

**DESCRIÇÃO
DA
PATENTE DE INVENÇÃO**

N.º 98.623

REQUERENTE: USINOR SACILOL, francesa, industrial, com sede em 4, Place de la Pyramide, La Défense 9, 92800 - Puteaux, França; THYSSEN STAHL AKTIENGESELLSCHAFT, alemã, industrial, com sede em Kaiser-WILHELM-Strasse 100, 4100 Duisburg 11, República Federal Alemã; e THYSSEN EDELSSTAHLWERKE AG, alemã, industrial, com sede em Oberschlesienstrasse 16, 4150 Krefeld 1, República Federal Alemã

EPÍGRAFE: "PROCESSO E DISPOSITIVO DE FABRICO DUMA BANDA DE AÇO INOXIDÁVEL SEMI-FERRÍTICO A PARTIR DE METAL EM FUSÃO"

INVENTORES: PHILLIPPE DEMAREZ e JEAN-MICHEL HAUSER

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4º da Convenção de Paris de 20 de Março de 1883. 13 de Agosto de 1990, sob o No. 90 10 304 em FRANÇA

USINOR SACILOR, THYSSEN STAHL AKTIENGESELLSCHAFT e THYSSEN
ADELSTAHLWERKE AG.

"PROCESSO E DISPOSITIVO DE FABRICO DUMA BANDA DE AÇO INOXIDÁVEL
SEMI-FERRÍTICO A PARTIR DE METAL EM FUSÃO"

MEMÓRIA DESCRIPTIVA

Resumo

O presente invento diz respeito a um processo e a um dispositivo de fabrico duma banda de aço inoxidável semi-ferrítmico a partir dum banho de metal em fusão. De acordo com o processo característico do invento a solidificação do metal é efectuada numa lingoteira de vazamento contínuo constituída por dois cilindros arrefecidos (2) que rodam em sentidos contrários e que se acham dispostos um defronte do outro de maneira a definir entre eles um espaço de vazamento, de dentro da lingoteira é extraída duma maneira contínua uma banda de aço solidificada (3), e a referida banda é submetida por debaixo da lingoteira à acção de um meio (6) promotor de témpera, a fim de fazer com que a referida banda vá sofrer um arrefecimento suficientemente rápido para impedir a formação de austenite. Este meio (6) pode ser constituído por um banho de témpera colocado num recipiente (4) que se acha disposto por debaixo dos cilindros (2) e em cujo fundo se acha praticada uma abertura (5) de passagem da banda solidificada. O referido meio (6) pode ser igualmente constituído

por um gás inerte no estado líquido que é projectado por meio de injectores sobre o produto. As bandas de aço obtidas são mais fáceis de cortar e de bobinar à sua saída da linha de vazamento graças à ausência de martensite no seio da matriz ferrítica.

O objecto do presente invento consiste num processo e num dispositivo de fabrico duma banda de aço inoxidável semi-ferrítico, a partir dum banho de metal em fusão.

O invento diz mais precisamente respeito a um dispositivo de vazamento contínuo, sobre dois cilindros, próprio para a produção de bandas finas (i.e., de pequena espessura) de aço inoxidável.

Chama-se a atenção para o facto de que o termo "semi-ferrítico" significa que a estrutura ferrítica, cujo modelo cristalográfico é cúbico centrado, é susceptível de, a temperaturas elevadas ($900 - 1.100^{\circ}\text{C}$), se transformar parcialmente numa estrutura austenítica cujo modelo cristalográfico é cúbico de faces centradas.

Conforme é já sabido, os processos e os dispositivos de vazamento contínuo de bandas de aço com uma espessura fina ainda são de natureza experimental. O metal é solidificado numa lingoteira de vazamento contínuo constituída por dois cilindros arrefecidos que rodam em sentidos contrários e que se acham dispostos um defronte do outro, com os respectivos eixos paralelos um em relação ao outro e a uma determinada distância um do outro, definindo entre si um espaço de vazamento que é obturado nas extremidades opostas dos cilindros por meio dumas placas de obturação.

Tendo em conta a velocidade do arrefecimento a que as bandas de aço solidificadas que são extraídas duma maneira contínua do espaço de vazamento vão ser submetidas por exposição ao ar, constata-se que no caso de se pretender proceder ao vazamento de bandas de aço inoxidável semi-ferrítico, se vai formar austenite durante o período de arrefecimento. Esta última,

que inicialmente se encontrava ausente da estrutura monofásica ferrítica, vai transformar-se no fim do período de arrefecimento em martensite dura. Mais precisamente, e por exemplo para as qualidades semi-ferríticas contendo 17% de Cr e cerca de 0,050% de C, enquanto que durante e imediatamente após a solidificação a estrutura do aço é monofásica ferrítica, no decorrer do arrefecimento vai-se formar a austenite numa proporção máxima de valor compreendido entre 40 e 50%. A martensite que resulta em seguida da transformação da austenite é uma fase muito dura em comparação com a ferrite circundante.

Esta estrutura heterogénea provoca dificuldades de manipulação e de deformação do metal durante a realização das operações de enrolamento e de desenrolamento da banda, e de laminagem a frio feita directamente a partir da estrutura bruta de vazamento, em especial dificuldades para cortar e bobinar as bandas à saída da linha de vazamento. Um outro inconveniente resultante deste processo de vazamento reside no facto de que a banda ao sair da lingoteira vai sofrer uma oxidação superficial ao entrar em contacto com o ar ambiente.

A instalação descrita no documento EP-181 090 compreende um dispositivo de arrefecimento duma banda, por exemplo de liga Fe-Si, vazada entre dois cilindros, implantado imediatamente antes dum dispositivo de laminagem e de bobinagem da referida banda. No entanto, a referida instalação não é de modo nenhum adaptada ao vazamento de aço inox semi-ferrítico porque, por um lado, este dispositivo de arrefecimento é implantado muito a jusante da lingoteira e, por outro lado, utiliza como meio de arrefecimento um gás ou uma névoa, impondo à banda uma velocidade de arrefecimento relativamente moderada.

Por conseguinte, o objectivo do invento consiste em realizar um processo e um dispositivo capazes de permitir eliminar estas insuficiências.

De acordo com o processo que constitui o objecto do invento, efectua-se a solidificação do metal numa lingoteira de vazamento contínuo constituída por dois cilindros arrefecidos que rodam em sentidos contrários e que se acham dispostos um defronte do outro de maneira a definir entre eles um espaço de vazamento, procede-se duma maneira contínua à extracção duma banda de aço solidificada de dentro da lingoteira, e submete-se por debaixo da lingoteira a referida banda à acção de um meio promotor de témpera, a fim de fazer com que a referida banda vá sofrer um arrefecimento rápido e realizado durante um tempo suficientemente longo para impedir a formação de austenite.

O arrefecimento da referida banda vazada deverá ser feito de preferência a uma velocidade cujo valor mínimo deverá ser de 300°C/s e até uma temperatura de pelo menos cerca de 500°C.

Quando se efectua um arrefecimento muito rápido a partir duma temperatura superior à temperatura limite de existência da austenite (temperatura essa que apresenta geralmente um valor compreendido entre os 1.200 e os 1.250 °C para as qualidades consideradas) e inferior à temperatura de fim de solidificação, constata-se com efeito que é possível fixar a estrutura ferrítica e impedir a formação de austenite.

Se, além disso, o arrefecimento da banda for feito imediatamente por debaixo dos cilindros de vazamento, é possível tirar proveito do efeito de témpera das camadas superficiais do metal realizada por parte do material condutor dos cilindros de

vazamento, sendo a banda arrefecida a partir duma temperatura de aparição da austenite no seio da matriz ferrítica.

De acordo com um primeiro modelo de realização do invento, como meio promotor de têmpera é utilizado um banho de liga em fusão constituído à base de chumbo, de estanho e de zinco ou de dois destes metais em fusão, ou de apenas um deles, ou de um sal em fusão, no seio do qual são mergulhadas as partes inferiores dos referidos cilindros e a parte superior da referida banda, e vai-se impedir que o referido meio promotor de têmpera vá ser arrastado pela passagem da referida banda, por exemplo por meio duma sopragem realizada por jactos de fluido dirigidos sobre a banda à saída do banho de têmpera, ou com a ajuda de campos electromagnéticos.

O sal em fusão pode ser vantajosamente constituído pela seguinte mistura (% em massa):

- 50 a 60% KNO_3
- 40 a 50% NaNO_2
- 0 a 10% NaNO_3 .

Esta mistura funde a uma temperatura da ordem dos 140°C e pode ser utilizada entre os 160 e os 500°C.

De acordo com um modo de realização do processo que constitui o objecto do invento, como meio promotor de têmpera é utilizado um gás inerte, refrigerado até ficar no estado líquido, que irá ser projectado sobre a parte superior da referida banda, sobre as suas faces opostas, e por debaixo dos cilindros.

O dispositivo próprio para a realização deste processo comprehende uma lingoteira de vazamento contínuo constituída por

dois cilindros arrefecidos que rodam em sentidos contrários e que se acham dispostos um defronte do outro de maneira a definir entre eles um espaço de vazamento, e um sistema de témpera próprio para fazer com que a referida banda de aço solidificada vá, por debaixo da lingoteira, sofrer um arrefecimento suficientemente rápido para impedir a formação de austenite. Este sistema de témpera deverá de preferência permitir assegurar que o arrefecimento da referida banda vazada seja feito a uma velocidade cujo valor mínimo deverá ser de 300°C/s e até uma temperatura de pelo menos cerca de 500°C.

Outras particularidades e vantagens do invento tornar-se-ão evidentes no decorrer da descrição que irá ser feita a seguir com referência aos desenhos anexos que ilustram dois modos de realização do invento que são aqui apresentados a título de exemplos não limitativos.

A Figura 1 é uma vista esquemática e em alçado de topo dum dispositivo de vazamento contínuo duma banda de metal entre dois cilindros, que se acha equipado com um recipiente que se encontra colocado por debaixo dos cilindros e no interior do qual se acha contido um banho líquido de témpera das bandas que vão sendo extraídas do dispositivo.

A Figura 2 é uma vista esquemática e em alçado de topo, análoga à Fig. 1, duma segunda forma de realização do dispositivo de acordo com o invento.

Em relação à Fig. 1, nela pode ver-se representado um dispositivo de vazamento contínuo dum banho de metal líquido (1) entre dois cilindros (2) que se acham dispostos horizontalmente e paralelamente um em relação ao outro, de maneira a delimitar entre eles um espaço de vazamento duma banda fina solidificada

(3). Este dispositivo forma uma lingoteira de vazamento contínuo, sendo os cilindros (2) arrefecidos e animados de movimento de rotação em sentidos opostos um em relação ao outro segundo as setas indicadas na Fig. 1, por meio de sistemas já conhecidos em si mesmos e não representados.

A fim de permitir mais particularmente o fabrico de bandas (3) em aço inoxidável semi-ferrítico, o dispositivo é completado com um recipiente (4) que vai ficar colocado por debaixo dos cilindros (2), cujo vai ser atravessado na sua zona central por uma abertura (5) de passagem da banda (3), e no interior do qual se acha contido um banho líquido (6) de témpera da banda (3). As dimensões do recipiente (4) e o nível do banho (6) que se acha contido no interior do referido recipiente são de maneira a fazer com que a parte inferior dos cilindros (2) e a parte superior da banda (3) em passagem contínua vão ficar imersas no seio do banho (6).

O banho líquido (6) deve encontrar-se a uma temperatura que não ultrapasse um valor compreendido entre os 300 e os 350°C aproximadamente, indo no referido banho ser mergulhada brutalmente a banda (3) que se encontra a uma temperatura de cerca de 1.300°C. Além disso o material de que vai ser constituído o banho (6) deve ser escolhido entre os materiais que não sejam poluentes duma maneira redibitória para a banda (3).

A título de exemplos não limitativos, diremos que será possível utilizar um banho de témpera constituído por uma liga em fusão formada à base de chumbo, de estanho e de zinco, ou de dois destes metais, ou de apenas um destes metais. Será igualmente possível utilizar um sal em fusão, como por exemplo a anteriormente referida mistura de sais de sódio e de potássio.

O dispositivo de vazamento comprehende igualmente um sistema próprio para reter o líquido de témpera que é arrastado pela passagem da banda (3). No caso do exemplo aqui representado, esse sistema é constituído por duas fiadas de injectores (7) colocados por debaixo do fundo do recipiente (4), de cada um dos lados da banda (3), e que se acham orientados em direcção à intersecção entre esta última e a abertura (5), de maneira a poder projectar um fluido sobre a superfície da banda (3) quando esta última sai de dentro do recipiente (4). O fluido pode ser constituído por água à temperatura ambiente (por exemplo a 20°C) ou por uma mistura atomizada água-ar fornecida a um caudal suficiente para fazer com que o líquido do banho (6) vá ficar retido no interior do recipiente (6).

A título de exemplo numérico indicativo, diremos que este caudal pode ser de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ para uma velocidade linear de passagem da banda (3) da ordem de 1 m/s, correspondente a cilindros (2) com um diâmetro de 1,50 m rodando a uma velocidade inferior a 1/4 de volta por segundo. A fim de se evitar a formação de austenite na banda (3) no decorrer do seu arrefecimento, esta deve ser arrefecida de 1.300°C até aos 500°C, aproximadamente, a uma velocidade de 300°C/s. Ora, os banhos anteriormente referidos permitem uma velocidade de arrefecimento de cerca de 2.700°C/s.

Por este motivo, para uma banda de 3,5 mm de espessura passando a uma velocidade de 1 m/s, a altura apropriada do banho (6) que é atravessado pela banda (3) pode ser de cerca de 40 cm para que a banda (3) vá sair do banho a uma temperatura de cerca de 500°C.

Evidentemente que não é necessário que a banda vá sair do banho de témpera pelo fundo do recipiente. No interior do

banho, a banda pode ser desviada, por exemplo por meio de rolos, de maneira a sair do banho atravessando a superfície deste mesmo banho. Uma tal disposição tem como consequência, para um banho com a mesma profundidade, fazer aumentar o tempo de permanência da banda no seio do banho em comparação com a configuração anteriormente descrita.

Foram realizados ensaios laboratoriais para as seguintes qualidades de aços inoxidáveis: AISI 430 (norma ASTM A176) para o estudo da precipitação eventual de austenite e da sua transformação em martensite; AISI 304 (norma ASTM A167) para a avaliação das velocidades de arrefecimento: a finura da estrutura dendrítica de solidificação dum aço austenítico pode ser prevista por meio de ataque metalográfico, e pode ser função das condições de arrefecimento. Os resultados de ensaios efectuados com amostras dessas qualidades de aço, para uma temperatura de témpera de 1.500°C num banho (6) de estanho líquido a 300°C, arrefecido em cerca de 0,45 segundos até uma temperatura de 500°C, são os seguintes:

- o aço de qualidade AISI 430 apresenta uma estrutura ferrítica contendo muito pouco da fase martensítica (menos de 1%) ,

- a velocidade de arrefecimento estimada a partir das dimensões da estrutura do aço austenítico de qualidade AISI 304, apresenta um valor compreendido entre os 5.000°C/s e os 15.000°C/s.

Estes ensaios serviram portanto para confirmar a validade que o processo de acordo com o invento tem para conseguir atingir os objectivos pretendidos.

A segunda forma de realização do dispositivo (Fig. 2) que constitui o objecto do invento comprehende, para além dos cilindros (2), um sistema de têmpera que é constituído por uns injectores (8) de projecção dum gás inerte liquefeito sobre a banda solidificada (3) imediatamente a seguir à saída desta mesma banda do espaço de vazamento. Estes injectores (8) encontram-se dispostos em duas fiadas colocadas por debaixo dos cilindros (2), dum e doutro lado da banda, segundo uma disposição semelhante à dos injectores (7) (Fig. 1). Com efeito as aberturas de insuflação dos injectores (8) são dirigidos sobre as faces opostas da parte superior da banda (3), imediatamente depois da banda se ter separado da superfície dos cilindros (2). O gás inerte pode ser, por exemplo, o árgon ou o azoto, utilizado no estado líquido a fim de poder beneficiar da sua evaporação ao entrar em contacto com o metal solidificado. Este gás pode ser insuflado a um caudal de $100.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$, por exemplo, para uma velocidade de passagem da banda (3) de cerca de 1 m/s.

É conveniente que o dispositivo seja completado por uma cobertura de protecção (9), esquematicamente representada, que se acha disposta por debaixo da referida lingoteira formada pelos cilindros (2), que é dimensionada de maneira a envolver ao mesmo tempo as fiadas de injectores (8) e a banda (3), e que apresenta as suas extremidades fechadas por meio dum sistema não representado. A cobertura de protecção (9) apresenta na zona da sua extremidade inferior uma abertura (10) que vai permitir que a banda (3) possa ser extraída duma maneira contínua em direcção a uma instalação não representada. Esta cobertura de protecção (9) vai permitir que o gás projectado sobre a banda (3) vá ficar retido dentro dum espaço fechado ao longo dum comprimento da linha suficiente para assegurar a protecção da referida banda contra a oxidação superficial devido à acção do ar ambiente,

juntando-se à têmpora obtida pela projecção do gás inerte através dos injectores (8).

Foram realizados ensaios laboratoriais para o aço inoxidável de qualidade AISI 430 (norma ASTM A176) com a ajuda dum dilatómetro absoluto. Uma amostra de metal foi arrefecida em 2,5 segundos, a partir de 1.250°C até uma temperatura de 500°C, por projecção de hélio no estado gasoso para dentro do forno. A estrutura da amostra é ferrítica e contém menos de 1% de martensite.

Estes ensaios confirmaram igualmente a validade que o processo de acordo com o invento tem para conseguir atingir os objectivos pretendidos.

O metal obtido por meio do processo e do dispositivo de acordo com o invento é mais fácil de cortar e de bobinar à saída da linha de vazamento graças à supressão quase total de martensite na matriz ferrítica.

REIVINDICAÇÕES

1^a- Processo de fabrico duma banda de aço inoxidável semi-ferrítico a partir dum banho de metal em fusão, caracterizado por a solidificação do metal ser efectuada numa lingoteira de vazamento contínuo constituída por dois cilindros arrefecidos que rodam em sentidos contrários e que se acham dispostos um defronte do outro de maneira a definir entre eles um espaço de vazamento, por se extrair duma maneira contínua de dentro da lingoteira uma banda de aço solidificada, e por a referida banda ser submetida por debaixo da lingoteira à acção de um meio promotor de têmpera, a fim de fazer com que a referida banda vá sofrer um arrefecimento rápido e realizado durante um tempo suficientemente longo para impedir a formação de austenite.

2^a- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a referida banda ser arrefecida por debaixo da lingoteira imediatamente depois de ter abandonado os referidos cilindros arrefecidos.

3^a- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a referida banda ser arrefecida por debaixo da lingoteira a uma velocidade cujo valor mínimo deverá ser de 300°C/s e até uma temperatura de pelo menos cerca de 500°C.

4^a- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de que como meio promotor de têmpera ser utilizado um banho de liga em fusão constituído à base de chumbo, de estanho e de zinco ou de dois destes metais em fusão, ou de apenas um deles, ou de um sal em fusão, como por exemplo uma mistura de KNO_3 , $NaNO_2$ e $NaNO_3$, no seio do qual são mergulhadas

as partes inferiores dos referidos cilindros e a parte superior da referida banda.

5^a- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de que como meio promotor de têmpera ser utilizado um gás inerte, refrigerado até ficar no estado líquido, que irá ser projectado sobre a parte superior da referida banda, sobre as suas faces opostas, e por debaixo dos referidos cilindros imediatamente depois da banda se ter separado destes últimos.

6^a- Dispositivo próprio para a realização do processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender uma lingoteira de vazamento contínuo constituída por dois cilindros arrefecidos que rodam em sentidos contrários e que se acham dispostos um defronte do outro de maneira a definir entre eles um espaço de vazamento, e um sistema de têmpera próprio para fazer com que a referida banda de aço solidificada vá, por debaixo da lingoteira, sofrer um arrefecimento suficientemente rápido para impedir a formação de austenite.

7^a- Dispositivo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o referido sistema de têmpera permitir assegurar que o arrefecimento da referida banda vazada seja feito a uma velocidade cujo valor mínimo deverá ser de 300°C/s e até uma temperatura de pelo menos cerca de 500°C.

8^a- Dispositivo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o referido sistema de têmpera compreender um banho líquido que se acha disposto por debaixo da referida lingoteira e através do qual pode ser extraída a referida banda de aço solidificada, encontrando-se o referido banho contido no

interior dum recipiente cujo fundo se acha dotado duma abertura para passagem da banda solidificada.

9ª- Dispositivo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por existir um sistema que é próprio para reter o líquido que é arrastado pela passagem da referida banda, constituído por exemplo por injectores colocados por debaixo do referido recipiente de cada um dos lados da banda, e que é capaz de projectar um fluido sobre a referida banda quando esta última sai de dentro do recipiente, sendo o referido fluido constituído, por exemplo, por água ou por uma mistura atomizada água-ar.

10ª- Dispositivo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o referido sistema de têmpora compreender uns injectores que são próprios para projectar um gás inerte liquefeito sobre a referida banda solidificada quando esta última sai do espaço de vazamento e que se acham colocados por debaixo dos referidos cilindros, dum e doutro lado da banda.

11ª- Dispositivo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por incluir uma cobertura de protecção que se acha disposta por debaixo da referida lingoteira, na qual se acham colocados os referidos injectores de projecção dum gás inerte e que envolve a banda de maneira a fazer com que o gás projectado sobre a referida banda vá ficar retido dentro dum espaço fechado e a assegurar a protecção da banda contra a oxidação, sendo a referida cobertura de protecção aberta na zona da sua base de maneira a permitir a extracção e a evacuação da referida banda.

Lisboa, 9 de Agosto de 1991



J. PEREIRA DA CRUZ
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 10-A 3^o
1200 LISBOA

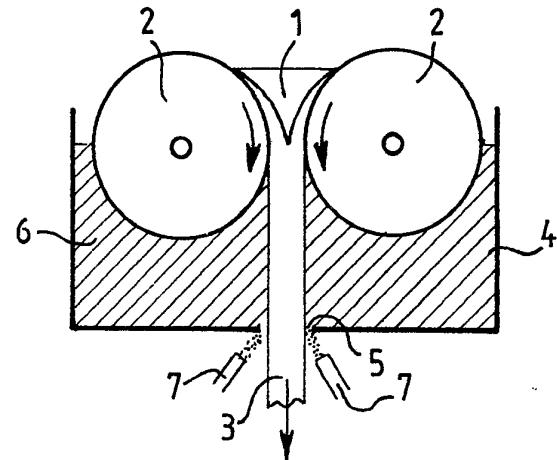


FIG.1

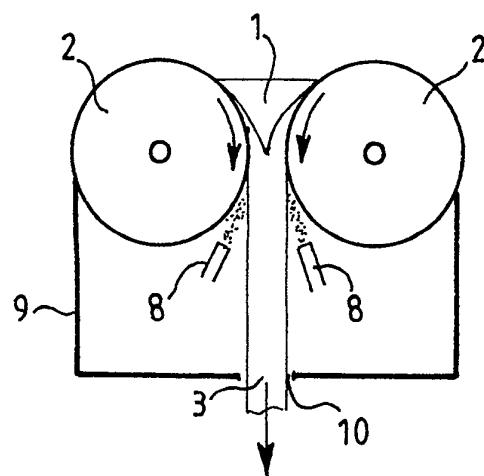


FIG.2