

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 928 011 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.08.2004 Patentblatt 2004/33

(51) Int Cl.7: **H01F 41/12**, H01F 27/02,
H01F 27/32

(21) Anmeldenummer: **98124700.0**

(22) Anmeldetag: **25.12.1998**

(54) **Verfahren zur Herstellung von Giessharztransformatoren und Giessharztransformator**

Process for producing transformers encapsulated in cast resin and transformer

Procédé de fabrication de transformateurs encapsulés en résine coulée et transformateur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE ES FR GB IT LI NL PT

(30) Priorität: **31.12.1997 DE 19758213**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.07.1999 Patentblatt 1999/27

(73) Patentinhaber: **Bakelite AG**
58642 Iserlohn (DE)

(72) Erfinder:
• **Foltes, Friedhelm**
47166 Duisburg (DE)
• **Scheuer, Christoph**
46537 Dinslaken (DE)

• **Reichwein, Heinz-Günter**
47475 Kamp-Lintford (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 3 503 797

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 005, no.
067 (C-053), 7. Mai 1981 (1981-05-07) & **JP 56**
016514 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS
LTD), 17. Februar 1981 (1981-02-17)
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 011, no.
352 (M-643), 18. November 1987 (1987-11-18) &
JP 62 132615 A (TOHO SHIITOFUREEMU KK), 15.
Juni 1987 (1987-06-15)

EP 0 928 011 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Transformatoren, bei denen die Wicklungen in Gießformen mit einer duroplastischen Gießharzmischung vergossen werden. Dadurch entsteht eine feuchtesichere, tropengeeignete Isolierung, die gleichzeitig einen hohen mechanischen Schutz der Wicklungen darstellt.

Aufgrund ihrer guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften sind an sich bekannte Epoxidharz-Härter-Systeme die bevorzugten Gießharze. Aber auch Harze auf Bismaleinimid-Triazin- oder Epoxid-Isocyanat-Basis werden hierfür eingesetzt (Jürgen Bednarz; "Kunststoffe in der Elektrotechnik und Elektronik", Verlag W.Kohlhammer, (1988), S. 70-73).

[0002] Im bevorzugten Gießverfahren wird der Harzmischung eine geeignete Menge mineralischer Füllstoffe zugegeben, um die Wärmeleitfähigkeit zu erhöhen, den Schwund zu verringern und den Ausdehnungskoeffizienten der Gießharzmischung an den der Wicklungsmetalle anzugleichen.

Die Wicklungen werden in Gießformen aus Metall entweder im Vakuumgieß- oder im Druckgeliervverfahren mit einer derartigen Gießharzmischung vergossen und die Mischung dann in dieser Form ausgehärtet.

Bei allen dieser eingesetzten Gießharzsysteme bestehen aber Probleme hinsichtlich der Flammfestigkeit und insbesondere der Rauchgasentwicklung im Falle eines Brandes oder einer äußeren Brandeinwirkung.

Um die geforderte Flammfestigkeit der Gießkörper zu erzielen, werden den Gießharzmischungen Füll- und Zusatzstoffe beigegeben, die die Brennbarkeit der Harzsysteme verschlechtern. Der bevorzugt zugegebene Stoff ist Aluminiumoxyd-hydrat. Dadurch werden aber sowohl die mechanischen (Biegezugfestigkeit, Reißleitfestigkeit) als auch die elektrischen Eigenschaften im Langzeitverhalten der Gießlinge verschlechtert.

[0003] In einem anderen Gießverfahren werden die in der Metallform vorliegenden Wicklungen, Glasmatten, -Vliese und Glasgewebe oder Glasrovings (Stützgewebe) durch Vergießen mit einer nicht gefüllten Harz-Härter-Mischung imprägniert. Eine Flammfestigkeit kann dabei nur durch Einsatz an sich nicht erwünschter brom- oder phosphorhaltiger Harze erreicht werden, wobei hier während einer Flammeinwirkung eine Brennbarkeit mit hoher Rauchgasdichte gegeben wäre.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von Gießharztransformatoren bereitzustellen, mit dem Transformatoren hergestellt werden, bei denen die Flammfestigkeit wesentlich verbessert ist und bei denen insbesondere die Rauchgasdichte während einer Flammeinwirkung wesentlich vermindert ist, ohne daß die mechanischen oder elektrischen Eigenschaften verschlechtert werden.

[0005] Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch ein Verfahren gemäß der Ansprüche 1-7, sowie durch entspre-

chend hergestellte Gießtransformatoren, deren Außenflächen oder gesamten Oberflächen mit einer Phenolharzschicht versehen sind gemäß Anspruch 8.

[0006] Es wurde gefunden, daß die Brandeigenschaften von Gießharztransformatoren wesentlich verbessert werden können, ohne daß die elektrischen und die mechanischen Eigenschaften verschlechtert werden, wenn die Außenflächen oder die gesamten Oberflächen der Gießharzformkörper mit einer verstärkten oder unverstärkten Phenolharzschicht versehen werden. Im Falle einer Brandeinwirkung pyrolysiert das Phenolharz. Flüchtige Zersetzungsprodukte verbrennen, wobei allerdings die Rauchgasdichte gering ist. Zurück bleibt eine Kohlenstoffmatrix, die schwer entflammbar ist und die das darunterliegende Harz thermisch und gegen Zutritt von Sauerstoff isoliert. Nach Beendigung einer äußeren Flammeinwirkung sind die entsprechend hergestellten Gießharztransformatoren selbstverlöschend.

[0007] Im einfachsten Fall könnte eine Nachrüstung von bereits mit einem der genannten Harze hergestellten Transformatoren darin bestehen, daß deren Außenflächen mit einer Phenolharzschicht versehen werden, indem etwa ein Phenolharzlack oder ein Phenolharz-Laminat auf die Außenfläche aufgebracht würde.

[0008] Erfindungsgemäß bevorzugt werden jedoch die Gießharztransformatoren direkt bei der Herstellung mit einer Phenolharzschicht versehen. Dies kann dadurch erfolgen, daß die Innenwände der metallenen Gießform ganz oder nur insoweit, als sie die Außenflächen der Gießharzformkörper betreffen, mit einer Phenolharzschicht versehen werden, wobei diese Phenolharzschicht eine neue Form darstellt, in die die Gießharzmischung gefüllt wird und die nach dem Aushärten des Gießharzformkörpers auf diesem verbleibt.

[0009] Diese Phenolharzschicht kann eine an sich bekannte Phenolharz-Lackschicht sein oder eine in dünner Schicht gleichmäßig aufgetragene gefüllte Phenolharz-Masse. In beiden Fällen ist das Phenolharz noch nicht vollständig vernetzt, sondern wird nach dem Gießvorgang zusammen mit dem Gießharz gehärtet.

[0010] Bevorzugt aber besteht die Phenolharzschicht aus einem mit Phenolharz imprägnierten flächigen Material, das unvernetzt, vorvernetzt oder vollständig ausgehärtet sein kann.

Beispiele hierfür sind unvernetzte oder gehärtete phenolharzimprägnierte Papiere, Faservliese oder Gewebe, die gegebenenfalls vor der Härtung schon vorgeformt sind. Bevorzugt eingesetzt werden vorgeformte, d.h., der äußeren Form des Gießharzkörpers entsprechende, Phenolharzpapiere oder phenolharzimprägnierte Prepregs aus bevorzugt Glasfaservliesen, die ein- oder mehrlagig verwendet werden können, aus derartigen Prepregs hergestellte, der äußeren Form des Gießharzkörpers entsprechend vorgeformte und gehärtete Lamine, die ebenfalls ein- oder mehrlagig sein können oder mittels Laminier Technologie wie z. B. im Filament Winding - Verfahren hergestellte gewickelte

Rohrabschnitte, die insbesondere als Außenhülle der Transformatoren dienen.

[0011] Die entsprechend mit einer Phenolharzschicht versehenen Metallformen werden dann in an sich bekannter Weise mit den Wicklungen bestückt und in an sich bekannter Weise entweder in Vakuumkammern nach Vakuumgießverfahren oder in entsprechenden Druckvorrichtungen nach dem Druckgeliervverfahren oder mit kombinierten Vakuum-Druck-Verfahren mit dem duroplastischen Gießharz-Härter-Gemisch gefüllt und dann einer für das jeweilige Gießharz-Härter-System notwendigen thermischen Behandlung unterworfen, bei der das Gießharz härtet. Nach dem Entformen bilden der Gießharzformkörper und die Phenolharzschicht eine feste Einheit.

[0012] Eine besondere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß die Gießform aus einem vorgeformten Laminat besteht und nach dem Gieß- und Härtungsvorgang als verlorene Form auf dem Gießharzformkörper verbleibt. Diese Verfahrensvariante stellt zwar höhere Anforderungen an die aus phenolharzhaltigem Material vorgefertigte Gießform, jedoch wird der damit verbundene Aufwand dadurch ausgeglichen, daß die teure Herstellung von Metallformen unterbleiben kann.

[0013] Außerdem hat diese Verfahrensvariante den weiteren Vorteil, daß die Herstellung der Gießharztransformatoren nicht an Taktzeiten gebunden ist, innerhalb deren die Metallformen wieder für einen neuen Guß bereitgestellt werden müssen. Da dieser Zeitdruck entfällt, kann man als Gießharzsysteme solche einsetzen, die sehr lange Härtungszeiten und damit sehr geringe Temperaturspitzen während der Härtung aufweisen. Die dadurch hergestellten Gießharzformkörper sind daher weitgehend frei von inneren Spannungen.

[0014] Eine weitere Vereinfachung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, die verlorenen Formen aus Röhren auf Basis von Phenolharzen mit unterschiedlichen Durchmessern herzustellen., die an ihren Ober- und Unterseiten vakuumdicht abgedichtet werden. Die so hergestellten Formen können auch ohne aufwendige Vakuumkammer evakuiert und im Vakuumgießverfahren mit Gießharz gefüllt werden.

[0015] Als Phenolharze für die erfindungsgemäß hergestellten Phenolharzschichten können alle handelsüblichen Kondensationsprodukte aus Aldehyden und phenolischen Produkten verwendet werden. Die brandtechnisch günstigsten Eigenschaften werden jedoch bei Verwendung von Phenol-Formaldehyd-Harzen erzielt. Eingesetzt werden sowohl alkalisch kondensierte Resole, die selbsthärtend sind, als auch sauer kondensierte Novolake, die in an sich bekannter Weise mit einem Härtungsmittel eingesetzt werden. Bevorzugte Härtungsmittel für Novolake sind Resole und/oder Hexamethylentetramin (Hexa). Da Novolak-Hexa-Gemische erst bei Temperaturen härten, die oberhalb der bei der Härtung der Gießharze auftretenden Temperaturspitzen liegen, werden derartige Systeme nur dann verwen-

det, wenn als Formen ausgehärtete Lamine oder Rohre eingesetzt werden.

Beispiele:

[0016] Durch Gießen von flüssigen Epoxidharz-Härter-Mischungen in eine Metallform und anschließendes Aushärten bei erhöhter Temperatur werden Prüfstäbe hergestellt mit den Abmessungen 100 x 15 x 10 mm. Diese Prüfstäbe werden gemäß UL 94 vertikal eingespannt und 2 x 10 s lang beflammt. Während dieser Beflammung wird die Rauchgasdichte beobachtet. Danach wird die Nachbrennzeit ermittelt.

Eingesetzt wird in allen Versuchen das gleiche Epoxidharz-Härter-System (Diglycidylether auf Basis Bisphenol A und Methyltetrahydrophthalsäureanhydrid). Die einzelnen Varianten und die Ergebnisse sind in der folgenden Aufstellung angegeben:

a. Füllstofffreies Epoxidharz

[0017]

Prüfstab brennt mit starker Rauchgasentwicklung. Nach Beflammung brennt der Prüfstab vollständig ab.

b. Epoxidharz mit 65% Quarzmehl

[0018]

Prüfstab brennt mit deutlicher Rauchgasentwicklung. Nachbrennzeit: >10s.

c. Epoxidharz mit 35% Quarzmehl und 30% Aluminiumoxid-hydrat

[0019]

Prüfstab brennt mit deutlicher Rauchgasentwicklung. Nachbrennzeit: 2s

d. Epoxidharz mit 65% Quarzmehl wird in eine Metallform gegossen, deren Innenwände einlagig mit ausgehärtetem Phenolharz-Glaslaminat verkleidet sind. Die Außenflächen des resultierenden Prüfstabs sind mit einer verstärkten Phenolharzschicht versehen.

[0020]

Prüfstab brennt nahezu ohne Rauchgasentwicklung. Nachbrennzeit: <2s.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Gießharztransformatoren durch Vergießen der Wicklungen mit einer gefüllten oder ungefüllten duroplastischen Harzmischung auf Epoxidharzbasis **dadurch gekennzeichnet, daß** die Außenflächen oder die gesamten Oberflächen der Gießharzformkörper mit einer verstärkten oder unverstärkten Phenolharzschicht versehen werden. 5 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Innenwände der Gießform vollständig oder partiell mit einer Phenolharzschicht versehen werden, wobei diese Phenolharzschicht eine neue Form darstellt, in die die Gießharzmischung gefüllt wird und die nach Aushärten des Gießharzformkörpers auf diesem verbleibt. 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die in der Metallform befindliche Phenolharzschicht noch nicht vollständig ausgehärtet ist und ihre vollständige Aushärtung zusammen mit der Aushärtung des Gießharzformkörpers erfolgt. 20 25
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die in der Metallform befindliche Phenolharzschicht ein vorgeformtes, der äußeren Form des Gießharzkörpers entsprechendes phenolharzprägniertes Prepreg ist. 30
5. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Phenolharzschicht bereits vor dem Vergießen vollständig ausgehärtet ist. 35
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die in der Metallform befindliche Phenolharzschicht ein vorgeformtes, der äußeren Form des Gießharzformkörpers entsprechendes phenolharzhaltiges Laminat ist. 40
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gießform aus einem vorgeformten phenolharzhaltigen Laminat besteht und nach dem Gieß- und Härtungsvorgang als verlorene Form auf dem Gießharzformkörper verbleibt. 45
8. Gießharztransformator auf Basis einer gefüllten oder ungefüllten duroplastischen Harzmischung Epoxidharzbasis, **dadurch gekennzeichnet, daß** seine Außenflächen oder seine gesamten Oberflächen mit einer verstärkten oder unverstärkten Phenolharzschicht versehen sind. 50

Claims

1. Method for producing cast-resin transformers by encapsulating the windings with an epoxy resin-based thermosetting resin mixture with or without fillers, **characterized in that** the outer faces or the entire surfaces of the cast-resin mouldings are provided with a reinforced or unreinforced phenolic resin layer.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the inner walls of the casting mould are provided completely or partially with a phenolic resin layer, this phenolic resin layer forming a new mould which is filled with the cast-resin mixture and which remains on the cast-resin moulding once the latter has been cured.
3. Method according to Claims 1 and 2, **characterized in that** the phenolic resin layer located in the metallic mould is not completely cured yet, but is completely cured when the cast-resin moulding is cured.
4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the phenolic resin layer located in the metallic mould is a premoulded, phenolic resin-impregnated prepreg which corresponds to the outer form of the cast-resin moulding.
5. Method according to Claims 1 and 2, **characterized in that** the phenolic resin layer is completely cured even before casting.
6. Method according to Claim 5, **characterized in that** the phenolic resin layer located in the metallic mould is a premoulded, phenolic resin-containing laminate corresponding to the outer form of the cast-resin moulding.
7. Method according to Claim 1, **characterized in that** the casting mould comprises a premoulded, phenolic resin-containing laminate and remains on the cast-resin moulding as a lost mould following the casting and curing process.
8. Cast-resin transformer based on an epoxy resin-based thermosetting resin mixture with or without fillers, **characterized in that** its outer faces or its entire surfaces are provided with a reinforced or unreinforced phenolic resin layer.

Revendications

- 55 1. Procédé de fabrication de transformateurs en résine coulée par coulage d'un mélange résineux à base d'époxy thermodurcissable chargé ou non chargé sur les enroulements, **caractérisé en ce que les**

surfaces extérieures ou toutes les surfaces des corps moulés en résine coulée sont pourvues d'une couche de résine phénolique renforcée ou non renforcée.

5

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les parois intérieures du moule de coulage sont pourvues complètement ou partiellement d'une couche de résine phénolique, ladite couche phénolique constituant un nouveau moule qui est rempli de mélange résineux de coulage et qui reste sur le corps moulé en résine coulée après le durcissement de celui-ci. 10

3. Procédé selon les revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** la couche de résine phénolique se trouvant dans le moule métallique n'est pas encore complètement durcie et **en ce que** son durcissement complet s'effectue conjointement avec le durcissement du corps moulé en résine coulée. 15 20

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la couche de résine phénolique se trouvant dans le moule métallique est un préimprégné imprégné de résine phénolique correspondant à la forme extérieure du corps en résine coulée et prémoulé. 25

5. Procédé selon les revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** la couche de résine phénolique est déjà complètement durcie avant le coulage. 30

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la couche de résine phénolique se trouvant dans le moule métallique est un stratifié contenant de la résine phénolique correspondant à la forme extérieure du corps moulé en résine coulée et prémoulé. 35

7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le moule de coulage est constitué d'un stratifié contenant de la résine phénolique et prémoulé, et reste après le processus de coulage et de durcissement comme moule perdu sur le corps moulé en résine coulée. 40 45

8. Transformateur en résine coulée sur base d'un mélange résineux à base d'époxy thermodurcissable chargé ou non chargé, **caractérisé en ce que** ses surfaces extérieures ou toutes ses surfaces sont pourvues d'une couche de résine phénolique renforcée ou non renforcée. 50

55