

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 80 13494

⑤④ Revêtement extérieur composite pour éléments tubulaires métalliques et son procédé d'application.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). F 16 L 58/00; G 01 N 17/00.

⑫② Date de dépôt..... 18 juin 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 52 du 24-12-1981.

⑦① Déposant : Société dite : PONT-A-MOUSSON SA, résidant en France.

⑦② Invention de : René Marchal et Alain Sibue.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Lavoix,
2, place d'Estienne-d'Orves, 75441 Paris Cedex 09.

1.

La présente invention est relative à un revêtement extérieur composite pour des éléments tubulaires métalliques ainsi qu'à son procédé d'application, et plus particulièrement, elle concerne un revêtement pour des éléments
5 tubulaires métalliques ferreux.

On connaît des revêtements à base de ciment destinés à protéger des tuyaux métalliques ferreux (en fonte ou en acier) contre l'action corrosive de fluides ou des terrains environnants dans lesquels ils sont enterrés.

10 Ces revêtements donnent toute satisfaction lorsqu'ils sont placés à l'intérieur des tuyaux, car l'effet de voûte contribue à maintenir l'adhérence sur le support tout en évitant la formation de fissures.

Il n'en va pas de même lorsque le revêtement est
15 mis en place sur la surface extérieure du tuyau, où il est exposé aux chocs ou aux ovalisations susceptibles de se produire pendant le stockage, le transport ou les manutentions. La suppression de l'effet de voûte rend alors possible un décollement du revêtement de son support ou, dans
20 le cas le moins défavorable, une fissuration qui laisse pénétrer jusqu'au support métallique les éléments agressifs du milieu environnant.

De plus, on sait qu'un revêtement de ciment sur un tuyau métallique constitue un revêtement "actif". A la
25 différence d'un revêtement "passif" constitué généralement par une couche de matériau inerte, qui forme barrière à l'égard des éléments extérieurs, mais qui, quelle qu'en soit l'épaisseur, est sujette à des blessures laissant apparaître le support et au droit desquelles ne s'exerce plus
30 aucune protection, un revêtement "actif" met en jeu des réactions chimiques entre le revêtement et son support. Il en est ainsi avec le mortier de ciment qui provoque une passivation du fer grâce au milieu fortement alcalin constitué par ledit mortier. Pour que cette protection trouve
35 son maximum d'efficacité, il importe qu'en plus d'une faible porosité et d'une également faible perméabilité, le mortier :

2.

- soit et surtout demeure en contact intime avec la structure métallique à protéger,

- soit exempt de dommages, blessures ou fissures allant jusqu'au métal.

5 Si ces conditions ne sont pas remplies, il se crée des macropiles de corrosion, souvent encore appelées "macroéléments", dues à la présence de dommages divers tels que blessures traversantes, fissures, décollements, qui, en permettant une dépasseivation locale du fer par abaisse-
10 ment du pH et accès de substances dépassivantes, vont localiser des sites anodiques isolés au sein des plaques cathodiques que constituent les surfaces passivées où le mortier reste encore en contact intime avec la structure métallique. Dès lors, comme le rapport de la surface ca-
15 thodique à la surface anodique est généralement grand, le débit du courant qui s'établit dans ces macropiles peut être élevé lorsqu'une dépolarisation active de la surface cathodique est possible.

Ainsi, les fissurations du revêtement de ciment
20 augmentent ces phénomènes.

La présente invention vise à fournir un revêtement extérieur contenant du ciment pour éléments tubulaires métalliques qui adhère fortement à ces éléments et assure une protection efficace de ces éléments.

25 Elle a pour objet un revêtement extérieur composite pour éléments tubulaires métalliques ferreux, caractérisé en ce qu'il comporte, au contact de l'élément métallique, une couche d'une composition à base de résine époxy durcie ou à base de résine polyester durcie, un enroulement
30 d'une nappe de fibres imprégnées d'un liant hydraulique disposé sur cette couche et une couche extérieure d'étanchéité.

En outre, la Demanderesse a découvert qu'un tel revêtement fournit une protection nettement plus efficace
35 qu'un revêtement du même type mais dans lequel l'enroulement d'une nappe de fibres imprégnées d'un liant hydraulique est remplacé par une couche de liant hydraulique armé de fibres de verre mis en place par projection.

3.

L'invention a également pour objet un procédé de revêtement d'éléments tubulaires métalliques ferreux, suivant lequel on applique sur les éléments une couche d'une composition à base de résine durcissable à température ambiante choisie parmi les résines époxy et les résines polyester, on enroule aussitôt après autour desdits éléments une nappe de fibres imprégnées d'un liant hydraulique, on enrobe l'ensemble par projection d'une couche d'étanchéité et on laisse durcir le revêtement.

Le revêtement selon l'invention possède une excellente adhérence au support métallique et permet de réduire très fortement la formation de macroéléments;

Dans le cadre de l'invention, tous les types de ciment conviennent (Portland, alumineux ou de laitier), le choix étant guidé par la nature du milieu agressif dans lequel la structure protégée est destinée à être placée, et à la double condition que :

1) ils permettent une mise en oeuvre aisée, et présentent donc une consistance en relation avec la quantité d'eau à ajouter et les éventuels adjuvants;

2) le produit obtenu protège le support métallique, ce qui suppose un milieu alcalin.

On ajoute au ciment une quantité d'eau comprise entre 20 et 50 % en poids par rapport au ciment, la limite inférieure étant déterminée par une fluidité trop faible qui fait obstacle à une bonne imprégnation de la nappe; au-delà de 50 % le mélange devient trop fluide. Des proportions avantageuses se situent entre 30 et 35 % d'eau. Une addition de sable est facultative, dans la proportion en poids par rapport au ciment de 0 à 100 %; lorsqu'elle est effectuée, on utilise du sable fin, de granulométrie inférieure à 1 mm compte tenu de l'épaisseur finale désirée du revêtement et, de préférence, inférieure à 0,5 mm.

Dans le cadre de l'invention, par nappe de fibres, on désigne aussi bien des matériaux textiles tissés que des matériaux textiles non tissés, tels que des feutres.

4.

D'une manière générale, tous les feutres servant à l'imprégnation peuvent convenir, sous réserve qu'ils ne soient pas trop denses puisque le mortier de ciment doit pouvoir pénétrer à coeur. De même, les toiles tissées qui conviennent également présenteront une maille suffisante pour que le mortier puisse imbiber le tissu mais pas trop grande de façon à retenir le mortier de ciment. Les matières formant le matériau textile peuvent être choisies parmi les fibres de polypropylène, de chlorure de polyvinyle, de polyamide ou de polyester.

10 Le revêtement est appliqué de la manière suivante.

Le support sur lequel est appliquée la couche de résine durcissable est préparé de manière à être propre, c'est-à-dire exempt de dépôts tels que corps gras ou rouille, mais, dans le cas de tuyaux de fonte, une peau d'oxyde n'est pas gênante et le grenailage est alors inutile. La couche de résine durcissable est déposée par tout moyen approprié, à la brosse ou de préférence par projection, à la seule condition que sa viscosité soit convenable et adaptée au système de mise en oeuvre choisi. La quantité de résine à mettre en oeuvre dépend de la rugosité du support et elle est avantageusement comprise entre 50 g/m² et 500 g/m². Dès le recouvrement du tuyau par la résine, on procède à l'enroulement d'une ou plusieurs couches de nappe de fibres imprégnées de mortier de ciment, de manière que la réaction de durcissement ou réticulation de la résine s'effectue en même temps que la prise du mortier de ciment, en vue d'obtenir une bonne adhérence des deux couches.

La nappe de fibres, naturelles ou synthétiques, qui est enroulée autour du tuyau revêtu de résine fraîche, est au préalable enduite de pâte de ciment ou de mortier de ciment, par passage dans un bac contenant le mélange, ce qui provoque une absorption et un entraînement de la matière. On procède ensuite à un calibrage de la nappe imprégnée. L'épaisseur à la sortie du calibrage dépend de l'épaisseur du revêtement final.

5.

L'enroulement est effectué avantageusement de manière hélicoïdale avec recouvrement éventuel des spires de 0 à 50 %, et de sorte qu'une certaine tension subsiste après mise en place. Un tel enroulement présente des avantages par rapport à la projection d'un mortier de ciment contenant des fibres car, dans ce cas, le jet de ciment est susceptible de repousser le revêtement de résine fraîche, ce qui réduit localement l'épaisseur de la résine.

Une dernière couche de revêtement est appliquée par projection sur l'ensemble, de préférence encore frais, pour former une couche d'étanchéité s'opposant à la carbonatation du mortier et maintenant donc son pH dans le domaine alcalin. Cette couche évite également un départ prématuré de l'eau au cours du durcissement. Eventuellement, ladite couche peut être appliquée après 24 ou 48 heures et elle apporte alors uniquement son effet de barrière favorable au maintien du pH. Elle peut être constituée par du bitume, du brai de houille ou une émulsion de résine et son épaisseur minimale est de 100 μ .

On laisse ensuite le revêtement durcir, soit à température ambiante, soit dans une étuve pour obtenir un durcissement accéléré. L'épaisseur totale du revêtement final est de l'ordre de quelques mm, entre 3 et 8 mm par exemple suivant le nombre de couches et l'objectif visé.

A titre de variante, le tuyau métallique ferreux peut être zingué par pulvérisation ou galvanisation; le courant débité par le macroélément décrit précédemment voit alors son sens inversé, ce qui est sans danger à l'égard de l'attaque de la canalisation, mais se traduit par une consommation du zinc. La présence de la couche de résine qui conserve dans ce cas toutes ses propriétés d'adhérence, intervient encore par son effet barrière sur la réduction du débit du macroélément.

6.

On donnera ci-après des résultats d'essai mettant en évidence les avantages fournis par la présente invention.

1 - Essai de simulation d'un macroélément

5 Afin de tester un macroélément au niveau d'une discontinuité de la protection, on réalise, conformément à la figure annexée qui représente un schéma de branchement d'un appareil mesurant l'intensité du courant des macropiles, un macroélément artificiel de la manière suivante.

10 Autour d'une portion de tube métallique ferreux 1, on procède à la mise en place d'une couche 2 de résine époxy et de mortier de ciment 3, puis on insère une électrode de métal 4 de nature identique à celle du tube 1, isolée de celui-ci par une couche de résine 5. A l'intérieur du tube 1 et de l'électrode 4, on branche deux fils électriques 6, 7, respectivement reliés à un ampèremètre 8. Les deux extrémités du tube 1 sont alors obturées chacune par un couvercle 9 de résine isolante, puis l'ensemble

15 est immergé partiellement dans un bain 10 d'électrolyte conducteur contenu dans un récipient 11, l'électrolyte étant une solution de chlorure de sodium à 1,65 g/l. Les surfaces respectives de l'électrode 4 ou anode et de l'élément métallique 1 revêtu (cathode) sont de 0,4 cm² et

20 600 cm². L'immersion partielle de la portion cylindrique revêtue est destinée à simuler les conditions d'activité maximale du macroélément, en favorisant la diffusion de l'oxygène vers la surface de métal sous le mortier de ciment imprégné d'électrolyte par capillarité. Une immersion

25 totale ralentirait en effet la diffusion d'oxygène et le débit du macroélément serait plus faible. De même, l'élément de tube n'a pas reçu de couche extérieure d'étanchéité pour ne pas gêner la diffusion de l'oxygène.

30 Différents types de revêtement ont été appliqués sur une portion de tube métallique et on a mesuré dans chaque cas le débit du macroélément. Dans ces essais,

7.

l'épaisseur du revêtement de ciment était d'environ 4 mm.

Les résultats obtenus sont donnés au Tableau 1.

Il apparaît que le revêtement selon l'invention apporte une amélioration très nette de la protection.

5 2 - Essai d'adhérence

On a réalisé des mesures d'adhérence de la manière suivante.

On découpe jusqu'au support une portion circulaire de revêtement, d'un diamètre d'environ 4 cm, sur laquelle on applique au moyen d'une colle époxy (Prochal) une pastille métallique servant à arracher le revêtement de son support. L'adhérence correspond à la force d'arrachement. Les essais ont été effectués sur un tuyau revêtu de diamètre extérieur 118 mm, après deux jours de durcissement contrôlé, puis 15 jours à l'air à température ambiante.

Dans ces essais, l'épaisseur du revêtement de ciment était d'environ 4 mm.

Les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau

20 2.

T A B L E A U 1

Echan- tillon	Résine		Mortier de ciment armé			Débit du macroélément après 50 jours (M A)	
	Type	Epaisseur g/m2	Parties pondérales de ciment	Composition sable fin	Parties pondérales de eau		Mise en oeuvre
1 (compa- ratif)	-	-	1	0,5	0,28	Projection de mortier armé de fibres de verre	280
2 (compa- ratif)	-	-	1	0,5	0,35	Enroulement feutre polyester imprégné de mortier	300
3 (compa- ratif)	*** Epoxy	170	1	0,5	0,28	Projection de mortier armé de fibres de verre	12
4 (inven- tion)	*** Epoxy	170	1	0,5	0,35	Enroulement feutre polyester imprégné de mortier	3,5
5 (inven- tion)	*** Epoxy	230	1	0,5	0,35	Enroulement feutre polyester imprégné de mortier	4

* résine BS 465-20 de la Société des Bitumes Spéciaux
 ** résine Icosit 255 de Lechler
 *** résine Eskadur S.10

T A B L E A U 2

Echan- tillon	Résine		Mortier de ciment armé				Adhé- rence N/mm ²	Remarques
	Type	Epaisseur g/m ²	Parties ciment	Composition Parties pondérales de sable fin	Parties pondérales de eau	Mise en oeuvre		
6 (inven- tion)	* Epoxy	170	1	0,5	0,35	Enroulement feutre polyester imprégné de mortier	0,75	Rupture dans l'épais- seur du revêtement et non à l'interface métal-revêtement
7 (inven- tion)	** Epoxy	230	1	0,5	0,35	idem	0,96	idem
8 (compa- ratif)	* Epoxy	170	1	0,5	0,28	Projection de mortier + fibres de verre	0,53	idem
9 (compa- ratif)	** Epoxy	230	1	0,5	0,28	idem	0,51	idem
10 (compa- ratif)	Néant		1	0,5	0,28	idem	0,37	Rupture à l'interface métal-revêtement

* Icosit 285 vendu par Lechler

** Eskadur S.10

10.

On constate à la lecture du Tableau 2 que la couche d'époxy augmente l'adhérence du revêtement sur le métal: elle devient supérieure à la résistance à la traction du revêtement lui-même. En outre, l'adhérence est
 5 meilleure lorsque le revêtement contient un enroulement de feutre que dans le cas de fibres projetées avec le mortier.

3 - Essai de fissuration

Un essai de fissuration sous ovalisation est réalisé, qui consiste à écraser sous presse un anneau métallique muni de son revêtement extérieur de mortier de ciment ayant une épaisseur d'environ 4 mm et à observer la fissuration du revêtement en fonction de l'ovalisation, définie comme la variation relative du diamètre vertical
 15 sous charge. $\Delta d/d$ en %.

Les essais sont effectués sur les mêmes tubes que dans l'essai précédent.

T A B L E A U 3

Echantillon	Présence de fissures superficielles de retrait avant mise en charge	Ovalisation à laquelle apparaissent les premières fissures superficielles sous charge (%)	les premières fissures atteignant le métal (%)
6 (invention)	non	1,4	env. 7
7 (invention)	non	2,5	env. 7
9 (comparatif)	non	1,4	env. 3,5
10 (comparatif)	oui	1	env. 3

On constate que le revêtement selon l'invention se fissure plus difficilement sous charge verticale que les revêtements ne contenant pas d'enroulement de nappes de fibres.

11.

4 - Essai d'adhérence sous cisaillement

On a réalisé un essai d'adhérence sous l'action d'un cisaillement exercé parallèlement à l'interface métal-revêtement. Dans cet exemple, une section de tube métallique cylindrique revêtu est placée sous une presse comportant un anneau métallique fendu, de manière à pouvoir en régler le diamètre. L'anneau, dont le diamètre intérieur est légèrement supérieur à celui du tube métallique, de sorte qu'il correspond sensiblement au niveau de l'interface résine-ciment, est enfoncé sur la section cylindrique et on relève les efforts exercés.

Le revêtement des échantillons est constitué d'une couche de résine dont l'épaisseur varie et d'un feutre polyester ayant un poids de 150 g/m² imprégné de mortier de ciment contenant pour une partie en poids de ciment 0,5 partie de sable fin et 0,35 partie en poids d'eau. L'épaisseur du feutre imprégné est d'environ 4 mm.

L'ensemble des résultats est donné au tableau 4.

T A B L E A U 4

Echantillon	Résine		Effort (N)	Contrainte (N/mm ²)
	Type	Epaisseur (g/m ²)		
11	-	-	9.000	0,48
12	époxy *	170	36.000	1,9
13	époxy *	380	36.000	1,9
14	époxy **	230	56.000	3
15	époxy **	350	38.000	2

* Résine Icosit 285 (Lechler)

** Résine Eskadur

Il apparaît que la couche de résine améliore très nettement l'adhérence du revêtement.

REVENDICATIONS

1. Revêtement extérieur composite pour éléments tubulaires métalliques ferreux, caractérisé en ce qu'il comporte, au contact de l'élément métallique, une couche d'une composition à base de résine époxy durcie ou à base
5 de résine polyester durcie, un enroulement d'une nappe de fibres imprégnée d'un liant hydraulique disposé sur cette couche et une couche extérieure d'étanchéité.

2. Procédé pour appliquer un revêtement suivant la revendication 1 sur un élément tubulaire métallique
10 ferreux, caractérisé en ce que l'on applique sur l'élément une couche d'une composition à base de résine durcissable à température ambiante choisie parmi les résines époxy et les résines polyester, on enroule aussitôt après autour dudit élément une nappe de fibres imprégnée d'un
15 liant hydraulique, on enrobe l'ensemble par projection d'une couche d'étanchéité et on laisse durcir le revêtement.

3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la nappe de fibres est imprégnée de liant hydraulique par trempage, puis calibrée et enroulée hélicoïdalement autour des éléments revêtus de résine.
20

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le liant hydraulique utilisé pour l'imprégnation contient de 20 à 50 % en poids d'eau.

1/1

