



CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.³: C 04 B 39/00
B 32 B 27/04
E 01 C 7/00
E 01 D 19/08

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑪

644 830

⑲ Numéro de la demande: 7489/79

⑲ Titulaire(s):
Marcel Ceintrey, Combrit (FR)

⑳ Date de dépôt: 15.08.1979

⑳ Priorité(s): 18.08.1978 FR 78 24231

⑳ Inventeur(s):
Marcel Ceintrey, Combrit (FR)

㉒ Brevet délivré le: 31.08.1984

㉓ Fascicule du brevet
publié le: 31.08.1984

㉓ Mandataire:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

⑤④ **Procédé de préparation d'un revêtement d'étanchéité pour ouvrage d'art.**

⑤⑦ On prépare un revêtement d'étanchéité pour ouvrages d'art en répandant sur le tablier de l'ouvrage a) une couche d'accrochage, puis b) une nappe de renforcement à base d'un non tissé de fibres synthétiques et en imprégnant cette nappe par c) une couche d'un liant comprenant un complexe d'une résine époxy modifiée et d'un polyuréide, qui est le produit de réaction d'un premier composant comprenant une résine époxy liquide et un prépolymère de polyisocyanate bloqué, avec un second composant comprenant une polyamine aliphatique ou cycloaliphatique.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de préparation d'un revêtement d'étanchéité pour ouvrages d'art, caractérisé en ce que:

- a) on répand sur le tablier de l'ouvrage d'art une première couche destinée à former une couche d'accrochage, puis
- b) on pose sur la couche d'accrochage une nappe de renforcement à base d'un non-tissé de fibres synthétiques, et
- c) on répand sur cette nappe une couche d'un liant comprenant un complexe d'une résine époxy modifiée et d'un polyuréide, qui est le produit de réaction d'un premier composant comprenant une résine époxy liquide et un prépolymère de polyisocyanate bloqué, avec un second composant comprenant une polyamine aliphatique ou cycloaliphatique.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche d'accrochage est constituée d'une résine époxy.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la nappe de renforcement à base d'un non-tissé de fibres synthétiques présente un poids compris entre 80 et 200 g/m² et un allongement à la rupture supérieur à 40% dans toutes les directions.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche d'accrochage est constituée du même liant que celui imprégnant la nappe de renforcement.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit premier composant contient de 15 à 50% en poids de résine époxy et de 85 à 50% en poids de prépolymère de polyisocyanate comportant de 1,5 à 6% en poids de groupes isocyanates bloqués par un phénol.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite polyamine aliphatique ou cycloaliphatique est utilisée en une quantité sensiblement stœchiométrique par rapport au premier composant.

7. Procédé selon la revendication 1 pour la préparation d'un revêtement sur un béton humide, caractérisé en ce que la première couche est constituée par une émulsion aqueuse de résine époxy et cette émulsion est répandue à raison de 400 à 800 g/m².

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on répand en outre sur la couche de liant, avant durcissement définitif, des agrégats minéraux.

9. Revêtement d'étanchéité pour ouvrage d'art obtenu par le procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend:

- a) une couche d'accrochage déposée sur l'ouvrage d'art,
- b) une nappe de renforcement à base d'un non-tissé de fibres synthétiques, imprégnée d'un liant comprenant un complexe d'une résine époxy modifiée et d'un polyuréide, et
- c) une couche superficielle dudit liant.

10. Revêtement selon la revendication 9, caractérisé en ce que la couche superficielle dudit liant comporte en outre une couche d'agrégats minéraux enchâssés dans sa masse.

La présente invention concerne le procédé de préparation d'un revêtement étanche et antidérapant pour tablier d'ouvrage d'art, ainsi que le revêtement obtenu selon le procédé. Il s'agit, en particulier, de la préparation d'un revêtement d'étanchéité pour ouvrages en béton ou d'un revêtement de tabliers métalliques, notamment de dalles orthotropes.

Les spécialistes connaissent bien la difficulté de ce problème, pourtant très important en raison notamment des risques de corrosion des aciers de précontrainte. Il n'a pas reçu, jusqu'à maintenant, de solution satisfaisante tant pour l'étanchéité que pour le revêtement d'usure qui supporte la circulation.

On peut classer les solutions proposées en deux familles:

- Les revêtements d'étanchéité adhérents, généralement à base de résines époxy thermodurcissables.
- Les revêtements d'étanchéité non adhérents, dits indépendants, généralement à base d'asphalte ou de produits bitumineux.

Ces deux types de revêtement d'étanchéité sont toujours recouverts d'un béton bitumineux servant de couche de roulement ou d'usure. Ces deux familles de revêtements d'étanchéité présentent chacune leurs inconvénients et aucune n'offre de solution satisfaisante.

Les difficultés apparaissent notamment:

— Dans le glissement du revêtement bitumineux sur la chape du revêtement d'étanchéité (c'est le cas notamment des revêtements d'étanchéité constitués d'un film d'époxy adhérent au tablier).

— Dans les déformations de la chape du revêtement d'étanchéité sous la circulation en période chaude (c'est le cas des chapes d'asphalte indépendantes, non collées au tablier).

— Dans la formation de cloques entre la pose du revêtement d'étanchéité et celle du revêtement d'usure (c'est souvent ce qui arrive aux revêtements d'étanchéité en asphalte).

— Dans la fissuration ou la déchirure du revêtement d'étanchéité au droit des fissures actives, notamment aux basses températures.

Cet inconvénient est souvent commun aux deux types de revêtement d'étanchéité, car les résines époxy deviennent très rigides à basse température; il en est de même de l'asphalte, et l'indépendance de la chape d'asphalte du tablier de l'ouvrage est plus théorique que pratique, car les forces de frottement excèdent souvent la résistance à la traction de la couche d'asphalte. Dans ce cas, la perte d'étanchéité est d'autant plus grave que l'eau peut circuler sous la couche d'étanchéité et rejoindre toutes les fissures du tablier.

Dans le cas des revêtements d'étanchéité constitués d'un film de résine époxy, on a souvent constaté un inconvénient très grave: l'arrachement de la peau du béton par le film de résine trop rigide; les différences de dilatation entraînant la rupture de la partie la plus faible qui est la peau du béton.

Enfin, le revêtement bitumineux est loin d'offrir une solution satisfaisante.

S'il est étanche et compact, il a tendance à se déformer sous l'effet de la circulation canalisée; s'il est moins compact, l'eau pénètre à l'intérieur et se concentre à l'interface entre le revêtement d'étanchéité et le revêtement d'usure entraînant la destruction de ce dernier.

Diverses solutions ont été proposées pour résoudre ces différents problèmes, notamment par la titulaire elle-même dans la demande de brevet français N° 75.25394 qui propose une feuille élastique renforcée de part et d'autre par un non-tissé et collée au tablier par un liant bitumineux ou goudronneux.

Cette solution, en ce qui concerne l'étanchéité, est meilleure que toutes celles proposées jusqu'alors, notamment dans les brevets français N°s 2193711 et 2186627. Elle présente cependant deux difficultés pratiques: le collage des lés toujours délicat, notamment pour les ponts courbes, et les relevés sur les bords du tablier dont le collage est délicat, ainsi qu'une difficulté théorique: la nécessité de prévoir un revêtement d'usure.

La présente invention a pour but de résoudre ces problèmes et d'obtenir un revêtement d'étanchéité qui puisse:

- soit servir de revêtement définitif et être utilisé seul;
- soit servir de support au revêtement d'usure (un béton bitumineux classique, par exemple).

La présente invention a ainsi pour objet un procédé de préparation d'un revêtement d'étanchéité pour ouvrages d'art, caractérisé en ce que:

- a) on répand sur le tablier de l'ouvrage d'art une première couche destinée à former une couche d'accrochage, puis
- b) on pose une nappe de renforcement à base d'un non-tissé de fibres synthétiques sur la couche d'accrochage, et
- c) on répand sur cette nappe une couche d'un liant comprenant un complexe d'une résine époxy modifiée et d'un polyuréide, qui est le produit de réaction d'un premier composant comprenant une résine époxy liquide et un prépolymère de polyisocyanate bloqué, avec un second composant comprenant une polyamine aliphatique ou cycloaliphatique.

Elle a aussi pour objet un revêtement d'étanchéité pour ouvrages d'art, caractérisé en ce qu'il comprend:

- a) une couche d'accrochage déposée sur l'ouvrage d'art,
- b) une nappe de renforcement à base d'un non-tissé de fibres synthétiques, imprégnée d'un liant comprenant un complexe d'une résine époxy modifiée et d'un polyuréide, qui est le produit de réaction mentionné ci-dessus, et
- c) une couche superficielle dudit liant.

Sur des bétons humides, la première couche destinée à former la couche d'accrochage est avantageusement constituée d'une émulsion aqueuse de résine époxy qui peut être appliquée à raison de 400 à 800 g/m². Sur des bétons secs ou des tabliers métalliques, une telle émulsion n'est pas nécessaire et la première couche peut être constituée du liant utilisé pour recouvrir et imprégner la nappe de renforcement. Ce liant peut alors être appliqué à raison de 700 à 1500 g/m².

Lorsque le revêtement doit former un revêtement définitif, sans application d'une couche d'usure, on répand alors sur la couche de liant à base de résine, non complètement durcie, des agrégats minéraux ayant une granulométrie de 2 à 10 mm, à raison de 5 à 8 kg/m². S'il s'agit d'un revêtement destiné à être revêtu, on peut répandre sur la couche de liant non durcie des agrégats minéraux ayant une granulométrie de 0,5 à 3 mm, à raison de 3 à 6 kg/m².

Le procédé de la présente invention présente les avantages suivants:

— Il s'agit d'un revêtement d'étanchéité adhérent qui évite la circulation éventuelle de l'eau sous la surface d'étanchéité et permet de transmettre à la structure de l'ouvrage les efforts tangentiels dus à la circulation.

— La résine constituant la majeure partie de la chape d'étanchéité est composée d'un mélange de résine époxy modifiée et de polyuréide éventuellement additionné de brai de houille, présentant aux basses températures (−20°C) un allongement supérieur à 50%, mesuré sur éprouvette ISO. Cela est une caractéristique fondamentale du présent procédé, car à la même température, pour les résines époxy utilisées jusqu'alors, l'allongement est de 0 (non mesurable).

— L'accrochage au tablier de l'ouvrage peut être amélioré par une couche d'impression à base d'émulsion aqueuse de résine époxy, à raison de 400 à 800 g/m². Cette émulsion d'époxy:

- imprègne le béton du tablier et renforce la résistance de sa partie superficielle;
- permet d'obtenir une bonne adhérence même sur béton légèrement humide;
- constitue une couche de collage pour les lés de non-tissé à base de fibres synthétiques qui constituent l'armature et renforcent la chape d'étanchéité.

Il peut être souhaitable d'améliorer, avant l'épandage de la dernière couche de liant, la fixation de la nappe de renforcement au tablier par le renforcement de la couche d'accrochage avec une première couche de liant, la nappe de renforcement se trouvant ainsi prise entre deux couches de liant.

— La chape d'étanchéité est renforcée par une nappe de non-tissé à base de fibres synthétiques, notamment polyester, polypropylène, polyamide. Cette nappe présente un poids compris entre 80 et 200 g/m² et doit présenter dans toutes les directions un allongement à la rupture supérieur à 40%.

Dans la réalisation du revêtement d'étanchéité, la nappe est collée par la couche d'accrochage. Cette nappe de non-tissé joue un rôle triple:

- elle renforce le revêtement d'étanchéité et augmente sensiblement sa résistance à la déchirure et à la fatigue;
- elle absorbe les contraintes dues aux différences de dilatation entre la résine et le béton;
- elle évite le poinçonnement de la pellicule de résine par les sables et agrégats qui sont éventuellement répandus à la surface de la résine avant sa polymérisation définitive.

— L'utilisation de cette nappe de non-tissé constitue une autre caractéristique importante du procédé de l'invention.

En surface de la nappe de non-tissé, on répand de 1,5 à 2,5 kg/m² d'un liant à base d'une résine qui pénètre jusqu'à la cou-

che d'accrochage à travers la nappe de non-tissé et imprègne totalement cette dernière. Avant polymérisation de la résine, on répand en surface de cette dernière des agrégats constitués de préférence par un mélange de sable et de petits gravillons concassés ayant une taille de 0,5 à 3 mm ou de 2 à 10 mm suivant l'usage envisagé.

La résine utilisée constitue une nouveauté importante du présent procédé. Il s'agit d'une résine complexe à base d'une résine époxy modifiée et d'un polyuréide qui est polymérisable à la température ambiante, et elle se présente sous la forme de deux composants à mélanger au moment de l'emploi:

— Le premier composant A est constitué:

- de résine époxy liquide classique dans la proportion de 15 à 50% en poids, connue par exemple sous le nom commercial Epikote 828 ou DX 214 de Shell ou DER 7475 de Dow Chemical, ou toute autre résine équivalente;
- de 85 à 50% en poids d'un prépolymère de polyisocyanate comportant de 1,5 à 6% de groupements d'isocyanate bloqués par un phénol. Le blocage par le phénol a pour objet de rendre le produit insensible à l'humidité, ce qui est évidemment fondamental en matière de travaux publics.

Comme polyisocyanate, on pourra utiliser des prépolymères à base de toluènediisocyanate ou de diphenylméthanediiisocyanate et de polyéthers de préférence linéaires, de poids moléculaire compris entre 600 et 2500, à base de polyoxypropylène, de polyoxybutylène ou de copolymères de ces deux derniers avec des polyoxyéthylènes. Les proportions de polyéther et de diisocyanates sont telles que, après réaction, la teneur en groupements NCO libre soit de 1,5 à 6% en poids avant blocage par un phénol.

Les spécialistes savent qu'en cette matière la variété des chaînes possibles est pratiquement infinie. Le choix est guidé en particulier par des considérations de facilité de mise en œuvre, notamment de viscosité du produit obtenu après blocage. Les viscosités comprises entre 3000 et 20000 cPo à 20°C sont préférables, car elles permettent une mise en œuvre facile dans les conditions décrites ci-dessus.

Comme phénols on pourra utiliser le phénol ordinaire, les crésols, le *ter*butylphénol, etc.

Le composant A pourra éventuellement être additionné de plastifiants tels que des phtalates de butyle, l'adipate de butyle, l'adipate d'octyle, le Dutrex (plastifiant d'origine pétrolière vendu par la Société Shell). Cette liste n'est évidemment pas limitative. Ces plastifiants sont ajoutés à raison de 5 à 20% en poids de la masse totale du liant. On verra ci-après qu'ils peuvent également être ajoutés dans le second composant.

— Le second composant B est constitué essentiellement d'une polyamine aliphatique ou cycloaliphatique telle que la triméthylhexaméthylènediamine, l'aminéthylpipérazine, l'isophoronediamine, la bis-(4-aminocyclohexyl)méthane, la 3,3'-diméthyl-4,4'-diaminodicyclohexylméthane. Ces amines ont pour caractéristique principale non seulement de réagir avec la résine époxy, mais de déplacer à la température ambiante le phénol pour donner un polyuréide. C'est là une caractéristique fondamentale du présent procédé dont on comprend aisément l'importance, puisque l'utilisation de la résine en pellicule relativement mince sur des surfaces considérables de plusieurs centaines de mètres carrés rend le chauffage de la résine très peu pratique et très onéreux; il est donc nécessaire que la polymérisation puisse se développer à la température ambiante.

La polyamine est utilisée en une quantité sensiblement stœchiométrique par rapport à l'ensemble de la résine époxy et du prépolymère de polyisocyanate du premier composant A. Cette quantité pour les rapports pondéraux donnés précédemment de la résine époxy et du polyisocyanate est d'environ 7 à 20% du poids total de la résine époxy et du polyisocyanate.

Bien entendu, le composant B peut être additionné de diluants permettant de diminuer le prix de revient tout en améliorant la mouillabilité des surfaces d'acier, de béton et de non-tissé. Parmi ces diluants, on peut citer: les brais de houille, les brais incolores à base de résines de coumarone, d'indène et de coumarone-indène, tels ceux

vendus sous le nom de Nicires EPXL par Cindu Neville Chimie; ces produits sont cités à titre d'exemple non limitatif.

Les diluants sont généralement ajoutés dans le composant B à raison de 10 à 100% en poids de la masse totale du liant, c'est-à-dire des composants A + B.

On préférera généralement les brais de houille, tant en raison de leur prix que de leur qualité de mouillage et de résistance à l'eau.

Ainsi que cela a été mentionné précédemment, le composant B peut également contenir tout ou partie du plastifiant ajouté dans la résine, à raison de 5 à 20% en poids de la masse totale des composants A et B.

Le composant B peut aussi être additionné de charges minérales diverses, notamment de fillers calcaires ou siliceux passant au tamis de 150 μ , dans les proportions de 0 à 40% du poids de la masse totale des composants A et B, pour autant que cette addition n'augmente pas la viscosité dans des proportions rendant la mise en œuvre trop difficile. On peut aussi additionner les charges minérales sur le chantier après avoir mélangé préalablement les composants A et B.

Les fillers calcaires et siliceux sont bien entendu cités à titre d'exemple non limitatif; on peut évidemment envisager d'autres charges ayant un effet comparable.

On a découvert qu'un type de formulation de résine du type décrit ci-dessus présente non seulement les mêmes facilités et les mêmes qualités de mise en œuvre que les résines époxy classiques, notamment excellente résistance à l'humidité, polymérisation à la température ambiante, mise en œuvre sous forme liquide, excellente adhérence au béton, mais encore des caractéristiques meilleures, notamment les performances mécaniques et, en particulier, l'allongement à la rupture incomparablement plus élevé à basse température, tout en conservant une bonne résistance à la traction aux températures élevées. Les formulations du type décrit permettent d'obtenir des résistances à la traction supérieures à 20 bar à 25°C et des allongements supérieurs à 50% à -10°C. L'adhérence au béton n'est limitée que par la résistance à la traction de la partie superficielle de ce dernier.

Dans le cas où l'on souhaite une étanchéité et un renforcement particulièrement bons, on peut placer sur une couche de liant déjà déposée une nouvelle nappe d'un non-tissé de fibres synthétiques puis une autre couche de liant. On dépose de préférence les nappes de façon qu'elles soient croisées.

Cet ensemble de propriétés nouvelles permet d'obtenir des revêtements d'ouvrages d'art de qualité inconnue jusqu'alors et de résoudre les difficultés qui étaient insolubles avec les résines époxy classiques.

Les exemples suivants sont donnés à titre d'illustration de la mise en œuvre du procédé de la présente invention et permettent de comparer les qualités des formulations proposées dans la présente invention à celles d'une résine époxy classique.

Dans ces exemples, les parties et pourcentages sont en poids, sauf indication contraire.

Exemple 1:

Sur le tablier d'un pont en béton préalablement brossé énergiquement, on applique 400 g/m² d'émulsion aqueuse de résine d'époxy obtenue par mélange de 300 g d'eau et de 100 g du mélange 50/50 Eurepox 716 et Euredur 429, noms commerciaux de la résine et du durcisseur, fournis par la société Schering.

Lorsque la pellicule obtenue commence à devenir transparente, on étale un Bidim de 120 g/m² qui adhère à la pellicule de résine époxy encore poisseuse. Le Bidim est le nom commercial d'un non-tissé en fibres de polyester vendu par la firme Rhône-Poulenc. On procède aussitôt après au répandage de la résine à raison de 2 kg/m². Cette résine a la composition suivante:

— Composant A:

- 100 parties de résine Epikote DX 214 de Shell Chimie.
- 100 parties de prépolymère de toluènediisocyanate et de polyéther à base de polyoxypropylène contenant 3,5% de NCO bloqué par le *tert*-butylphénol.

— Composant B:

- 150 parties de brai de houille de 30° EVT; l'EVT caractérise la viscosité; c'est une mesure bien connue des spécialistes.
- 26 parties d'aminoéthylpipérazine.

Le liant obtenu après polymérisation a un allongement à -10°C de 60% et une résistance à 20°C de 40 bar.

Avant polymérisation complète de la résine, on projette 4 kg/m² de sable de 0,5/3 mm.

Exemple 2:

Sur le radier d'une centrale nucléaire destiné à recevoir la cuve du réacteur, préalablement décapé avec une machine à percussion, on répand 600 g/m² d'émulsion de résine époxy composée de 100 g de résine DER 331, nom commercial d'une résine époxy fabriquée par Dow Chemical, de 100 g de Casamide 350 vendue par Akzo Chimie et de 400 g d'eau.

Lorsque la pellicule devient transparente, on étale comme dans l'exemple précédent un Bidim de 120 g/m²; puis on répand aussitôt 2,5 kg/m² de résine; avant la fin de la polymérisation, on répète l'opération en croisant les lés de Bidim, en étalant le Bidim, en répandant à nouveau 2,5 kg de résine; on obtient une totale sécurité.

La résine utilisée a la formule suivante:

— Composant A:

- 30 parties de résine époxy DER 7475 de Dow Chemical.
- 70 parties de prépolymère liquide d'un poids moléculaire d'environ 2000, obtenu par action du toluènediisocyanate sur le polypropylèneglycol, contenant 3% de groupements isocyanates bloqués par le phénol.

— Composant B:

- 15 parties de bis-(4-aminocyclohexyl)méthane.
- 45 parties de goudron EVT 30.
- 5 parties de phtalate de dibutyle.

On ajoute immédiatement au mélange des composants A et B 50 parties de filler siliceux sec et on étale le mélange ainsi obtenu; dans ce cas particulier, le répandage de sable en surface de la résine est superflu.

Le mélange des composants A et B possède une résistance de 40 bar à 20°C et un allongement > 200% à -10°C et > 100% à -20°C.

Les résultats remarquables obtenus suivant les formulations faisant l'objet de l'invention sont illustrés par les chiffres suivants. A titre d'exemple, nous avons testé une résine époxy de formulation classique:

— A: DX 214 de Shell:	50 parties
— B: Brai 30 EVT:	40 parties
Aminoéthylpipérazine:	10 parties

comparativement aux formulations citées dans les exemples 1 et 2.

Cette résine possède une résistance comparable à 20°C > 25 bar mais, à 0°C, l'allongement est inférieur à 5%; à -10°C, il n'est pas mesurable.

D'autre part, si, avec un appareil approprié, on fait subir au complexe d'étanchéité selon la présente invention, appliqué sur un bloc de béton, un essai de rupture à la traction provoquant une fissure dans le béton, on constate qu'il n'y a pas de rupture de l'étanchéité pour une fissure de 1,8 mm; mieux, on constate que, pour une telle fissure, 10³ cycles d'ouverture et de fermeture de la fissure n'entraînent aucune rupture de l'étanchéité par fatigue à la température de 0°C.

La même expérience a été réalisée avec le film d'étanchéité classique, de formule indiquée plus haut: la rupture a lieu pour 0,6 mm et à 0°C. 5 cycles d'écartement et de fermeture d'une fissure de 0,4 mm suffisent à rompre le film.

Ces chiffres permettent d'apprécier tout l'intérêt de notre invention qui constitue un progrès décisif de la technique.