



(11) **EP 1 942 240 A2**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
09.07.2008 Bulletin 2008/28

(51) Int Cl.:
E04G 23/02 (2006.01) E04G 23/08 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07290018.6**

(22) Date de dépôt: **08.01.2007**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK RS

(30) Priorité: **05.01.2007 FR 0752543**

(71) Demandeur: **M Lefevre**
75008 Paris (FR)

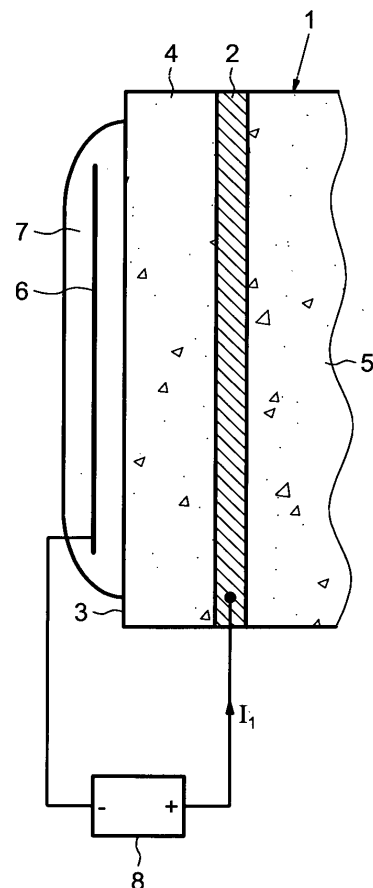
(72) Inventeur: **Menard, Marc-Henry**
92600 Asnières (FR)

(74) Mandataire: **de Kernier, Gabriel**
Bureau D. A. Casalonga & Josse
Bayerstrasse 71/73
80335 München (DE)

(54) **Procédé de traitement d'une structure en béton, et dispositif correspondant**

(57) L'invention concerne un procédé de traitement d'une structure en béton comprenant au moins une surface accessible (3) et au moins une armature en acier (2). Selon le procédé, on applique un champ électrique entre l'armature en acier (2) et la surface accessible (3) de manière à provoquer une migration de cations vers la surface accessible (3) et une migration d'anions vers l'armature en acier (2).

FIG.1



Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de traitement d'une structure en béton, ainsi que le dispositif associé. L'invention concerne notamment un procédé permettant d'extraire des ions contaminants contenus dans le béton et/ou d'enlever le béton contaminé de la structure en béton.

[0002] Dans les constructions en béton, on utilise de l'acier pour augmenter la résistance à la traction de la construction. Le béton est non seulement résistant à la compression mais protège également l'acier contre la corrosion grâce au milieu fortement alcalin qui prévaut dans le béton. En effet, l'alcalinité de l'eau contenue dans les pores du béton permet la formation d'une couche d'oxyde sur l'acier, la couche d'oxyde constituant une barrière contre la corrosion.

[0003] Mais l'enrobage de béton, c'est-à-dire la zone située entre la surface en contact avec l'atmosphère et la première couche d'armature, peut se dégrader soit par incendie ou toute autre cause physique, soit par pénétration d'agents agressifs tels que le dioxyde de carbone qui diminue le pH du béton, par une réaction de carbonatation. Ceci a pour effet d'affaiblir la construction du béton et entraîne un risque d'accident, notamment dans le cas de bâtiments.

[0004] De telles détériorations sur les constructions en béton sont en passe de devenir un grave problème économique et technique.

[0005] Une des caractéristiques des dégradations par incendie ou par pénétration de corps agressifs est que très généralement la partie de béton dégradée se limite à l'enrobage. Classiquement, cette zone est une zone fine par rapport au reste de la section transversale du béton. Ainsi, par exemple, une première méthode de traitement du béton consiste à réalcaliniser la zone carbonatée, à savoir l'enrobage ainsi qu'une petite partie du béton située au-delà de l'armature, en utilisant un milieu électrolytique externe et un courant électrique capable d'extraire des anions de la zone carbonatée.

[0006] De telles méthodes de traitements du béton ont déjà été décrites dans l'art antérieur, notamment dans les brevets FR 2 729 694, EP 0 200 428 ou encore EP 0 264 421.

[0007] Ces méthodes ne sont efficaces qu'à l'égard des anions contaminants et s'avèrent donc inutiles lorsque l'enrobage est par exemple dégradé par une cause physique ou par pénétration d'agents agressifs cationiques.

[0008] Il peut alors être nécessaire d'effectuer une réparation selon des méthodes traditionnelles qui reposent sur le burinage ou l'hydro-démolition pour enlever la couche de béton dégradé, puis l'enrobage de béton est reconstruit après nettoyage de l'acier et éventuellement un traitement anti-corrosion.

[0009] De telles méthodes sont longues, bruyantes et coûteuses, notamment en terme de moyens humains. De plus, elles peuvent aboutir à des structures finales en

béton qui sont malgré tout fragilisées.

[0010] Le but de l'invention est d'améliorer le traitement du béton, notamment en terme de coût, de nuisances et d'efficacité.

[0011] Selon l'invention, il est proposé un procédé de traitement d'une structure en béton comprenant au moins une surface accessible et au moins une armature en acier. Selon le procédé, on applique un champ électrique entre l'armature en acier et la surface accessible de manière à provoquer une migration de cations vers la surface accessible et une migration d'anions vers l'armature en acier.

[0012] Ainsi, le procédé utilise un courant circulant dans le sens opposé à celui utilisé dans l'art antérieur. En effet, les procédés selon l'art antérieur traitent les structures en béton en faisant migrer les anions vers un milieu électrolytique extérieur et les cations vers une armature en acier.

[0013] Selon un premier mode de mis en oeuvre, les anions migrant vers l'armature en acier augmentent le volume de la couche de surface de l'acier de l'armature, permettant de détacher au moins une partie de la structure en béton située entre la surface accessible et l'armature en acier, du reste de la structure en béton.

[0014] On entend ici par couche de surface de l'armature en acier, la couche de matière entourant l'acier de l'armature et comprenant du fer issu dudit acier, par exemple de la rouille.

[0015] Le procédé a pour but d'améliorer les procédés existants dans lesquels l'enrobage de béton dégradé dans une structure en béton armé est enlevé puis remplacé par du nouveau béton. En particulier, le procédé vise à améliorer l'étape d'élimination du béton dégradé en exploitant la faible résistance du béton à la traction. Ainsi, l'augmentation du volume de la couche de surface de l'armature en acier permet d'exercer une force de traction sur le béton d'enrobage, et donc de détacher la partie du béton située entre la surface de la structure en béton armé et l'armature en acier.

[0016] Le procédé permet notamment de détacher l'enrobage de béton dégradé en limitant les nuisances sonores et les dommages sur le reste de la structure en béton. En effet, les éliminations de béton par percussion (marteau-piqueur, burin, ...) peuvent provoquer des fissures plus ou moins fines dans le reste de la structure en béton, ce qui peut la fragiliser ou nécessiter une réparation supplémentaire.

[0017] En particulier, les anions migrant vers l'armature en acier peuvent provoquer la corrosion de l'acier de l'armature. De même, les cations migrant vers la surface accessible n'ont plus d'effet limitant la corrosion de l'acier de l'armature.

[0018] En effet, la corrosion d'un acier entraîne la formation de rouille et donc une augmentation du volume de la couche de surface de l'acier de l'armature. Dans le cas d'un béton armé, cette augmentation de volume induit une force de traction dans le béton et tend à le faire éclater.

[0019] La corrosion d'une armature en acier peut être obtenue en faisant circuler un courant électrique entre cette armature en acier et une électrode externe placée en continuité électrique avec la surface de la structure en béton. Le sens du courant qui permet cette corrosion est tel que les cations métalliques migrent vers la surface de la structure en béton et que la pénétration d'un liquide à la surface du béton est favorisée par électro-osmose.

[0020] Préférentiellement, on dispose une électrode externe en continuité électrique avec la surface accessible de la structure en béton et on impose une tension entre l'armature en acier et l'électrode externe de manière à faire circuler entre l'armature en acier et l'électrode externe, un courant de valeur supérieure à 2 A/m² d'armature en acier.

[0021] Après le détachement de l'enrobage dégradé, la structure en béton armé est traitée par apposition d'un enrobage neuf. La structure peut alors retrouver ses caractéristiques géométriques, mécaniques et/ou chimiques d'origine.

[0022] Selon un second mode de mise en oeuvre, les cations migrant vers la surface accessible comprennent des cations métalliques. En particulier, les cations métalliques peuvent être des cations dégradant et/ou contaminant la structure en béton. De même, les anions migrant vers l'armature en acier peuvent être des anions ayant une capacité à limiter la dégradation de la structure en béton.

[0023] Le procédé tient compte des espèces cationiques contaminantes. Au lieu de mettre en oeuvre les procédés de l'art antérieur qui appliquent un courant circulant de l'extérieur vers une armature et qui font donc migrer les espèces cationiques vers l'armature en acier, on applique ici un courant inverse permettant notamment d'extraire les cations contaminants.

[0024] Préférentiellement, on dispose une électrode externe en continuité électrique avec la surface accessible de la structure en béton et on impose une tension entre l'armature en acier et l'électrode externe de manière à faire circuler entre l'armature en acier et l'électrode externe, un courant de valeur inférieure à 1 A/m² d'armature en acier.

[0025] Préférentiellement, le procédé comprend une étape ultérieure durant laquelle on modifie le signe du champ électrique entre l'armature en acier et la surface accessible de manière à provoquer une migration de cations vers l'armature en acier.

[0026] Après retrait de l'électrolyte contenant lesdits cations, il est possible de disposer un autre électrolyte et d'appliquer un courant en sens inverse pour, par exemple, réalcaliniser la zone traitée. On peut ainsi limiter la quantité d'éventuels cations contaminants migrant vers l'armature en acier. En d'autres termes, on ôte du béton des cations contaminants, puis des anions contaminants.

[0027] L'invention se rapporte également à un dispositif de traitement d'une structure en béton comprenant au moins une surface et au moins une armature en acier.

Le dispositif comprend un moyen d'application d'un potentiel prévu pour être disposé en continuité électrique avec la surface accessible de la structure en béton et une alimentation électrique capable de faire circuler un courant dans l'épaisseur du béton situé entre le moyen d'application d'un potentiel et l'armature en acier, la borne négative de l'alimentation électrique étant reliée au moyen d'application d'un potentiel.

[0028] Préférentiellement, le moyen d'application d'un potentiel peut comprendre une électrode externe et un électrolyte en contact avec l'électrode externe et la surface accessible de la structure en béton de manière à réaliser la continuité électrique entre l'électrode externe et la surface accessible de la structure en béton.

[0029] L'électrode externe joue ici le rôle de la cathode tandis que l'armature en acier joue le rôle de l'anode. Le champ électrique ainsi créé entre l'électrode externe et l'armature en acier permet de faire migrer les cations vers l'électrode externe.

[0030] Selon un premier mode de réalisation, l'électrolyte peut comprendre une solution contenant des anions corrosifs vis-à-vis du matériau de l'armature en acier, et capables de pénétrer dans la structure en béton sous l'action d'un champ électrique.

[0031] Il s'agit ici de provoquer la corrosion de l'armature en acier afin de permettre de détacher une partie de la structure en béton, du reste de la structure en béton. Par exemple, la solution peut contenir des anions chlorures qui migrent vers l'armature et favorisent la corrosion de l'acier. La solution peut également contenir d'autres anions.

[0032] Selon un second mode de réalisation, l'électrolyte peut comprendre une solution capable de recueillir des cations extraits de la structure en béton.

[0033] Ce mode de réalisation concerne l'extraction des cations contaminants de la structure en béton, mais peut également être appliqué au premier mode de réalisation dans lequel des cations contenus dans la structure en béton sont également extraits de la structure lors du traitement.

[0034] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à l'examen de la description détaillée de deux modes de réalisation, nullement limitatifs, et des dessins annexés sur lesquels les figures 1 à 5 illustrent de manière schématique différentes étapes de traitements d'une section d'une structure en béton comprenant une armature en acier.

[0035] Sur la figure 1 est représentée une section de côté d'une structure en béton 1. La structure en béton 1 comprend du béton, une armature en acier 2 noyée dans le béton et une surface accessible 3. On distingue par ailleurs, dans le béton de la structure 1, une région de béton 4, appelée enrobage, située entre la surface accessible 3 et l'armature en acier 2, et une région de béton 5 située du côté opposé à la région de béton 4 par rapport à l'armature en acier 2.

[0036] On suppose, dans un premier mode de réalisation, que la région de béton 4, qui peut être partiellement

ou totalement dégradée, doit être détachée de la structure en béton 1 afin de la remplacer par un nouveau béton, ou bien afin de commencer la démolition de la structure 1.

[0037] La structure en béton 1 peut être en béton armé, ou bien encore en béton précontraint. En particulier, le procédé s'applique de façon particulièrement intéressante au béton précontraint dans lequel l'acier à haute résistance mécanique et soumis à un effort de traction, est peu sensible à la fragilisation par l'hydrogène naissant.

[0038] Par ailleurs, une électrode externe 6 est disposée sur une partie de la surface accessible 3. L'électrode externe 6 peut être constituée de fils, de câbles, de tresses, d'un treillis, de plaques, de feuilles, de plastiques conducteurs ou de tout autres matériaux conducteurs. L'électrode externe 6 est placée dans un électrolyte permettant de réaliser le contact électrique entre l'électrode externe 6 et la surface accessible 3.

[0039] Selon le premier mode de réalisation, l'électrolyte peut comprendre une solution aqueuse de nitrate de sodium, de chlorure de sodium ou équivalent. L'électrolyte sera choisi de préférence de manière à favoriser la corrosion de l'acier et à migrer facilement sous l'effet d'un champ électrique. L'électrolyte peut être sous forme liquide, sous la forme d'un gel, ou bien encore adsorbée dans un milieu poreux tel que de la laine de roche, de la cellulose, de la sciure, du sable, de l'argile ou un matériau similaire. L'électrolyte peut aussi être un béton, un mortier, ou une pâte à base de ciment, à condition que la prise du ciment soit fortement retardée par une substance telle que le sucre.

[0040] Le milieu poreux est choisi de manière à permettre la rétention de l'électrolyte sans gêner le fonctionnement du dispositif de traitement de la structure en béton. En particulier, l'électrode externe 6 doit pouvoir rester en contact avec la surface accessible 3 même si des parties de la région de béton 4 se sont déjà détachées de la structure en béton 1. On considère, pour la suite de la description, que le milieu poreux est par exemple un cataplasme 7 de fibres végétales appliqué par projection. Le cataplasme 7 peut notamment rester sur la surface accessible 3 tant qu'une partie importante de la région de béton 4 reste fixée à la région de béton 5 ou à l'armature en acier 2. Lorsque la partie importante de la région de béton 4 est détachée, le cataplasme 7 se détache avec elle.

[0041] L'électrode externe 6 est placée dans le cataplasme 7, de manière à être en continuité électrique avec la surface accessible 3 par l'intermédiaire de l'électrolyte.

[0042] Une alimentation électrique 8 (batterie, générateur ou transformateur relié au réseau électrique général) est utilisée pour faire circuler un courant électrique entre l'électrode externe 6 et l'armature en acier 2 qui joue le rôle d'électrode interne. L'alimentation électrique 8 peut être par exemple un générateur de courant qui fait circuler un courant correspondant à une valeur de consigne, en appliquant une tension U suffisante entre l'électrode externe 6 et l'armature en acier 2. La valeur

de courant peut par exemple être supérieure à 2 A/m² d'armature en acier. On entend par « m² d'armature en acier » la superficie totale de l'armature en acier dans la zone traitée, c'est-à-dire dans l'épaisseur de la structure en béton située en regard de l'électrode externe. La valeur du courant est choisie de manière à privilégier la migration, vers ladite armature, des espèces corrodantes vis-à-vis de l'armature.

[0043] De plus, l'alimentation électrique 8 peut aussi être capable de faire circuler, pendant la durée de traitement de la structure en béton, un courant d'intensité modulée entre l'électrode externe et l'armature en acier.

[0044] L'électrode externe 6 est reliée électriquement à la borne négative de l'alimentation électrique 8 et constitue donc la cathode, tandis que l'armature en acier 2 est reliée à la borne positive de l'alimentation électrique 8 et constitue donc l'anode.

[0045] Lorsque l'alimentation électrique 8 est mise en fonctionnement, les anions migrent vers l'armature en acier 2, l'acier se corrode, et les cations contenus dans la région de béton 4 migrent vers l'électrode 6. Il est ainsi possible de concentrer près de l'armature en acier 2, les espèces contaminantes susceptibles de causer sa corrosion.

[0046] L'acier de l'armature, en se corrodant, peut augmenter le volume de sa couche de surface, par exemple de la rouille, ce qui engendre des contraintes dans la structure en béton 1. Ces contraintes sont représentées par des flèches sur la section vue de haut de la structure en béton 1 illustrée à la figure 2. La résultante globale de ces contraintes exerce une force de traction sur les régions de béton 4 et 5.

[0047] Il est ensuite possible, en continuant le procédé, de mettre en oeuvre une étape de démolition partielle de la structure en béton 1 en séparant la région de béton 4 du reste de la structure en béton 1 (Figure 3).

[0048] Lorsque la région de béton 4, ou une partie importante de la région de béton 4, est détachée, on peut alors mettre en oeuvre une étape de réparation de la structure en béton en remplaçant la région en béton 4 détachée par une région 40 de béton neuf (Figure 4).

[0049] Ainsi, pour une réparation de la structure en béton, il est alors possible de traiter l'armature en acier 2, ou bien de la remplacer. Lorsque l'armature en acier 2 et éventuellement la région de béton 5 ont été traitées, un nouvel enrobage 40 peut être appliqué en lieu et place de la région de béton 4 détachée, de manière à obtenir une surface 30 de la structure en béton 1 selon la géométrie souhaitée.

[0050] On suppose, dans un second mode de réalisation, que la région de béton 4 peut être partiellement contaminée par des cations et éventuellement par des anions, et doit être traitée. On peut utiliser pour cela un dispositif illustré à la figure 5 et dans lequel les éléments communs au premier mode de réalisation portent les mêmes références. Ainsi, le cataplasme 70 et l'électrolyte utilisés pour recueillir les cations métalliques extraits de la région de béton 4 pourront être adaptés aux types de

cations métalliques ; de même, la valeur du courant circulant entre l'électrode externe 6 et l'armature en acier 2 sera adaptée en fonction de l'utilisation. On obtient alors une migration (représentée par une flèche 9) de cations vers la surface accessible 3, et une migration (représentée par une flèche 10) d'anions vers l'armature en acier 2.

[0051] Par exemple, on peut appliquer, dans une première étape, le dispositif pour extraire les cations contaminants, puis, dans une deuxième étape, inverser le sens du courant et changer l'électrolyte utilisé pour traiter par extraction d'anions la structure en béton 1.

[0052] On applique dans un premier temps le dispositif pendant une durée limitée afin d'extraire des cations contaminants. On peut utiliser un générateur de courant 8 qui fait circuler, pendant la première étape, un courant de valeur, par exemple, inférieure à 1 A/m² d'armature en acier. Le but ici est d'extraire, pendant la première étape, les cations contaminants tout en limitant la migration des anions contaminants vers l'armature en acier 2 afin de limiter la durée de la deuxième étape.

[0053] On peut alors, durant la deuxième étape, retirer le cataplasme 70 et l'électrolyte, appliquer un nouveau cataplasme et un nouvel électrolyte, et inverser le sens du courant et imposer une valeur, par exemple, supérieure à 2 A/m² d'armature en acier, pour extraire les anions contaminants. On évite ainsi, lors de la deuxième étape, de faire migrer d'éventuels cations contaminants vers l'armature en acier 2. On peut alors ôter de la structure en béton 1 des cations contaminants et des anions contaminants.

[0054] Bien que décrits séparément, les deux modes de réalisation peuvent également être combinés en fonction de la structure en béton à traiter.

[0055] Ainsi, le dispositif permet de faciliter l'extraction de cations et/ou l'élimination d'une partie d'une structure en béton, notamment une partie en béton dégradé.

Revendications

1. Procédé de traitement d'une structure en béton (1) comprenant au moins une surface accessible (3) et au moins une armature en acier (2),
caractérisé en ce qu'on applique un champ électrique entre l'armature en acier (2) et la surface accessible (3) de manière à provoquer une migration de cations vers la surface accessible (3) et une migration d'anions vers l'armature en acier (2).
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel les anions migrant vers l'armature en acier (2) augmentent le volume de la couche de surface de l'acier de l'armature, permettant de détacher au moins une partie de la structure en béton située entre la surface accessible (3) et l'armature en acier (2), du reste de la structure en béton.
3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel les anions migrant vers l'armature en acier (2) provoquent la corrosion de l'acier de l'armature.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel on dispose une électrode externe (6) en continuité électrique avec la surface accessible (3) de la structure en béton et on impose une tension entre l'armature en acier (2) et l'électrode externe (6) de manière à faire circuler, entre l'armature en acier (2) et l'électrode externe (6), un courant de valeur supérieure à 2 A/m² d'armature en acier.
5. Procédé selon la revendication 1 dans lequel les cations migrant vers la surface accessible (3) comprennent des cations métalliques.
6. Procédé selon la revendication 5 dans lequel on dispose une électrode externe (6) en continuité électrique avec la surface accessible (3) de la structure en béton et on impose une tension entre l'armature en acier (2) et l'électrode externe (6) de manière à faire circuler entre l'armature en acier (2) et l'électrode externe (6), un courant de valeur inférieure à 1 A/m² d'armature en acier.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6 comprenant également une étape ultérieure durant laquelle on modifie le signe du champ électrique entre l'armature en acier (2) et la surface accessible (3) de manière à provoquer une migration d'anions vers la surface accessible (3) et une migration de cations vers l'armature en acier (2).
8. Dispositif de traitement d'une structure en béton (1) comprenant au moins une surface accessible (3) et au moins une armature en acier (2), le dispositif comprenant un moyen d'application d'un potentiel prévu pour être disposé en continuité électrique avec la surface accessible (3) de la structure en béton, et une alimentation électrique (8) capable de faire circuler un courant dans l'épaisseur du béton situé entre le moyen d'application d'un potentiel et l'armature en acier (2), **caractérisé en ce que** la borne négative de l'alimentation électrique est reliée au moyen d'application d'un potentiel.
9. Dispositif selon la revendication 8 dans lequel le moyen d'application d'un potentiel comprend une électrode externe (6) et un électrolyte (7) en contact avec l'électrode externe (6) et la surface accessible (3) de la structure en béton, de manière à réaliser la continuité électrique entre l'électrode externe (6) et la surface accessible (3) de la structure en béton.
10. Dispositif selon la revendication 9 dans lequel l'électrolyte (7) comprend une solution contenant des anions corrosifs vis-à-vis de l'armature en acier (2),

et capables de pénétrer dans la structure en béton
(1) sous l'action d'un champ électrique.

- 11.** Dispositif selon la revendication 9 ou 10 dans lequel
l'électrolyte (7) comprend une solution capable de
recueillir des cations extraits de la structure en béton.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

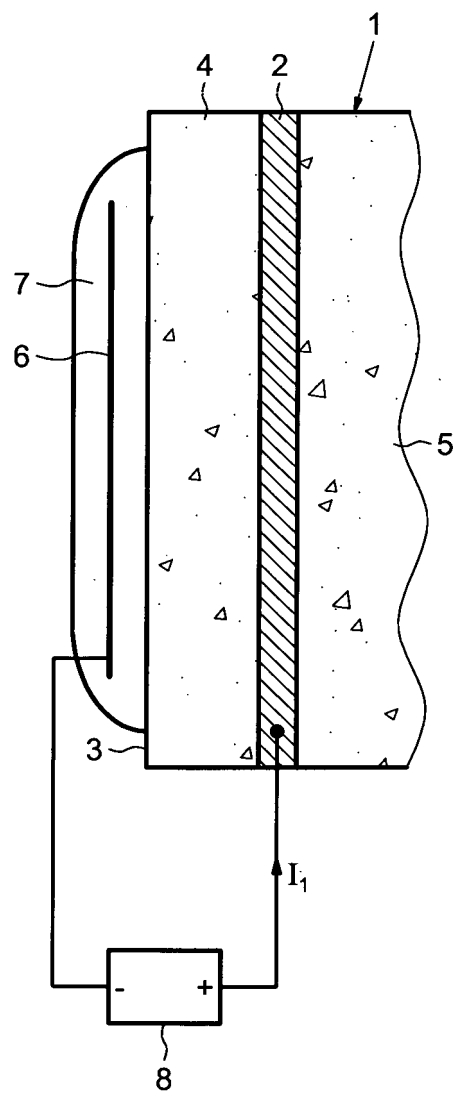


FIG.2

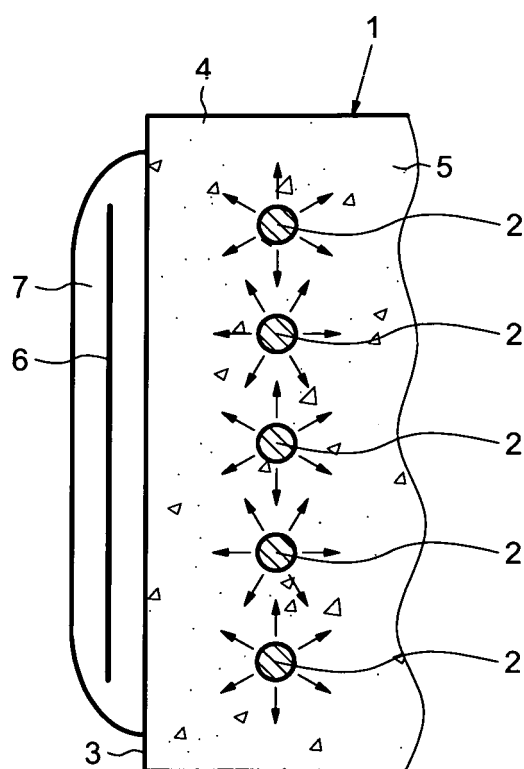


FIG.3

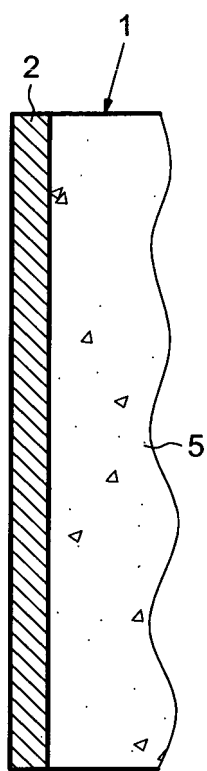


FIG.4

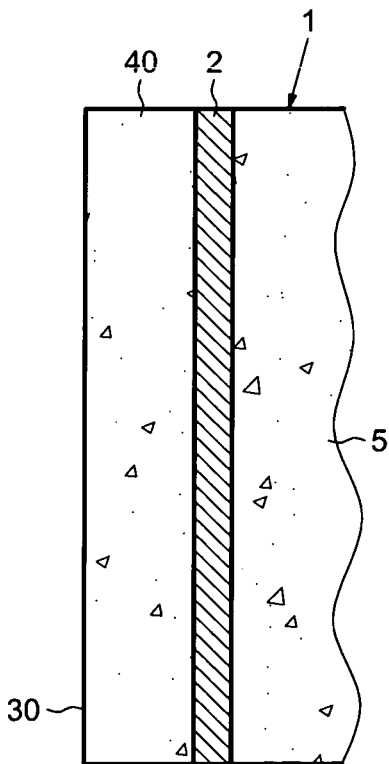
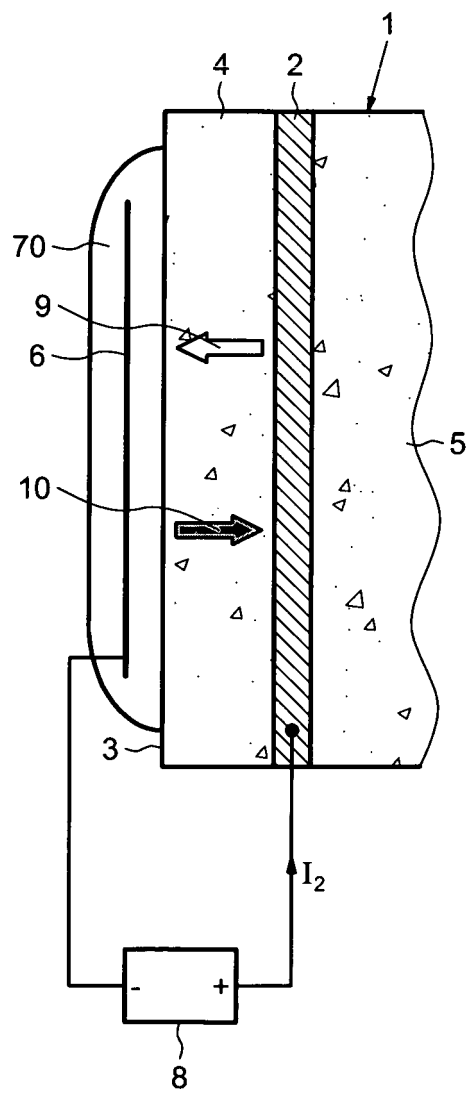


FIG.5



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2729694 [0006]
- EP 0200428 A [0006]
- EP 0264421 A [0006]