



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 939 963 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.05.2003 Patentblatt 2003/18
- (21) Anmeldenummer: **97951185.4**
- (22) Anmeldetag: **13.11.1997**
- (51) Int Cl.7: **H01F 41/12, H02K 15/12, B29C 35/08**
- (86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP97/06325
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 98/022962 (28.05.1998 Gazette 1998/21)

(54) **VERFAHREN ZUR TRÄNKUNG VON BAUTEILEN**
METHOD OF IMPREGNATING COMPONENTS
PROCEDE D'IMPREGNATION D'ELEMENTS CONSTITUTIFS

- (84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB
- (30) Priorität: **21.11.1996 DE 19648134**
- (43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.09.1999 Patentblatt 1999/36
- (73) Patentinhaber: **Dr.Beck & Co. Aktiengesellschaft 20539 Hamburg (DE)**
- (72) Erfinder:
 - **LIENERT, Klaus-Wilhelm D-22763 Hamburg (DE)**
 - **BLUM, Rainer D-67069 Ludwigshafen (DE)**
 - **HEGEMANN, Günter D-22301 Hamburg (DE)**
 - **EICHHORST, Manfred D-22113 Oststeinbek (DE)**
- (74) Vertreter: **Fitzner, Uwe, Dr. Dres. Fitzner & Münch Rechts- und Patentanwälte Lintorfer Strasse 10 40878 Ratingen (DE)**
- (56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 643 467 DE-A- 19 542 564
US-A- 3 914 467
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 006, 31.Juli 1995 & JP 07 067302 A (TOSHIBA CORP), 10.März 1995,**
 - **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 006, 31.Juli 1995 & JP 07 067300 A (TOSHIBA CORP), 10.März 1995,**
 - **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 055 (E-481), 20.Februar 1987 & JP 61 214749 A (TOSHIBA CORP), 24.September 1986,**

EP 0 939 963 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 Tränkung von Bauteilen mit polymerisierbaren Massen, die bei Raumtemperatur flüssig oder durch Erwärmen verflüssigbar sind und die durch eine kombinierte Anwendung von Wärme und energiereicher Strahlung härtbar sind.

[0002] Verfahren zur Tränkung von Bauteilen mit polymerisierbaren Massen, die durch Wärme und/oder durch energiereiche Strahlung härtbar sind, sind bekannt.

[0003] In DE-A-40 22 235 und DD-A-295 056 wird vorgeschlagen, nach der Tränkung des Bauteils zunächst mit UV-Strahlen die Oberflächen zu härten und dann durch Wärmezufuhr das Innere der Bauteile zu härten. Solche Verfahren reduzieren zwar die Abdampfverluste, die aber durch die hohen Anteile flüchtiger, nicht polymerisierter Monomeren im Innern der Bauteile noch immer relativ hoch sind. Wege, die ungleichmäßige Tränkmittelverteilung im Bauteil zu beeinflussen, werden in diesen Schriften nicht erwähnt.

[0004] EP-A-0 643 467 schlägt vor, zur Verbesserung der Tränkmittelverteilung im Bauteil schon während der Tränkung über Spuleneheizung eine Vorgelierung und Fixierung des Tränkmittels und eine thermische Härtung zu erhalten. Gleichzeitig mit der thermischen Härtung auf den Wicklungen oder aber nach der thermischen Härtung auf den Wicklungen sollen solche Stellen der Bauteile, die durch die Wicklungsheizung nicht erreicht wurden, mit energiereicher, bevorzugt UV-Strahlung, gehärtet werden.

Ein Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, daß mit Heizung über die Wicklungen thermisch nur eine Teilhärtung durchgeführt wird und daß die Aushärtung danach mit Strahlen erfolgt. Da alle bekannten Bauteile Stellen aufweisen, die bei einer thermischen Teilhärtung nicht erreicht werden und bei einer Nachhärtung mit Strahlen im abgeschatteten Bereich liegen, weisen Bauteile, die nach EP-A-0 643 467 behandelt wurden, immer Bereiche auf, an denen das Tränkmittel nur unzureichend gehärtet ist. Aus diesen Bereichen kommt es dann zu unerwünschten Emissionen und das Tränkmittel kann dort seine Funktionen nur unzureichend erfüllen.

Eine ebenfalls von EP-A-0 643 467 vorgeschlagene Vorgehensweise, nach der thermischen Härtung mit energiereichen Strahlen zu härten, erscheint technisch wenig sinnvoll, da eine solche Härtung nach einer thermischen Durchhärtung der im ersten Schritt der Teilhärtung nicht erreichten Stellen des Bauteils, unabhängig davon ob sie durch eine ausreichende lange Stromheizung der Wicklung oder sonstige Aufbringung von Wärme erfolgte, keine erkennbaren Vorteile bringt.

Desweiteren enthält EP-A-0 643 467 keine Lehre zur Anwendung des Verfahrens bei den allgemein beanspruchten Techniken zur Tränkung. So ist eine Vorgelierung durch Wicklungsheizung während der Tränkung nicht sinnvoll, weil die Füllung der Hohlräume undefinierbar erfolgt. Eine Vorheizung der Wicklungen zur Erniedrigung der Viskosität und damit zur Beschleunigung der Befüllung ist bekannter Stand der Technik, z.B. bei den verschiedenen Tauch- und Flutverfahren, bei denen die Bauteile erwärmt werden, um eine Viskositätserniedrigung und somit bessere und schnellere Befüllung zu erreichen. Ein Erwärmen bis zur Gelierung während der Tränkung bewirkt das Gegenteil, nämlich eine gelierungsbedingte undefinierter Füllung der Hohlräume.

Der Vorgang einer Gelierung während der Tränkung ist nur bei absoluter Konstanz der Tränkmiteleigenschaften und aller Verfahrensparameter vorstellbar, bleibt aber immer sehr störanfällig. Schon bei geringen Abweichungen können auch Innenbereiche der Wicklungen durch vorgeliertes Tränkmittel abgeschirmt werden und dadurch unbefüllt bleiben. Die in EP-A-0 643 467 vorgeschlagene Wicklungsvorheizung, beispielsweise auf 180°C, führt schon beim Eintauchen zu undefinierten Gelierungen auf der heißen Wicklung und starker Ungleichverteilung der Tränkmittel im Bauteil. Eine geringere Vorwärmung reduziert zwar die Tränkmitteltemperatur in unmittelbarer Nähe der Wicklung und erleichtert dadurch den Tränkvorgang. Sobald jedoch die Vorwärmtemperatur soweit erhöht wird, daß beim Tränken Gelierung erreicht wird, kommt es auch wieder zur Ungleichverteilung.

[0005] Die polymeren Bestandteile bekannter Tränk-, Verguß- und Überzugsmassen für elektrotechnische Bauteile, wie beispielsweise Motorwicklungen oder Transformatorwicklungen, sind vorzugsweise ungesättigte Polyester, die in vinyllisch ungesättigten Verbindungen, wie Styrol, Vinyltoluol, Allylphthalat und monomeren oder oligomeren Acryl- oder Vinylestern gelöst sind, welche radikalisch (co)polymerisiert werden.

Unter Tränk-, Verguß- und Überzugsmassen werden im allgemeinen Harzmassen verstanden, die in der Elektrotechnik zur Tränkung von Wicklungen angewendet werden, wobei die allgemein bekannten Verfahren, wie beispielsweise die Tauchtränkung, die Träufeltechnik, das Tauchrollieren und das Überfluten, zur Anwendung kommen, wobei diese Verfahren gegebenenfalls durch Anwendung von Vakuum und/oder Druck unterstützt werden.

[0006] Nachteile dieser Verfahren nach dem Stand der Technik ergeben sich aus den ungesättigten Monomeren, die für eine schnelle und vollständige Aushärtung der Massen zwingend notwendig sind. Solche Stoffe sind z.B. monomere oder niedermolekulare oligomere Acrylate, Allylphthalat, Styrol, α -Methylstyrol und Vinyltoluol. Diese Stoffe sind gesundheitsschädlich und hautreizend.

[0007] Bei bekannten Anwendungen von Tränkmitteln mit diesen Stoffen treten Abdampfverlusten von 20 bis 30 Gew.-% auf. Solche erheblichen Mengen an verdunsteten Tränkmittelbestandteilen müssen von der Arbeitsstelle entfernt werden, um Gesundheitsgefahren für die Beschäftigten zu vermeiden. Die abgesaugten Verdunstungsmengen

werden in der Regel in Abluftverbrennungen entsorgt, wobei unerwünschte Emissionen entstehen. Die verbrannten Tränkmittelbestandteile stellen auch unter wirtschaftlichen Aspekten erhebliche Verluste dar.

[0008] Weitere Probleme ergeben sich bei der Einstellung des optimalen Grades der Ausfüllung der im Bauteil insgesamt vorhandenen Hohlräume. In der Regel ist aus physikalischen Gründen ein möglichst hoher Füllgrad erwünscht, aus Kostengründen ist aber oft ein technisch gerade noch ausreichender Füllgrad erwünscht.

[0009] Bei niedrigviskosen Stoffen besteht die Gefahr, daß die Tränkmittel zu einem undefinierten Teil vor der Härtung aus den Bauteilen auslaufen oder sich sehr ungleichmäßige Tränkmittelverteilungen im Bauteil einstellen. Nach keinem der bekannten Verfahren war es bisher möglich, hohe Füllgrade, beispielsweise über 90%, zu verwirklichen.

[0010] Auch bei monomerenfreien Tränkharzen, wie sie beispielsweise in der noch nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 195 42 564.2 beschrieben sind, und bei Epoxydharzen, bei welchen die Nachteile der flüchtigen Monomeren nicht auftreten, tritt das Problem einer unzureichenden Tränkmittelverteilung im Bauteil auf.

[0011] Ein in der vorliegenden Anmeldung dargestelltes Verfahren löst die oben genannten Probleme durch eine Teilgelierung bzw. Teilhärtung der getränkten Bauteile schon im Tränkmittel, nachfolgendem Ablaufen-lassen der nicht gelierten Tränkmittelanteile, gegebenenfalls Rückführung dieser abgelaufenen Tränkmittel, gegebenenfalls nach deren Kühlung, in den Tränkmittelvorrat, Entklebung der Bauteiloberflächen mit energiereicher Strahlung und abschließender thermischer Aushärtung.

Mit dem Verfahren gemäß Anspruch, ist es erstmals möglich, praktisch an jeder Stelle der Bauteile eine weitgehend gleichmäßige Tränkmittelfüllung in beliebigem Füllgrad einzustellen. Die Emission flüchtiger Tränkmittelbestandteile wird solchermaßen vermindert, daß fast keine Tränkmittelverluste auftreten. Besonders vorteilhaft ist dieses Verfahren bei Tauchimprägnierverfahren, bei denen während der Teilhärtung, die in eingetauchtem Zustand erfolgt, praktisch keine Monomeren aus der Tauchanlage entweichen können. Weiter wird ein großer Teil flüchtiger Monomeren in der Harzmasse in der unmittelbaren Umgebung der beheizten inneren Bereiche der Bauteile fixiert. Durch Einstellung von Aufheizgeschwindigkeit, Temperatur und Heizzeit kann dabei ein erwünschter Füllgrad des Bauteils eingestellt werden. Bevorzugt kann dieses Verfahren beim Tauchen bei Raumtemperatur und Spulenheizung mit Stromwärme kurz vor, während oder nach dem Eintauchen, angewandt werden. Es wird zunächst nur wenig erwärmt, um eine schnelle Befüllung der inneren Bauteilbereiche zu erhalten, dann wird im Tränkmittel die Temperatur erhöht. Dabei wird nur in der unmittelbaren Umgebung der beheizten Spulen eine Gelierung des Tränkmittels eingeleitet. Die Hauptmassen von Bauteil und Tränkmittel erwärmen sich nur wenig, sodaß beim Austauchen auch nur wenig Abdampfverluste auftreten. Nach dem Austauchen, zweckmäßig nach einer Wartezeit, die von Form und Größe des Bauteils und der Viskosität des Tränkmittels abhängt und während der das ungelierete Tränkmittel ablaufen kann und bevorzugt nach Kühlung in den Tränkmittelvorrat rückgeführt wird, werden die Oberflächen der Bauteile mit energiereicher Strahlung, bevorzugt UV-Licht, bestrahlt. Dadurch kommt es zu einer starken Reduzierung der Weiterverdunstung noch nicht gebundener Monomeren und zu einer Entklebung der Oberfläche, die auch bei monomerenfreien Tränkmitteln, beispielsweise mit Dicyclopentadien-Bausteinen, wie sie beispielsweise in der noch nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 195 425 64.2 beschrieben werden, oder bei Epoxydharzen, für ein problemloses, weiteres Umgehen mit den getränkten Bauteilen notwendig ist.

Durch die Beschränkung der Temperatureinwirkung zur Steuerung des Füllgrades, ist das Tränkmittel im Innern der Bauteile in der Regel noch nicht vollständig ausgehärtet, so daß meistens eine thermische Nachhärtung erforderlich ist. Dadurch bedingt, daß bei diesem Prozeßschritt in den Bauteilen die Restmonomeren schon weitgehend fixiert und die Bauteiloberflächen entklebt sind, treten dabei nur noch geringe Verdunstungsemissionen auf, auch wenn vor der thermischen Nachhärtung eine Wartezeit eingeschaltet wird.

Größere Bauteile werden zweckmäßig direkt anschließend beispielsweise durch weitere Stromzufuhr auf die Wicklung nachgehärtet, während es bei kleineren Bauteilen oft vorteilhaft ist, eine Anzahl zu sammeln und zu einem späteren Zeitpunkt beispielsweise in einer Wärmekammer auszuhärten.

[0012] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäße Verfahrens besteht darin, daß es auf vorhandenen oder nur geringfügig modifizierten Anlagen durchgeführt werden kann, da seine Durchführung im wesentlichen durch Änderung der Steuerungsparameter und der Verfahrensreihenfolge möglich ist.

[0013] Tränkmittel, mit denen das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann, sind insbesondere die allgemein bekannten Tränkmittel auf Basis ungesättigter Polyesterharze, die durch Zubereitung mit ungesättigten Monomeren als Reaktivverdünner radikalisch copolymerisierbar werden. Zweckmäßig auszuwählende Polyester sind dem Fachmann bekannt, ebenso imid- oder amidmodifizierten Polyester, die besonders günstige thermische und mechanische Eigenschaften aufweisen. Auch die zweckmäßig auszuwählenden Reaktiwärddüner sind bekannt, wobei insbesondere Styrol, α -Methylstyrol, Vinyltoluol, Allylester, Vinylester, Vinylether und/oder (Meth)acrylate verwendet werden. Diese Polyesterharzzubereitungen können mit dem Fachmann ebenfalls bekannten Initiatoren oder Katalysatoren oder Katalysatormischungen thermisch und/oder mit energiereicher Strahlung, bevorzugt UV-Licht, gehärtet werden.

[0014] Weitere Tränkmittel, mit denen das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann, enthalten radikalisch polymerisierbare monomere, oligomere und/oder polymere Stoffe, die auch strahlenhärtbar sind, insbesondere

mit UV-Licht.

Auch solche Stoffe und Stoffkombinationen sind dem Fachmann allgemein bekannt. Es handelt sich insbesondere um allylisch, vinyllisch oder (meth)acryllisch ungesättigte Stoffe und/oder Stoffgemische. Gut geeignet sind z.B. Polyepoxy (meth)acrylate, Polyurethan(meth)acrylate und/oder Polyester(meth)acrylate. Die Tränkmittel sind teilweise direkt thermisch polymerisierbar, indes ist es aber bevorzugt, für eine optimale thermische Härtung bei möglichst niedrigen Temperaturen Radikalstarter zuzusetzen. Weiterhin werden in der Regel UV-Initiatoren zugesetzt, um eine schnelle UV-Härtung zu gewährleisten.

Weiterhin können die eingesetzten Tränkmittel Stabilisatoren zur Verbesserung der Lagerstabilität enthalten. Desweiteren können in den Tränkmitteln auch ionisch polymerisierbare Stoffe enthalten sein, insbesondere monomere und/oder oligomere Epoxyde in Verbindung mit thermisch und unter UV-Licht aktivierbaren Initiatoren. Die Auswahl der Stoffe zur Durchführung des erfindungsgemäße Verfahrens obliegt dem Fachmann, der sie unter Aspekten der technischen Eignung, Verfügbarkeit und/oder Kosten zu treffen hat.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren vermeidet die Nachteile der Verfahren des bekannten Standes der Technik durch die spezifische Kombination seiner Verfahrensschritte, daß Tränkmittelverteilung und Füllgrad durch gesteuerte Heizung der Bauteile nach der Tränkung, noch in der Tränkvorrichtung, bis zur Gelierung und Tränkmittelfixierung reguliert werden, daß die Abtropfverluste minimiert werden durch Ablaufenlassen der nicht gelierten Tränkmittelanteile nach Entnahme aus der Tränkvorrichtung, daß gegebenenfalls diese abgelaufenen Tränkmittel, gegebenenfalls nach Kühlung, in den Tränkmittelvorrat rückgeführt werden, daß die Abdampfverluste an der Bauteiloberfläche und eine Oberflächenklebrigkeit durch Anwendung energiereicher Strahlung beseitigt werden und daß dann eine vollständige thermische Nachhärtung bis zum Erreichen optimaler Funktionen des Tränkmittels erfolgt. Diese erfindungsgemäße Abfolge ist von großem technischem, ökologischem und ökonomischem Nutzen.

[0016] In einer besonders bevorzugten Ausführung wird bei Tränktechniken, bei denen die Bauteile ganz oder teilweise in die Tränkmittel eingebracht werden, nach dem Einbringen und nachdem die Bauteile das Tränkmittel aufgenommen haben, eine elektrische Aufheizung der Spulen bis zur Teilgelierung durchgeführt. Über Schnelligkeit, Höhe und Dauer dieser Heizung kann, in Abhängigkeit von der Reaktivität der Tränkmittel der Füllgrad sehr genau und reproduzierbar reguliert werden. Nach dieser Teilhärtung im getauchten Zustand werden die Bauteile aus dem Tränkmittel entnommen und das nicht nicht angelierete Tränkmittel abfließen lassen. In den meisten Fällen kann das abfließende Tränkmittel, gegebenenfalls nach Kühlung, in das Tränkbad zurückgeführt werden. Auch auf den Außenseiten der Bauteile (Blechpakete), auf denen in der Regel kein oder nur wenig Tränkmittel erwünscht ist, kann dabei das anhaftende Tränkmittel abfließen, wobei dieser Vorgang durch den allmählich nach außen dringenden Wärmeabfluß der beheizten Bereiche unterstützt wird.

Durch Einwirken von energiereicher Strahlung, bevorzugt UV-Strahlung, werden die Oberflächen der Bauteile versiegelt. Flüchtige Bestandteile des Tränkmittels sind im Bauteil durch die Vorgelierung und an der Oberfläche durch die Bestrahlung weitgehend fixiert. Beim nachfolgenden thermischen Aushärten treten nur noch minimale Emissionen auf.

[0017] Folgende Beispiele sollen die Erfindung veranschaulichen.

Beispiele

[0018] Die Versuche wurden mit dem kommerziell verfügbaren Tränkmittel Dobeckan FT 2006/350 UV ® durchgeführt, das sowohl thermisch als auch mit UV-Licht härtbar ist.

[0019] Bauteile waren Statoren von Großserienelektromotoren der Baugröße IEC 96, deren Wickelköpfe in einem Spritzgußteil aus Polyamidthermoplast fixiert sind.

[0020] Beurteilt werden

- * Harzaufnahme, durch Wiegen des Bauteils vor Tränkung und nach Härtung,
- * Abtropfverluste die wegen Angelierung nichtmehr rückführbar sind, durch Wiegen des bei der Härtung abtropfenden angelierten Tränkmittels,
- * Abdampfverluste bei der Härtung, durch Wiegen des Bauteils vor und nach der Härtung, abzüglich der Abtropfverluste,
- * nach der Härtung durch Nachhärtung noch abdampfbares Reststyrol (bzw. weiterer nicht gebundener Tränkmittelbestandteile) durch Wiegen des Bauteils vor und nach der Nachhärtung (Nachhärtungsverluste).

Vergleichsbeispiel 1 (VB 1)

[0021] Bauteil und Tränkmittel haben Raumtemperatur von 26°C. Das Bauteile wird mit 35 mm/Minute eingetaucht, nach 1 Minute mit der gleichen Geschwindigkeit wieder ausgetaucht, 20 Minuten über dem Tauchbad abtropfen lassen, dann in einem Ofen 1 Stunde bei 140°C gehärtet, nach dem Abkühlen gewogen und anschließend 2 Stunden bei 140°C nachgehärtet.

Vergleichsbeispiel 2 (gemäß Beispiel 1 in EP-A-0 643 467) (VB 2)

[0022] Es wird gemäß der Durchführung in VB1 getränkt, nach dem Abtropfen wird die Wicklung über Strom in 2 Minuten auf 150°C geheizt. Vor dem Aufheizen war das Abtropfen weitgehend zum Stillstand gekommen, beim Aufheizen tritt sofort wieder viel Tränkmittel aus, das zum Teil angeliert ist und nicht wieder zurückgeführt werden kann. Es wird 10 Minuten bei 150°C Wicklungstemperatur nachgeheizt, dabei wird das Blechpaket ca. 80°C und die Kunststoffteile der Wickelköpfe werden ca. 45°C warm. Blechpaket und Wickelköpfe sind noch klebrig. Danach wird die Wicklungsheizung abgeschaltet und der Stator in einer UV-Lichtkammer mit mehreren Quecksilbermitteldruckbrennern mit einem Energiemaximum bei ca. 365 nm Wellenlänge und einer Bestrahlungsenergie von ca. 8 mJ/cm² für 5 Minuten bestrahlt. Danach ist die Oberfläche weitgehend klebfrei, abgeschattete, aber der Berührung noch zugängliche Bereiche des Bauteils sind noch leicht klebrig. Das Bauteil wird gewogen, abkühlen gelassen und am nächsten Tag weiter 2 Stunden bei 140°C nachgehärtet, dabei verschwindet die Restklebrigkeit und durch Wiegen können die Nachhärtungsverluste bestimmt werden.

Vergleichsbeispiel 3 (VB 3)

[0023] Es wird gemäß der Durchführung in VB2 verfahren, aber nach dem Austauchen nicht abtropfen lassen, sondern sofort mit Strom geheizt. Auch dabei ist das austretende Tränkmittel fast sofort angeliert und eine Rückführung nicht möglich. Die Gesamtverluste sind höher als in VB2, der Füllgrad ist besser, die Nachhärtungsverluste sind etwa gleich.

Vergleichsbeispiel 4 (gemäß Beispiel 2 in EP-A-O 643 467) (VB4)

[0024] Der Stator wird elektrisch in 2 Minuten auf eine Wicklungstemperatur von 60°C erwärmt, dabei wird das Blechpaket ca. 32°C und die Kunststoffteile der Wickelköpfe werden ca. 28°C warm. Es wird gemäß der Durchführung in VB 1 getaucht, 10 Sekunden getaucht gehalten, ausgetaucht und über dem Tränkbecken 5 Minuten abtropfen gelassen. Dann wird die Wicklung mit Strom in 2 Minuten auf 150°C erwärmt und 8 Minuten dabei gehalten. Schon beim Heizen und innerhalb der ersten 3 Minuten bei 150°C tritt viel teilgeliertes Tränkmittel aus dem Stator aus, das nicht mehr rückgeführt werden kann. Nach dem Heizen wird 5 Minuten abkühlen gelassen und dann gemäß der Durchführung in VB 2 belichtet. Danach ist die Oberfläche weitgehend klebfrei; dagegen sind abgeschattete, aber der Berührung noch zugängliche, Bereiche des Bauteils noch leicht klebrig. Das Bauteil wird gewogen, abkühlen lassen und am nächsten Tag weitere 2 Stunden bei 140°C nachgehärtet, dabei verschwindet die Restklebrigkeit und durch Wiegen könne die Nachhärtungsverluste bestimmt werden.

Vergleichsbeispiel 5 (gemäß Beispiel 3 in EP-A-0 643 467) (VB 5)

[0025] Es wird gemäß der Durchführung in VB 4 verfahren, der Stator wird aber vor der Tränkung im Ofen auf 60°C erwärmt. Die Beobachtungen beim Härten und Nachhärten sind die gleichen wie in VB 4, mit dem Unterschied, daß die Abtropfverluste etwas geringer sind, da aus dem gleichmäßiger erwärmten Bauteil schon beim Abtropfen etwas mehr ungeschädigtes Tränkmittel in das Tauchbad zurückgeflossen ist; die Harzaufnahme ist aus dem gleichen Grund etwas schlechter.

Beispiel 1 (B1)

[0026] Bauteil und Tränkmittel haben Raumtemperatur von 26°C. Das Bauteil wird mit 35 mm/Minute eingetaucht, die Wicklung wird im Tauchbecken in 30 Sekunden auf 160°C geheizt und 1 Minute gehalten, dann wird mit der gleichen Geschwindigkeit wieder ausgetaucht und über dem Becken 20 Minuten abtropfen gelassen. Das rückfließende Material ist augenscheinlich erkennbar ungeliert, nach 20 Minuten tropft fast nichts mehr ab, und in beiden Wickelköpfen ist augenscheinlich erkennbar eine gute Füllung vorhanden. Nun wird der Stator gemäß der Durchführung in VB 2 mit UV-Licht belichtet, dabei treten nur noch einige Tropfen Verluste auf. Nach der Belichtung wird die Wicklung über Stromwärme auf 180°C erwärmt und 10 Minuten gehalten. Dabei treten keine Abtropfverluste mehr auf. Das Blechpaket wird ca. 100°C und die Kunststoffteile der Wickelköpfe werden ca. 85°C warm. Blechpaket und Wickelköpfe sind klebfrei, auch in abgeschatteten Bereichen des Bauteils ist manuell keine Klebrigkeit mehr bemerkbar. Nach Abkühlen über Nacht wird am nächsten Tag weitere 2 Stunden bei 140°C nachgehärtet.

Beispiel 2 (B2)

[0027] Es wird gemäß Beispiel 1 (B1) verfahren, aber im eingetauchten Zustand nur 30 Sek. gehalten. Auch hier ist

in beiden Wickelköpfen augenscheinlich erkennbar eine gute, aber geringere Füllung als bei B1 vorhanden, die weiteren Beobachtungen decken sich mit B1.

Beispiel 3 (B3)

[0028] Es wird gemäß Beispiel 1 (B1) verfahren, aber im eingetauchten Zustand 2 Minuten gehalten. Hier ist in beiden Wickelköpfen augenscheinlich erkennbar eine sehr gute, und deutlich höhere Füllung als bei B1 vorhanden, die weiteren Beobachtungen decken sich mit B1 und B2, wobei Abdampf- und Nachhärtungsverluste auf Grund der sehr viel höheren Harzaufnahme auch etwas höher als bei B1 und B2 sind.

Beispiel 4 (B4)

[0029] Es wird gemäß Beispiel 3 (B3) verfahren, aber nach der UV-Härtung im Ofen zunächst 1 Stunde bei 120°C und dann weitere 2 Stunden bei 130°C gehärtet. Nach Abkühlen über Nacht wird am nächsten Tag weitere 2 Stunden bei 140°C nachgehärtet.

Beispiel Nummer	Abtropfverlust (g)	Abdampfverlust (g)	Harzaufnahme (g)	Reststyrol (g)
VB1	24	12	50	3
VB2	38	16	68	6
VB3	132	18	106	6
VB4	51	12	76	7
VB5	34	10	58	5
B1	1,8	9	140	7
B2	2,4	7	82	4
B3	1,6	11	156	10
B4	2	8	163	6

[0030] Die Statoren wurden zersägt um die Füllung beurteilen zu können. Die Bauteile gemäß den Beispielen B3 und B4 zeigen dabei eine perfekte Füllung von Nut und Wicklung, d.h. ca. 150-160 g sind die maximal mögliche Harzaufnahme. Harzaufnahmen von ca 100% Füllgrad sind mit keinem anderen Verfahren nach dem Stand der Technik erreichbar. Die Abtropf-, Abdampf- und Nachhärtungsverluste sind dabei in einem ebenfalls bisher nicht erreichten Maße gering. Weiter ist es möglich, bei weitgehend gleichbleibenden geringen Verlusten die Harzaufnahme beispielsweise aus Kostengründen, auf jeden gewünschten Füllgrad einzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tränkung von Bauteilen mit polymerisierbaren Tränkmitteln, die bei Raumtemperatur flüssig oder durch Erwärmen verflüssigbar sind und durch eine kombinierte Anwendung von Wärme und energiereicher Strahlung gehärtet werden, wobei die Bauteile bei Umgebungstemperatur oder in vorerwärmtem Zustand getränkt und nach dem Tränken im Tränkmittel bis zur Teilgelierung erwärmt werden, vor dem Aushärten mit energiereicher Strahlung behandelt und danach thermisch vollständig ausgehärtet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Tränkung durch Tauchen, Fluten, Vakuumtränken, Vakuumdrucktränken oder Träufeln erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Tränkung durch Tauchen, Fluten, Vakuumtränken oder Vakuumdrucktränken erfolgt und elektrisch leitende Wicklungen der durchgetränkten Bauteile im Tränkmittel durch Anlegen von Strom soweit erhitzt werden, daß eine gewünschte Tränkmittelmenge geliert und fixiert wird, weiter, daß nach dieser Gelierung das Bauteil aus dem Tränkmittel entnommen wird, ungeliertes Tränkmittel ablaufen lassen wird, welches gegebenenfalls gekühlt und zurückgeführt wird.

EP 0 939 963 B1

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei UV-, Infrarot- und/oder Elektronenstrahlung als energiereiche Strahlung verwendet werden.
- 5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei Infrarotstrahlung auch vor, gleichzeitig mit oder nach dem Härten durch eine andere Art der Energiezufuhr angewandt wird.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Bauteile Wicklungen aus elektrisch leitfähigem Material aufweisen und daß das Erwärmen durch Anlegen von elektrischem Strom an diese Wicklungen erfolgt.
- 15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwischen der Tränkung und der Bestrahlung eine Pause von 10 bis 1200 Sekunden eingelegt wird.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die polymerisierbaren Tränkmittel monomere oder vopolymerisierte Stoffe oder Mischungen aus monomeren und vopolymerisierten Stoffen enthalten, die radikalisch, ionisch, durch Wasserstoffübertragung, durch Polyaddition, Polykondensation, Cyclokondensation und/oder Diels-Alders-Kondensation polymerisierbar sind.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei Bauteile, die elektrische leitfähige Wicklungen enthalten, bei welchen eine Erwärmung über Stromzufuhr möglich ist, vor Aufbringen der Harzmasse beim Träufeln und Fluten oder beim Vakuumtränken, Vakuumdrucktränken und Tauchen eingetaucht in die Harzmasse, durch Stromzufuhr zunächst auf eine Temperatur erwärmt werden, bei der an den Wicklungen eine Viskositätsabsenkung der Harzmasse eintritt und somit eine schnelle Tränkung erfolgt und daß danach durch weitere Stromzufuhr eine Gelierung oder Teilhärtung der Harzmasse in der Umgebung der beheizten Spule herbeigeführt wird.
- 30 10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei durch Steuerung der Zeit und Temperatur der Erwärmung an der elektrisch leitfähigen Wicklung während der Gelierung bzw. Teilhärtung des Tränkmittels die Viskosität des Tränkmittels in der Umgebung der beheizten Spule solchermaßen eingestellt wird, daß Füllgrade zwischen 5% und 100% erzielt werden.
- 35 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die polymerisierbaren Tränkmittel Epoxyharze sowie Katalysatoren oder Katalysatormischungen enthalten, die eine Polymerisation sowohl durch Wärme als auch durch Strahlung auslösen.
- 40 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die polymerisierbaren Tränkmittel ungesättigte Polyesterharze, die gegebenenfalls mit copolymerisierbaren Stoffen, wie Styrol, α -Methylstyrol, Allyethern, Allylestern, Vinylethern, Vinylestern, Acrylestern, kombiniert sind, und Katalysatoren enthalten, die eine Polymerisation sowohl durch Wärme als auch durch Strahlung auslösen.
- 45 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die polymerisierbaren Tränkmittel Dicyclopentadien-Bausteine sowie Katalysatoren oder Katalysatormischungen enthalten, die eine Polymerisation sowohl durch Wärme als auch durch Strahlung auslösen.
- 50 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Tränkmittel mindestens eine Komponente aus der Gruppe Acylphosphinoxyde, C-C-labile Stoffe, Peroxyde, Azoverbindungen, Hydrochinone, Chinone, Alkylphenole und/oder Alkylphenoether enthalten.

Claims

- 55 1. Process for impregnating components with polymerizable impregnants which are liquid at room temperature or can be liquefied by heating and are cured by combined use of heat and high-energy radiation, wherein the components are impregnated at ambient temperature or in a preheated state and, after impregnation, are heated in the impregnant until partial gelation occurs, are treated with high-energy radiation prior to curing and are then fully thermally cured.

2. Process according to claim 1, wherein the impregnation is carried out by dipping, flooding, vacuum impregnation, vacuum pressure impregnation or a drip process.
- 5 3. Process according to claim 2, wherein the impregnation is carried out by dipping, flooding, vacuum impregnation or vacuum pressure impregnation and electrically conductive windings of the impregnated components are heated in the impregnant by supply of electric power to such an extent that a desired amount of impregnant is gelled and fixed, and, after this gelation, the component is taken from the impregnant, ungelled impregnant is allowed to run off and is, if appropriate, cooled and recycled.
- 10 4. Process according to any of claims 1 to 3, wherein the high-energy radiation used is UV, infrared and/or electron radiation.
- 5 15 5. Process according to any of claims 1 to 4, wherein infrared radiation is also employed before, simultaneously with or after curing by means of another type of energy input.
6. Process according to any of claims 1 to 5, wherein the components have windings of electrically conductive material and heating is carried out by supply of electric power to these windings.
- 20 7. Process according to any of claims 1 to 6, wherein a delay time of from 10 to 1200 seconds is inserted between impregnation and irradiation.
8. Process according to any of claims 1 to 7, wherein the polymerizable impregnants comprise monomeric or prepolymerized substances or mixtures of monomeric and prepolymerized substances which are polymerizable free-radically, ionically, by hydrogen transfer, by polyaddition, polycondensation, cyclocondensation and/or Diels-Alder condensation.
- 25 9. Process according to any of claims 1 to 8, wherein components which contain electrically conductive windings in which heating via supply of electric power is possible are, before application of the resin composition by a drip process and flooding or by vacuum impregnation, vacuum pressure impregnation and dipping, dipped into the resin composition, heated by supply of electric power firstly to a temperature at which the viscosity of the resin composition is lowered at the windings and impregnation therefore occurs rapidly, and gelation or partial curing of the resin composition in the vicinity of the heated coil is then brought about by further supply of electric power.
- 30 10. Process according to claim 9, wherein the viscosity of the impregnant in the vicinity of the heated coil is set by controlling the time and temperature of the heating at the electrically conductive winding during the gelation or partial curing of the impregnant in such a way that degrees of fill between 5% and 100% are achieved.
- 35 11. Process according to any of claims 1 to 10, wherein the polymerizable impregnants comprise epoxy resins and catalysts or catalyst mixtures which initiate polymerization both by means of heat and by means of radiation.
- 40 12. Process according to any of claims 1 to 11, wherein the polymerizable impregnants comprise unsaturated polyester resins, which may, if desired, be combined with copolymerizable substances such as styrene, α -methylstyrene, allyl ethers, allyl esters, vinyl ethers, vinyl esters, acrylic esters, and catalysts which initiate polymerization both by means of heat and by means of radiation.
- 45 13. Process according to any of claims 1 to 12, wherein the polymerizable impregnants comprise dicyclopentadiene building blocks and also catalysts or catalyst mixtures which initiate polymerization both by means of heat and by means of radiation.
- 50 14. Process according to any of claims 1 to 13, wherein the impregnants comprise at least one component selected from the group consisting of acylphosphine oxides, C-C-labile substances, peroxides, azo compounds, hydroquinones, quinones, alkylphenols and/or alkylphenol ethers.

55 **Revendications**

1. Procédé d'imprégnation d'éléments de construction avec des agents d'imprégnation polymérisables, lesquels sont liquides à température ambiante ou peuvent être rendus liquides par chauffage et durcis par une utilisation com-

binée de chaleur et de rayonnement de haute énergie, par lequel les éléments de construction sont imprégnés à température ambiante ou à l'état préchauffé et chauffés après l'imprégnation dans l'agent d'imprégnation jusqu'à la gélification partielle, traités avant le durcissement avec un rayonnement de haute énergie et ensuite complètement durcis par voie thermique.

- 5
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'imprégnation a lieu par immersion, noyage, imprégnation sous vide, ou versage goutte à goutte.
- 10
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'imprégnation a lieu par immersion, noyage, imprégnation sous vide et des enroulements conducteurs d'électricité de l'élément de construction imprégné sont chauffés dans l'agent d'imprégnation par l'application de courant jusqu'à ce qu'une quantité souhaitée d'agent d'imprégnation soit gélifiée et fixée et l'élément de construction est ensuite retiré de l'agent d'imprégnation après ladite gélification et mis à égoutter de manière à laisser l'agent d'imprégnation non gélifié s'écouler, lequel est le cas échéant refroidi et réutilisé.
- 15
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel un rayonnement U.V., infrarouge et/ou d'électrons est utilisé en tant que rayonnement de haute énergie.
- 20
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel un rayonnement infrarouge est également utilisé avant, en même temps que ou après le durcissement par un autre type d'apport en énergie.
- 25
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les éléments de construction présentent des enroulements dans un matériau conducteur d'électricité et le chauffage a lieu par application de courant électrique à ces enroulements.
- 30
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel une pause de 10 jusqu'à 1200 secondes est prévue entre l'imprégnation et l'exposition au rayonnement.
- 35
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les agents d'imprégnation polymérisables contiennent des substances monomères ou prépolymérisées ou des mélanges de substances monomères ou prépolymérisées, lesquelles sont polymérisables ioniquement, radicalairement par transfert d'hydrogène, par polyaddition, polycondensation, cyclocondensation et/ou condensation de Diels et Alder.
- 40
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel des éléments de construction, lesquels renferment des enroulements conducteurs d'électricité au moyen desquels un chauffage par alimentation en courant est possible, immergés dans la masse de résine avant application de la masse de résine par versage goutte à goutte et noyage ou par imprégnation sous vide et immersion, sont d'abord chauffés par alimentation en courant à une température à laquelle une diminution de la viscosité de la masse de résine se produit sur les enroulements et une imprégnation rapide a ainsi lieu, et une gélification ou un durcissement partiel de la masse de résine est ensuite réalisé(e) dans le voisinage des enroulements chauffés, suite à une alimentation en courant ultérieure.
- 45
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel le réglage du temps et de la température de chauffage des enroulements conducteurs d'électricité pendant la gélification ou selon le cas le durcissement partiel de l'agent d'imprégnation permet d'ajuster la viscosité de l'agent d'imprégnation dans le voisinage des enroulements chauffés, de sorte que des taux de remplissage entre 5 % et 100 % sont obtenus.
- 50
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel les agents d'imprégnation polymérisables contiennent des résines époxydes ainsi que des catalyseurs ou des mélanges de catalyseurs, lesquels déclenchent une polymérisation aussi bien sous l'effet de la chaleur que d'un rayonnement.
- 55
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel les agents d'imprégnation polymérisables contiennent des résines polyesters non saturées, lesquelles sont combinées le cas échéant à des substances copolymérisables, telles que styrène, alpha-méthylstyrène, éthers allyliques, esters allyliques, éthers vinyliques, esters vinyliques, esters acryliques, et des catalyseurs lesquels déclenchent une polymérisation aussi bien sous l'effet de la chaleur que d'un rayonnement.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel les agents d'imprégnation polymérisables contiennent des éléments structuraux dicyclopentadiène ainsi que des catalyseurs ou des mélanges de cataly-

seurs, lesquels déclenchent une polymérisation aussi bien sous l'effet de la chaleur que d'un rayonnement.

- 5 **14.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel les agents d'imprégnation contiennent au moins un composant parmi le groupe d'acylphosphineoxydes, substances labiles en C-C, peroxydes, composés azoïques, hydroquinones, quinones, alkylphénols et/ou éthers alkylphénoliques.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55