

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 733 757 A1

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: E04G 23/02

(21) Numéro de dépôt: 95870020.5

(22) Date de dépôt: 06.03.1995

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

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

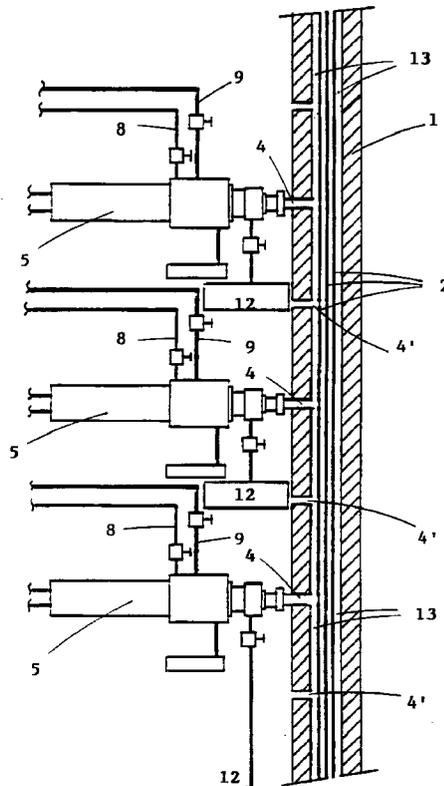
(71) Demandeur: NORTEX  
1400 Nivelles (BE)

(74) Mandataire: Pieraerts, Jacques et al  
GEVERS Patents,  
Brussels Airport Business Park,  
Holidaystraat 5  
1831 Diegem (BE)

(72) Inventeurs:  
• Dubois, Pierre-Marie  
B-1421 Ophain-Bois-Seigneur-Isaac (BE)

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

(57) L'invention concerne un procédé de protection contre les effets de l'oxydation sur des armatures (2) actives noyées dans une masse de béton, caractérisé en ce qu'on met d'abord en évidence les imperfections du béton, en particulier à proximité des armatures (2) à protéger, caractérisé en ce qu'on fore dans la masse de béton un premier canal (4) débouchant face à l'armature à protéger et en ce qu'on injecte dans ledit canal (4) un liquide auquel est appliqué une onde pulsatoire de haute puissance destinée à le faire pénétrer et on mesure le temps qui s'écoule entre l'injection de ce liquide et sa réapparition dans un second canal (4') foré à proximité du premier canal.



**Fig.1**

EP 0 733 757 A1

## Description

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).

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.

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.

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.

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 feuillards 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.

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.

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.

Ces défauts de protection, même localisés et à l'abri d'un renouvellement d'air, posent tôt ou tard des problèmes de corrosion.

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.

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

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

L'invention a donc pour objet de proposer un procédé nouveau et original, capable de remédier aux effets d'oxydation sur les armatures actives, ce terme étant pris dans son sens le plus large.

L'invention consiste donc à faire pénétrer dans tous les cas de figure, même avec des ensembles parfaitement injectés de ciment, la solution inhibitrice de corrosion sur l'intégralité des éléments métalliques présents.

Pour réaliser cet objectif conformément à l'invention on fore, dans un premier temps, dans la masse de béton un canal débouchant face à l'armature qui doit être protégée et en ce qu'on injecte ensuite dans ledit canal une solution inhibitrice de corrosion à laquelle est appliqué une onde pulsatoire de haute puissance destinée à la faire pénétrer.

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.

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.

Une caractéristique remarquable de l'invention réside dans le fait que la solution inhibitrice est introduite sous pression en faisant usage d'une pompe alternative de fréquence élevée capable de produire un effet pulsé sur la solution inhibitrice.

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.

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

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.

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

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.

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.

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

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

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.

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 par la conduite 9. La solution de refroidissement de l'enceinte de compression quitte 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.

Des ultrasons créés par l'émetteur d'ultrasonore de haute puissance dont il est fait usage dans le cadre du

procédé selon l'invention ont un effet supplémentaire. En effet, les ondes ultrasonores générées par l'émetteur ultrasonore sont suffisamment puissantes pour créer un effet de cavitation dans le liquide. Cet effet de cavitation permet de dégager les entrées menant aux interstices et aux microfissures présentes dans le béton. De plus, les ondes acoustiques ultrasonores provoquent une vibration à l'intérieur de ces interstices et ces microfissures et par la même permettent l'ouverture et la fermeture de celles-ci à la fréquence de l'onde acoustique. Ce phénomène favorise l'avancement du liquide dans ces interstices et microfissures.

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.

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.

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.

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.

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 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), caractérisé en ce qu'on fore, dans un premier temps, dans la masse de béton un canal débouchant face à l'armature qui doit être protégée et en ce qu'on injecte ensuite dans ledit canal une solution inhibitrice de corrosion à laquelle est appliqué une onde pulsatoire de haute puissance destinée à la faire pénétrer.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, 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'injections des gaines mises en évidence selon la revendication 1. 5

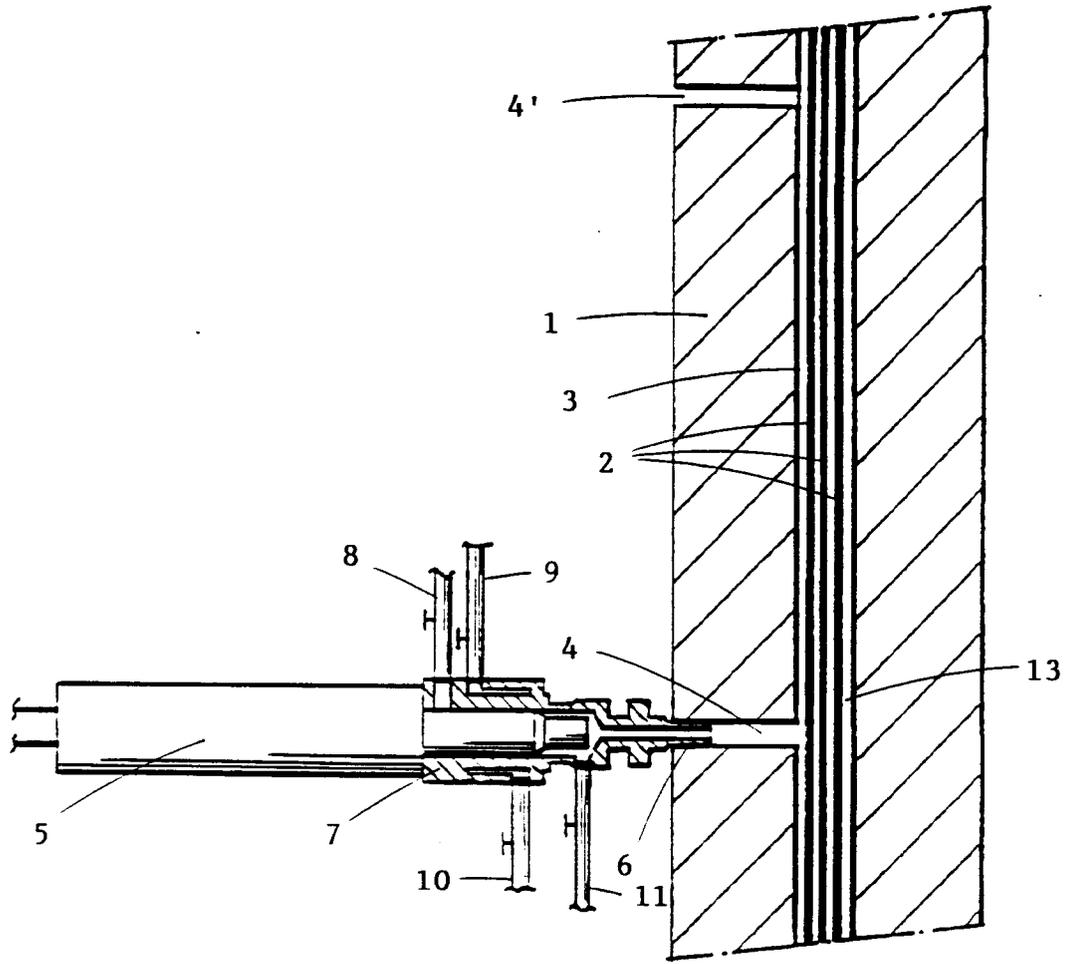
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'on fore au moins un second canal débouchant face à l'armature à protéger afin de contrôler le cheminement de la solution inhibitrice le long de ladite armature respectivement à l'intérieur de la gaine précitée. 10
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 - 3, caractérisé en ce qu'on fore le long de l'armature à protéger une série de canaux destinés à l'injection de la solution inhibitrice précitée et on prévoit, toujours le long de l'armature à protéger, des canaux de contrôle de l'injection de la solution inhibitrice injectée. 15 20
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 - 4, caractérisé en ce que la solution inhibitrice est introduite sous pression en faisant usage d'une pompe pulsatoire alternative de fréquence suffisamment élevée capable de produire un effet pulsé sur la solution inhibitrice. 25
6. Procédé selon l'une 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 solidarisé intimement soit de la paroi du canal, soit de la gaine précitée. 30 35
7. Procédé selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé en ce qu'on branche la pompe pulsatoire précitée sur le tube précité.
8. Procédé selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce qu'on utilise un émetteur ultrasonore de haute puissance comme une pompe pulsatoire alternative. 40 45

45

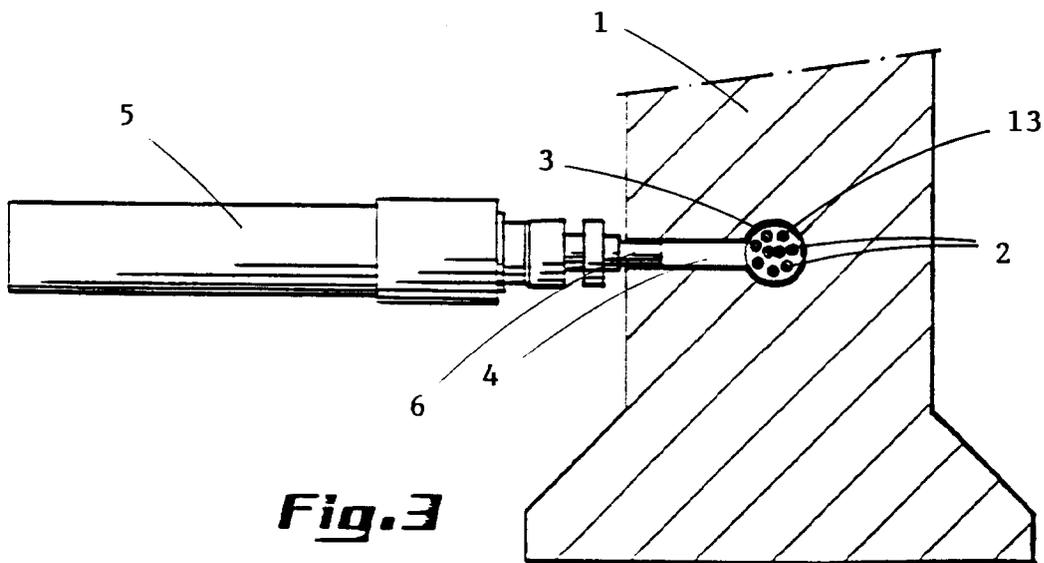
50

55





**Fig. 2**



**Fig. 3**



Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 95 87 0020

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
Y A	FR-A-2 116 618 (CONIN) * page 2 - page 4; figures * ---	1,3-5,7 2	E04G23/02
Y	GB-A-1 480 718 (BALFOUR BEATTY) * le document en entier * ---	1,3-5,7	
A	WO-A-92 20902 (BOGDANOFF) * revendications; figures * ---	1-4	
A	US-A-2 346 879 (TURZILLO) * le document en entier * ---	1,5	
A	EP-A-0 300 956 (HILTI) -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			E04G
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		31 Juillet 1995	Vijverman, W
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)