



NUMERO DE PUBLICATION : 1004285A6

NUMERO DE DEPOT : 8900727

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

Classif. Internat.: B21C C21D

Date de délivrance : 27 Octobre 1992

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d' invention, notamment l' article 22;

Vu l' arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d' invention, notamment l' article 28;

Vu le procès verbal dressé le 03 Juillet 1989 à 11h30
à l' Office de la Propriété Industrielle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES - CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE METALLURGIE Association sans but lucratif - Vereniging zonder winstoogmerk
rue Montoyer 47, B-1040 BRUXELLES(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : LACASSE Lucien, CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES A.S.B.L.,
Rue Ernest Solvay, 11 - B 4000 LIEGE.

un brevet d' invention d' une durée de 6 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE ET DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT CONTINU D'UN FIL D'ACIER TREFILE.

INVENTEUR(S) : Economopoulos Marios, quai Marcellis 6/111, B-4020 Liège (BE)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l' invention, sans garantie du mérite de l' invention ou de l' exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeur(s).

Bruxelles, le 27 Octobre 1992
PAR DELEGATION SPECIALE :

WUYTS L
Directeur

5 Procédé et dispositif de refroidissement continu d'un fil d'acier
tréfilé.

La présente invention concerne un procédé de refroidissement continu d'un fil d'acier tréfilé. L'invention porte également sur
10 un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Dans la présente demande, on se réfère pour simplifier à un refroidissement à l'eau; il faut comprendre que cette eau peut contenir divers additifs, notamment des sels minéraux tels que le borax ou
15 des substances organiques, tels que des décélérateurs de trempe, qui sont par ailleurs bien connus dans la technique. D'autre part, l'expression "fil tréfilé" désigne ici un fil d'un diamètre de 1 mm à 5 mm, et de préférence de 1 mm à 3 mm, qui a déjà subi un premier tréfilage et qui doit encore subir au moins une opération de
20 tréfilage de finition. Le fil considéré ici est en acier ayant une teneur en carbone de 0,15 % à 0,85 % en poids.

Actuellement, le fil d'acier est habituellement produit par laminage à chaud d'un lingot en billettes, puis en fil machine dont le
25 diamètre est compris entre 5 mm et 14 mm. On peut également produire le fil machine à partir de blooms ou de billettes de coulée continue. Le fil machine est ensuite tréfilé en plusieurs passes, à travers des filières de diamètre décroissant, jusqu'au diamètre final désiré.

30

A l'état brut de laminage, le fil machine ne présente cependant pas une structure favorable au tréfilage et il doit subir un traitement particulier destiné à lui conférer la structure requise, à savoir une structure perlitique fine. Ce traitement particulier, appelé
35 patentage, peut être effectué soit par immersion dans un bain de plomb soit par refroidissement naturel dans l'air.

Après avoir subi une première opération de tréfilage, le fil ne présente plus une structure favorable à un nouveau tréfilage et il doit subir un traitement approprié pour recouvrer cette structure.

5

Actuellement, ce traitement consiste à échauffer le fil, dans un four multi-brins, jusqu'à une température supérieure au point A3 de façon à le rendre austénitique. On le refroidit ensuite, puis on lui applique un traitement de surface adéquat avant de le bobiner.

10 L'opération déterminante pour la structure est évidemment le refroidissement, qui est actuellement réalisé soit par patentage en bain de plomb soit par refroidissement en lit fluidisé.

15 Le patentage en bain de plomb pose des problèmes bien connus en matière de protection de l'environnement, tandis que l'emploi d'un lit fluidisé impose des frais d'exploitation et d'entretien très élevés.

20 La présente invention a pour objet de proposer un procédé permettant de réaliser un refroidissement du fil aussi proche que possible de celui qu'assure le patentage en bain de plomb, dans des conditions économiques plus favorables que précédemment et sans porter atteinte au milieu environnant.

25 Conformément à la présente invention, un procédé de refroidissement continu d'un fil d'acier tréfilé, dans lequel on refroidit le fil depuis une température supérieure à son point de transformation A3 jusqu'à la température ambiante, est caractérisé en ce que l'on opère ledit refroidissement en au moins trois étapes distinctes
30 successives, au moins les deux premières étapes consistant en des refroidissements à l'eau et la dernière étape consistant en un refroidissement à l'air, et en ce que l'on règle le refroidissement du fil individuellement dans chacune desdites étapes.

35 Au sens de la présente demande, on définit la température ambiante comme étant la température à partir de laquelle un refroidissement n'entraîne plus de modification sensible de la structure de

l'acier.

De manière préférentielle, le procédé de l'invention comporte deux étapes de refroidissement à l'eau suivies d'une étape de refroidissement à l'air. Ces étapes sont distinctes l'une de l'autre, notamment en ce qui concerne la régulation du refroidissement; elles sont appliquées successivement, et sans refroidissement ni réchauffement intermédiaire, au fil qui les traverse en séquence à une vitesse constante. Il en résulte que la durée de chaque étape dépend de la longueur du dispositif de refroidissement correspondant.

Les conditions de refroidissement dans les différentes étapes du procédé peuvent varier en fonction notamment de la teneur en carbone de l'acier et de la température d'austénitisation du fil.

15

A cet égard, il s'est avéré préférable de choisir une température d'austénitisation de 900 - 950°C; une telle température est suffisamment élevée pour assurer que le fil est entièrement austénitique, même pour des vitesses de chauffage élevées, tout en limitant d'une part la consommation d'énergie de chauffage et la quantité de chaleur à extraire lors du refroidissement.

Selon une caractéristique intéressante du procédé de l'invention, on refroidit le fil à l'eau, dans une première étape, depuis la température d'austénitisation jusqu'à une température comprise entre 750°C et 650°C avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 900 kW/m² et 1100 kW/m².

On rappellera ici que la densité moyenne de flux calorifique exprime la quantité de chaleur extraite du fil par unité de temps et par unité de surface du fil; elle permet de déterminer la puissance de refroidissement du dispositif utilisé, elle peut être calculée aisément à partir des températures initiale et finale du fil et de la durée du refroidissement. Elle traduit en fait l'intensité du refroidissement.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on refroidit le fil

à l'eau, dans une deuxième étape, depuis une température comprise entre 750°C et 650°C jusqu'à une température comprise entre 650°C et 575°C avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 300 kW/m² et 550 kW/m².

5

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, on refroidit le fil à l'air, dans une dernière étape, depuis une température comprise entre 650°C et 575°C jusqu'à une température comprise entre 600°C et 550°C, avec une densité moyenne de flux calorifique
.10 comprise entre 75 kW/m² et 350 kW/m².

Dans les étapes du procédé de l'invention qui consistent en un refroidissement à l'eau, on règle l'intensité du refroidissement en agissant de manière appropriée sur la température de l'eau; à cet
15 effet, on réchauffe, ou on refroidit cette eau selon que la température de surface du fil, mesurée à la fin de chaque étape de refroidissement, est inférieure ou supérieure à une valeur prédéterminée. De manière connue en soi cette régulation de la température de l'eau n'est mise en route que si l'écart entre la valeur mesurée
20 et la valeur prédéterminée de la température de surface du fil dépasse une valeur également prédéterminée, par exemple 10°C.

Dans l'étape du procédé de l'invention qui consiste en un refroidissement à l'air, on règle l'intensité du refroidissement en agissant sur la vitesse de circulation de l'air, c'est-à-dire sur son
25 débit; à cet effet, on augmente ou on diminue la vitesse de circulation de l'air selon que la température de surface du fil, mesurée à la fin de l'étape de refroidissement à l'air, est supérieure ou inférieure à une valeur prédéterminée. De manière également connue
30 en soi, cette régulation de la vitesse de circulation de l'air n'est mise en route que si l'écart entre la valeur mesurée et la valeur prédéterminée de la température de surface du fil dépasse une valeur également prédéterminée, par exemple 10°C. On peut préciser ici que la vitesse de circulation de l'air se relie aisément
35 au débit et, compte tenu de la température de l'air, au coefficient de transfert de chaleur et à la densité moyenne de flux calorifique correspondants.

Par un autre aspect, la présente invention porte également sur un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de refroidissement d'un fil d'acier tréfilé qui vient d'être décrit.

5

Conformément à cet aspect de l'invention, un dispositif de refroidissement continu d'un fil d'acier tréfilé, est caractérisé en ce qu'il comporte au moins trois unités de refroidissement distinctes successives, en ce qu'au moins la première et la deuxième de ces
10 unités comprennent des moyens de refroidissement du fil à l'eau, en ce que la dernière de ces unités comprend des moyens de refroidissement du fil à l'air, et en ce qu'il est prévu des moyens pour régler individuellement le refroidissement du fil dans chacune de ces unités.

15

Selon une réalisation particulière, lesdits moyens de réglage équipant une unité de refroidissement à l'eau comprennent un échangeur de chaleur immergé dans l'eau de refroidissement; cet échangeur de chaleur peut être associé à un élément chauffant, qui fonctionne
20 par exemple à l'électricité ou à la vapeur.

Dans le cas de l'unité de refroidissement à l'air, les moyens de réglage comprennent une soufflante pour faire varier la vitesse de circulation de l'air.

25

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre. Cette description porte sur des exemples de mise en oeuvre du procédé de l'invention; elle est illustrée par les dessins annexés, dans
30 lesquels la

Fig. 1 représente schématiquement un dispositif conforme à l'invention, composé de deux unités successives de refroidissement à l'eau suivies d'une unité de refroidissement à l'air; la

35 Fig. 2 illustre la comparaison du traitement d'un fil de 3 mm de diamètre par le patentage au plomb (a) et par le procédé de l'invention (b); et la

Fig. 3 illustre la comparaison du traitement d'un fil de 1 mm de diamètre par le patentage au plomb (a) et par le procédé de l'invention (b).

- 5 On a représenté schématiquement dans la Fig. 1, un dispositif de refroidissement d'un fil tréfilé 1 qui se déplace, à vitesse constante, dans le sens indiqué par la flèche 2. Dans la vue longitudinale de la Fig. 1, ainsi que dans la description correspondante, on se réfère systématiquement à un seul fil 1. Il va de soi cependant
10 que l'invention est parfaitement applicable dans les installations de la pratique courante, où l'on traite simultanément une nappe de plusieurs fils parallèles, par exemple de 15 à 40 fils.

Le dispositif de refroidissement de la Fig. 1 comprend une première
15 unité de refroidissement à l'eau de longueur A, une seconde unité de refroidissement à l'eau de longueur B et une unité de refroidissement à l'air de longueur C, les longueurs A, B, C étant prises dans la direction de déplacement du fil 1.

- 20 Les deux unités de refroidissement à l'eau ne diffèrent que par leur longueur. On ne décrira donc que la première, les éléments identiques étant d'ailleurs désignés par les mêmes repères numériques dans les deux unités.

- 25 Une unité de refroidissement à l'eau comprend un tube 3, de diamètre intérieur d et de longueur A ou B respectivement, à travers lequel circule le fil 1 à refroidir. Le tube 3 est alimenté en eau à partir d'une cuve 4, située sous le tube 3 et reliée par une conduite 5 et une pompe 6, à une nourrice transversale 7, de diamètre
30 D. La nourrice 7 est raccordée individuellement en 8 à l'entrée de chacun des tubes parallèles 3, dont un seul est représenté comme on l'a indiqué plus haut. Le tube 3 présente également une tubulure de sortie 9, par laquelle l'eau de refroidissement retourne à la cuve 4. Chaque tube est également équipé d'un sas d'entrée 10, et d'un
35 sas de sortie 11, destinés à empêcher tout écoulement d'eau par les extrémités du tube 3. Dans le fond de la cuve 3 sont disposés un appareil de chauffage électrique 12, tel qu'un plongeur, et un

échangeur de chaleur eau-eau, 13, destinés respectivement à réchauffer, ou à refroidir l'eau contenue dans la cuve 3. Il est enfin prévu, aux extrémités du tube 3, des capteurs de température 14 destinés à mesurer la température de surface du fil 1 à l'entrée et 5 à la sortie de chaque unité de refroidissement.

L'unité de refroidissement à l'air se compose essentiellement d'un tube 15, ayant le même diamètre intérieur d et une longueur C , à travers lequel circule le fil 1. Le tube 15 est alimenté en air de .10 refroidissement par une conduite 16 à partir d'une soufflante non représentée. Un sas d'entrée 17 empêche l'air de s'échapper vers le tube 3 de la seconde unité de refroidissement à l'eau. L'extrémité aval du tube 15 peut être libre, auquel cas l'air est rejeté directement à l'atmosphère, soit reliée, via un sas et une tubulure 15 non représentés, à un réservoir de stockage alimentant la soufflante. Cette extrémité est également équipée d'un capteur de température 14.

A titre d'exemple, on a refroidi des fils tréfilés d'un diamètre 20 respectif de 3 mm et de 1 mm, d'une part par patentage au plomb conventionnel, d'autre part par le procédé de "patentage à l'eau" qui fait l'objet de la présente invention.

Dans tous les cas, les fils ont été refroidis à partir d'une 25 température d'austénitisation de 950°C.

La Fig. 2a illustre le refroidissement conventionnel d'un fil de 3 mm, dans un bain de plomb à 500°C, suivi d'un refroidissement dans l'air calme. L'axe des abscisses indique le temps t exprimé en 30 secondes (s),; l'axe des ordonnées indique la température T (°C).

Dans cette Fig. 2a, la courbe (a) représente l'évolution de la température de la surface du fil, et la courbe (b) représente l'évolution de la température du centre du fil. Ces courbes sont 35 bien connues dans la pratique et elles n'appellent pas de commentaires particuliers.

Pour mettre en oeuvre le procédé de l'invention, on a construit un dispositif du type illustré dans la Fig. 1, comportant deux unités I, II de refroidissement à l'eau et une unité III de refroidissement à l'air, présentant les dimensions suivantes :

- 5 longueur unité I : $A = 0,35$ m
 longueur unité II : $B = 0,40$ m
 longueur unité III : $C = 1,00$ m
 diamètre nourrices : $D = 0,09$ m
 diamètre tubes : $d = 6$ mm.

10

Les fils tréfilés à refroidir circulaient dans les tubes à une vitesse constante de $0,5$ m/s, alors que la vitesse de l'eau dans les tubes était de 1 m/s. Le débit d'eau dans un tube était donc de $76,31$ l/h; dans le cas d'une installation de 30 fils de ce type en parallèle, il faut un débit d'eau de $2,29$ m³/h, ce qui entraîne une vitesse de $0,1$ m/s dans la nourrice transversale.

Dans l'unité I, on a appliqué une densité moyenne de flux calorifique de 910 kW/m², pour refroidir la surface du fil de 950°C à 725°C , avec de l'eau à 20°C ; il en est résulté un coefficient d'échange de chaleur de $1,11$ kW/m² °C.

Dans l'unité II, la densité moyenne de flux calorifique valait 500 kW/m² et on a refroidi le fil de 725°C à 625°C en surface, toujours avec de l'eau à 20°C .

Enfin, dans l'unité III de refroidissement à l'air, on a appliqué une densité moyenne de flux calorifique de 325 kW/m² avec de l'air à 20°C , et on a refroidi le fil jusqu'à 610°C ; cette étape de refroidissement comprend le réchauffement du fil dû au phénomène de caléfaction.

La Fig. 2b retrace l'évolution des températures de la surface (courbe a) et du centre (courbe b) d'un fil de 3 mm refroidi conformément à l'invention. On constate que ces courbes se superposent de façon quasi parfaite aux courbes (a) et (b) de la Fig. 2a. L'étape IV correspond au refroidissement final du fil dans l'air

calme.

Des essais similaires ont été effectués avec du fil tréfilé de 1 mm de diamètre, d'une part par patentage dans un bain de plomb à 575°C, et d'autre part en utilisant le même dispositif que pour les fils de 3 mm.

La Fig. 3a montre l'évolution de la température de surface du fil dans le bain de plomb; cette courbe est également bien connue dans la pratique et n'appelle pas de remarques particulières.

Le refroidissement conforme à l'invention est illustré dans la Fig. 3b. Les fils à refroidir et l'eau de refroidissement circulaient à la même vitesse dans les tubes que dans le cas précédent, à savoir 0,5 m/s et 1 m/s respectivement. Il en est résulté un débit d'eau de 98,9 l/h dans un tube et de 2,97 m³/h pour 30 tubes; la vitesse de l'eau dans la nourrice était ainsi de 0,13 m/s.

Dans l'unité I, on a appliqué une densité moyenne de flux calorifique de 1075 kW/m², pour refroidir le fil, en surface, de 950°C à 675°C, avec de l'eau à 20°C; il en est résulté un coefficient d'échange de chaleur de 1,36 kW/m² °C.

Dans l'unité II, la densité moyenne de flux calorifique valait 325 kW/m² et on a ainsi refroidi le fil de 675°C à 600°C en surface, toujours avec de l'eau à 20°C.

Enfin, dans l'unité III de refroidissement à l'air, on a appliqué une densité moyenne de flux calorifique de 100 kW/m² avec de l'air à 20°C; on a ainsi refroidi le fil jusqu'à 580°C, tout en compensant le réchauffement dû au phénomène de caléfaction.

La courbe de la Fig. 3b retrace l'évolution de la température de surface d'un fil de 1 mm refroidi conformément à l'invention. On constate que cette courbe se superpose presque parfaitement à celle de la Fig. 3a.

Dans les deux cas, le fil a été finalement refroidi dans l'air calme (étape IV Fig. 2b - 3b).

Les exemples précités montrent que le procédé de l'invention permet
5 d'appliquer un refroidissement analogue à celui que procure le pat-
tentage en bain de plomb. Par rapport à ce dernier, le procédé de
l'invention présente l'avantage d'être plus économique et de ne pas
provoquer d'effet défavorable en matière de protection de
l'environnement.

10

L'invention n'est évidemment pas limitée aux exemples de mise en
oeuvre qui viennent d'être décrits et illustrés. En particulier, il
ne sortirait pas du cadre de l'invention de fractionner le refroi-
dissement à l'eau du fil en plus de deux étapes et de prévoir par
15 conséquent plus de deux unités de refroidissement à l'eau dans le
dispositif proposé. Par ailleurs, il va de soi que le dispositif
de l'invention est suivi d'une zone de refroidissement du fil dans
l'air calme.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de refroidissement continu d'un fil d'acier tréfilé,
5 dans lequel on refroidit le fil depuis une température supérieure à son point de transformation A3, dite température d'austénitisation, jusqu'à la température ambiante, caractérisé en ce que l'on opère ledit refroidissement en au moins trois étapes distinctes successives, au moins les deux premières étapes consistant en des refroidissements à l'eau et la dernière étape consistant en un refroidissement à l'air, et en ce que l'on règle le refroidissement du fil individuellement dans chacune desdites étapes.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que, dans
15 une première étape, on refroidit le fil à l'eau depuis sa température d'austénitisation jusqu'à une température comprise entre 750°C et 650°C avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 900 kW/m² et 1100 kW/m².
- 20 3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, dans une deuxième étape, on refroidit le fil à l'eau depuis une température comprise entre 750°C et 650°C jusqu'à une température comprise entre 650°C et 575°C avec une densité moyenne de flux calorifique comprise entre 300 kW/m² et 550 kW/m.
- 25 4. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, dans une dernière étape, on refroidit le fil à l'air depuis une température comprise entre 650°C et 575°C jusqu'à une température comprise entre 600°C et 550°C, avec une
30 densité moyenne de flux calorifique comprise entre 75 kW/m² et 350 kW/m².
5. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, dans les étapes qui consistent en un
35 refroidissement à l'eau, on règle l'intensité du refroidissement en agissant de manière appropriée sur la température de l'eau.

6. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que, dans l'étape qui consiste en un refroidissement à l'air, on règle l'intensité du refroidissement en agissant de manière appropriée sur la vitesse de circulation de l'air.

5

7. Dispositif de refroidissement continu d'un fil d'acier tréfilé suivant le procédé de l'une ou l'autre des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte au moins trois unités de refroidissement distinctes successives, en ce qu'au moins la première et la deuxième de ces unités comprennent des moyens de refroidissement du fil à l'eau, en ce que la dernière de ces unités comprend des moyens de refroidissement du fil à l'air, et en ce qu'il comprend des moyens pour régler individuellement le refroidissement du fil dans chacune de ces unités.

15

8. Dispositif suivant la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits moyens de réglage équipant une unité de refroidissement à l'eau comprennent un échangeur de chaleur, immergé dans l'eau de refroidissement.

20

9. Dispositif suivant la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que lesdits moyens de réglage équipant une unité de refroidissement à l'air comprennent une soufflante pour faire varier la vitesse de circulation de l'air.

25

10. Dispositif de refroidissement continu d'un fil d'acier tréfilé, comportant au moins deux unités distinctes successives de refroidissement du fil à l'eau suivie d'une unité distincte de refroidissement du fil à l'air, caractérisé en ce que chaque unité de refroidissement du fil à l'eau comprend :

30

(a) un tube (3) à travers lequel circule le fil (1) à refroidir, ledit tube étant équipé d'une tubulure (9) de sortie de l'eau;

(b) une cuve (4) située sous le tube (3), et dans laquelle débouche la tubulure (9);

35

(c) une nourrice (7) reliée à la cuve (4) par une conduite (5) et une pompe (6) et raccordée à l'entrée du tube (3) par une

- tubulure (8);
- (d) un sas d'entrée (10) et un sas de sortie (11) montés aux extrémités respectives du tube (3);
- (e) un appareil (12) de chauffage de l'eau, disposé dans le fond de la cuve (3);
- 5 (f) un échangeur eau-eau (13) disposé dans le fond de la cuve (3);
- (g) des capteurs de température (14) disposés à l'entrée et/ou à la sortie du tube (3),
- 10 et en ce que l'unité de refroidissement du fil à l'air comprend :
- (h) un tube (15) à travers lequel circule le fil (1) à refroidir, ce tube (15) étant situé dans le prolongement des tubes (3) des unités de refroidissement à l'eau qui précèdent;
- (i) une conduite (16) d'alimentation du tube (15) en air de refroidissement;
- 15 (j) un sas d'entrée (17) monté à l'extrémité d'entrée du tube (15);
- (k) des capteurs de température (14) disposés à l'entrée et/ou à la sortie du tube (15).

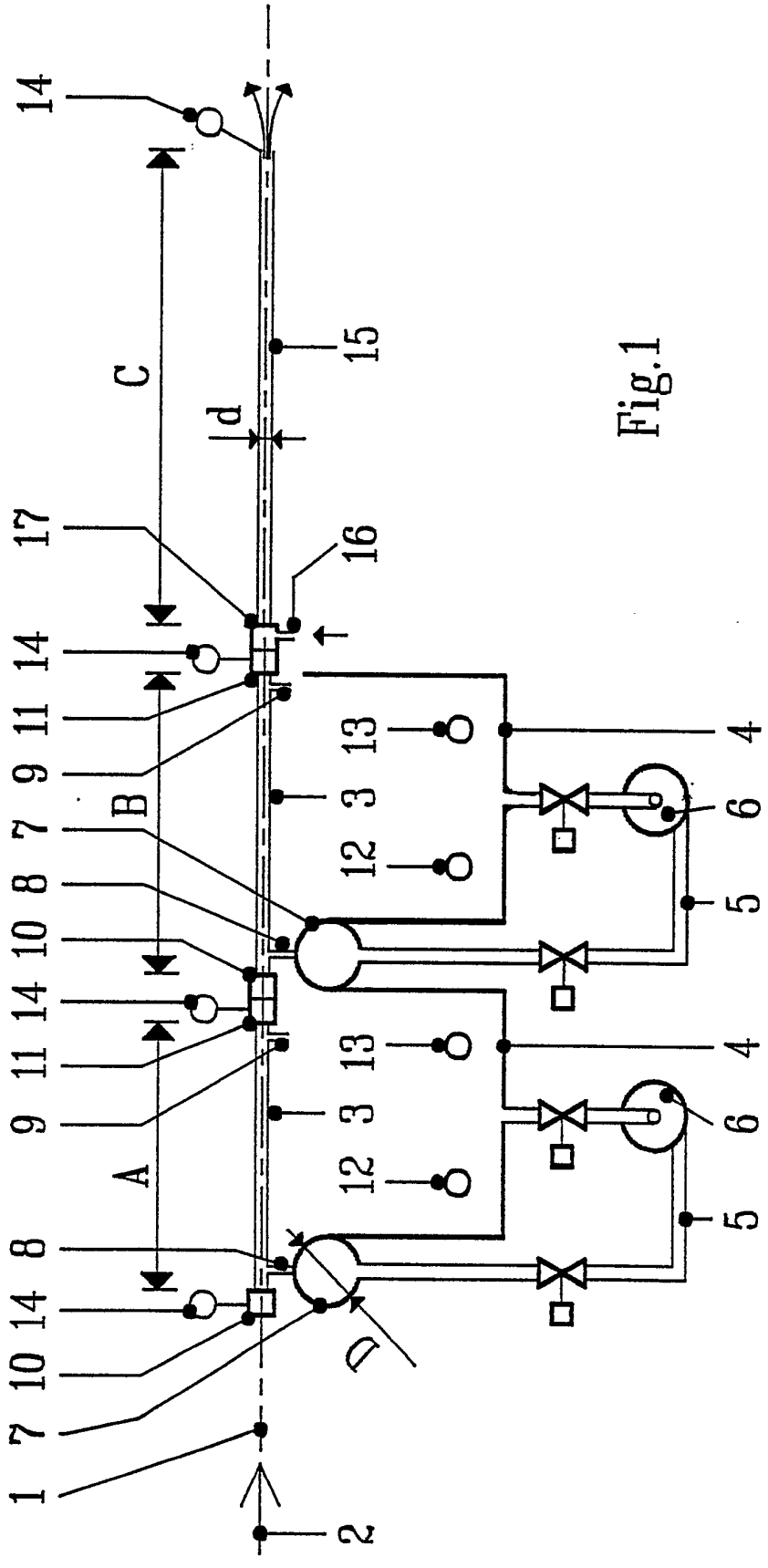


Fig.1

