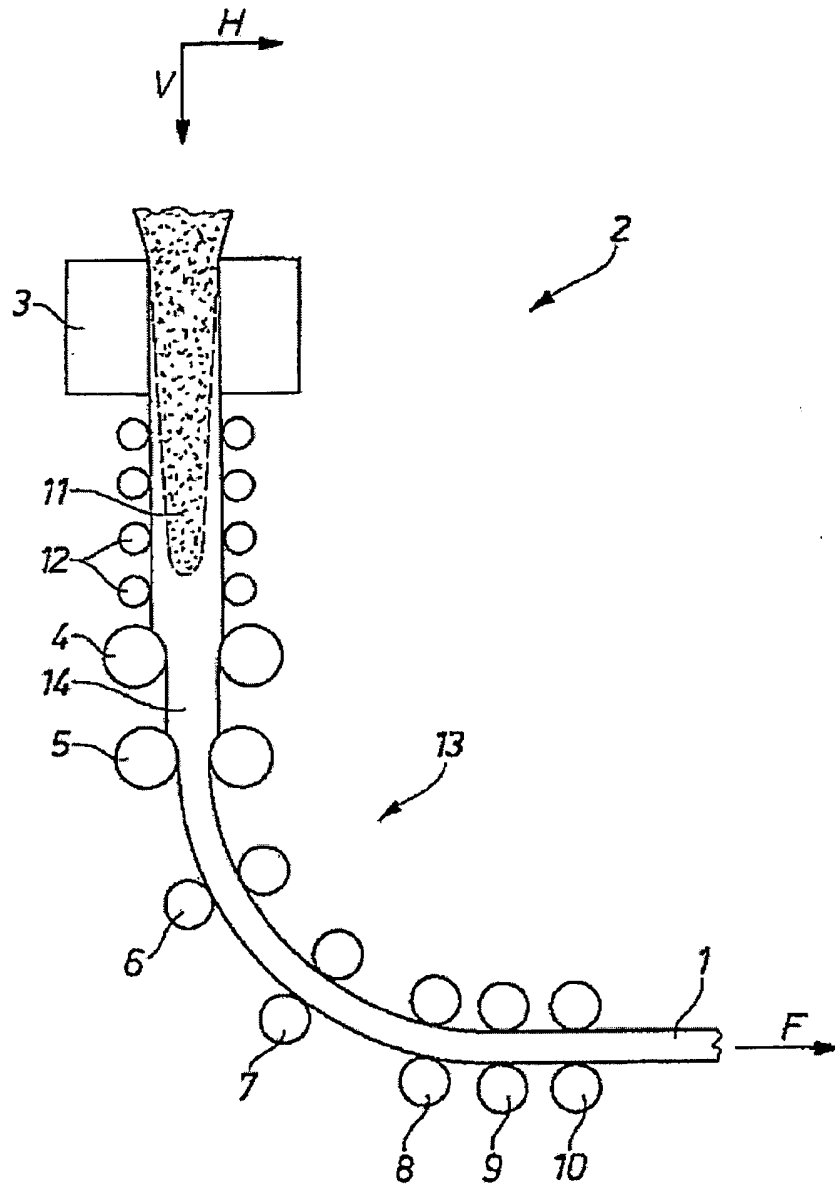
3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que ao menos um par de rolos acionadores (8, 9, 10) elimina ao menos amplamente uma configuração cuneiforme eventualmente presente da tira de metal (1) por sua direção de largura.

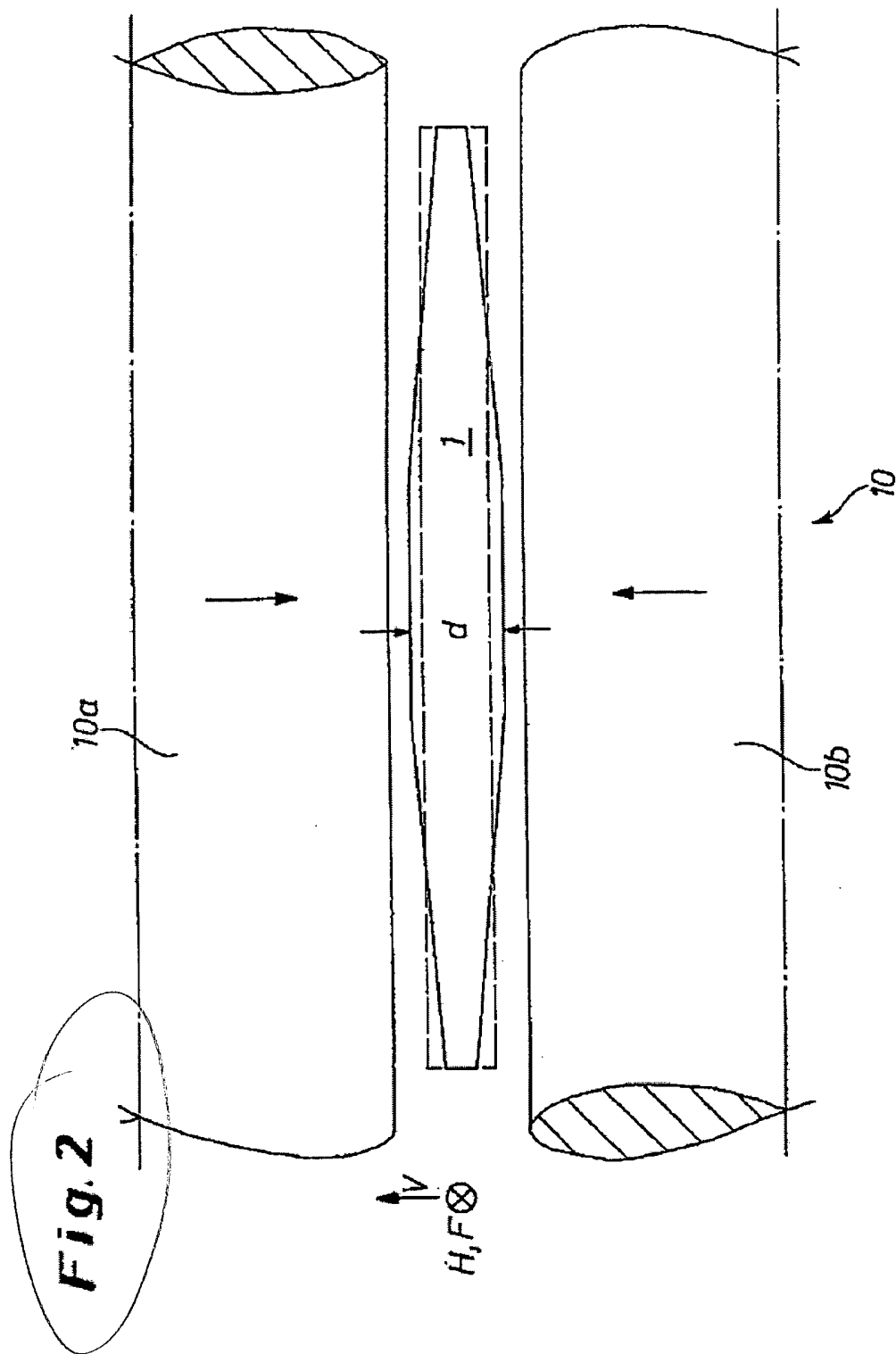
4. Processo, de acordo com uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que ao menos um par de rolos acionadores (8, 9, 10) produz um desejado perfil de seção transversal da tira de metal (1).

5. Processo, de acordo com uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que a deformação sem alteração essencial da espessura (d) média ocorre, vista em direção de transporte (F) da tira de metal (1), no
5 último par de rolos(10), nos dois últimos pares de rolos (9, 10) ou nos três últimos pares de rolos acionadores (8, 9, 10).

6. Processo, de acordo com reivindicação 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que a deformação sem alteração
10 essencial da espessura (d) média tem lugar imediatamente antes ou depois da curvatura da tira de metal (1) na direção horizontal (H).

7. Processo, de acordo com reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que a deformação ocorre sem
15 alteração essencial da espessura (d) média nos pares de rolos acionadores (8, 9, 10) imediatamente antes da deformação em um trem de laminação pós-conectado em direção de transporte (F) da tira de metal (1).

Fig. 1



PROCESSO PARA FUNDIÇÃO CONTÍNUA DE TIRAS DE METAL FINAS E
INSTALAÇÃO DE FUNDIÇÃO CONTÍNUA

A invenção refere-se a um processo para a fundição
contínua de tiras de metal (1) finas em uma instalação de
5 fundição contínua (2), em que metal sai de uma coquilha (3)
perpendicularmente para baixo, sendo a tira de metal (1) é
curvada da direção vertical (V) para a direção horizontal
(H) e sendo a tira de metal (1) apoiada e/ou transportada
e/ou plasticamente deformada por meio de um número de pares
10 de rolos acionadores (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Para se evitar
uma queda de qualidade especialmente quando da alteração
dos parâmetros de fundição, é previsto de acordo com a
invenção que ao menos um par de rolos acionadores (8, 9,
10) deforma plasticamente a tira de metal (1) sem alteração
15 essencial da espessura (d) média da tira de metal (1). A
invenção refere-se ainda a uma instalação de fundição
contínua, especialmente para execução desse processo.