



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 045 089 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
09.02.2005 Bulletin 2005/06

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

(21) Numéro de dépôt: **00401040.1**

(22) Date de dépôt: **14.04.2000**

(54) **Structure de maçonnerie et procédé de renforcement associé**

Mauerwerkstruktur und Verfahren zu deren Verstärkung

Masonry structure and associated reinforcement method

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

(56) Documents cités:
WO-A-97/07289 GB-A- 2 302 896

(30) Priorité: **16.04.1999 FR 9904842**

(43) Date de publication de la demande:
18.10.2000 Bulletin 2000/42

(73) Titulaire: **M. Lefevre S.A.
75008 Paris (FR)**

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

(74) Mandataire: **Casalonga, Axel
BUREAU D.A. CASALONGA - JOSSE
Paul-Heyse-Strasse 33
80336 München (DE)**

- **DELBECQ; MICHOTÉY; SIMONET: "Calcul, désordres, réparation et modernisation des ponts en maçonnerie" TRAVAUX., no. 561, décembre 1981 (1981-12), XP002123401 EDITIONS SCIENCE ET INDUSTRIE S.A. PARIS., FR ISSN: 0041-1906**
- **DATABASE WPI Section PQ, Week 199604 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class Q46, AN 1996-038663 XP002123292 -& RU 2 036 290 C (SNYATKOV S V), 27 mai 1995 (1995-05-27)**
- **RUFFERT G: "DIE KONSTRUKTIVE SANIERUNG VON BAUDENKMALERN" BAUTECHNIK, DE, ERNST & SOHN VERLAG. BERLIN, vol. 71, no. 7, page 382-389 XP000195309**

EP 1 045 089 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] La présente invention concerne le domaine du renforcement de structures en maçonnerie comprenant au moins un arc s'étendant entre deux points d'appui, par exemple un élément de voûte ou un élément de traverse, comprenant une pluralité de pièces mutuellement en compression.

[0002] Au cours du temps, de telles structures sont susceptibles de se dégrader pour diverses raisons, infiltration d'eau provoquant une dégradation des pierres ou des briques constituant la structure, tassement du sol provoquant un mouvement des fondations du bâtiment et de ses superstructures, modification du bâtiment postérieurement à sa construction, etc.

[0003] L'article « calcul, désordres, réparation et modernisation des ponts en maçonnerie » de Messieurs Delbecq, Michotey et Simonet, publié dans la revue Travaux No. 561 de décembre 1981, décrit les dégradations et différents modes de réparation des ponts en maçonnerie. Dans le cas de désordres de l'intrados de la voûte, il est prévu de réaliser une contrevoûte en béton projeté après nettoyage et rejointement de l'intrados. La contrevoûte est ancrée dans les parties saines par des épingles en acier et armée par un treillis soudé fixé sur ces épingles. Dans le cas d'un bombement de la partie supérieure de la voûte, on peut procéder au démontage et au remontage du tympan. Dans le cas de fissures transversales de la voûte, il convient tout d'abord de conforter les fondations puis, si l'état de la voûte n'est pas très critique, on peut être tenté de restaurer le monolithisme de la maçonnerie par des injections. Il ne faut cependant pas oublier qu'une voûte en maçonnerie s'adapte très bien : ce remède ne paraît donc pas toujours utile ; bien plus, il risque de modifier le schéma mécanique de la voûte en la rendant plus rigide. En outre, on ne sait pas très bien ce que l'on fait en injectant une fissure : où passeront les efforts ensuite ? Si une solution de ce type est adoptée, on devra en outre recomprimer la voûte (démontage et clavage de la pierre de clé, vérinage à la clé). En tout état de cause, dans le cas d'une insuffisance de la voûte, cette solution est inefficace : il faut augmenter « les coefficients de rupture » de la voûte en lui redonnant de l'épaisseur, après avoir éventuellement injecté les fissures pour les bloquer. Un épaissement part au-dessus est réalisé après décaissement du remblai avec création d'une voûte en béton épinglée à la voûte maçonnerie. L'épaissement par en dessous est réalisé avec une contrevoûte en béton projeté ou avec des poutrelles métalliques cintrées qui sont ensuite noyées dans un béton projeté ou coulé à l'avancement.

[0004] De façon connue, la restauration d'une voûte ou d'un arc porteur de voûte en cas de fissuration, dégradation, déformation, peut être réalisée, soit par coulis de chaux, la réussite de ce procédé étant aléatoire, soit par remplacement des éléments dégradés ou cassés nécessitant des échafaudages, voire une recons-

truction de l'ouvrage. Ces procédés imposent de lourdes servitudes d'exploitation et de mise en oeuvre, notamment de délai, d'immobilisation du bâtiment ou de l'ouvrage d'art, de coût, et ne permettent pas de renforcer des ouvrages trop sollicités ou dégradés, en toute fiabilité et en toute sécurité, pour un coût raisonnable.

[0005] De plus, dans le cas de voûtes dont l'intrados supporte des éléments de grand intérêt historique ou artistique tels que des fresques, des peintures ou des sculptures, ces procédés ne permettent pas de les préserver intégralement.

[0006] La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients des procédés connus.

[0007] La présente invention a pour objet de proposer un procédé de renforcement de structure en maçonnerie de mise en oeuvre facile, rapide et peu onéreuse, tout en respectant les éléments ne devant pas être modifiés par le renforcement.

[0008] Le procédé de renforcement, selon l'invention, est destiné à une structure de maçonnerie comprenant au moins un arc s'étendant entre au moins deux points d'appui distincts et comprenant une pluralité de pièces mutuellement en compression, chaque pièce se maintenant par frottement sur les pièces adjacentes. On ajoute sur la surface supérieure de la structure de maçonnerie au droit de l'arc un élément réalisé dans des matériaux de coefficients de dilatation et de coefficients d'élasticité proches de ceux du matériau constituant la structure de maçonnerie, et solidarisé avec ladite structure de maçonnerie. On évite ainsi toute intervention sur la surface inférieure de la structure qui est généralement celle présentant un intérêt historique ou esthétique.

[0009] Dans un mode de réalisation de l'invention, l'élément est solidarisé avec un voûtain de la structure de maçonnerie. On appelle "voûtain" une portion de voûte délimitée par des arêtes ou par des nervures occupant la place d'arêtes.

[0010] Dans un autre mode de réalisation de l'invention, la structure de maçonnerie comprenant au moins un arc formé de claveaux juxtaposés, l'élément est solidarisé avec ledit arc. Un voûtain de la structure de maçonnerie peut être pris entre l'arc et l'élément.

[0011] Dans un mode de réalisation de l'invention, les claveaux sont supportés par l'élément.

[0012] Dans un autre mode de réalisation de l'invention, les contraintes de compression sont réparties au moins entre les claveaux et l'élément. Elles peuvent être réparties entre les claveaux, le voûtain de la structure de maçonnerie et l'élément.

[0013] Dans un autre mode de réalisation de l'invention, les contraintes de compression sont réparties entre un voûtain de la structure de maçonnerie et l'élément.

[0014] Avantageusement, on solidarise la structure de maçonnerie et l'élément de renforcement au moyen d'aiguilles scellées dans des trous forés dans la structure de maçonnerie et en saillie dans l'élément travaillant.

[0015] La structure de maçonnerie comprenant au

moins un arc, selon l'invention, s'étend entre deux points d'appui et comprend une pluralité de pièces mutuellement en compression. Chaque pièce se maintient par frottement sur les pièces adjacentes. La structure comprend un élément de renforcement réalisé dans des matériaux de coefficients de dilatation et d'élasticité proches de ceux du matériau constituant la structure de maçonnerie. L'élément de renforcement est disposé sur une surface supérieure de ladite structure de maçonnerie au droit de l'arc et est solidarisé avec ladite structure de maçonnerie.

[0016] On obtient ainsi une structure de maçonnerie renforcée sans intervention sur sa surface inférieure et dont le renforcement est invisible du côté de cette surface inférieure.

[0017] Le renforcement est réalisé par augmentation de la section travaillante de la structure. En fonction des efforts devant être repris par l'élément travaillant et des déformations de la structure de maçonnerie d'origine, on peut prévoir que l'élément travaillant présente une section variable adaptée aux dits efforts et permettant ainsi une réduction de la quantité de matière utilisée pour la réalisation de l'élément travaillant et par conséquent une réduction du coût. Cette augmentation de la section travaillante permet de réduire les contraintes sur les éléments existants. On peut même prévoir que l'élément travaillant reprenne l'ensemble des efforts et supporte les pièces de la structure de maçonnerie. On pourra alors prévoir un organe de séparation entre l'élément travaillant et la structure existante, par exemple une feuille de feutre, de polyane ou de tout autre matériau compatible présentant une résilience suffisante.

[0018] Si l'on souhaite accroître la cohésion entre l'élément travaillant et la structure existante, on peut prévoir un voile de renfort s'étendant de part et d'autre de l'élément travaillant, par exemple sur une certaine largeur d'une voûte plane ou d'un voûtain afin, là encore, d'augmenter l'inertie de la voûte. L'élément travaillant peut être de largeur égale à celle d'un arc de la structure de maçonnerie ou de largeur supérieure à celle de l'arc, afin d'augmenter sa rigidité transversale.

[0019] Selon les efforts à reprendre et la déformation de la structure existante, l'élément travaillant peut être prévu sur une partie de la surface de la structure existante, par exemple sur certains arcs d'une voûte, sur des portions d'arc d'une voûte, en console entre une voûte et un mur, etc.

[0020] Dans un mode de réalisation de l'invention, une pluralité de tiges d'armature sont noyées dans l'élément de renforcement.

[0021] Dans un mode de réalisation de l'invention, l'élément de renforcement est complété par un élément de poutre, l'élément de renforcement et l'élément de poutre étant solidaires.

[0022] Avantageusement, l'élément de renforcement se présente sous la forme d'au moins une poutre plane solidarisée avec au moins une partie de la dite structure de maçonnerie, au moyen de tirants.

[0023] Avantageusement, au moins une partie de la dite structure de maçonnerie est pourvue de tirants aptes à répartir au moins une partie de la charge vers des points d'appui, chaque tirant étant solidarisé avec la dite partie de la structure de maçonnerie et avec un point d'appui.

[0024] Dans un mode de réalisation de l'invention, un tirant est scellé dans un point d'appui pourvu de moyens de répartition des efforts de traction exercés par le dit tirant. Les moyens de répartition d'un point d'appui peuvent être formés par au moins une barre de renforcement sensiblement perpendiculaire au tirant solidarisé avec le dit point d'appui.

[0025] Dans un mode de réalisation de l'invention, une partie de la dite structure de maçonnerie, soumise à des efforts de traction transversaux est renforcée par des armatures croisées pour former une zone de traction homogène, pouvant inclure une partie d'arc, une partie de pilier et une partie du blocage intermédiaire entre intrados et extrados.

[0026] On choisira pour réaliser l'élément travaillant, un matériau présentant un module d'Young plus ou moins proche de celui de la structure existante en fonction du transfert de charge que l'on souhaitera réaliser entre la structure existante et le renfort. On peut réaliser l'élément travaillant en mortier à base de résine synthétique, par exemple de résine époxyde, chargée ou non, de quartz, de fibres de verre, de fibres de carbone. Ce mortier doit pouvoir être mis en oeuvre sous la pression atmosphérique et avoir une prise sans retrait.

[0027] Les aiguilles permettant de solidariser les pièces de la structure de maçonnerie existantes et l'élément travaillant sont réalisées à base de matériaux présentant de bonnes qualités mécaniques et peu sensibles à la corrosion, par exemple des fibres de verre, de carbone, des fibres aramide. Ces aiguilles sont scellées dans la structure existante au moyen d'une résine synthétique, par exemple époxyde, chargée ou non de sable.

[0028] L'invention est parfaitement adaptée au renforcement de voûtes à arcs en plein cintre, outrepassés ou non, à arcs brisés, à arcs en anse de panier, à arcs rampants ou encore multilobés, reposant sur des murs ou des piliers, et au renforcement d'une structure de maçonnerie droite du genre traverse ou linteau réalisée en plusieurs pièces travaillant en compression.

[0029] La présente invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée de quelques modes de réalisation pris à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés, sur lesquels :

la figure 1 est une vue schématique d'une voûte à croisée d'ogives;

la figure 2 est une vue schématique d'un voûte à croisée d'ogives et arcs secondaires;

la figure 3 est une vue partielle en coupe d'une voûte à croisée d'ogives selon III-III de la figure 1 renforcée selon un premier mode de réalisation de l'in-

vention;

la figure 4 est une vue partielle en coupe d'une voûte à croisée d'ogives selon IV-IV de la figure 1 renforcée selon l'invention;

la figure 5 est une vue partielle en coupe selon V-V de la figure 3;

la figure 6 est une variante de la figure 3;

la figure 7 est une vue schématique en coupe d'une voûte renforcée selon un cinquième mode de réalisation de l'invention; et

la figure 8 est une vue schématique de dessus de la voûte de la figure 7.

[0030] Sur la figure 1, on a représenté le principe d'une voûte à croisée d'ogives comprenant deux arcs 1 et 2 mutuellement perpendiculaires et se croisant en leurs centres. La voûte est limitée sur ses bords 3 à 6, soit par des murs, soit par des arcs doubleaux ou des arcs formerets.

[0031] Sur la figure 2, on voit que l'on a ajouté des arcs secondaires 7 coopérant avec des liernes 8 et 9.

[0032] L'invention s'applique à tous types de structure en maçonnerie reposant sur deux points d'appui et travaillant en compression, par exemple une voûte selon la figure 1 ou 2, ou d'autres types de voûtes, voûte d'ogives sexpartite, voûte plane, ou encore structure droite travaillant en compression, quel que soit le matériau dans lequel est réalisée la structure, briques, différents types de pierres, granit, grès, calcaire, etc.

[0033] Sur la figure 3, on voit une portion de voûte en pierre 10 supportée par un piédroit 11 surmonté d'un mur bahut 12. La portion de voûte 10 comprend un arc 13 formé d'une succession de claveaux 14 juxtaposés et dont les plans de séparation passent par l'axe de la voûte 10. Chaque claveau 14 est mis en compression entre les claveaux voisins et par lesdits claveaux voisins ainsi que par la charge de la voûte 10. Les claveaux 14 sont généralement pourvus de joints en mortier assurant un frottement maximal entre les différents claveaux 14. La voûte 10 comprend également une portion de voûte délimitée par des arcs et appelée voûtain 15. Le voûtain 15 est d'épaisseur réduite par rapport à l'arc 13 sur lequel il repose.

[0034] Dans la plupart des monuments et des constructions, l'intrados 16 de la voûte 10 est visible par le public, tandis que l'extrados 17 ne l'est pas, étant recouvert d'un plancher ou d'une toiture. Un élément travaillant 18, réalisé en mortier synthétique, est coulé sur l'extrados 17 de la voûte 10 au droit de l'arc 13. L'élément travaillant 18 est solidarisé fermement avec chaque claveau 14 au moyen d'aiguilles 19, par exemple en résine époxyde chargée de fibres de verre.

[0035] La pose de l'élément travaillant 18 et des aiguilles 19 s'effectue de la façon suivante. On commence par dégager l'extrados 17 au droit de l'arc 13 de tout élément gênant tel qu'un enduit fissuré ou des déchets divers. A partir de l'extrados 17, on creuse dans chaque claveau 14 au moins un trou borgne dans lequel on vient

disposer une aiguille 19 que l'on scelle au moyen d'une composition de résine synthétique, par exemple époxyde.

[0036] On laisse une partie de l'aiguille 19 en saillie par rapport au claveau 14. La profondeur du trou borgne et par conséquent la longueur de scellement de l'aiguille 19 sont déterminées en fonction de la charge à supporter par ladite aiguille 19. En cas de charge très importante, on peut prévoir plusieurs aiguilles 19 par claveau 14.

[0037] Ensuite, on vient recouvrir l'extrados 17 au droit de l'arc 13 d'un mortier synthétique pour former l'élément travaillant 18. Les extrémités des aiguilles 19 en saillie par rapport à l'extrados 17 sont noyées dans le mortier synthétique formant l'élément travaillant 18. La section de l'élément travaillant 18 est calculée en fonction des contraintes de compression devant être supportées. L'élément travaillant 18 peut être à section variable afin de s'adapter aux variations des contraintes.

[0038] Ainsi, quel que soit le type de voûte à renforcer, l'élément travaillant 18 permet de diminuer les contraintes devant être supportées par les éléments existants. Selon le type et l'état de dégradation de la voûte, on peut choisir de partager les contraintes de compression entre l'élément travaillant 18 et l'arc 13 comme on peut le voir sur la figure 3. Le mortier synthétique destiné à former l'élément travaillant 18 est alors directement coulé sur les claveaux 14 pour favoriser une bonne adhésion entre ces deux éléments. Des armatures de renforcement 27 peuvent être noyées dans l'élément travaillant 18 pour augmenter ses caractéristiques mécaniques. Les armatures 27 peuvent être réalisées en matériau synthétique, du type résine époxyde renforcée de fibres de verre ou de carbone.

[0039] Dans d'autres cas, par exemple si la voûte est fortement dégradée, l'élément travaillant 18 doit reprendre toutes les contraintes de compression et supporter chaque claveau 14 de l'arc 13. On dispose alors un séparateur 20 entre l'extrados 17 et l'élément travaillant 18 afin d'éviter que l'arc 13 ne supporte des efforts. Le séparateur 20 peut se présenter sous la forme d'une membrane, par exemple de feutre ou de polyane.

[0040] Si le voûtain 15 présente encore de bonnes caractéristiques mécaniques, on peut choisir de lui faire supporter une partie des contraintes. Comme on peut le voir sur la figure 5, le séparateur 20 est disposé entre l'élément travaillant 18 et chaque claveau 14 de l'arc 13. On dispose sur l'extrados 17 du voûtain 15 et sur la surface extérieure de l'élément travaillant 18 un tissu de verre ou stratifié formant un voile de renfort 21 et qui s'étend sur une partie ou sur la totalité du voûtain 15 en vue de sa participation à la reprise des contraintes de compression. Le voile de renfort 21 peut être réalisé par une succession de couches de toile de fibres de verre et de résine incluant éventuellement des panneaux sandwich alvéolés.

[0041] Pour améliorer la solidarisation du voûtain 15

et de l'élément travaillant 18, on peut encore prévoir des raidisseurs 22 disposés entre une partie du voile de renfort 21 au droit du voûtain 15 et une autre partie du voile de renfort 21 en contact avec l'élément travaillant 18. Les raidisseurs 22 peuvent être disposés à intervalles réguliers, par exemple en épi avec un angle prédéterminé par rapport à l'élément travaillant 18 et peuvent être réalisés en tout matériau inerte capable de supporter des contraintes de traction, par exemple en fibres aramide.

[0042] Si l'on veut que les claveaux 14 participent aussi à la reprise des contraintes de compression, on procédera à la pose de l'élément de renforcement 18 illustré sur la figure 5, en omettant le séparateur 20.

[0043] La variante illustrée sur la figure 6 est à rapprocher de la figure 3. Un séparateur 20 est posé entre l'extrados 17 de l'arc 13 et l'élément travaillant 18. Des armatures de renforcement 27 sont disposées dans l'élément travaillant 18. Les armatures 27 ont la forme de barres droites rigides, sensiblement cylindriques de diamètre de l'ordre de 10 à 30 mm. On dispose plusieurs armatures 27 de façon à épouser la forme générale de l'élément travaillant 18 tout en maintenant les dites armatures 27 noyées dans l'élément travaillant 18 et se croisant dans le plan de coupe tout en étant décalées en profondeur.

[0044] Les figures 7 et 8 illustrent un mode de réalisation particulier de l'invention. Une voûte 28 recouvrant une pièce de forme carrée est supportée en son centre par un pilier 29 et sur ses bords extérieurs par des murs 30. L'extrados 31 de la voûte 28 est formé par le sol de l'étage supérieur. L'intrados 32 est formé par des arcs et des voûtains. Entre l'extrados 31 et l'intrados 32, ou plus précisément entre le sol de l'étage supérieur et les arcs et les voûtains, un blocage 33, souvent hétérogène, est disposé et sert à remplir l'espace et à charger la voûte 28. Dans ce type de structure, on constate souvent une déformation de l'intrados 32 et un tassement du pilier 29.

[0045] Un élément travaillant 34 sous la forme d'une ou plusieurs poutres est disposé dans un ou plusieurs évidements creusés dans l'extrados 31 et se prolonge dans les murs 30. Des aiguilles, non représentées, peuvent être disposées pour solidariser l'élément travaillant 34 et/ou les arcs ou voûtains de l'intrados 32. Des tirants 35 sont fixés à une extrémité supérieure dans l'élément travaillant 34 et à une extrémité inférieure dans le pilier 29, par exemple à une hauteur comprise entre l'intrados 32 et l'extrados 31. Les tirants 35 sont répartis sur tout ou partie de la longueur de l'élément travaillant 34. Les tirants 35 sont formés dans le même matériau que les aiguilles et scellés de la même façon.

[0046] La portion 29a du pilier 29 dans laquelle sont fixés les extrémités inférieures des tirants 35 est soumise à d'importantes contraintes de traction dans un plan horizontal. De plus, de nombreux tirants 35 sont fixés par scellement dans la portion 29a. Pour reprendre ces contraintes, un complexe armé 36 (figure 11) est formé

dans la dite portion 29a et dans son voisinage. Le complexe armé 36 comprend une pluralité de tiges 39 croisées comprenant des fibres de verre, de carbone ou autres et possédant des caractéristiques mécaniques adaptées en traction. Les tiges 39 sont disposées dans des trous sensiblement horizontaux forés à partir de l'intrados 32 au niveau de la portion 29a. Les tiges 39 sont scellées de la même façon que les aiguilles, dans la portion 29a, le blocage 33 et les arcs ou voûtains de l'intrados 32. Le complexe armé 36 forme une zone apte à résister aux efforts de traction transversale et à recevoir l'ancrage de l'extrémité inférieure des tirants 35.

[0047] Pour la simplicité du dessin de la figure 8, l'élément travaillant 34 et les tirants 35 n'ont pas été représentés. Des tirants 37, ou des nappes de tirants, sont fixés à une extrémité supérieure dans les murs 30 et à une extrémité inférieure dans le pilier 29 au niveau du complexe armé 36. Des trous sont forés dans les murs 30. L'extrémité supérieure des tirants 37 est scellée sur la presque totalité de l'épaisseur des murs 30. Les tirants 37 sont dans un matériau analogue à celui des aiguilles et peuvent atteindre des sections de plusieurs centimètres carrés pour reprendre des efforts importants. Le scellement s'effectue de la même façon que pour les aiguilles. Une précontrainte peut être appliquée aux tirants 37.

[0048] Un mur 30 est un ensemble hétérogène de pierres ou de briques de dimensions variées et de mortier. Sa résistance aux efforts de traction exercés par un tirant 37 est difficilement modélisable et, à priori, faible. Pour éviter l'arrachement de pierres ou briques des dits murs 30, on prévoit de le renforcer de la façon suivante, préalablement à la pose des tirants 37.

[0049] On fore un ou plusieurs trous horizontaux dans le sens de la longueur d'un mur 30 sensiblement perpendiculairement aux futurs tirants 37. On y dispose et y scelle des tiges 38 du même type que les tirants 37 et de dimensions adaptées. Une précontrainte peut leur être appliquée. La zone dans laquelle sont disposées les tiges 38 présente une cohésion élevée. Les efforts exercés par les tirants 37 peuvent se répartir dans la dite zone sans risque d'arrachement de pierres ou briques. Grâce aux tiges 38, on forme une sorte de poutre horizontale insérée dans chaque mur 30 et constituant un répartiteur d'efforts.

[0050] La zone dans laquelle sont disposées les tiges 38 est, de toutes façons, stabilisée par la masse des parties des murs 30 situées à un niveau supérieur et exerçant une contrainte de compression. Pour favoriser encore la répartition des efforts, on peut augmenter le nombre de tirants 37 en diminuant leur section unitaire et en les disposant en éventail à partir du complexe armé 36.

[0051] En variante, on peut concevoir un renforcement seulement à base de tirants 37, tiges 38 et complexe armé 36.

[0052] Ainsi, on dispose d'un procédé de renforcement et d'une structure de maçonnerie s'étendant entre

deux points d'appui et comprenant un élément de renforcement réalisé avec des matériaux de coefficients de dilatation et d'élasticité proches de ceux du matériau constituant la structure de maçonnerie, solidarisé avec la dite structure de maçonnerie, au moins une partie de la dite structure de maçonnerie étant pourvue de tirants aptes à répartir au moins une partie de la charge vers des points d'appui, chaque tirant étant solidarisé avec la dite partie de la structure de maçonnerie et avec un point d'appui. On peut ainsi diminuer la charge de compression s'exerçant sur un point d'appui et la reporter sur d'autres.

[0053] Un tirant peut être scellé dans un point d'appui pourvu de répartiteurs des efforts de traction exercés par le dit tirant.

[0054] Grâce à l'invention, on obtient une structure de maçonnerie renforcée de façon considérable dans la mesure où sa raideur est proportionnelle au cube de la hauteur de sa section travaillante.

[0055] L'invention est parfaitement adaptée à toute structure dont la surface inférieure doit être protégée, tant pendant les travaux de renforcement qu'à l'issue de ceux-ci.

Revendications

1. Procédé de renforcement d'une structure de maçonnerie comprenant au moins un arc s'étendant entre au moins deux points d'appui distincts et comprenant une pluralité de pièces mutuellement en compression, chaque pièce se maintenant par frottement sur les pièces adjacentes, dans lequel on ajoute seulement sur la surface supérieure de la structure de maçonnerie au droit de l'arc un élément à base de résine synthétique réalisé dans des matériaux de coefficients de dilatation et d'élasticité proches de ceux du matériau constituant la structure de maçonnerie, et solidarisé avec la dite structure de maçonnerie.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, la structure de maçonnerie comportant un voûtain, l'élément est solidarisé avec le dit voûtain.
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, la structure de maçonnerie comprenant au moins un arc formé de claveaux juxtaposés, l'élément est solidarisé avec le dit arc.
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel un voûtain de la structure de maçonnerie est pris entre l'arc et l'élément.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, dans lequel les claveaux sont supportés par l'élément.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, dans lequel les contraintes de compression sont réparties au moins entre les claveaux et l'élément.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel les contraintes de compression sont réparties entre les claveaux, le voûtain de la structure de maçonnerie et l'élément.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les contraintes de compression sont réparties entre un voûtain de la structure de maçonnerie et l'élément.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on solidarise la structure de maçonnerie et l'élément de renforcement au moyen d'aiguilles scellées dans des trous forés dans la structure de maçonnerie et en saillie dans l'élément.
10. Structure de maçonnerie (10) comprenant au moins un arc s'étendant entre deux points d'appui (11) et comprenant une pluralité de pièces (14) mutuellement en compression, chaque pièce se maintenant par frottement sur les pièces adjacentes, **caractérisée par le fait qu'**elle comprend un élément de renforcement (18) réalisé à base de résine synthétique avec des matériaux de coefficients de dilatation et d'élasticité proches de ceux du matériau constituant la structure de maçonnerie, disposé seulement sur une surface supérieure (17) de la structure de maçonnerie au droit de l'arc, et solidarisé avec la dite structure de maçonnerie.
11. Structure selon la revendication 10, **caractérisée par le fait qu'**une pluralité de tiges d'armature sont noyées dans l'élément de renforcement.
12. Structure selon la revendication 10 ou 11, **caractérisée par le fait que** l'élément de renforcement est complété par un élément de poutre, l'élément de renforcement et l'élément de poutre étant solidaires.
13. Structure selon la revendication 10 ou 11, **caractérisée par le fait que** l'élément de renforcement se présente sous la forme d'au moins une poutre plane solidarisée avec au moins une partie de la dite structure de maçonnerie, au moyen de tirants.
14. Structure selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, **caractérisée par le fait qu'**au moins une partie de la dite structure de maçonnerie est pourvue de tirants aptes à répartir au moins une partie de la charge vers des points d'appui, chaque tirant étant solidarisé avec la dite partie de la struc-

ture de maçonnerie et avec un point d'appui.

15. Structure selon la revendication 14, **caractérisée par le fait qu'un tirant est scellé dans un point d'appui** pourvu de moyens de répartition des efforts de traction exercés par le dit tirant. 5
16. Structure selon la revendication 15, **caractérisée par le fait que** les moyens de répartition d'un point d'appui sont formés par au moins une barre de renforcement sensiblement perpendiculaire au tirant solidarisé avec le dit point d'appui. 10
17. Structure selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, **caractérisée par le fait qu'une partie de la dite structure de maçonnerie, soumise à des efforts de traction transversaux est renforcée par des armatures croisées pour former une zone de traction homogène.** 15

Claims

1. Process for reinforcing a masonry structure comprising at least one arch, extending between at least two distinct bearings and comprising a plurality of mutually compressed parts, each part maintaining itself by friction on the adjacent parts, in which a reinforcing element, having a synthetic resin base and made of materials with coefficients of expansion and of elasticity approximate to those of the material constituting the masonry structure and fixedly connected to the said masonry structure, is added solely on the upper surface of the masonry structure at right angles to the arch. 25
2. Process according to Claim 1, in which, where the masonry structure contains a vaulting, the reinforcing element is fixedly connected to the said vaulting. 30
3. Process according to Claim 1, in which, where the masonry structure comprises at least one arch formed of juxtaposed arch bricks, the reinforcing element is fixedly connected to the said arch. 35
4. Process according to Claim 3, in which a vaulting of the masonry structure is contained between the arch and the reinforcing element. 40
5. Process according to either of Claims 3 and 4, in which the arch bricks are supported by the reinforcing element. 45
6. Process according to either of Claims 3 and 4, in which the compressive stresses are distributed at least between the arch bricks and the reinforcing element. 50
7. Process according to Claim 6, in which the compressive stresses are distributed between the arch bricks, the vaulting of the masonry structure and the reinforcing element. 55
8. Process according to any one of Claims 1 to 5, in which the compressive stresses are distributed between a vaulting of the masonry structure and the reinforcing element.
9. Process according to any one of the preceding claims, in which the masonry structure and the reinforcing element are fixedly connected by means of needles sealed in holes drilled in the masonry structure and projecting into the reinforcing element.
10. Masonry structure (10) comprising at least one arch, extending between two bearings (11) and comprising a plurality of mutually compressed parts (14), each part maintaining itself by friction on the adjacent parts, **characterized in that** it comprises a reinforcing element (18), realized with a synthetic resin base and made with materials with coefficients of expansion and of elasticity approximate to those of the material constituting the masonry structure, disposed solely on an upper surface (17) of the masonry structure at right angles to the arch, and fixedly connected to the said masonry structure.
11. Structure according to Claim 10, **characterized in that** a plurality of reinforcement rods are embedded in the reinforcing element.
12. Structure according to Claim 10 or 11, **characterized in that** the reinforcing element is complemented by a beam element, the reinforcing element and the beam element being fixedly connected.
13. Structure according to Claim 10 or 11, **characterized in that** the reinforcing element takes the form of at least one flat beam fixedly connected to at least a part of the said masonry structure, by means of ties.
14. Structure according to any one of Claims 10 to 13, **characterized in that** at least a part of the said masonry structure is provided with ties capable of distributing at least a part of the load towards bearings, each tie being fixedly connected to the said part of the masonry structure and to a bearing.
15. Structure according to Claim 14, **characterized in that** a tie is sealed in a bearing provided with distributing means for the traction forces exerted by the said tie.
16. Structure according to Claim 15, **characterized in**

that the distributing means of a bearing are formed by at least one reinforcing bar substantially perpendicular to the tie fixedly connected to the said bearing.

17. Structure according to any one of Claims 10 to 16, **characterized in that** a part of the said masonry structure, subjected to transverse traction forces, is reinforced by mattresses in order to form a homogeneous traction zone.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verstärken einer Mauerwerkstruktur, die mindestens einen Bogen umfasst, der sich zwischen mindestens zwei getrennten Stützpunkten erstreckt und eine Vielzahl von Teilen umfasst, die sich aneinander drücken, wobei sich jedes Teil durch Reibung auf den benachbarten Teilen hält, wobei man nur auf der oberen Oberfläche der Mauerwerkstruktur gegenüber dem Bogen ein Verstärkungselement auf Kunstharzbasis, das aus Werkstoffen mit Dehnungs- und Elastizitätskoeffizienten nahe denen des Werkstoffs besteht, der die Mauerwerkstruktur bildet, und das mit der Mauerwerkstruktur fest verbunden ist, hinzufügt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Mauerwerkstruktur einen Bogenschenkel umfasst, wobei das Verstärkungselement mit dem Bogenschenkel fest verbunden ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Mauerwerkstruktur mindestens einen Bogen umfasst, der aus nebeneinander liegenden Wölbsteinen gebildet ist, wobei das Verstärkungselement fest mit dem Bogen verbunden ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem ein Bogenschenkel der Mauerwerkstruktur zwischen dem Bogen und dem Verstärkungselement eingeschlossen ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem die Wölbsteine vom Verstärkungselement gestützt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem die Druckspannungen mindestens zwischen den Wölbsteinen und dem Verstärkungselement verteilt sind.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Druckspannungen zwischen den Wölbsteinen, dem Bogenschenkel der Mauerwerkstruktur und dem Verstärkungselement verteilt sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Druckspannungen zwischen einem Bogenschenkel der Mauerwerkstruktur und dem Verstärkungselement verteilt sind.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem man die Mauerwerkstruktur und das Verstärkungselement fest mit Nadeln verbindet, die in Bohrungen vergossen sind, die in die Mauerwerkstruktur gebohrt sind und aus dem Verstärkungselement hervorstehen.

10. Mauerwerkstruktur (10), die mindestens einen Bogen umfasst, der sich zwischen zwei Stützpunkten (11) erstreckt und eine Vielzahl von Teilen (14) umfasst, die sich aneinander drücken, wobei sich jedes Teil durch Reibung auf den benachbarten Teilen hält, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Verstärkungselement (18) umfasst, das auf Kunstharzbasis mit Werkstoffen mit Dehnungs- und Elastizitätskoeffizienten, die denen des Werkstoffs nahe sind, der die Mauerwerkstruktur bildet, hergestellt ist, das nur auf einer oberen Fläche (17) der Mauerwerkstruktur gegenüber dem Bogen angeordnet und mit der Mauerwerkstruktur fest verbunden ist.

11. Struktur nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vielzahl von Armierungsschäften in dem Verstärkungselement vergossen ist.

12. Struktur nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verstärkungselement durch ein Balkenelement vervollständigt ist, wobei das Verstärkungselement und das Balkenelement fest miteinander verbunden sind.

13. Struktur nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verstärkungselement die Form mindestens eines ebenen Balkens aufweist, der fest mit mindestens einem Teil der Mauerwerkstruktur mittels Zugstäben verbunden ist.

14. Struktur nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil der Mauerwerkstruktur mit Zugstäben versehen ist, die mindestens einen Teil der Last zu Stützpunkten verteilen können, wobei jeder Zugstab fest mit dem Teil der Mauerwerkstruktur und mit einem Stützpunkt verbunden ist.

15. Struktur nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zugstab in einem Stützpunkt vergossen ist, der mit Mitteln zum Verteilen der Zugkräfte, die von dem Zugstab ausgeübt werden, versehen ist.

16. Struktur nach Anspruch 15, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass die Mittel zum Verteilen eines Stützpunkts aus mindestens einer Verstärkungsstange gebildet sind, die zum Zugstab, der mit dem Stützpunkt fest verbunden ist, im Wesentlichen senkrecht ist.

5

17. Struktur nach einem der Ansprüche 10 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Teil der Mauerwerkstruktur, der Querkraften unterworfen ist, durch gekreuzte Armierungen verstärkt ist, um eine homogene Zugzone zu bilden.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

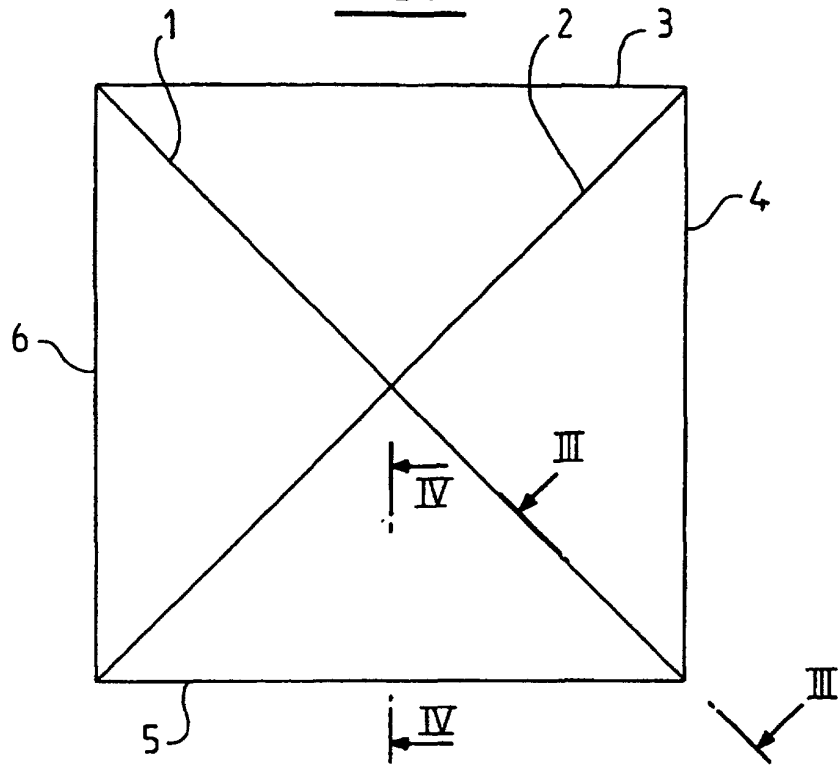


FIG.2

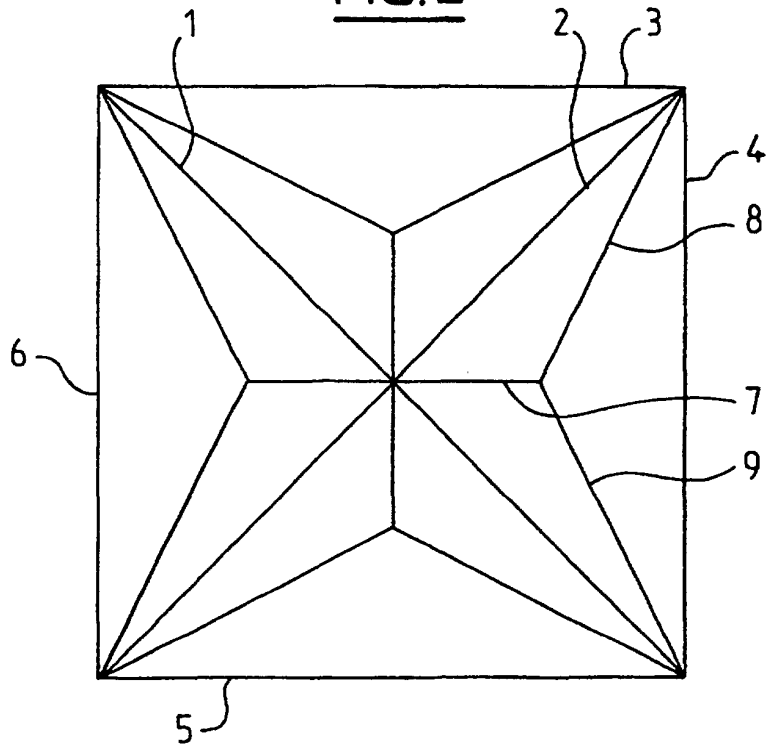
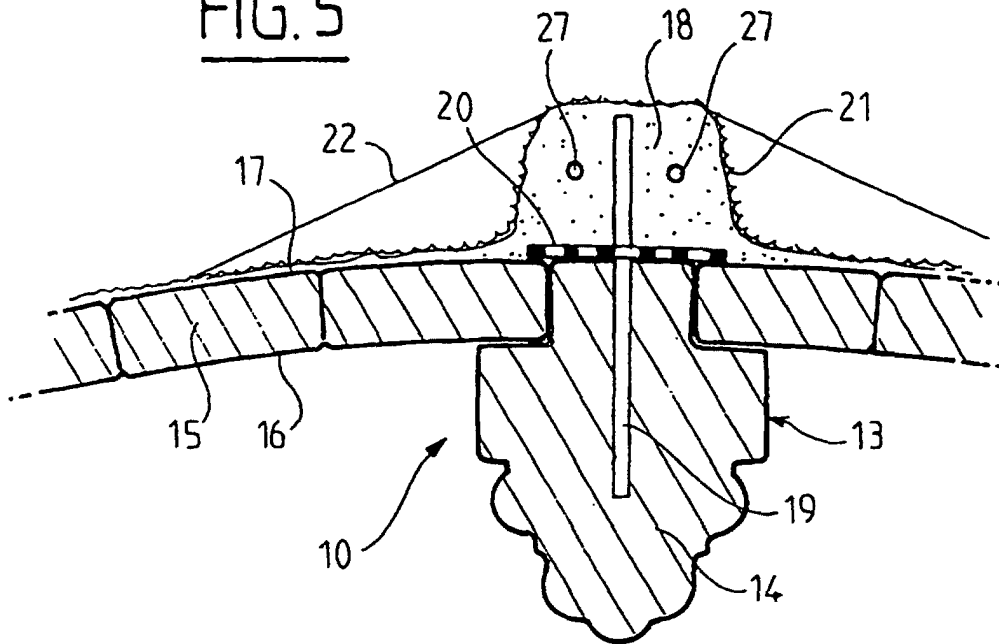


FIG. 5



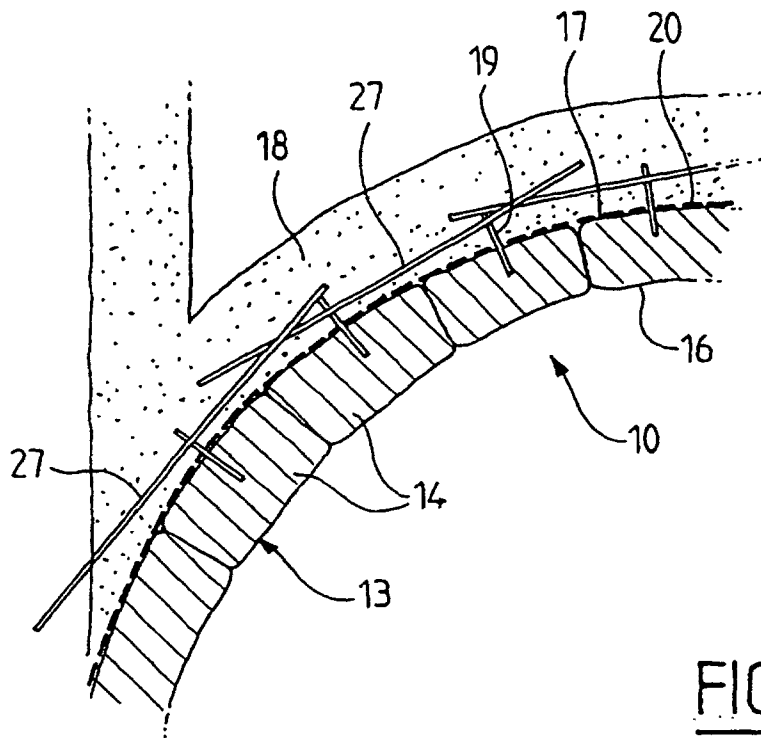


FIG. 6

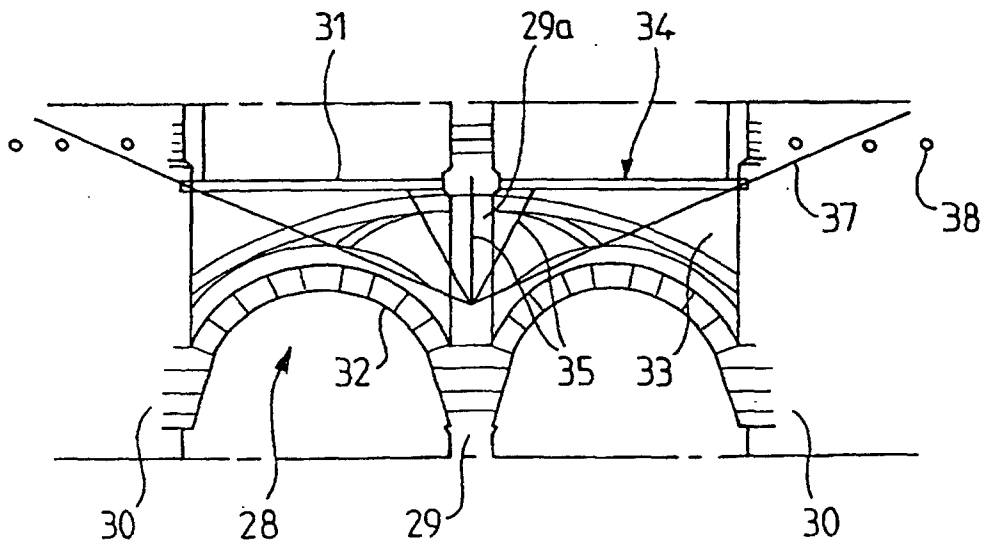


FIG. 7

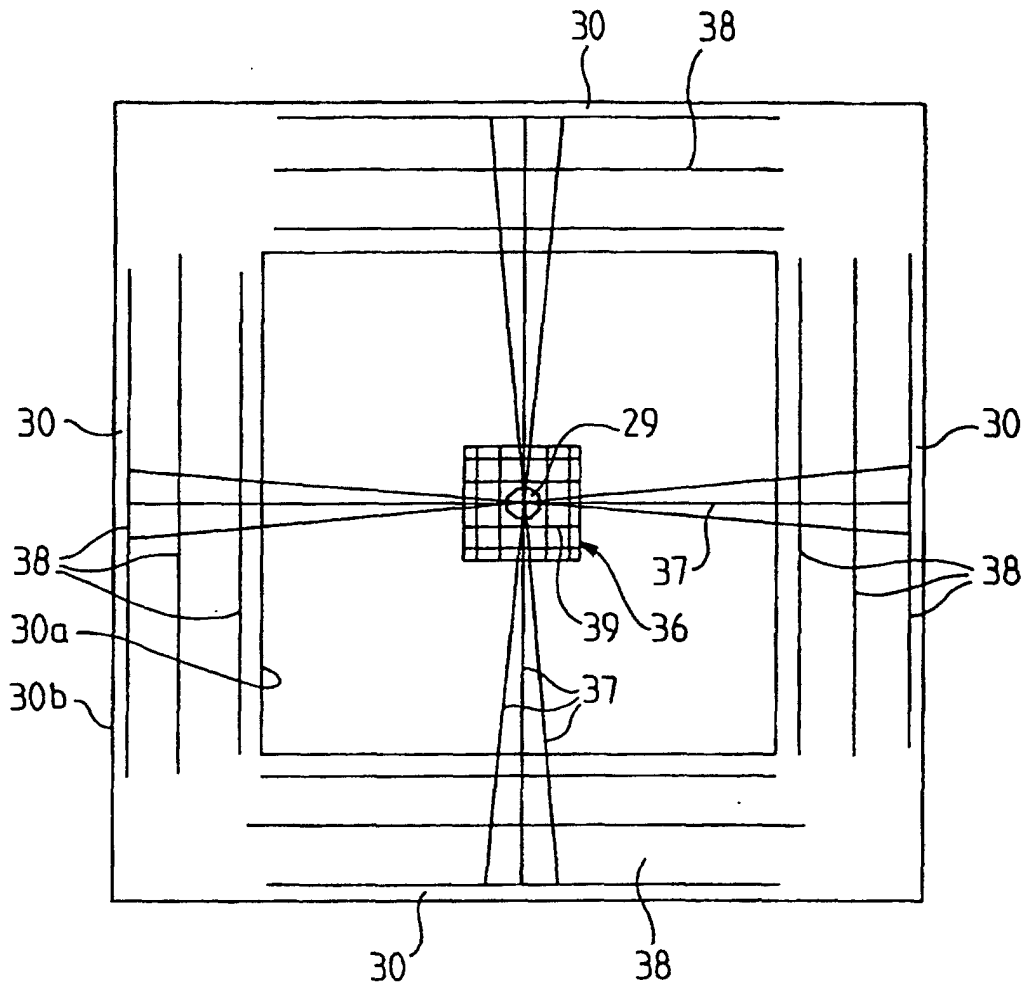


FIG. 8