

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 733 757 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
27.06.2001 Bulletin 2001/26

(51) Int Cl.7: **E04G 23/02**

(21) Numéro de dépôt: **95870020.5**

(22) Date de dépôt: **06.03.1995**

(54) **Procédé de protection contre les effets de l'oxydation sur des armatures actives noyées dans une masse de béton**

Verfahren zum Schützen gegen Oxydations-Effekte von in Beton eingebettete Bewehrungselemente

Method for protecting concrete-embedded reinforcing elements against oxidation effects

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL PT SE

- **Michaux, Daniel**
F-93190 Livry Gargan (FR)
- **Bourcy, Jean-Claude**
B-4607 Dalhem (BE)

(43) Date de publication de la demande:
25.09.1996 Bulletin 1996/39

(74) Mandataire: **Van Malderen, Michel et al**
Office van Malderen
Place Reine Fabiola 6/1
1083 Bruxelles (BE)

(73) Titulaires:

- **P.M.D. s.p.r.l.**
1421 Ophain-Bois-Seigneur-Isaac (BE)
- **ATEAV, Société à Responsabilité Limitée**
93190 Livry-Gargan (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 300 956 WO-A-92/20902
FR-A- 2 116 618 GB-A- 1 480 718
US-A- 2 346 879

(72) Inventeurs:

- **Dubois, Pierre-Marie**
B-1421 Ophain-Bois-Seigneur-Isaac (BE)

EP 0 733 757 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un procédé de protection contre les effets de l'oxydation sur des armatures actives noyées dans une masse de béton, lesdites armatures pouvant se présenter sous forme d'ensemble de fils ou de torons disposés dans une gaine, et de mettre également en même temps en évidence les imperfections du coulis d'injection (vides, porosités).

[0002] Quoique l'invention s'applique à la protection de tout type d'armature dans une masse de béton, l'invention sera décrite plus particulièrement dans le cadre de la protection contre les effets de l'oxydation d'armatures ou l'ensemble d'armatures telles que celles-ci se rencontrent dans les ouvrages de génie civil édifiés selon les techniques dites de précontrainte ou de postcontrainte.

[0003] On désigne par béton précontraint et/ou postcontraint une technologie permettant de conférer à des poutres, dalles ou tout élément en béton une résistance propre suffisante pour leur permettre de remplir la fonction qui leur est assignée.

[0004] Cette résistance propre est réalisée par la mise en tension soit de fils, de barres d'acier ou de torons, à très haute limite de résistance, appelés en toute généralité armatures actives. L'effort de traction exercé pour tendre ces armatures est transféré au béton qui, par réaction, subit un effet de compression. Les efforts normaux et les moments de flexion ainsi créés équilibrent les actions des charges extérieures, réalisant de cette manière la résistance demandée.

[0005] Les armatures actives sont des aciers à haute résistance particulièrement sensibles aux dégradations par effet de corrosion due à l'action de l'oxygène. La protection contre la corrosion de ces armatures est classiquement réalisée en les enrobant par un mortier, ou par un coulis de ciment. Dans ce dernier cas, les armatures actives sont enveloppées par une gaine continue, le plus souvent constituée de feuillets d'acier mais aussi en PVC ou, plus récemment, en polyéthylène à haute densité. Cette gaine constitue le conduit qui permet l'injection du coulis protecteur de ciment. La protection des armatures actives de précontrainte par adhérence, est celle conférée par le béton de structure.

[0006] En principe cette protection vis-à-vis de la corrosion devrait être suffisante car elle fait barrière à la pénétration de l'oxygène de l'air, elle assure une étanchéité à l'eau et, de plus, elle confère au milieu un pH basique empêchant le développement de la corrosion.

[0007] De nombreux facteurs parmi lesquels les imperfections d'injection ou, tout simplement, l'inéluctable phénomène physique du retrait des mortiers ou des coulis de ciment sont responsables d'une protection insuffisante ou imparfaite. Même lorsque la protection est assurée à un pourcentage élevé, le faible pourcentage d'imperfection est largement suffisant pour provoquer les altérations par oxygénation des armatures actives.

[0008] Ces défauts de protection, même localisés et

à l'abri d'un renouvellement d'air, posent tôt ou tard des problèmes de corrosion.

[0009] La lutte contre le verglas et la neige se faisant plus souvent par épandage, parfois en quantité très importantes, de chlorure de calcium ou de chlorure de sodium, avec contamination par le chlore peut atteindre les armatures actives, à la faveur d'un défaut du milieu d'enrobage. Les conditions physico-chimiques favorables à la corrosion peuvent facilement devenir telles que des corrosions se développent avec, dans le cas extrême, rupture d'armatures.

[0010] La pathologie décrite concerne tout aussi bien les ponts routiers que tout type de construction précontrainte ou postcontrainte.

[0011] Une autre source de corrosion des aciers actifs est constituée par la perte de caractère fortement basique du milieu environnant les aciers (mortier, coulis de ciment, béton) du fait de la carbonatation de ce milieu.

[0012] Le document FR-A-2 116 618 propose un procédé, capable de remédier aux effets d'oxydation sur les armatures actives, ce terme étant pris dans son sens le plus large. Dans un premier temps, on fore dans la masse de béton un canal débouchant face à l'armature qui doit être protégée. On injecte ensuite sous pression dans le canal un mortier et/ou une solution inhibitrice de corrosion jusqu'à resuage de celui-ci vers l'extérieur. L'injection est réalisée en utilisant une pompe pneumatique pulsatoire, commandée par une électro-vanne à impulsions. Dans ce procédé, il est prévu de vider au préalable les gaines des armatures de l'eau qu'elles contiennent et de les assécher à l'air comprimé, ce qui suppose que le milieu environnant les armatures est relativement dégradé (vides, fissures, etc.).

[0013] Dans le document GB-A-1 480 718, un mortier de ragréage est injecté pour combler des défauts de porosité dans des structures tels que fissures, crevasses, etc. L'injection est obtenue en utilisant une pompe à fluctuation de pression alternative, obtenue par le mouvement d'un piston dans un cylindre ("fluid hammering").

[0014] L'invention est telle qu'exprimée dans la revendication 1 et consiste donc à utiliser le procédé tel que décrit dans le document FR-A-2 116 618, mais en appliquant à la solution inhibitrice de corrosion une onde pulsatoire de haute puissance et de fréquence telle que les ondes acoustiques produites (ultrasons) en favorisent la pénétration.

[0015] La haute fréquence est associée à un phénomène inexistant dans l'état de la technique: les ondes acoustiques de forte puissance qui sont produites créent dans le liquide un état de cavitation qui permet de dégager les entrées conduisant aux microfissures et interstices. De plus, les ondes acoustiques produites dans le liquide mettent en vibration les microfissures et les interstices qui s'ouvrent et se referment en phase à la fréquence de l'onde ultrasonore et permettent ainsi au liquide de progresser dans le milieu constitué par le coulis de ciment de protection.

[0016] L'art antérieur décrit par le document FR-A-2 116 618 propose un procédé de réparation et d'injection de résines, ciment, etc. dans les gaines de renforcement, qui cependant est différent de la présente invention. En effet, il suppose que les gaines sont soit abîmées, soit mal injectées. Selon la présente invention, la présence de défauts tels que crevasses, fissures, vides, etc., n'est pas nécessaire et le liquide progresse dans une gaine même parfaitement injectée de coulis de ciment. Le liquide inhibiteur de corrosion, une fois injecté dans la gaine, progresse en premier lieu dans les microfissures et le long des armatures. L'intégralité du coulis de ciment poreux est imprégnée par capillarité.

[0017] La présente invention permet donc d'amplifier la diffusion du liquide concerné dans les microfissures et interstices du milieu. Ceux-ci sont extrêmement petits (microscopiques) par rapport à de simples défauts, tels que cavités, fissures, vides, etc., desquels il faut les distinguer. Autrement dit, le liquide n'est pas seulement injecté dans les cavités qui sont des défauts du milieu mais est injecté également dans les microfissures qui sont naturellement présentes dans le ciment du fait du retrait de celui-ci lors de la prise.

[0018] Dans une forme de réalisation particulière et lorsque l'armature active est entourée d'une gaine telle qu'utilisée en pré- ou postcontrainte on fore le canal précité, au travers de ladite gaine de telle sorte que la solution inhibitrice de corrosion puisse entrer en contact avec l'armature, ou l'ensemble de fils ou de torons à protéger et que par après on injecte un coulis de ciment afin de remplir les pores et les vides du coulis d'injection des gaines.

[0019] Toujours selon l'invention on fore au moins un second canal débouchant face à l'armature à protéger afin de contrôler le cheminement de la solution inhibitrice le long de ladite armature respectivement à l'intérieur de la gaine précitée.

[0020] D'autres détails et avantages de l'invention ressortiront de la description qui sera donnée ci-après. Cette description n'est donnée qu'à titre d'exemple et ne limite pas l'invention. Les notations de référence se rapportent aux figures ci-jointes.

[0021] La figure 1 est une vue schématique d'une installation illustrant le procédé selon l'invention.

[0022] Les figures 2 et 3 montrent à une plus grande échelle un détail de l'installation selon la figure 1, adaptée à la protection d'une armature gainée.

[0023] Le procédé illustré par ces figures est caractérisé par plusieurs étapes qui seront décrites ci-après.

[0024] Aux figures la référence 1 désigne une poutre en béton précontraint. Les armatures 2 à protéger contre les effets de l'oxydation peuvent être disposées dans une gaine qui n'a pas explicitement été reproduite à la figure 1. Aux figures 2 et 3 cette gaine est visible et est désignée par la référence 3, et un coulis de ciment enrobe les armatures 2.

[0025] Dans une première phase on fore dans la masse de béton un canal 4 jusqu'à proximité immédiate des

armatures 2 et lorsqu'une gaine est présente. Ce forage se fait également au travers de cette gaine.

[0026] Dans le canal 4 ainsi foré on injecte une solution inhibitrice de corrosion à laquelle est appliqué un champ pulsatoire de haute puissance.

[0027] Ceci peut se faire en faisant usage d'un émetteur ultrasonore de haute puissance tel qu'une pompe pulsatoire alternative.

[0028] Un émetteur ultrasonore convenant particulièrement à l'application du procédé selon l'invention est connu sous le nom de "sonotrode" construit et commercialisé par la société S C P BISCORNET.

[0029] Une pompe pulsatoire alternative de fréquence élevée convenant à l'application du procédé selon l'invention est représentée schématiquement aux diverses figures par la référence 5. Une telle pompe est développée de manière qu'il se forme une enceinte étanche permettant de mettre en compression alternative la solution inhibitrice de corrosion. Le dispositif connu sous le nom de "sonotrode" permet de mettre la solution inhibitrice en surpression et en dépression et cela à une fréquence suffisamment élevée pour que soit obtenu un effet pulsatoire du liquide. Cet effet pulsatoire du liquide favorise sa pénétration dans les interstices et les microfissures présentes dans le béton à proximité des armatures à protéger. L'émetteur ultrasonore présente un tube d'injection 6 équipé extérieurement de moyens qui permettent de réaliser l'étanchéité absolue par rapport au canal 4 par lequel le liquide est injecté. L'enceinte de compression porte à la figure 2 la référence 7. La solution inhibitrice pénètre dans l'émetteur ultrasonore par la conduite 8, tandis que le liquide de refroidissement de l'enceinte de compression atteint l'émetteur ultrasonore par la conduite 10 et le liquide inhibiteur de corrosion par la conduite 11 vers le réservoir de trop-plein 12. La circulation d'un liquide de refroidissement est nécessaire afin d'éviter un échauffement et une éventuelle dégradation du liquide inhibiteur de corrosion.

[0030] Dans le cadre du procédé selon l'invention, tel que celui-ci est illustré par la figure 1, on remarque qu'en dehors des canaux 4 destinés à l'injection du liquide inhibiteur de corrosion on a également prévu une série de canaux secondaires 4'. Ces canaux traversent également la gaine à l'intérieur de laquelle sont disposées les armatures.

[0031] Les canaux 4' permettent de contrôler le cheminement de la solution inhibitrice le long des armatures 2, respectivement à l'intérieur de la gaine 3.

[0032] Grâce à cette disposition il est possible de contrôler continuellement le bon fonctionnement du procédé en observant le cheminement de la solution inhibitrice à l'intérieur du béton.

[0033] Le procédé permet donc d'évaluer la porosité de la masse 13 du mortier d'injection existant. Dans le cas où on peut conclure que ledit coulis est soit inexistant, soit très poreux, on peut, après injection de la solution inhibitrice, injecter par les conduits (4), et cela par des moyens classiques ou par le procédé qui vient d'être

décrit, un micro-mortier à base de ciment.

[0034] L'invention n'est évidemment pas limitée à la forme d'exécution décrite ci-dessus et bien des modifications pourraient y être apportées pour autant que celles-ci tombent dans le cadre des revendications ci-jointes.

Revendications

1. Procédé de protection contre les effets de l'oxydation sur des armatures actives (2) noyées dans une masse de béton (1), lesdites armatures pouvant se présenter sous forme d'ensemble de fils ou de torons disposés dans une gaine (3), en mettant en évidence les imperfections du coulis d'injection et comprenant dans un premier temps, le forage dans la masse de béton d'un canal (4) débouchant face à l'armature qui doit être protégée, ensuite l'injection dans ledit canal d'une solution inhibitrice de corrosion, à laquelle est appliquée une onde pulsatoire de haute puissance destinée à la faire pénétrer, caractérisé en ce que ladite onde pulsatoire de haute puissance est produite par une pompe pulsatoire alternative de fréquence suffisamment élevée (5) pour provoquer un effet pulsé dans ladite solution en créant des ultrasons, tout en plaçant ladite solution sous pression .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, on fore le canal (4) précité au travers de la gaine (3) entourant l'armature active de telle sorte que la solution inhibitrice de corrosion puisse entrer en contact avec ladite armature active (2).
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on fore au moins un second canal (4') débouchant face à l'armature à protéger, au travers de la gaine, afin de contrôler le cheminement de la solution inhibitrice le long de ladite armature respectivement à l'intérieur de la gaine précitée.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le coulis d'injection est injecté pour combler les imperfections dans la gaine entourant l'armature active, lorsque l'injection de solution inhibitrice de corrosion est achevée.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la pompe pulsatoire alternative (5) est un émetteur ultrasonore de haute puissance.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on introduit dans chacun des canaux précités destinés à l'injection de la solution inhibitrice un tube (6) solidarisé intimement soit de la paroi du canal, soit de la gaine précitée.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que l'application de l'onde pulsatoire de haute puissance à la solution inhibitrice de corrosion pénètre dans des microfissures et interstices présents dans la masse de béton.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schutz vor den Oxydationswirkungen bei in eine Betonmasse (1) eingebetteten aktiven Armierungen (2), welche die Form einer Gesamtheit von in einer Hülle (3) angeordneten Drähten oder Litzen haben können, wobei die Unvollkommenheiten des Einspritzbreis hervorgehoben werden, und dieses Verfahren während einer ersten Phase das Bohren eines Kanals (4) in die Betonmasse umfaßt, der gegenüber der zu schützenden Armierung mündet, danach die Einspritzung einer korrosionshemmenden Lösung in den Kanal umfaßt, bei der eine pulsierende Welle von hoher Leistung angewendet wird, die bewirken soll, daß die Lösung eindringt, dadurch gekennzeichnet, daß die pulsierende Welle von hoher Leistung von einer pulsierenden, hin- und hergehenden Pumpe (5) von genügend hoher Frequenz erzeugt wird, um in der Lösung eine gepulste Wirkung hervorzurufen, wobei Ultraschall erzeugt wird, während die Lösung zugleich unter Druck gesetzt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der obenerwähnte Kanal (4) durch die Hülle (3), das die aktive Armierung umgibt, gebohrt wird, so daß die korrosionshemmende Lösung in Kontakt mit der aktiven Armierung (2) kommen kann.
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein zweiter Kanal (4'), der gegenüber der zu schützenden Armierung mündet, durch die Hülle gebohrt wird, um die Fließbewegung der hemmenden Lösung längs der Armierung bzw. innerhalb der obenerwähnten Hülle zu kontrollieren.
4. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzbrei eingespritzt wird, um die Unvollkommenheiten in der Hülle, das die aktive Armierung umgibt, auszufüllen, wenn die Einspritzung von korrosionshemmender Lösung beendet ist.
5. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die pulsierende, hin- und hergehende Pumpe (5) ein Ultraschallsender von hoher Leistung ist.
6. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis

5, dadurch gekennzeichnet, daß in jeden der oben-
erwähnten Kanäle, die für die Einspritzung der
hemmenden Lösung bestimmt sind, ein Rohr (6)
eingeführt wird, das entweder mit der Wand des Ka-
nals, oder mit der obenerwähnten Hülle innig ver-
bunden ist.

7. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 5 bis
6, dadurch gekennzeichnet, daß die Anwendung
der pulsierenden Welle von hoher Leistung bei der
korrosionshemmenden Lösung bewirkt, daß die Lö-
sung in Mikrorisse und Zwischenräume, die in der
Betonmasse vorhanden sind, eindringt.

5

10

15

Claims

1. A method for protecting active armourings (2) em-
bedded in a concrete mass (1) against oxidation ef-
fects, said armourings being adapted to be con-
formed as a plurality of threads or strands arranged
in a sheath (3), while enhancing the imperfections
of the injection filling and comprising, in a first step,
drilling into the concrete mass a channel (4) emerg-
ing opposite the armouring to be protected, and
then injecting into said channel a corrosion inhibit-
ing solution, to which a high power pulsatory wave
adapted to make it enter is applied, characterized
in that said high power pulsatory wave is generated
by an alternative pulsatory pump with a sufficiently
high frequency (5) to generate a pulsated effect in
said solution by creating ultrasounds, while putting
said solution under pressure.
2. The method according to claim 1, characterized in
that said channel (4) is drilled through the sheath
(3) enclosing the active armouring so that the cor-
rosion inhibiting solution can come in contact with
said active armouring (2).
3. The method according to claim 2, characterized in
that at least a second channel (4') is drilled which
emerges opposite the armouring to be protected,
through the sheath, so as to monitor the inhibiting
solution progress along said armouring respectively
within the above-mentioned sheath.
4. The method according to any one of the claims 1 to
3, characterized in that the injection filling is injected
to fill out the imperfections inside the sheath enclos-
ing the active armouring, when the corrosion inhib-
iting solution injection is completed.
5. The method according to any one of the claims 1 to
4, characterized in that the alternative pulsatory
pump (5) is a high power ultrasonic emitter.
6. The method according to any one of the claims 1 to

20

25

30

35

40

45

50

55

5, characterized in that a tube (6) closely integral
with either the channel wall or the above-mentioned
sheath is introduced into each of the above-men-
tioned channels adapted for the inhibiting solution
to be injected.

7. The method according to claim 5 or 6, characterized
in that the application of the high power pulsatory
wave to the corrosion inhibiting solution flows into
microcracks and gaps being present in the concrete
mass.

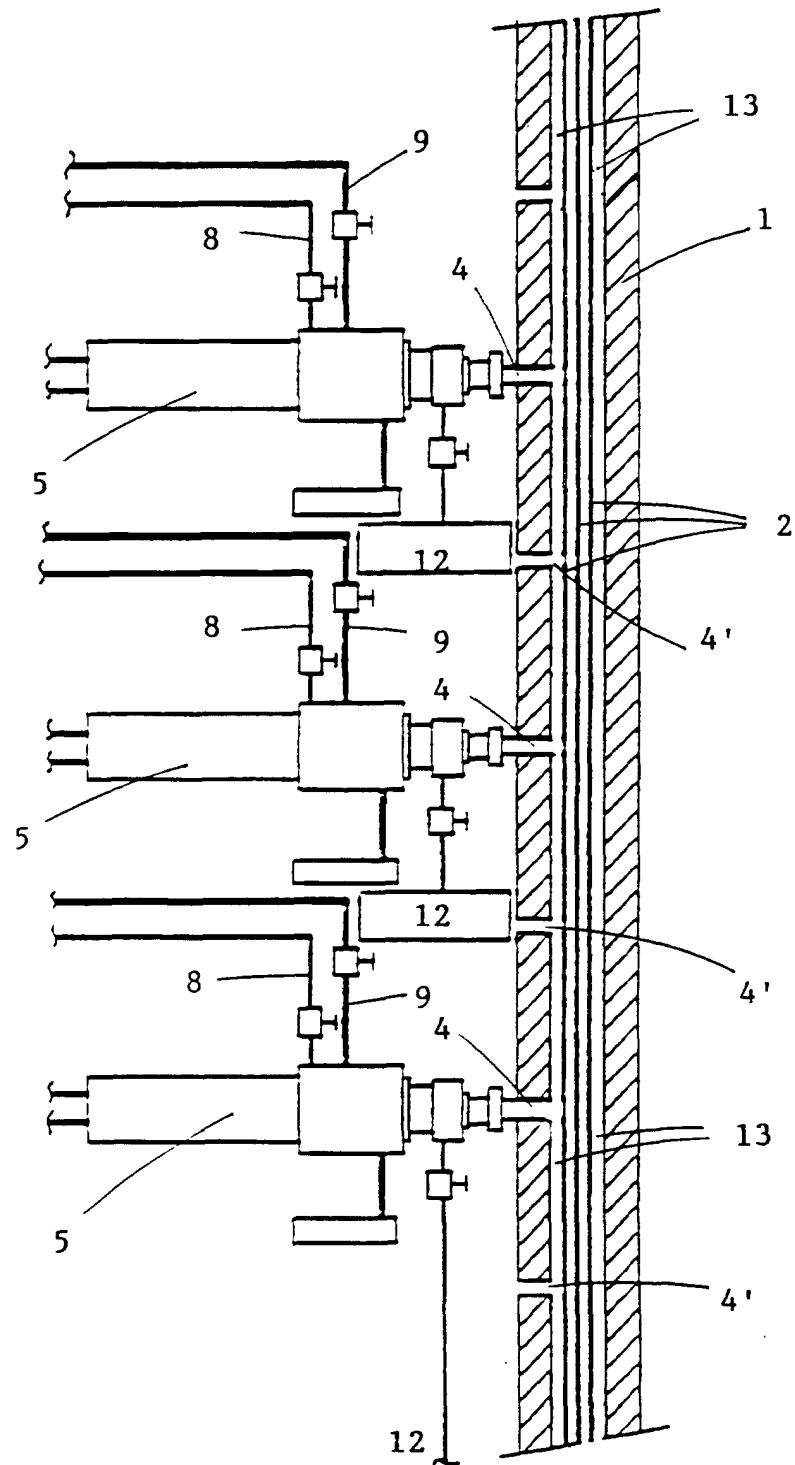


Fig.1

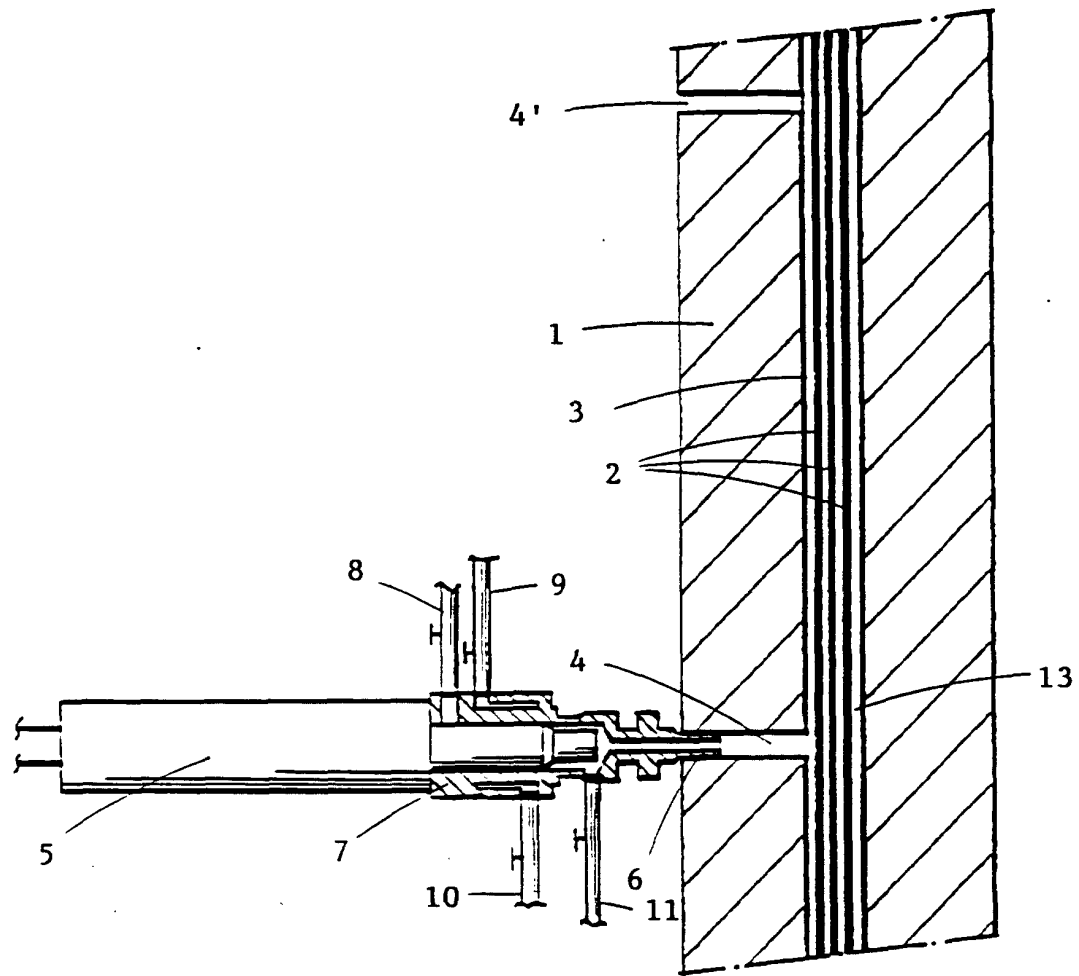


Fig. 2

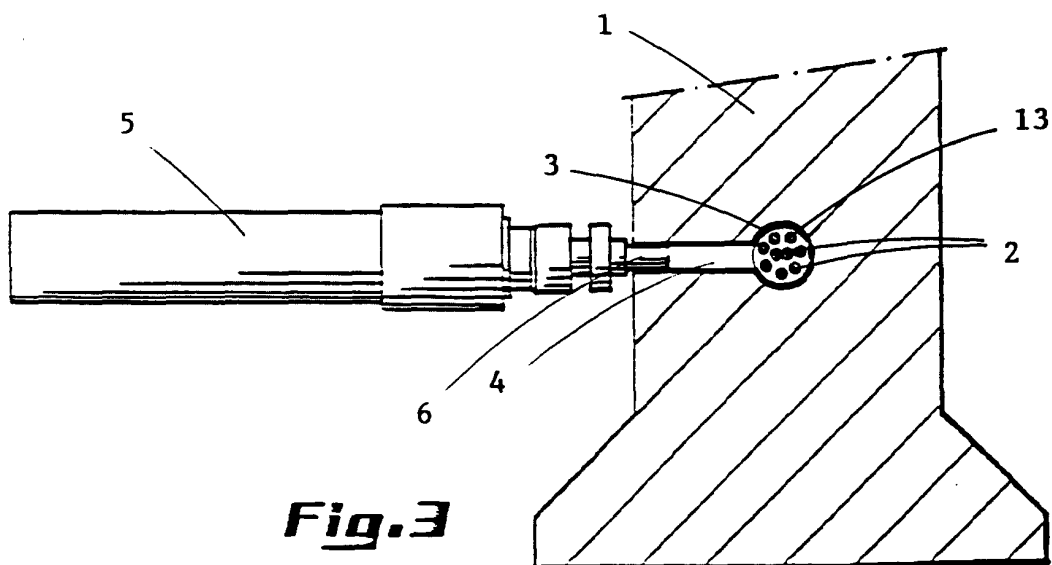


Fig. 3