



(11) **EP 1 231 003 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
25.02.2009 Patentblatt 2009/09

(51) Int Cl.:
B22F 3/12 ^(2006.01) **C21D 8/12** ^(2006.01)
H01F 41/02 ^(2006.01) **H01F 1/24** ^(2006.01)
C22C 33/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02001397.5**

(22) Anmeldetag: **19.01.2002**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Formteils aus einem weichmagnetischen Verbundwerkstoff**

Process for preparing an article of soft magnetic composite material

Procédé de fabrication d'un article en un matériau composite magnétiquement doux

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **10.02.2001 DE 10106172**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.08.2002 Patentblatt 2002/33

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Koch, Hans-Peter**
70435 Stuttgart (DE)

- **Winkler, Jochen**
73730 Esslingen (DE)
- **Harzer, Andreas**
71701 Schwieberdingen (DE)
- **Ballerstedt, Wolfgang**
39218 Schoenbeck (DE)
- **Bober, Torsten**
71272 Renningen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 977 216 **WO-A-96/02345**

EP 1 231 003 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Formteils aus einem weichmagnetischen Verbundwerkstoff, insbesondere zur Verwendung als Magnetkern für einen Common-Rail-Injektor, nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

Stand der Technik

[0002] Aus EP 0 765 199 B1 sind mit einem thermoplastischen Harz vermischte Eisenpulver bekannt, die sich insbesondere zur Herstellung von Magnetkernen eignen. Im Einzelnen ist dort vorgesehen, zunächst ein Eisenpulver mit Phosphorsäure zu behandeln, dieses Eisenpulver dann mit einem thermoplastischen Harz zu vermischen, diese Mischung bei einer Temperatur unterhalb der Glasumwandlungstemperatur oder des Schmelzpunktes des thermoplastischen Harzes zu verpressen, das gepresste Produkt zu erhitzen, um das thermoplastische Harz auszuhärten, und gegebenenfalls ein Tempern der erhaltenen Komponente bis zu einer Temperatur oberhalb der Aushärtungstemperatur des thermoplastischen Harzes vorzunehmen.

[0003] Weiter ist daraus bekannt, dem thermoplastischen Material Polyetherimid, das unter dem Handelsnamen Ultem® bekannt ist, sowie Oligomere, wie sie in WO 95/33589 beschrieben und unter den Handelsnamen Orgasol 3501 und Orgasol 2001 von Elf Atochem, Frankreich, vertrieben werden, zuzusetzen.

[0004] Darüber hinaus ist in EP 0 765 199 B1 vorgesehen, das Eisenpulver mit einem Presshilfsmittel bzw. einem Gleitmittel zu vermischen, das ein Metall-Stearat, ein Wachs, ein Paraffin, ein natürliches oder synthetisches Fettderivat oder ein Oligomer vom Amid-Typ sein kann. Konkret sind als Gleitmittel bzw. Presshilfsmittel die Produkte Kenolube® von der Firma Höganäs AB, Schweden, H-wax® von der Firma Höchst AG, Deutschland, und Promold® von der Firma Morton International, Cincinnati, USA, beschrieben, die mit dem Eisenpulver in einem Anteil von vorzugsweise 0,2 bis 0,8 Gewichtsprozent vermischt werden.

[0005] Schließlich ist aus EP 0 765 199 B1 bekannt, diese Ausgangsmischung bei einem Druck zwischen 400 und 1800 MPa zu pressen, und danach an Luft bei Temperaturen zwischen 100°C und 600°C, vorzugsweise 200°C bis 500°C, zu tempern.

[0006] Ein gemäß EP 0 765 199 B1 hergestellter, pulverförmiger weichmagnetischer Werkstoff wird unter dem Handelsnamen Somaloy™ 500 von der Firma Höganäs AB, Schweden, vertrieben und ist in der Firmenzeitschrift SOMALOY™500, SMC 97-1, Seiten 1-11, Höganäs AB, Schweden, näher charakterisiert.

[0007] Weiter werden derartige weichmagnetische Verbundwerkstoffe auch in Jan Tengzelius, "Weichmagnetische Verbundwerkstoffe für Elektromotoren", Tagungsband Hagener Symposium, 1.12.2000, Seiten 211 bis 227, beschrieben.

[0008] In der Schrift JP-A-2000/232014 wird eine aus mindestens zwei Stufen bestehende Wärmebehandlung beim Sintern beschrieben. Dort wird beschrieben, bei bestimmten Temperaturintervallen bestimmte Konzentrationen von Gasgemischen zu verwenden. Es sind aber immer mehrere Verfahrensschritte notwendig. Ein Einzelschritt wird nicht erwähnt. Auch wird nicht auf die Zeitdauer eingegangen.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war die Bereitstellung eines Verfahrens, mit dem aus einer Pulvermischung mit einem Eisenpulver ein insbesondere als Magnetkern für Common-Rail-Injektoren einsetzbares Formteil aus einem weichmagnetischen Verbundwerkstoff mit gegenüber dem Stand der Technik verbesserten mechanischen und magnetischen Eigenschaften herstellbar ist.

Vorteile der Erfindung

[0010] Die erfindungsgemäßen Verfahren haben gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass die danach hergestellten Formteile bzw. Magnetkerne für Common-Rail-Injektoren üblichen Magnetkernen aus weichmagnetischen Verbundwerkstoffen, die beispielsweise mit Mischungen von Reineisenpulver mit Polyamid-Binder, Reineisenpulver mit Polyphenylensulfid-Binder oder Reineisenpulver mit Polyethylen-Binder hergestellt worden sind, insbesondere hinsichtlich der mechanischen Festigkeit, der Dichte, der Sättigungspolarisation, der magnetischen Permeabilität, des spezifischen elektrischen Widerstandes, der Oberflächenhärte und der Biegefestigkeit überlegen sind.

[0011] Beispielsweise weisen die erfindungsgemäß hergestellten Formteile in Form von Magnetkernen gegenüber Magnetkernen aus Polyphenylensulfid-gebundenem Verbundwerkstoff eine um mindestens 0,2 g/cm³ erhöhte Dichte von mehr als 7,3 g/cm³ auf, und sie besitzen auch eine deutlich verbesserte Oberflächenhärte und statistische Biegefestigkeit, was sich insbesondere im kritischen Bereich der Polflächen in einer verbesserten Kantenbruchfestigkeit bei Dauerbelastung äußert. Daneben neigen sie deutlich weniger zu Materialausbrüchen und es dringt auch weniger Diesel-Kraftstoff in das Werkstückgefüge ein. Überdies zeigen die erfindungsgemäß hergestellten Formteile in Form von Magnetkernen eine Magnetkraft von typischerweise 95 N bis 103 N, während entsprechende Formteile aus Polyphenylensulfid-gebundenem Verbundwerkstoff lediglich ca. 80 N erreichen.

[0012] Weiter weisen die erfindungsgemäß hergestellten Formteile beim Einsatz als Magnetkern in Common-Rail-Injektoren gegenüber bisher üblichen Magnetkernen eine deutlich höhere Schaltdynamik, insbesondere eine um ca. 20 µs verringerte Einschaltzeit, einen verringerten Energiebedarf, eine um ca. 50% höhere mechanische Festigkeit, eine bessere mechanische Bearbeitbarkeit und eine höhere Unempfindlichkeit gegenüber Fertigungsschwankungen bei der Herstellung auf.

[0013] Zudem sind sie durch Einsatz eines preiswerteren Rohstoffes und den Wegfall eines bisher erforderlichen Warmpressens, was auch zu geringerem Werkzeugverschleiß führt, billiger herstellbar.

[0014] So hat sich herausgestellt, dass in der Gasatmosphäre beim Tempern insbesondere in Kombination mit Temperaturen zwischen 380°C bis 450°C eine gewisse Mindestmenge an Sauerstoff sehr vorteilhaft ist, um eine ausreichende Oxidbildung zwischen den Eisenpulverteilchen bzw. an deren Oberfläche zu gewährleisten, dass andererseits aber eine gegenüber dem Stand der Technik deutlich verringerte Menge des in der eingesetzten Gasatmosphäre enthaltenen Sauerstoffes zu deutlich verbesserten magnetischen Eigenschaften, beispielsweise einer höheren Magnetkraft, der danach erhaltenen Formteile führt.

[0015] Insbesondere ist vorteilhaft, wenn die Gasatmosphäre beim Tempern ein Gasgemisch mit einem Sauerstoffanteil von 2 Vol% bis 7 Vol% ist, wobei eine Mischung von Luft und Stickstoff oder eine Mischung von Luft und einem Edelgas, wobei der Anteil der Luft zwischen 40 Vol% und 10 Vol%, insbesondere 10 Vol% bis 30 Vol%, beträgt, besonders einfach und preiswert herstellbar ist.

[0016] Darüber hinaus ist vorteilhaft, wenn nach dem Tempern der erhaltenen Formteile in Form von Magnetkernen eine mechanische Bearbeitung, beispielsweise ein vorsichtiges Schleifen, vorgenommen wird, das einem Ausgleich von Polhöhendifferenzen und einer Einbnung von Polflächen dient, und durch das die Magnetkraft der beispielsweise als Magnetkern eingesetzten Formteile weiter auf über 100 N gesteigert werden kann.

[0017] Eine weitere Verbesserung der magnetischen und mechanischen Eigenschaften der erhaltenen Formteile, insbesondere hinsichtlich ihrer Dichte, wird erreicht, wenn das Tempern der gepressten Formteile in einem zweistufigen Prozess ausgeführt wird, wobei nach dem Verpressen der Ausgangsmischung das Formteil zunächst bei einer relativ niedrigen Temperatur getempert, danach in einem Matrizenwerkzeug oder durch Heißplanformen erneut verpresst, und schließlich bei einer höheren Temperatur erneut getempert wird.

[0018] Da es sich bei den nach den erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Formteilen aus einem weichmagnetischen Verbundwerkstoff bevorzugt um einen oxidgebundenen Werkstoff handelt, d.h. bei dem Temperprozeß zersetzt sich ein der Ausgangsmischung beispielsweise zugesetztes Metall-Stearat zu einem Metalloxid, so dass sich durch die Anwesenheit von Sauerstoff an Korngrenzen Eisenoxidbrücken bilden, die den Gefügezusammenhalt wirksam verbessern, sind in den erfindungsgemäß hergestellten Formteilen gegenüber solchen aus Polymer-gebundenen weichmagnetischen Verbundwerkstoffen auch zumindest nahezu keine organischen Anteile mehr enthalten. Somit weisen die erfindungsgemäß hergestellten Formteile neben ihrer höheren Dichte auch eine geringere Porosität auf, was zu einer deutlich verbesserten thermomechanischen Lang-

zeitstabilität, insbesondere gegenüber heißem Diesel-Kraftstoff führt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

[0019] Ausführungsbeispiele

[0020] Bei einem ersten Ausführungsbeispiel wird zur Erläuterung des Hintergrundes von einer Ausgangsmischung mit einem Reineisenpulver und einem Presshilfsmittel ausgegangen, wie sie von der Firma Höganäs, Schweden, unter dem Handelsnamen Somaloy™ 500 vertrieben wird.

[0021] Im Einzelnen ist das dabei eingesetzte Reineisenpulver ein hochreines Eisenpulver mit phosphatierter Oberfläche, dem, wie in EP 0 765 199 B1 beschrieben, als Gleitmittel ein Presshilfsmittel, ausgewählt aus der Gruppe der Metallstearate, der Wachse, der Paraffine, der natürlichen oder synthetischen Fettderivate oder der Oligomere vom Amid-Typ zugesetzt ist.

Bevorzugt wird das Reineisenpulver zusammen mit dem unter dem Handelsnamen Kenolube® bekannten Presshilfsmittel der Firma Höganäs AB, Schweden, eingesetzt. Dazu wird das Presshilfsmittel Kenolube®, das im Wesentlichen ein Amid-Wachs und Zink-Stearat enthält, in einem Anteil von 0,4 Gew.% bis 0,7 Gew.%, vorzugsweise 0,5 Gew.% bis 0,6 Gew.%, dem Reineisenpulver zugesetzt und mit diesem zu der Ausgangsmischung vermischt. Anschließend wird die Ausgangsmischung dann in einem üblichen Matrizenwerkzeug bevorzugt bei Raumtemperatur bei einem Druck zwischen 600 MPa bis 900 MPa, insbesondere 700 MPa bis 800 MPa, beispielsweise in Form eines Magnetkerns für Common-Rail-Injektoren verpresst.

[0022] Nach dem Verpressen wird das erhaltene Formteil bei Temperaturen zwischen 380°C bis 450°C, insbesondere bei ca. 425°C, über eine Zeitdauer von 10 min bis 120 min, insbesondere 30 min bis 60 min, in einem Stickstoff-Luft-Gemisch oder einem Edelgas-Luft-Gemisch getempert, wobei der Anteil der Luft zwischen 50 Vol% und 5 Vol%, insbesondere 10 Vol.% bis 30 Vol.%, beispielsweise 20 vol.%, beträgt. Dabei wird das zugesetzte Presshilfsmittel teils zersetzt und teils in ein bindendes Oxid umgewandelt. Alternativ kann auch eine Mischung von einem Inertgas mit Sauerstoff, beispielsweise ein Stickstoff-Sauerstoff-Gemisch oder ein Argon-Sauerstoff - Gemisch, eingesetzt werden, das einen Sauerstoffanteil zwischen 1 Vol% und 10 Vol%, insbesondere 2 Vol% bis 7 Vol%, enthält.

[0023] Die nach dem Tempern erhaltenen Formteile werden bevorzugt einer abschließenden mechanischen Oberflächenbearbeitung, beispielsweise einem Schleifen, unterzogen. Dies führt zu verbesserten mechanischen Eigenschaften und einer verbesserten Langzeitstabilität der erhaltenen Formteile. Zudem wird durch das nachträgliche Schleifen erreicht, dass die gemessene Magnetkraft an solchen Magnetkernen in der Regel

um ca. 5% bis 10% steigt.

[0024] In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird die Erfindung erläutert, wobei abweichend von dem vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiel nach dem Verpressen der Ausgangsmischung zu dem Formteil zunächst ein erster Tempersschritt bei einer Temperatur von 150°C bis 400°C, insbesondere bei Temperaturen zwischen 230°C und 310°C, vorgenommen wird.

[0025] Dieser erste Tempersschritt kann an Luft oder einer Inertgasatmosphäre wie einer Edelgasatmosphäre oder einer Stickstoffatmosphäre erfolgen. Bevorzugt erfolgt er jedoch, analog dem Tempern im ersten Ausführungsbeispiel, in einem Gasgemisch aus einem Inertgas und Sauerstoff, wobei der Anteil des Sauerstoffes in dem Gasgemisch zwischen 10 Vol% und 1 Volt beträgt.

[0026] Besonders bevorzugt ist die Gasatmosphäre in diesem Ausführungsbeispiel erneut eine Mischung von Luft und Stickstoff, wobei der Anteil der Luft zwischen 50 Vol% und 5 Vol%, insbesondere 10 Vol.% bis 30 Vol.%, beispielsweise 20 Vol.%, beträgt.

[0027] Nach dem ersten Tempersschritt wird dann zur Nachformung des verpressten, getemperten Formteils ein weiteres Verpressen bei einem Druck zwischen 600 MPa bis 900 MPa, insbesondere 700 MPa bis 800 MPa, bei Raumtemperatur vorgenommen.

[0028] Alternativ kann diese Nachformung auch durch Heißplanformen in einem geeigneten Matrizenwerkzeug unter erhöhter Temperatur erfolgen, wie dies beispielsweise in DE 100 05 551.6 beschrieben ist.

[0029] Nach der erläuterten Nachformung erfolgt ein erneutes, zweites Tempern des erhaltenen Formteils, das analog dem ersten Ausführungsbeispiel bei Temperaturen zwischen 380°C bis 450°C, insbesondere 425°C, über eine Zeitdauer von 10 min bis 120 min, insbesondere 30 min bis 60 min, in einem Stickstoff-Luft-Gemisch oder einem Edelgas-Luft-Gemisch erfolgt, wobei der Anteil der Luft zwischen 50 Vol% und 5 Vol%, insbesondere 10 Vol.% bis 30 Vol.%, beispielsweise 20 Vol.%, beträgt.

[0030] Die nach dem Tempern erhaltenen Formteile werden bevorzugt dann analog dem ersten Ausführungsbeispiel einer abschließenden mechanischen Oberflächenbearbeitung, beispielsweise einem Schleifen, unterzogen.

[0031] Im Einzelnen weist ein Formteil aus einem weichmagnetischer Verbundwerkstoff aus dem phosphatierten Reineisenpulver Somaloy 500 mit 0,6% Massenanteilen Kenolube gemäß den vorstehenden Ausführungsbeispielen eine statistische Biegefestigkeit von mindestens 25 N/mm², ermittelt an Prüfstäben nach ISO 3327, und eine Oberflächenhärte HB 2,5/31,25 von mindestens 70 auf.

[0032] Weiter wird an Ringen mit einem Außendurchmesser von 40 mm, einem Innendurchmesser von 30 mm und einer Höhe von 5 mm eine magnetische Polarisation J_{100} von mindestens 1,4 Tesla bei 100 A/cm, eine Sättigungspolarisation J_s von mindestens 1,5 Tesla bei 500 Ampere/cm, eine Koerzitivfeldstärke H_{CB} von maximal 3,0 Ampere/cm, eine Maximalpermeabilität μ_{max}

von mindestens 450 und einem Gesamtverlust $v_H + v_W$ bei 1 Tesla und 50 Hz von max. 8 W/kg gemessen. In der Regel wird sogar eine Sättigungspolarisation von mehr als 1,7 Tesla und eine Maximalpermeabilität von ca. 500 bei einem spezifischen elektrischen Widerstand von ca. 10 $\mu\Omega m$ erreicht.

[0033] Die Dichte der erhaltenen Formteile beträgt mindestens 7,30 g/cm³, wobei durch das zusätzliche Nachformen in einem Matrizenwerkzeug bzw. das zusätzliche Heißplanformen eine Erhöhung der Dichte auf bis ca. 7,5 g/cm³ erreicht werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Formteils aus einem weichmagnetischen Verbundwerkstoff mit den Verfahrensschritten a.) Bereitstellen einer Ausgangsmischung mit einem Eisenpulver und einem Presshilfsmittel, b.) Verpressen der Ausgangsmischung zu einem Formteil und c.) Tempern des Formteils, wobei das Tempern in einem Gemisch aus einem Inertgas und Sauerstoff erfolgt, wobei der Anteil des Sauerstoffes in dem Gasgemisch zwischen 10 Vol% und 1 Vol% beträgt und dass das Tempern bei Temperaturen zwischen 380°C bis 450°C, insbesondere 425°C, über eine Zeitdauer von 10 min bis 120 min, insbesondere 30 min bis 60 min, erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verpressten Formteile nach dem Verfahrensschritt b.) zunächst bei einer Temperatur von 150°C bis 400°C, insbesondere 230°C bis 310°C, getempert werden, danach nachgeformt und anschließend gemäß Verfahrensschritt c.) erneut getempert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt c.) der Anteil des Sauerstoffes zwischen 7 Vol% und 2 Vol% beträgt, wobei das Gasgemisch insbesondere eine Mischung von Luft und Stickstoff oder von Luft und einem Edelgas ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verpressen bei Raumtemperatur bei einem Druck zwischen 600 MPa bis 900 MPa, insbesondere 700 MPa bis 800 MPa, erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ausgangsmischung eingesetzt wird, die ein phosphatiertes Reineisenpulver und ein Presshilfsmittel ausgewählt aus der Gruppe der Metallstearate, der Wachse, der Paraffine, der natürlichen oder synthetischen Fett-Derivate und der Oligomere vom Amid-Typ, insbesondere Kenolube®, enthält.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verpressten Formteile nach dem Verfahrensschritt b.) und vor dem Tempern gemäß Verfahrensschritt c.) in Luft, einer Inertgasatmosphäre oder einem Gasgemisch aus einem Inertgas und Sauerstoff, wobei der Anteil des Sauerstoffes in dem Gasgemisch zwischen 10 Vol% und 1 Vol% beträgt, getempert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Nachformung ein weiteres Verpressen bei einem Druck zwischen 600 MPa bis 900 MPa, insbesondere 700 MPa bis 800 MPa, oder ein Heißplanformen vorgenommen wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Tempern gemäß Verfahrensschritt c.) zumindest bereichsweise eine mechanische Bearbeitung, insbesondere ein Schleifen, der Oberfläche der Formteile erfolgt.

Claims

1. Process for producing a moulding from a soft-magnetic composite material, having the following process steps: a) providing a starting mixture comprising an iron powder and a pressing aid, b) pressing the starting mixture to form a moulding, and c) heat treatment of the moulding, wherein the heat treatment is effected in a mixture of an inert gas and oxygen, wherein the oxygen content of the gas mixture is between 10% by volume and 1% by volume and the heat treatment is effected at temperatures of between 380°C and 450°C, in particular at 425°C, over a time period of from 10 min to 120 min, in particular of from 30 min to 60 min, **characterized in that**, after process step b), the pressed mouldings are firstly heat-treated at a temperature of from 150°C to 400°C, in particular of from 230°C to 310°C, are then post-formed, and are subsequently heat-treated again in accordance with process step c).
2. Process according to Claim 1, **characterized in that**, in step c), the oxygen content is between 7% by volume and 2% by volume, and in this case the gas mixture is, in particular, a mixture of air and nitrogen, or air and a noble gas.
3. Process according to Claim 1, **characterized in that** the pressing is effected at room temperature and at a pressure of between 600 MPa and 900 MPa, in particular of between 700 MPa and 800 MPa.
4. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** a starting mixture which con-

tains phosphatized pure iron powder and a pressing aid selected from the group consisting of metal stearates, waxes, paraffins, natural or synthetic fatty derivatives and oligomers of the amide type, in particular Kenolube®, is employed.

5. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that**, after process step b) and before the heat treatment in accordance with process step c), the pressed mouldings are heat-treated in air, an inert gas atmosphere or a gas mixture of an inert gas and oxygen, wherein the oxygen content of the gas mixture is between 10% by volume and 1% by volume.
6. Process according to Claim 1 or 5, **characterized in that** post-forming is effected by carrying out further pressing at a pressure of between 600 MPa and 900 MPa, in particular of between 700 MPa and 800 MPa, or by carrying out hot plane forming.
7. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the heat treatment in accordance with process step c) is followed by at least regions of the surface of the mouldings being machined, in particular ground.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce moulée en matériau composite magnétique doux, lequel procédé présente les étapes qui consistent à :
 - a) préparer un mélange de départ avec une poudre de fer et un adjuvant de compression,
 - b) comprimer le mélange de départ en une pièce moulée et
 - c) traiter thermiquement la pièce moulée, le traitement thermique s'effectuant dans un mélange de gaz inerte et d'oxygène, la teneur en oxygène du mélange de gaz étant comprise entre 10% en volume et 1 % en volume, le traitement thermique étant réalisé à une température comprise entre 380°C et 450°C et en particulier de 425°C pendant une durée de 10 min à 120 min et en particulier de 30 min à 60 min,**caractérisé en ce que** les pièces moulées comprimées après l'étape de traitement b) sont d'abord traitées thermiquement à une température de 150°C à 400°C et en particulier de 230°C à 310°C, reçoivent ensuite leur façonnage final et sont ensuite traitées thermiquement à nouveau selon l'étape c) .
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**à l'étape c), la teneur en oxygène est comprise

entre 7 % en volume et 2 % en volume, le mélange de gaz étant en particulier un mélange d'air et d'azote ou d'air et d'un gaz rare.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la compression s'effectue à température ambiante sous une pression comprise entre 600 MPa et 900 MPa et en particulier entre 700 MPa 800 MPa. 5

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** utilise un mélange de départ qui contient une poudre de fer pur phosphaté et un adjuvant de compression sélectionné dans l'ensemble des stéarates de métaux, des cires, des paraffines, des dérivés naturels ou synthétiques de graisses et des oligomères de type amide et en particulier le Kenolube®. 10
15

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'après** l'étape b) et avant le traitement thermique de l'étape c), les pièces moulées comprimées sont traitées thermiquement dans l'air, dans une atmosphère de gaz inerte ou dans un mélange de gaz constitué d'un gaz inerte et d'oxygène, la teneur en oxygène du mélange de gaz étant comprise entre 10% en volume et 1 % en volume. 20
25

6. Procédé selon les revendications 1 ou 5, **caractérisé en ce que** pour le façonnage final, on réalise une nouvelle compression à une pression comprise entre 600 MPa et 900 MPa et en particulier entre 700 MPa et 800 MPa ou un façonnage de planéité à chaud. 30

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'après** le traitement thermique de l'étape c), on réalise un usinage mécanique et en particulier un meulage d'au moins certaines parties de la surface des pièces moulées. 35
40

45

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

- EP 0765199 B1 [0002] [0004] [0005] [0006] [0021]
- WO 9533589 A [0003]
- JP 2000232014 A [0008]
- DE 10005551 [0028]