

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction

2 549 277

②1 N° d'enregistrement national :

83 11723

⑤1 Int Cl⁴ : H 01 B 3/40, 3/08, 19/02.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 13 juillet 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 3 du 18 janvier 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *ALSTHOM-ATLANTIQUE, société anonyme.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Alain Anton.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Pierre Picard.

⑤4 Procédé d'isolation par imprégnation d'un bobinage électrique, et vernis sans solvant stabilisé utilisable dans ce procédé.

⑤7 Procédé d'isolation par imprégnation d'un bobinage électrique, à l'aide de résines à cycles isocyanurates et oxazolidones, dans lequel on enroule autour des conducteurs un ruban de tissu de verre et de papier de mica poreux chargé d'un sel d'ammonium quaternaire catalysant la condensation de dérivés isocyanates et époxy en cycles isocyanurates et oxazolidones, on imprègne le ruban d'un vernis comprenant un dérivé isocyanate et une résine époxy liquide, puis on soumet le ruban imprégné à un traitement thermique de polymérisation du vernis.

On emploie comme sel d'ammonium quaternaire un halogénure de benzyltrialkylammonium à chaîne alkyle contenant au plus 3 atomes de carbones.

Application à l'isolation de machines tournantes devant fonctionner à des températures supérieures à 200 °C.

FR 2 549 277 - A1

Procédé d'isolation par imprégnation d'un bobinage électrique, et vernis sans solvant stabilisé utilisable dans ce procédé

La présente invention concerne un procédé d'isolation par imprégnation d'un bobinage électrique à l'aide de résines à cycles isocyanurates et oxazolidones, dans lequel on enroule autour des conducteurs un ruban de tissu de verre et de papier de mica poreux chargé d'un sel d'ammonium quaternaire catalysant la condensation de dérivés isocyanate et époxy en cycles isocyanurates et oxazolidones, on impré-
5 gne le ruban d'un vernis comprenant un dérivé isocyanate et une résine époxy liquide, puis on soumet le ruban imprégné à un traitement thermique de polymérisation du vernis.
10

On a déjà proposé dans les documents FR-A- 2207952, 2242419 et 2427673, de fabriquer un isolant de bobinage électrique par condensation d'un dérivé isocyanate et d'un dérivé époxy en présence d'un catalyseur favorisant la formation de cycles isocyanurates et oxazolidones, ce catalyseur pouvant être constitué par un sel d'ammonium quaternaire contenant un radical alkyle à longue chaîne comportant au moins 8 atome de carbone.
15

Selon le document FR-A 2427673, on a également proposé d'incorporer un catalyseur de durcissement du groupe des imidazoles dans un ruban de mica sur support de verre, imprégné d'une résine de silicone, et séché, d'imprégner le ruban isolant obtenu à l'aide d'un vernis constitué par un mélange de dérivés isocyanate et époxy, puis de le durcir par chauffage. Toutefois les sels d'ammonium quaternaire contenant un radical alkyle à longue chaîne sont très solubles dans la résine d'imprégnation du ruban, de sorte qu'ils migrent facilement du ruban dans le bain d'imprégnation et qu'ils produisent une augmentation de viscosité prématurée du vernis au cours de l'opération d'imprégnation, qui s'effectue par opérations successives alternées de
20 mise sous vide, puis sous pression, ce qui entraîne une imprégnation plus difficile et imparfaite. Par ailleurs, les vernis sans solvant à base de dérivés isocyanates et époxy présentent une augmentation progressive de viscosité au stockage, ce qui réduit leur durée de conservation possible en fûts et en cuve.
25

L'invention a donc pour but de procurer un procédé permettant
35

d'éviter toute augmentation prématurée de la viscosité de la résine d'imprégnation du ruban, et assurant ainsi une imprégnation relativement facile et bien homogène. Elle a encore pour but de permettre la conservation des vernis à base de dérivés isocyanate et époxy pendant
5 de longues durées de stockage avant leur utilisation.

Le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'on emploie comme sel d'ammonium quaternaire catalyseur un halogénure de benzyl-trialkylammonium à chaîne alkyle contenant au plus 3 atomes de carbone.

10 Il répond en outre de préférence à au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- L'halogénure de benzyl-trialkylammonium est le chlorure de benzyl-triméthylammonium ou le chlorure de benzyl-triéthylammonium.

- L'on incorpore l'halogénure de benzyltrialkylammonium à l'état
15 solide au ruban de tissu de verre et de papier de mica poreux.

- La proportion d'halogénure de benzyltrialkylammonium est de 0,2 à 5% en poids du vernis de l'isolation finale.

- Le vernis est additionné d'un inhibiteur de condensation constitué par un acide ou un capteur d'électrons π .

20 - L'inhibiteur est l'anhydride maléique, l'anhydride phtalique ou l'anhydride acétique, l'hydroquinone, la benzoquinone ou l'azobisisobutyrolactone.

- La quantité d'inhibiteur ajoutée au vernis est comprise entre 0,02 et 1% en poids, et de préférence entre 0,05 et 0,3% en poids.

25 - Le vernis comprend 7 à 25 équivalents isocyanate pour un équivalent époxy.

L'invention s'étend en outre à un vernis sans solvant à base de dérivés isocyanate et de résines époxydes liquides stabilisé contre l'accroissement de viscosité au stockage caractérisé en ce qu'il
30 contient de 0,02 à 1% en poids, et de préférence de 0,05 à 0,3% en poids, rapportés où la masse totale du vernis, d'un inhibiteur constitué par un acide minéral ou organique ou un anhydride organique, ou bien un composé organique capteur d'électrons π .

35 De préférence l'inhibiteur est constitué par un composé du groupe formé par l'acide phosphorique, l'anhydride maléique,

l'anhydride acétique, l'anhydride phtalique, l'hydroquinone, la benzoquinone et l'azobisisobutyrolactone.

Comme résine époxydes, on peut utiliser :

- 5 - les résines diglycidyléther, du bisphénol A, du bisphénol F liquides comportant peu de groupements hydroxyle libres, d'équivalent époxyde compris entre 170 et 300,
- les résines époxydes novolaque d'équivalent époxyde 160 à 230 dérivées des novolaques du phénol, du crésol, des acides crétyliques, du bisphénol A,
- 10 - les résines époxydes cycloaliphatiques liquides telles que celles commercialisées par la société Ciba-Geigy sous les désignations CY 192 ou CY 179.

Comme dérivés diisocyanates, on peut utiliser :

- 15 - des diisocyanates tels que le 4,4 - diphenylméthane diisocyanate, les 2, 4 - et 2,6 - toluène diisocyanate, le 3,5 - diisocyanate de naphthalène, le 1,4 - diisocyanate de cyclohexane,
- le triisocyanate de triphénylméthane, le tétraisocyanate de 3,3' - 4,4' diphenylméthane.

Les isocyanates peuvent être utilisés seuls ou en mélanges.

- 20 L'avantage de l'emploi de chlorure de benzyl-triméthylammonium comme catalyseur réside dans son insolubilité totale dans le vernis d'imprégnation jusqu'à une température de 100°C. Le chlorure de benzyl-triéthylammonium peut aussi être utilisé avantageusement, mais il présente une légère solubilité dans le vernis d'imprégnation vers
- 25 60°C.

- 30 Les exemples suivants décrivent des modes de mise en oeuvre de l'invention. Les caractéristiques physiques et mécaniques des résines d'imprégnation des exemples 1 à 8 ci-dessous, et les caractéristiques électriques des isolants après imprégnation et polymérisation, sont données respectivement dans les tableaux I et II qui les suivent. Les
- 35 pourcentages sont indiqués en poids.

EXEMPLE 1

- 35 On imprègne un ruban dit "poreux" formé de papier de mica et d'un tissu de verre collé par une résine époxyde sur le papier de mica,

contenant 1g/m² de chlorure de benzyl-triméthylammonium, avec un vernis composé de :

	4,4' - diphénylméthane diisocyanate	92,9%
	résine époxyde du bisphénol A	7%
5	(équivalent époxy 178)	
	anhydride maléique	0,1%

EXEMPLE 2

On imprègne le même ruban que dans l'exemple 1 avec le vernis composé de :

10	4,4' - diphénylméthane diisocyanate	92,9%
	résine époxyde novolaque	7%
	(équivalent époxy 172)	
	anhydride maléique	0,1%

15

EXEMPLE 3

On imprègne le même ruban que dans l'exemple 1 avec le vernis composé de :

	4,4' - diphénylméthane diisocyanate	79,8%
20	résine époxyde de bisphénol A	20%
	(équivalent époxy 178)	
	anhydride maléique	0,2%

EXEMPLE 4

25 On imprègne le même ruban que dans l'exemple 1 avec le vernis composé de :

	2,4 - toluène diisocyanate 80% en poids	}	92,9%
	2,6 - toluène diisocyanate 20% en poids		
	résine époxy du bisphénol A		7%
30	anhydride phtalique		0,1%

EXEMPLE 5

On imprègne le même ruban que dans l'exemple 1 avec le vernis composé de :

35	2,4 - toluène diisocyanate 80% en poids	}
----	---	---

	2,6 - toluène diisocyanate 20% en poids } 92,8%
	résine époxyde novolaque 7%
	(équivalent époxy 170)
	anhydride acétique 0,2%

5

EXEMPLE 6

On imprègne le même ruban que dans l'exemple 1 avec le vernis composé de :

	4,4' - diphénylméthane diisocyanate 92,9%
10	résine époxyde novolaque (équivalent époxy 170) 4,7%
	résine époxyde du bisphénol A (équivalent époxy 178) 2,3%
	anhydride maléique 0,1%

EXEMPLE 7

15 On imprègne le même ruban que dans l'exemple 1 avec le vernis composé de :

	4,4' - diphénylméthane diisocyanate 92,9%
	résine époxyde alicyclique (équivalent époxy 170) 7%
	anhydride phtalique 0,1%

20

EXEMPLE 8

On imprègne le même ruban que dans l'exemple 1 avec le vernis composé de :

	2,4 - toluène diisocyanate 80% en poids {	
25	2,6 - toluène diisocyanate 20% en poids }	79,8%
	résine époxyde novolaque (équivalent époxy 170)	20%
	anhydride maléique	0,2%

30

35

TABEAU I

CARACTERISTIQUES DES VERNIS CATALYSES AVEC UN SEL D'AMMONIUM QUATERNAIRE

VISCOSITE à 20°C	Perte de Poids après 1000H à 230°C dans l'air	Perte de Poids après 1000H à 230°C dans l'azote	Allongement Initial mesuré après 1000H à 230°C	Allongement après 1000H à 230°C	Résistance à la traction initiale mesure à 200°C (kg/cm ²)	Résistance à la traction après 1000H à 230°C mesure à 200°C (kg/cm ²)
Exemple 1 170 cpo	5,5%	2,7%	4%	4%	540	525
Exemple 2 205 cpo	5,0%	2,1%	3%	3%	590	560
Exemple 3 265 cpo	6,2%	3,1%	5%	4%	480	470
Exemple 4 12 cpo	7,8%	4,3%	4%	3%	470	310
Exemple 5 20 cpo	6,9%	4,0%	4%	3%	500	320
Exemple 6 190 cpo	5,1%	2,2%	4%	3%	560	530
Exemple 7 150 cpo	7%	3,4%	6%	4%	460	430
Exemple 8 30 cpo	6,1%	3,0%	4%	3%	490	470

2549277

TABLEAU 2

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES DU SYSTEME RUBAN + VERNIS IMPREGNE ET POLYMERISE

	tg \int 200°C sous 1,2 kv initial	tg \int 230°C sous 1,2 kv initial	Constante diélectrique		tg \int à 200°C sous 1,2 kv après 1000H à 230°C
			ϵ à 200°C sous 1,2 kv initial	ϵ à 230°C sous 1,2 kv initial	
Exemple 1	0,097	0,18	4,5	5,2	0,078
Exemple 2	0,083	0,15	4,3	5,0	0,069
Exemple 3	0,14	0,21	5,3	5,6	0,10
Exemple 4	0,10	0,22	4,6	5,3	0,087
Exemple 5	0,096	0,17	4,7	5,2	0,085
Exemple 6	0,090	0,16	4,3	5,0	0,071
Exemple 7	0,31	0,41	5,8	6,2	0,27
Exemple 8	0,085	0,19	4,3	5,5	0,071

EXEMPLE 9

On prépare un vernis composé de :

	4-4' Diphényl méthane diisocyanate	92% en poids
	résine époxy du bisphénol A	7%
5	benzoquinone	1%

10 Ce vernis ne présente qu'une faible variation de viscosité après un stockage de 100 jours à température ambiante, alors qu'on observe pour le même vernis ne contenant pas de benzoquinone, un doublement de la viscosité en moins de 20 jours.

15 Ce vernis peut être utilisé pour imprégner un ruban poreux formé de papier de mica et d'un tissu de verre, collé par une résine époxy sur le papier de mica, contenant 1g/m² de chlorure de benzyltriméthylammonium, à la place des vernis stabilisés par un anhydride organique des exemples 1 à 8.

EXEMPLE 10

On prépare un vernis composé de :

	2,4 - toluène diisocyanate 80% en poids	} 92,9% en poids
20	2,6 - toluène diisocyanate 20% en poids	
	résine époxy du bisphénol A	7%
	benzoquinone	1%

25 Ce vernis ne présente pas d'évolution de viscosité après 100 jours de stockage à la température ambiante, alors qu'on observe pour le même vernis sans benzoquinone un doublement de viscosité en 40 jours.

Ce vernis peut être utilisé comme celui de l'exemple 9.

EXEMPLE 11

On prépare un vernis composé de :

	4-4' Diphényl méthane diisocyanate	92% en poids
	résine époxy novolaque (équivalent époxy 170)	7%
35	benzoquinone	1%

Il ne présente qu'une faible variation de viscosité après 100 jours à la température ambiante, alors qu'on observe pour le même vernis sans benzoquinone un doublement de viscosité en moins de 15 jours.

5 Ce vernis peut être utilisé comme ceux des exemples 9 et 10.

EXEMPLE 11 - cycle d'imprégnation et de polymérisation d'un ruban poreux imprégné par un vernis selon l'un des exemples 1 à 10.

10 Un barreau de cuivre, de section droite 25 x 10 mm², entouré de cinq couches à demi-recouvrement du ruban poreux chargé de catalyseur, emprisonné dans une encoche de section droite 27,8 x 12,8 mm², est placé dans une cuve d'imprégnation où il est laissé dégazer 15 heures sous vide à la température ambiante.

15 Puis, sans interrompre le vide, on introduit dans la cuve une quantité de vernis suffisante pour que l'encoche soit submergée dans le vernis, durant au moins une heure.

La cuve est ensuite remise à la pression atmosphérique, puis portée sous une pression de 6 bars pendant au moins une heure.

20 Le cycle mise sous vide-mise en pression est effectué 3 fois de suite, puis s'achève par la mise à l'atmosphère à la fin de la 3^e phase de mise sous pression.

Durant toute la durée des cycles, l'encoche doit être noyée dans le vernis.

25 On effectue alors la polymérisation de la résine en plaçant l'encoche contenant le barreau imprégné dans une étuve où elle est portée à la température de 130°C en 1h 30. Après un palier de 2h à 130°C, la température est portée à 150°C, où a lieu un palier de 4h.

Le traitement s'achève par une post-cuisson de 15h à 200°C.

30

35

REVENDEICATIONS

- 1/ Procédé d'isolation par imprégnation d'un bobinage électrique, à l'aide de résines à cycles isocyanurates et oxazolidones, dans lequel on enroule autour des conducteurs un ruban de tissu de verre et de papier de mica poreux chargé d'un sel d'ammonium quaternaire catalysant la condensation de dérivés isocyanates et époxy en cycles isocyanurates et oxazolidones, on imprégne le ruban d'un vernis comprenant un dérivé isocyanate et une résine époxy liquide, puis on soumet le ruban imprégné à un traitement thermique de polymérisation du vernis, caractérisé en ce que l'on emploie comme sel d'ammonium quaternaire un halogénure de benzyl-trialkylammonium à chaîne alkyle contenant au plus 3 atomes de carbone.
- 2/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'halogénure de benzyl-trialkylammonium est le chlorure de benzyl-triméthylammonium ou le chlorure de benzyl-triéthylammonium.
- 2/ Procédé selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on incorpore l'halogénure de benzyltrialkylammonium à l'état solide au ruban de tissu de verre et de papier de mica poreux.
- 4/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la proportion d'halogénure de benzyltrialkylammonium est de 0,2 à 5% en poids du vernis, et de préférence de 0,8 à 1,5% en poids du vernis.
- 5/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le vernis est additionné d'un inhibiteur de condensation constitué par un acide ou un capteur d'électrons π .
- 6/ Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'inhibiteur est l'anhydride maléique, l'anhydride phtalique ou l'anhydride acétique, l'hydroquinone, la benzoquinone ou l'azobisisobutyrolactone.
- 7/ Procédé selon les revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que la quantité d'inhibiteur ajoutée au vernis est comprise entre 0,02 et 1% en poids, et de préférence entre 0,05 et 0,3% en poids.
- 8/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le vernis comprend 7 à 25 équivalents isocyanate pour un équivalent époxy.
- 9/ Vernis sans solvant à base de dérivés isocyanates et de résines époxy

liquides, stabilisé contre l'accroissement de viscosité au stockage, caractérisé en ce qu'il contient de 0,02 à 1% en poids, et de préférence de 0,05 à 0,3% en poids, rapportés à la masse totale du vernis, d'un inhibiteur constitué par un acide minéral ou organique ou
5 un anhydride organique, ou bien un composé organique capteur d'électrons π .

10/ Vernis sans solvant selon la revendication 9, caractérisé en ce que son inhibiteur est constitué par un composé du groupe formé par l'acide phosphorique, l'anhydride maléique, l'anhydride acétique, l'anhydride
10 phtalique, l'hydroquinone, la benzoquinone et l'azobisisobutyrolactone.