

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 255 613 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **13.05.92**

(51) Int. Cl.⁵: **H01F 7/06**, H01F 41/02,
H01F 1/08, H01F 1/113,
B22F 3/22

(21) Anmeldenummer: **87109822.4**

(22) Anmeldetag: **08.07.87**

(54) **Herstellungsverfahren für zwei- und mehrpolige Dauermagnete mit hoher magnetischer Energiedichte.**

(30) Priorität: **04.08.86 DE 3626360**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.02.88 Patentblatt 88/06

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
13.05.92 Patentblatt 92/20

(84) Benannte Vertragsstaaten:
FR GB IT NL

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 1 464 249
DE-A- 3 120 501
US-A- 3 596 350

(73) Patentinhaber: **VOGT electronic Aktiengesell-
schaft**
Erlautal 7
W-8391 Erlau/Passau(DE)

(72) Erfinder: **Vogt, Hans E., Ing.**
Am Sonnenhang 20
W-8391 Erlau(DE)
Erfinder: **Tanach, Valentin, Dipl.-Ing.**
Am Sonnenhang 6
W-8391 Erlau(DE)

(74) Vertreter: **Hieke, Kurt**
Stadlerstrasse 3
W-8013 Haar bei München(DE)

EP 0 255 613 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

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von anisotropen Dauermagneten mit hoher magnetischer Energiedichte.

Zur Herstellung anisotroper Dauermagnete sind verschiedene Verfahren bekannt.

Bei dem am meisten verwendeten bekannten Verfahren wird das Pulver in einem die gewünschte Vorzugsrichtung einprägenden Magnetfeld zu einem Formkörper verpreßt und der Formkörper anschließend gesintert. Auf diese Weise können eine hohe Energiedichte aufweisende Dauermagnete verschiedener Art mit Vorzugsrichtung in der Preßrichtung oder quer dazu hergestellt werden. Zum Herstellen von Dauermagneten mit radialer Vorzugsrichtung ist das bekannte Verfahren aber eingeschränkt auf solche mit niedrigem Höhe/Durchmesser-Verhältnis; ansonsten weisen nach dem bekannten Verfahren hergestellte Dauermagnete mit radialer Vorzugsrichtung nur schwache magnetische Eigenschaften auf. Nach dem bekannten Verfahren können auch polarorientierte Ringmagnete hergestellt werden, doch ergeben sich in diesem Falle Füllungsprobleme, eine schwache Orientierung und Risse bei den gesinterten Teilen, so daß die Anwendung des bekannten Verfahrens zu diesem Zweck nachteilig ist.

Ein anderes bekanntes Verfahren zur Herstellung von anisotropen Dauermagneten ist das Strangziehen in Verbindung mit einem nachträglichen Sinterprozess. Bei diesem Verfahren wird mechanisch eine gewisse radiale Anisotropie erzeugt, aber die resultierende Energiedichte ist nur etwas größer als bei den isotropen Magneten.

Ein weiteres bekanntes Verfahren zur Herstellung von anisotropen Dauermagneten aus Magnetpulvern ist die Bindung der Pulver mit Kunststoff und die Bearbeitung der Masse durch Pressen, Spritzen, Kalandrieren oder Extrudieren und Einprägung der Vorzugsrichtung mit mechanischen oder magnetischen Methoden, wobei der Kunststoff im fertigen Magneten verbleibt. Die so erhaltenen anisotropen kunststoffgebundenen Dauermagnete zeigen in der Regel bessere Eigenschaften als die isotropen Dauermagnete aus dem gleichen magnetischen Werkstoff und können auch verschiedene Vorzugsrichtungen wie axial, diametral, radial sowie mehrpolig lateral am Umfang aufweisen. Durch die Einbettung des Magnetpulvers in dem im fertigen Magneten verbleibenden Kunststoff ist aber die Energiedichte dieser Magnete begrenzt, und die hohen Werte, die bei den entsprechenden, nach dem eingangs besprochenen bekannten Verfahren hergestellten gesinterten Dauermagneten erzielbar sind, können nie erreicht werden.

Zur Herstellung von Dauermagneten aus Hartferrit-Pulver mit radialer Anisotropie ist schließlich noch ein weiteres Verfahren bekannt geworden, bei dem das Ferrit-Pulver mit einem Kunststoff gemischt, dann in Folien unter Magnetfeld kalandriert, dann auf einem Dorn unter Druck und Magnetfeld gewickelt, dann der Kunststoff beseitigt und zuletzt gesintert wird. Die für die so hergestellten Dauermagnete angegebenen magnetischen Werte sind gut, aber das bekannte Verfahren ist kompliziert und sehr aufwendig und nur für radiale Vorzugsrichtung der Magnete geeignet.

Im Zusammenhang mit der Herstellung von Formteilen aus Legierungen (DE-A-3120501) ist es bekannt, ein Pulver der Legierung oder ein Gemisch aus Pulvern der Legierungskomponenten mit Hilfe von Thermoplasten, Duroplasten und Gleitmitteln zu einer spritzfähigen Granulat-Masse aufzubereiten, die spritzfähige Granulatmasse durch Spritzguß zu einem Formteil zu bearbeiten, anschließend den Kunststoff durch eine Wärmebehandlung bis 600° C unter Schutzgas zu entfernen und schließlich den so erhaltenen Formteil zu sintern. Bei diesem bekannten Verfahren kommt es nicht darauf an, als Endprodukt einen Dauermagneten zu erhalten, das z.B. eine bestimmte Vorzugsrichtung hinsichtlich bestimmter physikalischer Eigenschaften aufweist, d.h. anisotrop ist. Es wird lediglich angestrebt, ein Endprodukt mit insgesamt guten mechanischen Eigenschaften, insbesondere hinsichtlich der Schwingungsfestigkeit, zu erhalten.

Ausgehend von dem vorgenannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein wirtschaftliches, d.h. einfach und mit einem geringen Aufwand durchführbares, Verfahren zu schaffen, das einerseits insbesondere die mehrpolige laterale Anisotropieprägung aber auch die verschiedensten Arten von Anisotropien wie axial, radial, diametral zuläßt und mit dem andererseits für die danach hergestellten Dauermagnete die hohen Energiedichten erreichbar sind, die bei insbesondere nach dem an erster Stelle genannten bekannten Verfahren hergestellten anisotropen Magneten, z.B. mit axialer Vorzugsrichtung, üblicherweise erhalten werden.

Die vorstehende Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt neben den im Bedarfsfalle üblichen, bei allen bekannten Herstellungsverfahren von Dauermagneten aus Magnetpulverwerkstoff zur Anwendung gelangenden Maßnahmen der mechanischen Nachbearbeitung und Aufmagnetisierung mit Rücksicht auf die eingepprägten Pole im Anschluß an die Herstellung des eigentlichen Magnetkörpers nur drei sehr einfach durchführbare Verfahrensstufen, nämlich

- die Herstellung des Granulats,

- das thermoplastische Spritzen des Granulats im Magnetfeld in die gewünschte Form, wobei die im Endzustand gewünschten Vorzugsrichtungen eingepreßt werden, und
- das Sintern der gespritzten Teile in der üblichen Weise, ohne vorheriges Entfernen des Kunststoffs aus dem Formkörper.

Es ist überraschend, daß die während des Spritzvorgangs eingepreßten gewünschten Vorzugsrichtungen ohne besondere zusätzliche Maßnahmen vor dem Sintern durch das Sintern des vorher in einem einfachen Spritzvorgang erhaltenen, den Kunststoff noch enthaltenden Formkörpers nicht beeinträchtigt wird, so daß die magnetischen Eigenschaften entlang den beim Spritzen vorhandenen magnetischen Wegen eine vollständige Anisotropie aufweisen. Die magnetischen Werte liegen ähnlich den anisotropen gepreßten und gesinterten Magneten mit axialer Anisotropie, die nach dem oben an erster Stelle genannten bekannten Verfahren hergestellt sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann zur Herstellung von Dauermagneten aus Barium- oder Strontium-Ferritpulver, aus Metallegierungspulver sowie auch aus Seltenerd-Magnetpulvern angewendet werden.

Die Unteransprüche betreffen bevorzugte Ausgestaltungen des Verfahrens gemäß Patentanspruch 1.

Beispiel

Aus Sr-Ferritpulver durch Pressen hergestellte Dauermagnete mit axialer Anisotropie zeigen folgende magnetische Eigenschaften:

Remanenz B_r
 = 390 mT
 Koerzitivfeldstärke B_{H_c}
 = 265 kA/m
 Koerzitivfeldstärke J_{H_c}
 = 272 kA/m
 Max. Energiedichte $(BH)_{\max}$
 = 28 kJ/m³

Aus gleichem Ferritpulver mit Kunststoff gemischt (Verhältnis 88 Gew% Ferritpulver/12 Gew% Kunststoff) und granuliert, werden Ringmagnete mit den Abmessungen (im Endzustand) $D_a = 13$ mm, $D_i = 8$ mm, und $H = 20$ mm unter Magnetfeld mit Einprägung von 12 Polen am Ringumfang gespritzt und dann gesintert und geschliffen. Die magnetischen Eigenschaften sind die gleichen wie vorstehend angegeben.

Außerdem wird nach 12-poliger Magnetisierung am Umfang der Ringmagnete eine Induktion von ca. 200 mT gemessen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung anisotroper Dauermagnete mit hoher Energiedichte aus Pulver eines magnetischen Werkstoffes, wobei der Reihe nach
 - a) das Pulver unter Wärmeanwendung mit einem geeigneten Kunststoff gemischt wird,
 - b) das im Verfahrensschritt (a) erhaltene Compound granuliert wird,
 - c) das im Verfahrensschritt (b) erhaltene Granulat unter Beaufschlagung mit einem oder mehreren Magnetfeldern zur Einprägung der gewünschten Vorzugsrichtung(en) thermoplastisch in die gewünschte Form verspritzt wird, und
 - d) der im Verfahrensschritt (c) erhaltene Formkörper mit dem darin enthaltenen Kunststoff einem Sinterprozess unterzogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der gesinterte Formkörper mechanisch nachbearbeitet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der gesinterte Formkörper entsprechend der Polprägung aufmagnetisiert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Magnetpulver Bariumferritpulver, Strontiumferritpulver, metallisches Legierungspulver oder ein Seltenerd-Magnetpulver verwendet wird.
5. Verfahren gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das metallische Legierungspulver Al, Ni und Co aufweist.
6. Verfahren gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Seltenerd-Magnetpulver Sm, Nd aufweist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gewichtsverhältnis Magnetpulver zu Kunststoff 1 : 1 bis 20 : 1 beträgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kunststoff Polyamid, Polyurethan, Polypropylen, Polyethylen oder Polystyrol ist.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorzugsrichtung axial, diametral, radial, lateral ein- oder mehrpolig eingepreßt wird.

Claims

1. Process for the manufacture of anisotropic permanent magnets with high energy density from powder of a magnetic material, comprising the sequence in which
 - a) the powder is mixed with a suitable synthetic material under application of heat,
 - b) the compound obtained in the process step (a) is granulated,
 - c) the granulate obtained in the process step (b) is thermoplastically injection-moulded into the desired form under loading by one or several magnetic fields for the impressing of the desired preferential direction(s), and
 - d) a sintering process of the moulded body obtained in the process step (c) with the synthetic material contained therein is undertaken.
2. Process according to claim 1, characterised thereby that the sintered moulded body is mechanically finished.
3. Process according to claim 1 or 2, characterised thereby that the sintered moulded body is magnetised corresponding to the pole impressing.
4. Process according to one of the preceding claims, characterised thereby that barium ferrite powder, strontium ferrite powder, metallic alloy powder or a rare earth magnetic powder is used as magnetic powder.
5. Process according to claim 4, characterised thereby that the metallic alloy powder has Al, Ni and Co.
6. Process according to claim 4, characterised thereby that the rare earth magnetic powder has Sm, Nd.
7. Process according to one of the preceding claims, characterised thereby that the ratio by weight of magnetic powder to synthetic material amounts to 1:1 to 20:1.
8. Process according to one of the preceding claims, characterised thereby, that the synthetic material is polyamide, polyurethane, polypropylene, polyethylene or polystyrene.

9. Process according to one of the preceding claims, characterised thereby that the preferential direction is impressed to be axially, diametrically, radially, laterally unipolar or multipolar.

Revendications

1. Procédé pour fabriquer des aimants permanents anisotropes possédant une densité élevée d'énergie et formés à partir d'une poudre d'un matériau magnétique, et selon lequel successivement
 - a) on mélange à la poudre une matière plastique appropriée en appliquant une chaleur,
 - b) on granule le composé obtenu, lors de l'étape opératoire a),
 - c) on moule par injection thermoplastique, sous la forme désirée, les granulés obtenus lors de l'étape opératoire b), tout en leur appliquant un ou plusieurs champs magnétiques pour introduire la ou les directions préférentielles désirées, et
 - d) on soumet le corps moulé obtenu lors de l'étape opératoire c), ainsi que la matière plastique qu'il contient, à une opération de frittage.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on applique un traitement mécanique ultérieur au corps moulé fritté.
3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'on aimante le corps moulé fritté en fonction de l'empreinte des pôles.
4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on utilise comme poudre magnétique, de la poudre de ferrite de baryum, de la poudre de ferrite de strontium, de la poudre d'alliage métallique ou une poudre magnétique d'un matériau des terres rares.
5. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la poudre d'alliage métallique contient du Al, du Ni et du Co.
6. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la poudre magnétique d'un matériau des terres rares comporte du Sm, du Nd.
7. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le rapport pondéral de la poudre magnétique à la matière plastique est compris entre 1:1 et 20:1.

8. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la matière plastique est du polyamide, du polyuréthane, du polypropylène, du polyéthylène ou du polystyrène. 5
9. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la direction préférentielle est formée diamétralement, radialement, latéralement avec un ou plusieurs pôles. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55