



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2002/12/18

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2003/06/24

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2010/12/14

(30) Priorité/Priority: 2001/12/24 (FR0116831)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C22C 38/18* (2006.01),
B22D 11/06 (2006.01), *C21D 8/02* (2006.01),
C22C 38/00 (2006.01), *C22C 38/04* (2006.01),
C22C 38/20 (2006.01), *C22C 38/22* (2006.01),
C22C 38/26 (2006.01), *C22C 38/30* (2006.01),
C22C 38/40 (2006.01), *C22C 38/60* (2006.01),
C21D 8/12 (2006.01)

(72) Inventeurs/Inventors:
MARCHIONNI, CHRISTIAN, FR;
LE PAPILLON, YANN, FR;
LECLERCQ, ALAIN, FR;
FARAL, MICHEL, FR;
DAMASSE, JEAN-MICHEL, IT;

(54) Titre : PRODUIT SIDERURGIQUE EN ACIER AU CARBONE, NOTAMMENT DESTINE A LA GALVANISATION, ET
SES PROCEDES DE REALISATION

(54) Title: CARBON STEEL FERROUS PRODUCT, NAMELY FOR GALVANIZATION, AND ITS METHODS OF
PRODUCTION

(57) **Abrégé/Abstract:**

Produit sidérurgique en acier au carbone, destiné à être galvanisé, caractérisé en ce qu'il se présente sous forme d'une bande ou d'une tôle obtenue à partir d'un demi-produit coulé en continu de composition en poids: - $0,0005\% \leq C \leq 0,15\%$; - $0,08\% \leq Mn \leq 2\%$; - $Si \leq 0,040\%$, de préférence $\leq 0,030\%$; - $Al_{total} \leq 0,010\%$, de préférence $\leq 0,004\%$; - $Al_{soluble} \leq 0,004\%$; - $0,0050\% \leq O_{total} \leq 0,0500\%$, et de préférence $\leq 0,0300\%$; - $P \leq 0,20\%$, de préférence $\leq 0,03\%$; - $S \leq 0,10\%$, de préférence $\leq 0,03\%$; - chacun de Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co $\leq 1\%$, de préférence $\leq 0,5\%$; - chacun de Ti, Nb, V, Zr $\leq 0,5\%$, de préférence $\leq 0,2\%$; - chacun de Sn, Sb, As $\leq 0,1\%$; - $B \leq 0,1\%$, de préférence $\leq 0,01\%$; - $N \leq 0,0400\%$, de préférence $\leq 0,0150\%$; le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. Procédé pour l'obtention d'un demi-produit sidérurgique, caractérisé en ce que: - on élabore en poche un acier liquide dont les teneurs en C, Mn, Si, Al, P, S, Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co, Ti, Nb, V, Zr, Sn, Sb, As, B et N sont comme précédemment, et dont on maintient la teneur en oxygène dissous entre 0,0050 et 0,0500% grâce à l'établissement d'un équilibre chimique entre le métal et le laitier de poche; - et on coule ledit acier sur une machine de coulée continue.

(72) Inventeurs(suite)/Inventors(continued): ROCABOIS, PHILIPPE, FR

(73) Propriétaires(suite)/Owners(continued):USINOR, FR

(74) Agent: ROBIC

ABREGE DU CONTENU TECHNIQUE DE L'INVENTION

Produit sidérurgique en acier au carbone, destiné à être galvanisé, caractérisé en ce qu'il se présente sous forme d'une bande ou d'une tôle obtenue à partir d'un demi-produit coulé en continu de composition en poids :

- $0,0005\% \leq C \leq 0,15\%$;
- $0,08\% \leq Mn \leq 2\%$;
- $Si \leq 0,040\%$, de préférence $\leq 0,030\%$;
- $Al_{total} \leq 0,010\%$, de préférence $\leq 0,004\%$;
- $Al_{soluble} \leq 0,004\%$;
- $0,0050\% \leq O_{total} \leq 0,0500\%$, et de préférence $\leq 0,0300\%$;
- $P \leq 0,20\%$, de préférence $\leq 0,03\%$;
- $S \leq 0,10\%$, de préférence $\leq 0,03\%$;
- chacun de Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co $\leq 1\%$, de préférence $\leq 0,5\%$;
- chacun de Ti, Nb, V, Zr $\leq 0,5\%$, de préférence $\leq 0,2\%$;
- chacun de Sn, Sb, As $\leq 0,1\%$;
- $B \leq 0,1\%$, de préférence $\leq 0,01\%$;
- $N \leq 0,0400\%$, de préférence $\leq 0,0150\%$;

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Procédé pour l'obtention d'un demi-produit sidérurgique, caractérisé en ce que :

- on élabore en poche un acier liquide dont les teneurs en C, Mn, Si, Al, P, S, Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co, Ti, Nb, V, Zr, Sn, Sb, As, B et N sont comme précédemment, et dont on maintient la teneur en oxygène dissous entre 0,0050 et 0,0500% grâce à l'établissement d'un équilibre chimique entre le métal et le laitier de poche ;
- et on coule ledit acier sur une machine de coulée continue.

**PRODUIT SIDÉRURGIQUE EN ACIER AU CARBONE, NOTAMMENT DESTINÉ
À LA GALVANISATION, ET SES PROCÉDÉS DE RÉALISATION**

L'invention concerne la sidérurgie. Plus précisément, elle concerne les aciers au carbone du type de ceux devant subir une galvanisation, c'est à dire un dépôt de zinc sur leur surface par trempage du produit dans un bain de zinc liquide. Ce produit se trouve alors généralement sous forme de bande en défilement ou de tôle.

10 Les aciers au carbone destinés à la galvanisation sont des aciers contenant au maximum 0,15% de carbone et 0,08 à 2% de manganèse, ainsi que les éléments d'alliage et impuretés habituels dans les aciers au carbone. Les différentes classes d'acier pour galvanisation se distinguent essentiellement par leurs teneurs en éléments désoxydants.

Les aciers dits « de classe 3 » ont une teneur en silicium de 0,15 à 0,25%.

Les aciers dits « de classe 2 » ont une teneur en silicium inférieure ou égale à 0,040%.

Les aciers dits « de classe 1 » ont une teneur en silicium inférieure ou égale à 0,030%.

20 L'élaboration et la coulée en continu des aciers de classe 3 ne posent pas de problèmes particuliers, car leur teneur en silicium fait que cet élément pilote la désoxydation de l'acier liquide en formant avec l'oxygène dissous des inclusions oxydées (éventuellement en combinaison avec le manganèse).

Pour cette raison, on n'observe pas au sein de l'acier liquide de formation de CO qui serait susceptible de causer une effervescence de l'acier lors de sa coulée.

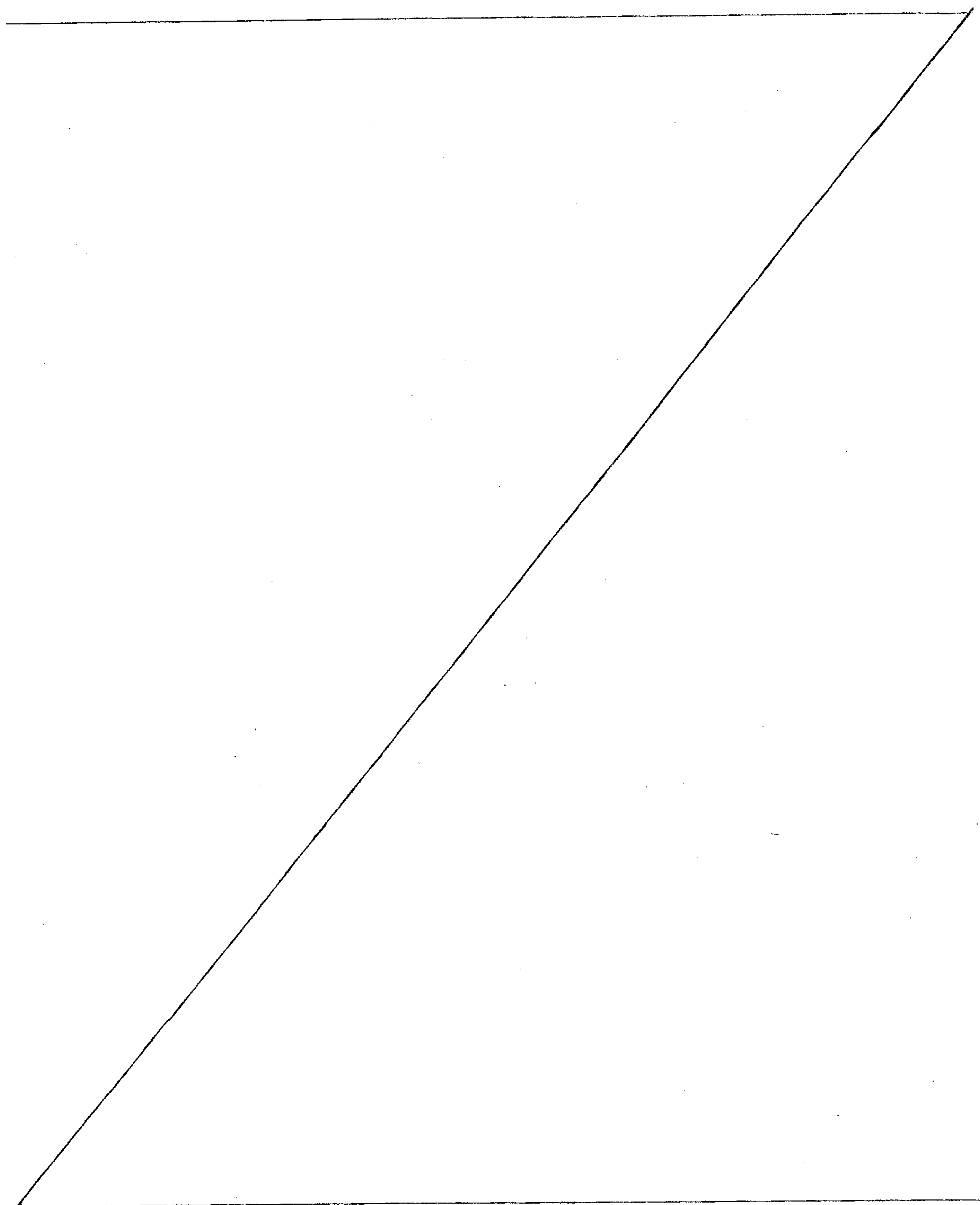
Il n'en est pas de même dans le cas des aciers des classes 1 et 2. Dans leurs cas, la teneur en silicium est trop faible pour que cet élément intervienne dans le processus de désoxydation. C'est alors le carbone qui pilote cette désoxydation, et cela se traduit par une formation et un dégagement de CO, rendant l'acier « effervescent ». Cette effervescence présente deux inconvénients :

30 - d'une part, elle provoque souvent lors de la solidification de l'acier l'apparition de « soufflures », dans la zone centrale du produit, c'est à dire de porosités correspondant à l'emplacement de poches de gaz présentes au moment de la solidification ; cet inconvénient peut cependant être annulé si l'acier subit ensuite un fort laminage à chaud qui va refermer ces porosités ;

1a

- d'autre part, si l'effervescence devient inopinément trop importante, il y a un risque que l'acier déborde de la lingotière où a lieu sa solidification.

Ce dernier risque est particulièrement à craindre lorsqu'un acier est coulé en continu sur une machine du type habituel à lingotière sans fond refroidie



et oscillante, à parois fixes. Si un débordement de l'acier présent dans la lingotière se produit, il représente un danger pour le personnel présent alentour, et entraîne de graves détériorations sur la machine de coulée.

Pour cette raison, les tôles et bandes d'acier des classes 1 et 2 sont
5 habituellement obtenues à partir de demi-produits qui sont :

- soit coulés non en continu, mais en lingots dans une lingotière traditionnelle, car ce procédé tolère mieux les possibles effervescences de l'acier : le remplissage de la lingotière peut être interrompu avant son débordement si on constate une forte effervescence, et même les conséquences
10 d'un débordement ne sont jamais graves au point de remettre en cause la marche régulière de l'aciérie ; les lingots sont ensuite laminés à chaud pour former des brames ;

- soit coulés en continu sous forme de brames sur des machines classiques à lingotière sans fond refroidie oscillante à parois fixes, mais après
15 adjonction à l'acier d'une quantité relativement importante d'aluminium pour que ce soit cet élément qui pilote la désoxydation en formant des inclusions d'alumine solides, empêchant ainsi la formation de CO, donc l'effervescence.

Ces deux méthodes ne sont cependant pas idéales. La coulée en lingots est notoirement moins productive que la coulée continue et nécessite
20 ensuite un plus grand nombre d'étapes de laminage à chaud pour l'obtention d'un produit d'une épaisseur donnée. Quant à la désoxydation à l'aluminium, elle est plus coûteuse en éléments d'alliage. De plus, les inclusions d'alumine doivent être autant que possible éliminées avant l'étape de coulée continue pour qu'elles ne risquent pas de boucher les busettes du répartiteur de la machine de coulée.

On peut rendre ces inclusions d'alumine liquides par un traitement au calcium, mais cela introduit un coût supplémentaire en éléments d'alliage. Il est également nécessaire d'empêcher autant que possible les réoxydations atmosphériques lors de la coulée continue, pour éviter la formation de nouvelles inclusions d'alumine que l'on ne pourra pas éliminer avant la solidification, et qui
30 se retrouveront dans le produit final, dont elles dégraderont les propriétés mécaniques. A cet effet, on injecte de l'argon dans les busettes introduisant l'acier dans la lingotière, ce qui, là encore, augmente le coût de fabrication. De plus, il y a un risque de piégeage de bulles d'argon au moment de la solidification, susceptible de causer des défauts dans le produit.

Il serait pourtant intéressant de fabriquer les aciers pour galvanisation des classes 1 et 2 par un procédé aussi économique que possible, car ces aciers présentent l'avantage d'autoriser des vitesses de dépôt du revêtement de galvanisation plus élevées que les aciers de classe 3. Cet avantage est peu
35

sensible lorsque la galvanisation est effectuée par déroulement d'une bande d'acier dans un bain de zinc liquide. En revanche, lorsqu'une tôle isolée est trempée dans le bain de zinc, il est important pour la qualité du produit et la productivité de l'installation que ce dépôt soit le plus rapide possible.

Le but de l'invention est de mettre les aciéristes en mesure de proposer des bandes et des tôles d'acier pour galvanisation correspondant aux nuances des classes 1 et 2 précédemment citées, produites à des coûts minimaux, c'est à dire réalisées à partir de demi-produits coulés en continu, et ne contenant pas ou très peu d'aluminium.

10 A cet effet, l'invention a pour objet un produit sidérurgique en acier au carbone, destiné à être galvanisé, caractérisé en ce qu'il se présente sous forme d'une bande ou d'une tôle obtenue à partir d'un demi-produit coulé en continu et formée d'un acier de composition en poids :

- $0,0005\% \leq C \leq 0,15\%$;
- $0,08\% \leq Mn \leq 2\%$;
- $Si \leq 0,040\%$, de préférence $\leq 0,030\%$;
- $Al_{total} \leq 0,010\%$, de préférence $\leq 0,004\%$;
- $Al_{soluble} \leq 0,004\%$;
- $0,0050\% \leq O_{total} \leq 0,0500\%$, et de préférence $\leq 0,0300\%$;
- $P \leq 0,20\%$, de préférence $\leq 0,03\%$;
- $S \leq 0,10\%$, de préférence $\leq 0,03\%$;
- 20 - chacun des éléments Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co $\leq 1\%$, de préférence $\leq 0,5\%$;
- chacun des éléments Ti, Nb, V, Zr $\leq 0,5\%$, de préférence $\leq 0,2\%$;
- chacun des éléments Sn, Sb, As $\leq 0,1\%$;
- $B \leq 0,1\%$, de préférence $\leq 0,01\%$;
- $N \leq 0,0400\%$, de préférence $\leq 0,0150\%$;

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Plus particulièrement l'invention vise un procédé pour l'obtention d'un demi-produit sidérurgique, caractérisé en ce que:

3a

- on élabore en poche un acier liquide dont la composition est, en pourcentages pondéraux:

- $0,0005\% \leq C \leq 0,15\%$
- $0,08\% \leq Mn \leq 2\%$
- $Si \leq 0,040\%$
- $Al_{total} \leq 0,010\%$
- $Al_{soluble} \leq 0,004\%$
- $0,0050\% \leq O_{total} \leq 0,0500\%$
- $P \leq 0,20\%$
- $S \leq 0,10\%$
- chacun des éléments Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co $\leq 1\%$
- chacun des éléments Ti, Nb, V, Zr $\leq 0,5\%$
- chacun des éléments Sn, Sb, As $\leq 0,1\%$
- $B \leq 0,1\%$
- $N \leq 0,400\%$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration;

- on maintient la teneur en oxygène dissous entre 0,0050% et 0,0500% grâce à l'établissement d'un équilibre chimique entre le métal et le laitier de poche qui le recouvre;

- on établit l'équilibre chimique en réglant la composition du laitier de poche et en réalisant une agitation du métal liquide;

- on coule ledit acier sur une machine de coulée continue;

- en ce que ladite machine de coulée continue est une machine de coulée continue de bandes minces d'une épaisseur de 1-10mm, dans une lingotière à une ou plusieurs parois mobiles accompagnant le produit en cours de solidification;

- en ce que ladite machine est une coulée continue entre cylindres;

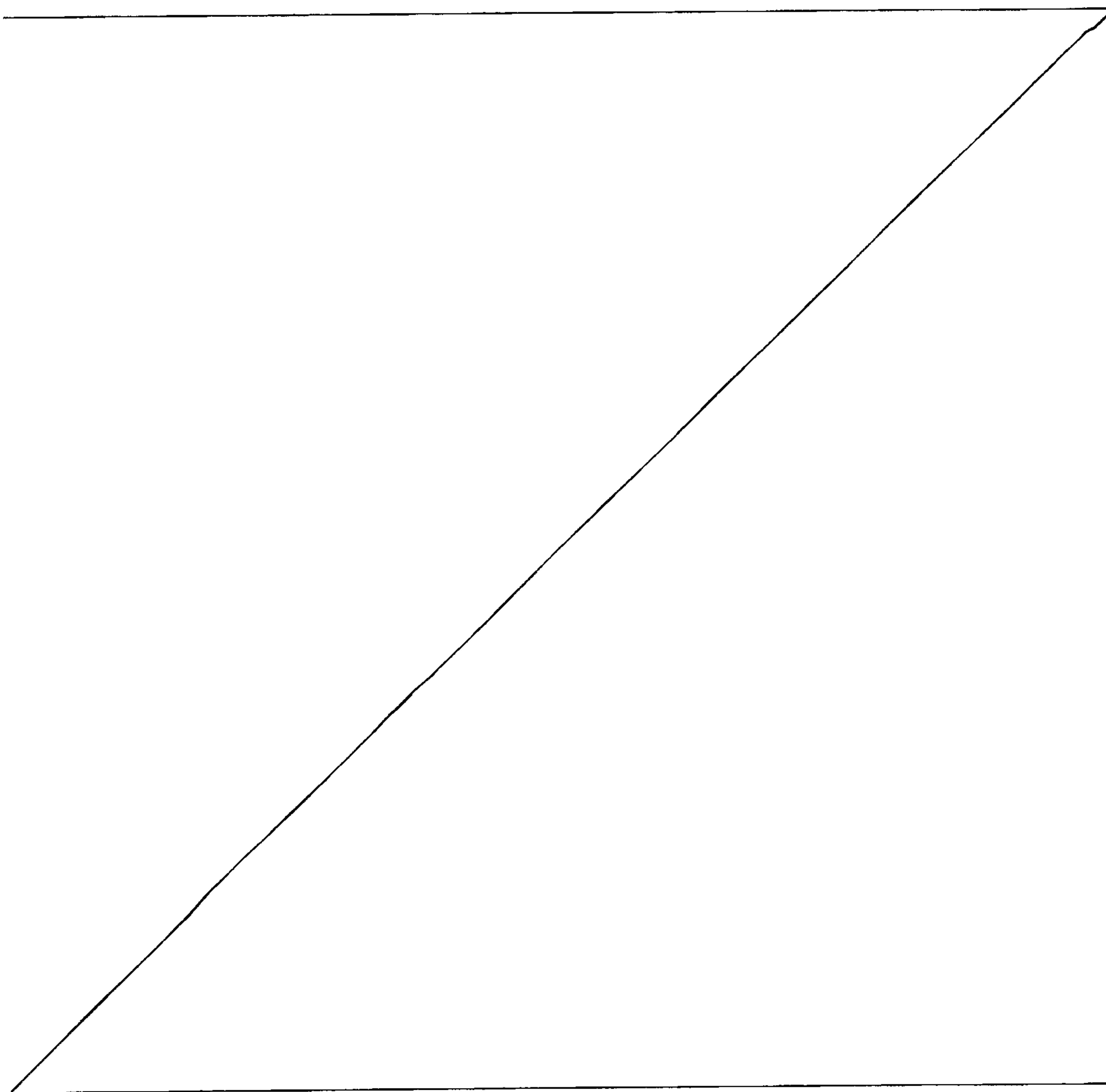
- et en ce que la teneur en oxygène dissous est suffisamment basse pour éviter une effervescence de l'acier dans la lingotière pendant la coulée.

3b

L'invention a également pour objet un produit sidérurgique résultant de la galvanisation du produit précédent.

L'invention a également pour objet un procédé pour l'obtention d'un demi-produit sidérurgique, caractérisé en ce que :

- on élabore en poche un acier liquide dont les teneurs en C, Mn, Si, Al, P, S, Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co, Ti, Nb, V, Zr, Sn, Sb, As, B et N sont conformes à celles citées précédemment, et dont on maintient la teneur en oxygène.



dissous entre 0,0050 et 0,0500% grâce à l'établissement d'un équilibre chimique entre le métal et le laitier de poche qui le recouvre ;

- et on coule ledit acier sur une machine de coulée continue.

Ladite machine de coulée continue peut être une machine de coulée
5 continue de brames dans une lingotière à parois fixes.

Ladite machine de coulée continue peut être une machine de coulée continue de bandes minces dans une lingotière à une ou plusieurs parois mobiles accompagnant le produit en cours de solidification.

Ladite machine peut, dans ce cas, être une coulée continue entre
10 cylindres.

L'invention a également pour objet un procédé d'obtention d'un produit sidérurgique du type précédent, caractérisé en ce que :

- on élabore et on coule un demi-produit sidérurgique, en utilisant un procédé tel que précédemment décrit

15 - et on lamine ledit demi-produit sous forme d'une bande.

L'invention a également pour objet un procédé d'obtention d'un produit sidérurgique du type précédent, caractérisé en ce qu'on élabore et on coule un demi-produit sidérurgique sous forme d'une bande, en utilisant une machine de coulée continue de bandes minces.

20 On peut ensuite laminier ladite bande.

L'invention a également pour objet un procédé d'obtention d'un produit sidérurgique, caractérisé en ce qu'on élabore une bande par un des procédés précédents, et en ce qu'on effectue une galvanisation de ladite bande.

Comme on l'aura compris, selon l'invention on réalise l'élaboration et
25 la coulée en continu d'un acier liquide dont les caractéristiques de composition répondent aux conditions exigées pour les aciers destinés à la galvanisation des classes 1 ou 2 sans aluminium. Leur coulée sous forme de demi-produits exploitables pour une galvanisation ultérieure est rendue possible dans des conditions de coût et de sécurité convenables par l'emploi de l'une ou l'autre de
30 ces deux méthodes, qui peuvent d'ailleurs être combinées :

- l'élaboration de l'acier liquide dans des conditions telles qu'un équilibre entre le métal liquide et le laitier de poche s'établit et impose une teneur en oxygène dissous suffisamment basse pour éviter l'apparition d'une effervescence dans la lingotière de la machine de coulée continue ; cette teneur

en oxygène doit être conservée autant que possible entre la poche et la lingotière ;

- la coulée de l'acier sous forme de bandes minces (généralement de 1 à 10 mm d'épaisseur), sur une installation de coulée entre deux cylindres ou entre deux bandes en défilement, qui est plus tolérante qu'une machine de coulée continue classique à lingotière oscillante à parois fixes vis-à-vis d'une effervescence de l'acier ; on peut également utiliser à cet effet une installation de coulée sur une surface en mouvement unique, telle qu'une bande en défilement ou un cylindre en rotation.

10 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit.

De manière générale, la composition de l'acier que l'on désire obtenir présente les caractéristiques suivantes (les pourcentages sont des pourcentages pondéraux).

La teneur en carbone est comprise entre 0,0005% et 0,15%.

15 La teneur en manganèse est comprise entre 0,08% et 2%.

La teneur en silicium est inférieure ou égale à 0,040% (acier de classe 2), préférentiellement inférieure ou égale à 0,030% (acier de classe 1) pour, comme on l'a dit, procurer une vitesse de dépôt élevée lors de la galvanisation.

20 La teneur en « aluminium total » est inférieure ou égale à 0,010%, préférentiellement inférieure ou égale à 0,004%. La teneur en aluminium dit « soluble » (c'est à dire soluble dans une solution acide au moment de l'analyse de l'échantillon) est inférieure ou égale à 0,004%. Ces deux conditions reviennent à dire qu'au moins lors des dernières étapes de l'élaboration de l'acier, la teneur en oxygène dissous n'a pas été pilotée par un ajout d'aluminium, et que celui-ci ne se retrouve dans le produit final qu'à l'état de traces. Ces traces sont, dans la pratique, essentiellement constituées par de l'aluminium présent sous forme d'alumine dans les inclusions oxydées résultant des contacts entre le métal et le laitier de poche.

30 La teneur en oxygène total est comprise entre 0,0050 et 0,0500%, et de préférence entre 0,0050 et 0,0300%. Cette teneur en oxygène résulte des équilibres chimiques qui ont été établis dans la poche, au cours de l'élaboration, entre le métal liquide et le laitier de poche, de l'éventuel apport d'oxygène atmosphérique au métal liquide qui a pu se produire entre l'élaboration en poche et la coulée du métal dans la lingotière, et de l'efficacité du processus de décantation des inclusions oxydées formées pendant et après l'élaboration en poche. En général, on vise une teneur en oxygène total dans le produit final comprise entre 0,0050 et 0,0300%, car au-delà de 0,0300%, les propriétés mécaniques du produit risquent d'être détériorées.

Les teneurs en phosphore et en soufre (inférieures ou égales à 0,20% pour le soufre, à 0,10% pour le phosphore, de préférence inférieures ou égales à 0,030%), en cuivre, chrome, nickel, molybdène, tungstène, cobalt (inférieures ou égales à 1%, de préférence inférieures ou égales à 0,5%), en titane, niobium, vanadium, zirconium (inférieures ou égales à 0,5% de préférence inférieures ou égales à 0,2%), en étain, antimoine, arsenic (inférieures ou égales à 0,1%), en bore (inférieure ou égale à 0,1%, de préférence égale à 0,01%) et en azote (inférieure ou égale à 0,0400%, de préférence inférieure ou égale à 0,015%) correspondant aux exigences les plus habituelles dans les aciers pour galvanisation.

Les autres éléments présents sont du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Selon un procédé de fabrication d'une bande ou d'une tôle d'un acier selon l'invention, on élabore dans la poche de coulée un acier ayant les teneurs en C, Mn, Si, P, S, Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co, Ti, Nb, V, Zr, Sn, Sb, As, B et N citées ci-dessus. Au tout début de l'élaboration (par exemple lors de la coulée en poche), on peut ajouter de l'aluminium pour capter la plus grande part de l'oxygène dissous présent dans l'acier liquide au moment du remplissage de la poche de coulée. On forme ainsi des inclusions d'alumine qui vont normalement décanter dans le laitier de poche au cours de l'élaboration. Mais dans la suite de l'élaboration, généralement, on n'ajoutera plus d'aluminium, de manière à éviter de retrouver, dans le produit final, plus de 0,010% d'aluminium total et plus de 0,004% d'aluminium soluble. Dans ces conditions, si on n'utilise pas du tout d'aluminium ou si tout l'aluminium ajouté en début d'élaboration est consommé pour former de l'alumine qui décanse en quasi-totalité par la suite, la teneur en oxygène dissous de l'acier liquide est contrôlée soit par le carbone, soit par le silicium, soit par le manganèse, soit par ces deux derniers éléments simultanément. Compte tenu des très faibles teneurs en silicium de l'acier, c'est dans la plupart des cas le carbone qui devrait piloter la désoxydation, et cela aboutirait à la formation de CO qui rendrait l'acier « effervescent », avec tous les inconvénients que cela comporte au moment de la coulée, comme on l'a déjà dit.

Selon le procédé de fabrication selon l'invention, l'aciériste responsable de l'élaboration fait en sorte que malgré sa faible teneur, le silicium (éventuellement en association avec le manganèse), soit l'élément qui pilote la désoxydation. A cet effet, on réalise un équilibre chimique entre le métal et le laitier recouvrant l'acier liquide en poche :

- en réglant la composition du laitier dans un domaine adéquat ;

- et en réalisant une agitation du métal liquide (par un procédé connu, tel que l'injection d'un gaz neutre et/ou l'utilisation d'un brasseur électromagnétique) de manière à réaliser un contact intime entre le laitier et le métal qui vient à son contact de manière renouvelée.

5 L'aciériste peut déterminer, à l'aide de modèles théoriques disponibles dans la littérature, quelles compositions de laitier peuvent lui permettre d'obtenir une teneur en oxygène dissous donnée, pour des teneurs en Si et Mn données. Il peut régler la composition de son laitier de poche en y ajoutant de la chaux, de la silice, de l'alumine et/ou de la magnésie de façon à former un « laitier synthétique ». A cet effet, il peut procéder à des analyses chimiques du laitier en
10 cours d'élaboration, de façon à déterminer quels oxydes doivent y être ajoutés pour obtenir la composition désirée. Le résultat de cette pratique peut être contrôlé par des mesures de la teneur en oxygène dissous de l'acier liquide, réalisées au moyen de piles électrochimiques connues. En fin d'élaboration, on
15 obtient un acier dont la teneur en oxygène dissous doit être située dans les limites prescrites pour la teneur en oxygène total de l'acier selon l'invention, et la poche est envoyée vers l'installation de coulée continue.

A titre d'exemple, on peut dire qu'un acier contenant 0,02% de Si et 0,8% de Mn et mis en équilibre avec un laitier de composition 40% de CaO, 35%
20 de SiO₂, 10% de MnO, 10% de MgO, 5% d'oxydes divers renferme 70ppm d'oxygène dissous.

De même, un acier contenant 0,01% de Si et 0,6% de Mn et mis en équilibre avec un laitier de composition 35% de CaO, 35% de SiO₂, 20% de MnO, 10% de MgO et d'oxydes divers renferme 100ppm d'oxygène dissous.

25 Pendant la coulée continue, il faut veiller à ce que la teneur en oxygène dissous obtenue à la fin de l'élaboration en poche ne soit pas augmentée trop sensiblement par la suite du fait des réoxydations susceptibles de se produire au contact de l'atmosphère. Pour conserver la teneur en oxygène dissous, on peut proposer plusieurs modes opératoires pouvant être cumulés :

30 - continuer le brassage de l'acier liquide en poche pendant la coulée, de manière à assurer la conservation de l'équilibre métal-laitier dans la poche pendant toute la durée de la coulée ;

- conférer à la poudre de couverture recouvrant l'acier présent dans le répartiteur de la machine de coulée une composition procurant un équilibre
35 métal-laitier permettant de conserver la teneur en oxygène dissous obtenue dans la poche dans les limites recherchées ;

- protéger autant que possible le métal liquide des réoxydations atmosphériques en l'exposant à un gaz non oxydant (argon, hélium, voire azote

si on accepte une teneur en azote relativement élevée dans le métal final) jusqu'à son introduction dans la lingotière ; à cet effet on peut réaliser une injection de gaz non oxydant dans les tubes en réfractaire protégeant les jets de coulée entre poche et répartiteur et répartiteur et lingotière, et/ou réaliser un capotage intégral du répartiteur et injecter du gaz non oxydant sous le capot.

Dans ces conditions, l'acier liquide présent dans la lingotière au moment de la coulée contient une teneur en oxygène dissous insuffisante pour provoquer une réaction avec le carbone qui entraînerait un dégagement de CO important, risquant de provoquer une effervescence dangereuse. On évite ainsi un risque de débordement du métal liquide hors de la lingotière.

Ce mode opératoire est applicable aux aciers coulés en continu sous forme de brames sur des machines utilisant des lingotières sans fond oscillantes à parois fixes. Elles peuvent être du type classique utilisé pour couler des brames de l'ordre de 20cm d'épaisseur qui sont ensuite laminées à chaud pour obtenir des bandes à chaud. Celles-ci peuvent être ensuite galvanisées et utilisées telles quelles, ou peuvent subir un laminage à froid et d'autres traitements thermiques ou thermomécaniques avant leur galvanisation.

On peut également utiliser à cet effet des installations de coulée de brames minces, sur lesquelles l'épaisseur du produit en sortie de machine est de l'ordre de 3 à 15cm, éventuellement après que le produit sortant de la lingotière a subi une opération de compression sur cœur liquide. Les brames ainsi coulées sont ensuite laminées à chaud.

Selon une autre variante de l'invention, on effectue la coulée d'un acier liquide élaboré comme ci-dessus sur une installation de coulée continue du type ayant une lingotière sans fond dont deux grandes parois mobiles accompagnent le produit en cours de solidification. Les deux principaux procédés connus répondant à cette caractéristique sont la coulée entre deux bandes en défilement refroidies et la coulée entre deux cylindres à axes horizontaux refroidis intérieurement et mis en rotation en sens inverses. L'espace de coulée où a lieu la solidification du produit est obturé latéralement par des faces latérales fixes. On obtient ainsi directement des produits sous forme de bandes, généralement de 1 à 10mm d'épaisseur, qui peuvent ensuite subir un laminage à chaud (éventuellement sur une cage disposée en ligne avec l'installation de coulée). La bande peut ensuite être utilisée directement, ou subir un laminage à froid et divers autres traitements thermomécaniques habituels.

Dans le cas de la coulée d'aciers selon l'invention, destinés notamment à la galvanisation, l'utilisation d'une telle installation de coulée directe de bandes est avantageuse en ce que le puits liquide présent dans la lingotière a

une moindre profondeur que dans une lingotière de coulée continue classique. Les bulles de CO qui se forment dans la partie inférieure du puits liquide ont donc une moindre possibilité de croissance avant de parvenir à la surface du puits liquide, et l'effervescence est sensiblement atténuée par rapport à ce que l'on observerait lors de la coulée du même acier sur une coulée continue classique. De plus, la forme évasée vers le haut de la lingotière est plus adaptée que la section pratiquement constante des lingotières fixes classiques à une atténuation des variations de niveau dues à une effervescence. Enfin, si un débordement de métal liquide se produit, ses conséquences sont généralement d'une moindre gravité que dans le cas d'une coulée continue de brames classique, car les organes présents sous la lingotière et susceptibles d'être atteints par l'acier liquide sont moins nombreux et plus aisément protégeables. Si des porosités au centre de la bande apparaissent à la solidification, il est possible de les refermer par un laminage à chaud.

En variante, on peut réaliser la coulée de la bande sur une installation dont la lingotière ne comporte qu'une seule paroi mobile, telle qu'une bande en défilement ou un cylindre en rotation. On peut ainsi avoir accès à des épaisseurs de bande inférieures à 1mm.

Il va de soi que les produits selon l'invention peuvent trouver des applications hors du strict domaine de la galvanisation.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour l'obtention d'un demi-produit sidérurgique, caractérisé en ce que:

- on élabore en poche un acier liquide dont la composition est, en pourcentages pondéraux:

- $0,0005\% \leq C \leq 0,15\%$

- $0,08\% \leq Mn \leq 2\%$

- $Si \leq 0,040\%$

- $Al_{total} \leq 0,010\%$

- $Al_{soluble} \leq 0,004\%$

- $0,0050\% \leq O_{total} \leq 0,0500\%$

- $P \leq 0,20\%$

- $S \leq 0,10\%$

- chacun des éléments Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co $\leq 1\%$

- chacun des éléments Ti, Nb, V, Zr $\leq 0,5\%$

- chacun des éléments Sn, Sb, As $\leq 0,1\%$

- $B \leq 0,1\%$

- $N \leq 0,400\%$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration;

- on maintient la teneur en oxygène dissous entre 0,0050% et 0,0500% grâce à l'établissement d'un équilibre chimique entre le métal et le laitier de poche qui le recouvre;

-on établit l'équilibre chimique en réglant la composition du laitier de poche et en réalisant une agitation du métal liquide;

- on coule ledit acier sur une machine de coulée continue;

- en ce que ladite machine de coulée continue est une machine de coulée continue de bandes minces d'une épaisseur de 1-10mm, dans une lingotière à une ou plusieurs parois mobiles accompagnant le produit en cours de solidification;

- en ce que ladite machine est une coulée continue entre cylindres;
- et en ce que la teneur en oxygène dissous est suffisamment basse pour éviter une effervescence de l'acier dans la lingotière pendant la coulée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que:

- $\text{Si} \leq 0,030\%$
- $\text{Al}_{\text{total}} \leq 0,004\%$
- $0,050\% \leq \text{O}_{\text{total}} \leq 0,0300\%$
- $\text{P} \leq 0,03\%$
- $\text{S} \leq 0,03\%$

10

- chacun des éléments Cu, Cr, Ni, Mo, W, Co $\leq 0,5\%$
- chacun des éléments Ti, Nb, V, Zr $\leq 0,2\%$
- $\text{B} \leq 0,01\%$
- $\text{N} \leq 0,0150\%$

3. Procédé pour l'obtention d'un produit sidérurgique, caractérisé en ce qu'on élabore et coule une bande par le procédé selon la revendication 1 ou 2 et en ce qu'on effectue une galvanisation de ladite bande.

4. Procédé pour l'obtention d'un demi-produit sidérurgique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on lamine ledit demi-produit sous forme d'une bande de plus faible épaisseur.

20

5. Procédé pour l'obtention d'un produit sidérurgique, caractérisé en ce qu'on produit une bande par le procédé selon la revendication 4 et on galvanise ladite bande.

6. Procédé pour l'obtention directe d'un produit sidérurgique selon la revendication 1, dans lequel l'étape de coulée comprend de plus la réalisation directe du demi-produit sidérurgique sous la forme d'une bande ayant une épaisseur de 1-10 mm.

7. Procédé pour l'obtention d'un produit sidérurgique, comprenant la réalisation d'une bande par le procédé selon la revendication 6, et la galvanisation de la bande.

8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on lamine la bande.

9. Procédé pour l'obtention d'un produit sidérurgique, caractérisé en ce que l'on réalise une bande par le procédé selon la revendication 8, et on galvanise la bande.