



(11) **EP 2 154 698 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.02.2010 Patentblatt 2010/07

(51) Int Cl.:
H01F 41/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09161058.4**

(22) Anmeldetag: **26.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(30) Priorität: **27.05.2008 DE 102008025541**

(71) Anmelder:
• **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

• **Hexion Specialty Chemicals GmbH**
47138 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Scheuer, Christoph**
46537, Dinslaken (DE)
• **Sorg, Fritz**
70180, Stuttgart (DE)

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver et al**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **Verfahren zum Herstellen eines rissfestem Gießharztransformators und rissfester Gießharztransformator**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines rissfesten Gießharztransformators, wobei ein Gießharz zur elektrischen Isolation eines Wicklungskörpers des Gießharztransformators verwendet wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung einen Gießharztransformator mit einer aus Gießharz bestehenden elektrischen Isolation eines Wicklungskörpers des Gießharztransformators. Durch Zugabe eines Zähigkeitsmodifikators von

bis zu 20 phr ("parts per hundred resin") zum flüssigen Gießharz in Verbindung mit der Zugabe eines Beschleunigers, wird im Falle eines abgestimmten Härtingsprozesses durch linear oder treppenförmig aufsteigende Temperaturprofile die Rissfestigkeit des Gießharzes und damit die Lebensdauer des Gießharztransformators nachhaltig erhöht.

EP 2 154 698 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines rissfesten Gießharztransformators, wobei ein Gießharz zur elektrischen Isolation eines Wicklungskörpers des Gießharztransformators verwendet wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung einen Gießharztransformator mit einer aus Gießharz bestehenden elektrischen Isolation eines Wicklungskörpers des Gießharztransformators.

[0002] Die Verwendung von Gießharzen, insbesondere Epoxydharzen, für die elektrische Isolation von elektrischen Bauteilen, insbesondere Hochspannungstransformatoren, ist seit Jahren Stand der Technik. Im Transformatorbau haben Gießharzen den Vorteil, dass Gießharze zum einen eine hohe elektrische Festigkeiten aufweisen und zum anderen im ausgehärteten Zustand mechanisch sehr stabil sind. Problematisch bei der Verwendung von Gießharzen ist jedoch, dass das Gießharz lediglich im erwärmten Zustand flüssig und damit schwer verarbeitbar ist. Aufgrund der dabei zum Teil hohen Temperaturen entstehen während des Abkühlungsprozesses jedoch örtlich unterschiedliche Temperaturgradienten im Gießharz bzw. an den Materialübergängen, wie beispielsweise zwischen dem Gießharz und den im Gießharz eingebetteten Aluminiumwicklungen, die zu mechanischen Spannungen und damit Rissen im Gießharz oder in den Materialübergängen führen können. Daher werden bisher die thermischen Eigenspannungen durch ein gezieltes und zeitaufwendiges Abkühlen des zuvor thermisch ausgehärteten Gießharzkörpers reduziert (Tempern).

[0003] Zur Erhöhung der Rissfestigkeit eines Gießharztransformators werden ebenfalls im Stand der Technik dem Gießharz weitere Zusatzstoffe und/oder Füllstoffe zugesetzt. Durch die Einbringung von weiteren Komponenten in den flüssigen Gießharz wird die sich beim Aushärten des flüssigen Gießharzes entstehende Matrixstruktur unterstützt bzw. durch Einlagerung der Komponenten in die Matrix verstärkt.

[0004] So beschreibt beispielsweise die DE 43 43 121 A1 ein Verfahren zum Herstellen einer Gießkeramik. Gießkeramiken werden aus Wasserglas und einem silizium- und aluminiumhaltigen Pulver hergestellt, was die offene Porosität des Epoxydharzes reduziert. Die Gießkeramik kommt vor allem als elektrischer Isolator zum Einsatz.

[0005] Des Weiteren offenbart die DE 44 32 188 A1 eine Epoxydharzformmasse, die neben einem phosphor-modifiziertem Epoxydharz weitere Zusatzstoffe und anorganische Füllstoffe aufweist. Gemäß der DE 44 32 188 A1 ist die Epoxydharzformmasse technisch einfacher und damit kostengünstiger herstellbar und soll gegenüber bekannten Epoxydharzformmassen eine geringere Wasseraufnahme und höhere Temperaturwechselbeständigkeit aufweisen.

[0006] Ebenfalls offenbart die DE 102 24 587 A1 eine Vergussmasse, insbesondere zum Herstellen von Form-

teilen mit darin eingegossenen Einlegeteilen, die aus einer Grundkomponente und wenigstens einem Zusatzstoff bestehen, wobei die Grundkomponente ein Gießharz ist und die Grundkomponente wenigstens zwei Zusatzstoffe, insbesondere Quarzmehl und ein mineralische Fasermaterial, aufweist.

[0007] Problematisch an dem bisher im Stand der Technik hergestellten Gießharztransformatoren ist, dass sie bei einer hohen elektrischen Belastung oder bei einer gemäß dem Standard IEC600 76 - 11 vorgeschriebenen Kälteschockprüfung Risse, insbesondere an den Materialübergängen, ausbilden. Die Gefahr der Rissbildung ist umso größer, je schneller der Aushärteprozess des Gießharzes während der Herstellung erfolgt. Aus diesem Grunde wurden bisher im Stand der Technik sehr lange Härtezeiten gewählt, damit eine nahezu gleichmäßige Abkühlung aller Komponenten des gesamten Gießharztransformators gewährleistet wird. Der Aushärteprozess bis zum Entfernen der endgültigen Gießform von dem Gießharztransformator dauert daher zum Teil mehr als 30 Stunden.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, den Aushärteprozess während der Herstellung eines Gießharztransformators zu verkürzen.

[0009] Hinsichtlich der Lösung der oben genannten Aufgabe wird ein Verfahren zum Herstellen eines rissfesten Gießharztransformators gemäß dem Patentanspruch 1 bereitgestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den hierauf rückbezogenen Unteransprüchen ausgeführt.

[0010] Hinsichtlich des Gießharztransformators wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 7 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der hierauf rückbezogenen Unteransprüche.

[0011] Erfindungsgemäß wird entsprechend dem Verfahren zum Herstellen eines rissfesten Gießharztransformators dem flüssigen Gießharz ein Zähigkeitsmodifikator von bis zu 20 phr im Vergleich zur Grundkomponente des Gießharzes hinzugefügt. Der dem Fachmann geläufige Ausdruck phr ("parts per hundred resin") gibt an, wie viele Gewichtsteile einer Komponente im Gießharz bezogen auf 100 Gewichtsteile des Gießharzes vorhanden sind.

[0012] Zu dieser ersten Komponente wird ein Beschleuniger in einer solchen Konzentration hinzugefügt, dass sich eine Gelierzeit von weniger als 15 Minuten bei 140 °C ergibt, wobei das mit diesen beiden Komponenten angereicherte flüssige Gießharz zum Vergießen des Wicklungskörpers dient und der so vergossene Wicklungskörper zum Aushärten einem linear oder treppenförmig aufsteigenden Temperaturprofil ausgesetzt wird. Exemplarisch hierfür ist das folgende Temperaturprofil, bei dem innerhalb von 4 Stunden das zusammengesetzte flüssige Gießharz kontinuierlich von einer Temperatur von 80 °C auf 100 °C erhöht wird. Anschließend wird die Temperatur kontinuierlich auf 130 °C gesteigert und anschließend über mehrere Stunden bei dieser Temperatur

endgültig ausgehärtet. Eine sonst übliche langsame Abkühlung in den Kühlbereich zur Reduzierung der thermischen Eigenspannungen (Temperung) ist gemäß dem vorliegenden Verfahren nicht notwendig.

[0013] Zähigkeitsmodifikatoren sind zur Verbesserung der Temperaturbeständigkeit von Gießharzen bekannt (beispielsweise DE 601 04 449 T2). Die Verwendung von Härtingsbeschleunigern (beispielsweise DE 42 06 733 C2) beschleunigt die Polymerisation oder Polyaddition die Umwandlung in eine vernetzte Verbundmatrix des sich aushärtenden Gießharzes. Die alleinige bzw. nicht abgestimmte Zugabe von Beschleunigern zu einem flüssigen Gießharz führt gerade zu einer schnellen Aushärtung mit hohen mechanischen Spannungen, die im Falle von häufigen Temperaturwechseln des Gießharztransformators im Betrieb die zu vermeidenden Risse ausbildet.

[0014] Durch den Einsatz von definierten Zähigkeitsmodifikatoren und einer hierauf angepassten Erhöhung der Beschleunigerkonzentration kann die Rissfestigkeit des Gießharzes derartig gesteigert werden, dass hierdurch während des Aushärtprozesses mechanische Spannungen gerade nicht entstehen und damit gleichzeitig die Aushärtezeiten verringert werden können. Insbesondere die Kombination des Zähigkeitsmodifikators mit angepassten Beschleunigerkonzentrationen und einem abgestimmten Aushärtprozess verringert beziehungsweise unterbindet die Rissbildung eines so hergestellten Gießharztransformators.

[0015] Hierdurch ergibt sich zum einen der Vorteil von kürzeren Aushärtezeiten mit entsprechend verringertem Energieaufwand in der Herstellung des Gießharztransformators. Gleichzeitig wird die Lebensdauer eines so hergestellten Gießharztransformators verlängert, da die während des Betriebes entstehenden Temperaturschwankungen keine Risse innerhalb des Gießharztransformators erzeugen.

[0016] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass dem flüssigen Gießharz als Beschleuniger, insbesondere ein tertiäres Amin und/oder eine quarternäre Ammoniumverbindung, zugesetzt wird.

[0017] Vorteilhafterweise wird das Temperaturprofil während des Härtingsprozesses des flüssigen Gießharzes mittels einer Temperaturverteilung in einem den Wicklungskörper umgebenden Ofen gesteuert.

[0018] Vorteilhafterweise wird dem flüssigen Gießharz ein Füllstoff zugesetzt, insbesondere ein mineralisches Quarzmehl. Weiterhin wird dem flüssigen Gießharz bis zu 5 Gewichtsprozent, insbesondere 3 Gewichtsprozent, Glaskurzfaser bezogen auf den Füllstoff zugesetzt, um somit die Verbundmatrix des sich aushärtenden Gießharzes zusätzlich durch die Glaskurzfaser zu verstärken. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass eine sonst übliche Armierung in Form einer Glasfasermatte oder eines Vlieses an der Innen und/oder Außenseite des Gießharzkörpers nicht notwendig ist.

[0019] Erfindungsgemäß wird dem Gießharz des

Gießharztransformators ein Zähigkeitsmodifikator von bis zu 20 phr zugesetzt. Des Weiteren wird vorteilhafterweise dem Gießharz ein Füllstoff zugesetzt, wobei bezogen auf die Gewichtsprozent des Füllstoffes von bis zu 5 Gewichtsprozent Glaskurzfaser dem Gießharz zugesetzt sind. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Gießharztransformators ist der Füllstoff ein mineralischer Füllstoff, insbesondere ein amorphes Quarzmehl.

[0020] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Gießharztransformators ist der Beschleuniger insbesondere ein tert. Amin und/oder eine quarternäre Ammoniumverbindung und der Zähigkeitsmodifikator ein Copolymer, insbesondere ein Acrylnitril oder ein Silikonkautschuk.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines rissfesten Gießharztransformators, wobei ein Gießharz zur elektrischen Isolation eines Wicklungskörpers des Gießharztransformators verwendet wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem flüssigen Gießharz ein Zähigkeitsmodifikator von bis zu 20 phr zugesetzt und das so zusammengesetzte flüssige Gießharz zum Verguss des Wicklungskörpers dient, wobei der so gegossene Wicklungskörper zum Aushärten mit zunehmender Temperatur erwärmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem flüssigen Gießharz als Zähigkeitsmodifikator ein Copolymer, insbesondere ein Akrylnitrilcopolymer bzw. Silikonkautschuk, zugesetzt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Temperatur in Form eines definierten Temperaturprofils linear und/oder treppenförmig während des Aushärtens des zusammengesetzten flüssigen Gießharzes erhöht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Temperaturprofil während des Härtingsprozesses des zusammengesetzten flüssigen Gießharzes mittels einer Temperaturverteilung in einem den Wicklungskörper umgebenden Ofen gesteuert wird.
5. Verfahren nach Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem flüssigen zusammengesetzten Gießharz ein Beschleuniger, insbesondere ein tertiäres Amin und/oder eine quarternäre Ammoniumverbindung, zugesetzt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration des Beschleunigers zu einer Gelierzeit von weniger als 15 Minuten bei 140 °C führt und somit auf den Aushärtprozess angepasst wird.

5

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem flüssigen Gießharz ein Füllstoff zugesetzt wird, wobei bezogen auf die Gewichtsprozent des Füllstoffes bis zu 5 Gewichtsprozent Glaskurzfaser zu-
gesetzt werden. 10

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem flüssigen Gießharz als Füllstoff ein mineralischer Füllstoff, insbesondere ein amorphes Quarzmehl, zugesetzt wird. 15

9. Gießharztransformator mit einer aus Gießharz bestehenden elektrischen Isolation eines Wicklungskörpers des Gießharztransformators,
dadurch gekennzeichnet, dass
das flüssige Gießharz einen Zähigkeitsmodifikator von bis zu 20 phr enthält und das so zusammengesetzte flüssige Gießharz mittels eines definierten linear und/oder treppenförmig ansteigenden Temperaturprofils erwärmbar ist und damit rissfest aushärtet. 20 25

10. Gießharztransformator nach Anspruch 9, 30
dadurch gekennzeichnet, dass
dem Gießharz ein Füllstoff zugesetzt ist, wobei bezogen auf die Gewichtsprozent des Füllstoffes von bis zu 5 Gewichtsprozent Glaskurzfaser dem Gießharz zugesetzt sind. 35

11. Gießharztransformator nach einem der Ansprüche 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Füllstoff ein mineralischer Füllstoff, insbesondere ein amorphes Quarzmehl, ist. 40

12. Gießharztransformator nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass 45
das zusammengesetzte flüssige Gießharz ein Beschleuniger, insbesondere ein tertiäres Amin und/oder eine quarternäre Ammoniumverbindung, aufweist und der Zähigkeitsmodifikator ein Copolymer, insbesondere ein Akrylnitril oder Silikonkautschuk, ist. 50

55

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4343121 A1 [0004]
- DE 4432188 A1 [0005]
- DE 10224587 A1 [0006]
- DE 60104449 T2 [0013]
- DE 4206733 C2 [0013]