

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 87870094.7

51 Int. Cl.⁴: **C 21 D 9/04**

22 Date de dépôt: 07.07.87

30 Priorité: 10.07.86 LU 86510

43 Date de publication de la demande:
13.01.88 Bulletin 88/02

84 Etats contractants désignés:
AT BE DE ES FR GB IT

71 Demandeur: **CENTRE DE RECHERCHES
METALLURGIQUES CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE
METALLURGIE Association sans but lucratif
Vereniging zonder winstoogmerk Rue Montoyer, 47
B-1040 Bruxelles (BE)**

72 Inventeur: **Economopoulos, Marios
Quai Marcellis, 6/111
B-4020 Liège (BE)**

74 Mandataire: **Lacasse, Lucien Emile et al
CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES Abbaye
du Val-Benoît 11, rue Ernest Soivay
B-4000 Liège (BE)**

54 **Procédé et dispositif pour fabriquer un rail à haute résistance.**

57 Procédé pour fabriquer un rail à haute résistance, dans lequel on soumet le rail à un refroidissement contrôlé consistant simultanément : (a) à refroidir le bourrelet (1) du rail, de telle façon que le bourrelet acquière une structure perlitique fine;

(b) à refroidir superficiellement l'âme (2) du rail, de façon à obtenir dans l'âme du rail une couche superficielle (4) constituée de martensite et/ou de bainite;

(c) à refroidir le patin (3) du rail avec une vitesse proportionnée à la vitesse de l'âme, afin d'éviter toute différence de déformation thermique entre l'âme et le patin du rail, de façon à garantir la rectitude du rail.

Le rail est ensuite soumis à un refroidissement jusqu'à la température ambiante, qui s'accompagne d'un auto-revenu de la couche superficielle (4) de l'âme (2).

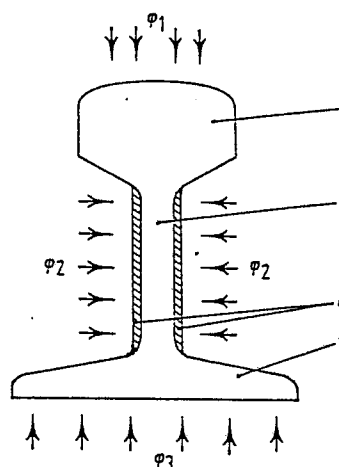


Fig.1.

Description

Procédé et dispositif pour fabriquer un rail à haute résistance.

La présente invention concerne un procédé pour fabriquer un rail à haute résistance, ainsi qu'un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé. Ce procédé comporte un traitement thermique du rail dès sa sortie du laminage, c'est-à-dire dans la chaude de laminage.

Par suite de la tendance actuelle à l'accroissement des charges et de la vitesse des convois ferroviaires, les rails sont soumis à des sollicitations de plus en plus sévères qui requièrent des niveaux de propriétés toujours plus élevés. A cet égard, il est particulièrement important que les rails présentent une rectitude aussi parfaite que possible ainsi que des niveaux élevés de résistance à l'usure, de résistance à la rupture fragile, de ductilité, de résistance à la fatigue et aux chocs, et de dureté. Enfin, ils doivent encore présenter une soudabilité satisfaisante.

D'un point de vue économique, il convient encore de maintenir leur prix à un niveau raisonnable, notamment en évitant ou en limitant le recours à des éléments d'alliages.

Les propriétés de résistance précitées sont spécialement importantes dans le bourrelet du rail, car c'est cette partie, et particulièrement sa zone supérieure, qui est soumise aux sollicitations les plus élevées, notamment en matière d'usure et de chocs.

On sait que pour présenter les propriétés requises, le bourrelet du rail doit être constitué de perlite fine exempte de ferrite proeutectoïde et de martensite et contenant éventuellement un faible pourcentage de bainite, et qu'il convient en outre que le gradient de dureté dans le bourrelet soit aussi faible que possible.

Les aciers utilisés pour la fabrication de rails à haute résistance contiennent généralement de 0,4 % à 0,85 % de carbone, de 0,4 à 1 % de manganèse et de 0,1 % à 0,4 % de silicium, le reste étant essentiellement du fer.

Dans une proposition antérieure qui fait l'objet notamment du brevet belge n° 899.617, le présent Demandeur a décrit un procédé consistant à régler la longueur de la rampe de refroidissement, la vitesse de défilement du rail et la densité moyenne des flux calorifiques appliqués au bourrelet, à l'âme et au patin du rail de telle façon qu'il ne se forme de martensite en aucun point de la section du bourrelet et que moins de 60 % de la section du bourrelet aient subi la transformation allotropique austénite-perlite à la sortie de la rampe de refroidissement.

Ce procédé permet de produire économiquement des rails bien droits, présentant les propriétés désirées, en particulier une dureté Brinell de l'ordre de 380, avec des aciers ayant la composition rappelée plus haut.

Actuellement, ce niveau de dureté n'est cependant plus suffisant dans tous les cas et les utilisateurs imposent de plus en plus des duretés Brinell d'environ 400.

Le procédé précité ne permet pas de répondre à

cette nouvelle exigence, car il ne peut pas assurer un refroidissement suffisant pour atteindre la dureté requise sans former de la martensite.

On a alors cherché à augmenter la dureté du bourrelet en ajoutant à l'acier des éléments d'alliage, par exemple de 0,1 % à 0,5 % de chrome et jusqu'à 1 % de silicium.

Il est cependant apparu qu'une telle addition ne permettait pas d'atteindre le résultat désiré, c'est-à-dire une dureté Brinell 400 sans formation de martensite dans le bourrelet, en appliquant le procédé précité. Pour atteindre ce résultat, il faudrait en effet simultanément réduire fortement l'intensité du refroidissement jusqu'à un niveau incompatible avec le procédé et le dispositif du brevet belge précité et accroître dans des proportions importantes la durée du refroidissement. Celle-ci devrait par exemple être cinq fois plus longue, ce qui entraînerait soit une diminution correspondante de la vitesse du rail, soit une augmentation de la longueur de la rampe de refroidissement et par conséquent de l'encombrement de l'installation et des dépenses d'investissement nécessaires.

Par ailleurs, il n'est pas souhaitable de réduire fortement la vitesse du rail, car il en résulterait un séjour trop long de la queue du rail dans l'air et l'apparition d'un début de transformation allotropique avant le commencement du refroidissement contrôlé.

La présente invention propose un procédé permettant de produire des rails à haute résistance, présentant une dureté Brinell d'environ 400 au moins dans la zone supérieure du bourrelet, tout en évitant les inconvénients rappelés plus haut.

Le procédé qui fait l'objet de la présente invention s'applique au rail, immédiatement après sa sortie du train de laminage. Il est basé sur une constatation surprenante faite par le Demandeur, selon laquelle le refroidissement du bourrelet du rail est influencé dans une mesure appréciable par le régime de refroidissement de l'âme du rail.

A cet égard, le Demandeur souhaite préciser ce que l'on entend, dans la pratique, par l'expression "immédiatement après la sortie du rail du train de laminage". On sait que le rail sortant du laminage présente des extrémités de forme irrégulière qui doivent être coupées; à cet effet, le rail est envoyé à un poste de sciage à chaud situé entre la sortie proprement dite du laminage et l'installation de refroidissement contrôlé. Pendant cette opération de sciage à chaud, le rail subit inévitablement un certain refroidissement dans l'air, mais pendant une durée insuffisante pour que la température du rail baisse au point de provoquer un début de transformation allotropique dans le rail. C'est après ce refroidissement dans l'air que commence le refroidissement contrôlé qui fait l'objet de l'invention.

Au cours de ses recherches en vue d'accroître la dureté du bourrelet du rail, le Demandeur a constaté avec surprise qu'un refroidissement intensif de l'âme du rail, combiné au refroidissement propre

du bourrelet, pouvait entraîner dans celui-ci l'apparition d'une structure perlitique favorable ainsi que l'accroissement désiré de la dureté.

Dans ces conditions, le procédé pour fabriquer un rail à haute résistance, qui fait l'objet de la présente invention, dans lequel à sa sortie du laminier à chaud, on soumet le rail en défilement continu à un refroidissement contrôlé, à partir d'une température au moins égale au point de transformation A_3 de l'acier, et on refroidit ensuite le rail jusqu'à la température ambiante, est essentiellement caractérisé en ce que le dit refroidissement contrôlé consiste simultanément :

(a) à refroidir le bourrelet du rail jusqu'à une température qui n'est pas inférieure au point Ms de l'acier constituant le rail et à une vitesse inférieure à la vitesse critique de trempe dudit acier, de telle façon que le bourrelet acquière une structure perlitique fine;

(b) à refroidir superficiellement l'âme du rail jusqu'à une température égale ou inférieure audit point Ms de l'acier et à une vitesse supérieure à la vitesse de refroidissement du bourrelet, de façon à obtenir dans l'âme du rail une couche superficielle constituée de martensite et/ou de bainite, ledit refroidissement superficiel de l'âme étant réglé de telle façon qu'à la fin de ce refroidissement, les parties intérieures de l'âme, non transformées en martensite et/ou en bainite, conservent une quantité de chaleur suffisante pour assurer, par conduction, un revenu de la couche superficielle transformée de l'âme au cours dudit refroidissement final;

(c) et à refroidir le patin du rail avec une vitesse proportionnée à la vitesse de refroidissement de l'âme, afin d'éviter toute différence de déformation thermique entre l'âme et le patin du rail, de façon à garantir la rectitude du rail.

Conformément à la présente invention, le refroidissement final jusqu'à la température ambiante consiste en un séjour du rail dans l'air calme au cours duquel la couche superficielle de l'âme subit un revenu sous l'action de la chaleur qu'elle soutire, par conduction, des parties intérieures de l'âme. Egalement par conduction, celles-ci extraient de la chaleur du bourrelet, refroidi moins intensément que l'âme. Pendant ce refroidissement final, les parties intérieures de l'âme se transforment en perlite.

Ce refroidissement complémentaire du bourrelet, conformément au procédé de l'invention, permet d'atteindre la dureté désirée de 400 Brinell tout en évitant toute formation de martensite dans le bourrelet.

Dans le cadre de la présente invention, les intensités de refroidissement seront exprimées par la densité moyenne de flux calorifique caractérisant ces refroidissements. Il s'agit de la quantité de chaleur (Joules) extraite du rail par unité de temps (seconde) et par unité d'aire (m^2) de la surface soumise au refroidissement; elle s'exprime en MJ/s. m^2 ou MW/ m^2 .

La présente invention sera mieux comprise et d'autres particularités de celle-ci apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de

réalisation préféré, donné à titre d'exemple avec référence aux dessins annexés dans lesquels la

figure 1 illustre, de façon schématique, les différents refroidissements appliqués simultanément au rail dans une zone de refroidissement contrôlé, avec indication des structures résultantes dans l'âme; la

figure 2, fortement simplifiée, une installation de refroidissement contrôlé de rails à la sortie du laminier à chaud; et la

figure 3 représente schématiquement le circuit de l'eau de refroidissement dans un dispositif conforme à la présente invention.

La figure 1 représente, en coupe transversale, un rail composé d'un bourrelet 1, d'une âme 2 et d'un patin 3. Au cours du refroidissement contrôlé conforme à l'invention, les parties constitutives du rail sont soumises à des intensités de refroidissement respectives φ_1 , φ_2 et φ_3 , symbolisées par des flèches. La densité moyenne de flux calorifique du bourrelet, φ_1 , assure un refroidissement qui donne lieu à la transformation perlitique dans le bourrelet 1, sans formation de martensite. Dans l'âme 2, cette densité moyenne de flux calorifique φ_2 est beaucoup plus élevée que φ_1 et elle donne lieu à une véritable trempe superficielle de l'âme; il se forme, dans les deux faces de l'âme 2, des couches superficielles 4 trempées, c'est-à-dire constituées de martensite et/ou de bainite. Enfin, la densité moyenne de flux calorifique φ_3 dans le patin 3 est proportionnée à φ_2 de façon à éviter toute différence de déformation thermique entre l'âme et le patin et à assurer ainsi la rectitude du rail pendant et après le traitement. Le refroidissement énergique de l'âme 2 a pour effet de soutirer de la chaleur du bourrelet 1 et de contribuer au refroidissement de ce dernier. Cet effet n'est cependant pas brutal et il n'entraîne pas de formation de martensite dans le bourrelet. Il permet néanmoins de réduire la densité moyenne de flux calorifique φ_1 et d'adoucir ainsi le refroidissement extérieur du bourrelet.

Après ce refroidissement différentiel contrôlé, le rail subit un refroidissement dans l'air calme au cours duquel la chaleur restant dans la partie non trempée de l'âme 2 assure le revenu des couches superficielles 4.

La présente invention porte également sur un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de refroidissement contrôlé qui vient d'être décrit.

La figure 2 montre, de façon fortement simplifiée, un tel dispositif installé à la sortie d'un train à rails. Dans le sens du déplacement du rail 5 sortant du laminier 6, l'installation comprend successivement une scie 7 d'éboutage ou de mise à longueur du rail, un dispositif 8 de refroidissement contrôlé et un équipement 9 de refroidissement dans l'air calme. De façon connue en soi, le rail circule en continu, sur un convoyeur à rouleaux, à travers la scie 7 et le dispositif de refroidissement 8, jusqu'au refroidisseur 9.

La figure 3 représente schématiquement le dispositif de refroidissement contrôlé du rail, conforme à l'invention, avec le circuit de l'eau de refroidissement. On a volontairement omis de représenter les

équipements qui ne sont pas essentiels pour la compréhension de l'invention.

Autour du rail 5, vu ici en coupe transversale, sont disposées des boîtes de refroidissement équipées, de façon connue en soi, de gicleurs 10, 11, 12 assurant respectivement le refroidissement du bourrelet 1, de l'âme 2 et du patin 3 (voir figure 1) du rail. L'eau de refroidissement du rail est ensuite recueillie dans une cuve 13 à niveau constant, d'où elle est renvoyée par une pompe 14 vers une vanne mélangeuse 15. Celle-ci est raccordée à une source d'eau d'appoint non représentée. L'eau est ensuite renvoyée vers les gicleurs 10, 11, 12 à travers une pompe 16 et un filtre 17. Le dispositif comprend encore un appareil 18 de mesure de la température de l'eau envoyée aux gicleurs, et un régulateur 19 qui, en fonction de la température de l'eau, règle la position de la vanne mélangeuse 15, afin d'ajuster la quantité d'eau d'appoint à ajouter pour maintenir la température désirée.

Dans la figure 3, les canalisations d'eau sont représentées en traits pleins et les conducteurs électriques sont représentés en traits interrompus.

Selon l'invention, la température de l'eau de refroidissement est avantageusement comprise entre 40°C et 70°C.

Cette modalité, associée à un réglage approprié du débit des gicleurs, permet d'ajuster la densité moyenne de flux calorifique dans les différentes parties du rail; elle permet en particulier d'abaisser la valeur de φ_1 au niveau requis pour éviter la formation de martensite dans le bourrelet.

Selon l'invention, l'eau de refroidissement circule en circuit fermé. Lorsque cela est nécessaire, on ajoute une certaine quantité d'eau, à la température ambiante, par la vanne mélangeuse 15, afin que la température de l'eau mesurée en 18 reste dans la gamme précitée de 40°C à 70°C. L'excès d'eau éventuel est évacué par un trop-plein prévu dans la cuve 13.

Egalement selon l'invention, on augmente le débit d'eau des gicleurs 11 dans la mesure requise pour compenser la diminution de φ_2 liée à l'utilisation d'eau à température relativement élevée et ainsi obtenir l'intensité de refroidissement nécessaire pour assurer le refroidissement superficiel intense de l'âme du rail.

Le procédé conforme à l'invention permet de produire en continu des rails dont le bourrelet présente une dureté Brinell de 400, sans aucune altération des autres propriétés mécaniques ou géométriques mentionnées dans l'introduction de la présente demande.

Revendications

1. Procédé pour fabriquer un rail à haute résistance dans lequel on soumet le rail en défilement continu à un refroidissement contrôlé à partir d'une température au moins égale au point de transformation A_3 de l'acier, immédiatement après sa sortie du laminier à chaud, et on refroidit finalement le rail jusqu'à la

température ambiante, caractérisé en ce que ledit refroidissement contrôlé consiste simultanément :

(a) à refroidir le bourrelet du rail jusqu'à une température qui n'est pas inférieure au point M_s de l'acier constituant le rail et à une vitesse inférieure à la vitesse critique de trempe dudit acier, de telle façon que le bourrelet acquière une structure perlitique fine;

(b) à refroidir superficiellement l'âme du rail jusqu'à une température égale ou inférieure audit point M_s de l'acier et à une vitesse supérieure à la vitesse de refroidissement du bourrelet, de façon à obtenir dans l'âme du rail une couche superficielle constituée de martensite et/ou de bainite, ledit refroidissement superficiel de l'âme étant réglé de telle façon qu'à la fin de ce refroidissement, les parties intérieures de l'âme, non transformées en martensite et/ou en bainite, conservent une quantité de chaleur suffisante pour assurer, par conduction, un revenu de la couche superficielle transformée de l'âme au cours dudit refroidissement final;

(c) et à refroidir le patin du rail avec une vitesse proportionnée à la vitesse de refroidissement de l'âme afin d'éviter toute différence de déformation thermique entre l'âme et le patin du rail, de façon à garantir la rectitude du rail.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on réalise le refroidissement contrôlé différentes parties du rail par projection d'eau sur lesdites parties du rail.

3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la température de l'eau de refroidissement est comprise entre 40°C et 70°C.

4. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que l'eau de refroidissement circule en circuit fermé.

5. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que l'on mesure la température de l'eau de refroidissement avant sa projection et en ce que l'on ajuste cette température par l'addition éventuelle d'eau à la température ambiante.

6. Dispositif pour fabriquer un rail à haute résistance par le procédé qui fait l'objet de la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens de projection d'eau (10, 11, 12) disposés autour du rail (5);
- une cuve (13) à niveau constant, destinée à recueillir l'eau provenant des moyens de projection (10, 11, 12);
- des moyens (14 ;16) pour prélever l'eau de la cuve (13) et la faire circuler vers les moyens de projection (10, 11, 12);
- des moyens (15) pour ajouter de l'eau d'appoint à l'eau provenant de la cuve (13);
- un système de régulation de la température de

l'eau de refroidissement, comprenant un appareil de mesure (18) de la température de l'eau avant lesdits moyens de projection et un régulateur (19) raccordé d'une part à l'appareil de mesure de la température (18) et d'autre part aux moyens (15) d'addition d'eau d'appoint.

5

7. Dispositif suivant la revendication 6, caractérisé en ce que la cuve (13), les moyens (14; 15; 16; 18; 10; 11; 12) sont montés en série et constituent un circuit fermé.

10

8. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que ledit système de régulation (19) est monté en parallèle entre les moyens (15) d'addition d'eau d'appoint et les moyens de projection (10, 11, 12).

15

9. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'un filtre (17) est monté en série entre les moyens de circulation (16) et les moyens de projection de l'eau (10, 11, 12).

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

0252895

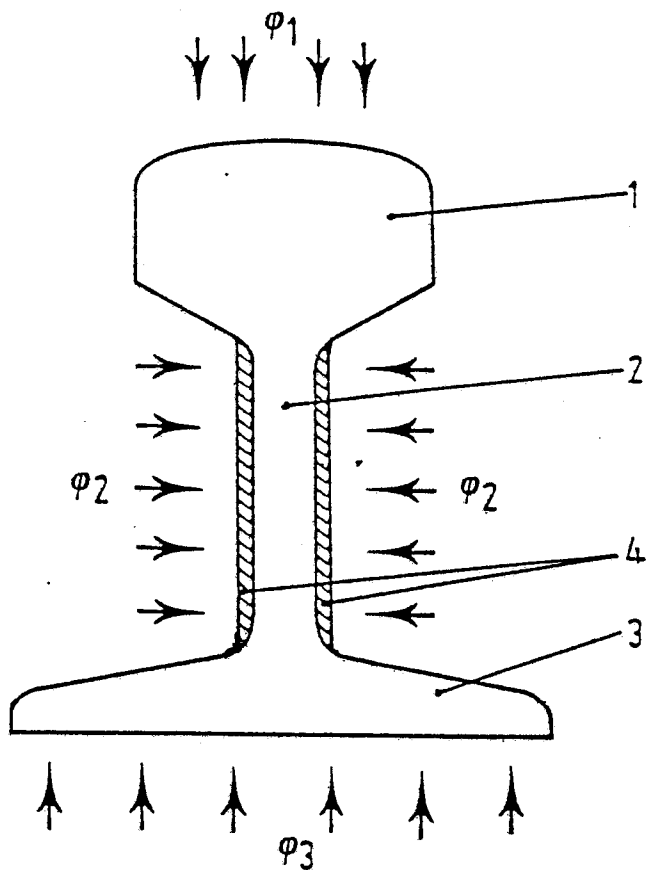


Fig. 1.

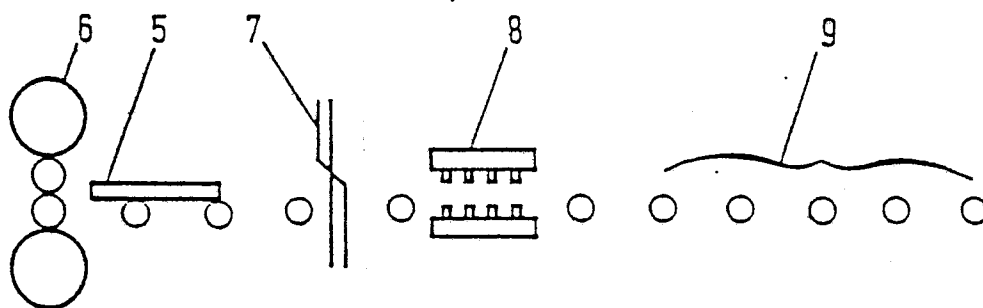


Fig. 2.

0252895

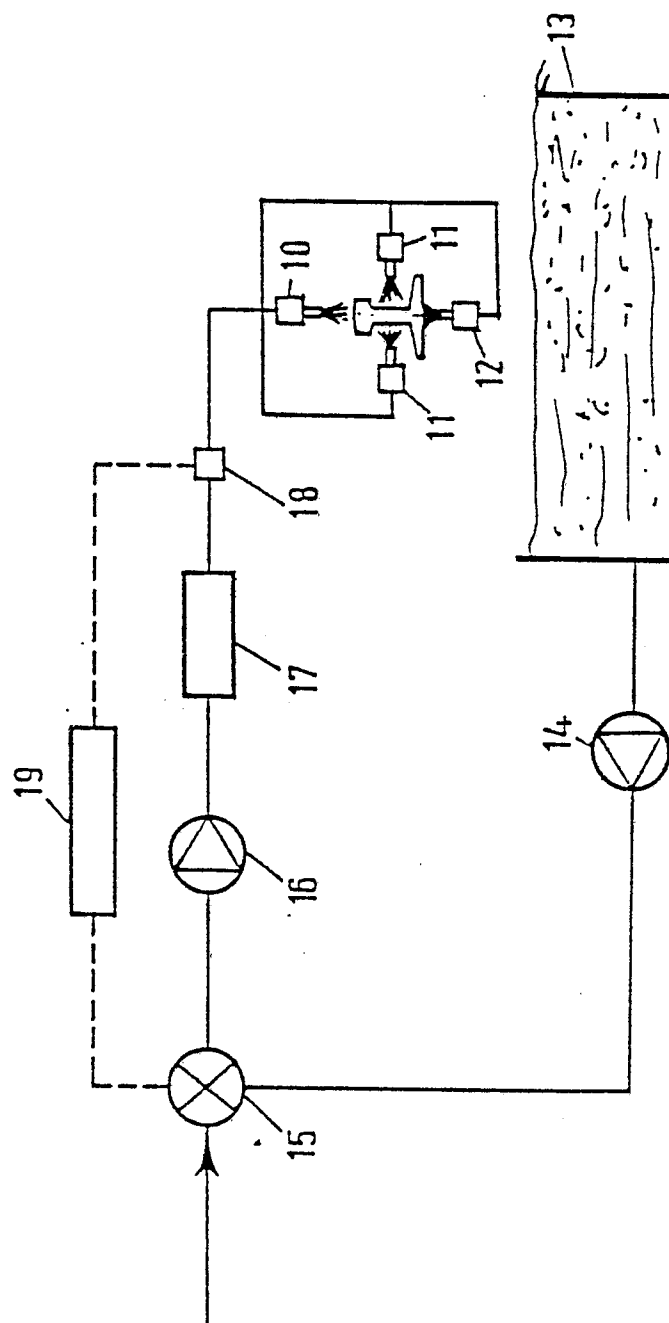


Fig.3-