

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 053 552 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

05.02.2003 Patentblatt 2003/06

(51) Int Cl.7: **H01F 1/00**, H01F 41/02

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP99/00779

(21) Anmeldenummer: **99907508.8**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

(22) Anmeldetag: **05.02.1999**

WO 99/040592 (12.08.1999 Gazette 1999/32)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER MAGNETFOLIE**

METHOD FOR THE PRODUCTION OF A MAGNETIC FILM

PROCEDE DE FABRICATION D'UN FILM MAGNETIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH DE FR GB IE LI

(30) Priorität: **09.02.1998 CH 31398**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

22.11.2000 Patentblatt 2000/47

(73) Patentinhaber:

- **Lofo High Tech Film GmbH**
79576 Weil am Rhein (DE)
- **Vacuumschmelze GmbH**
63450 Hanau (DE)

(72) Erfinder:

- **ANTOCHIN, Sergej**
D-79279 Vörstetten (DE)
- **FERNENGEL, Wilhelm**
D-63801 Kleinostheim (DE)

• **KATTER, Matthias**

D-63755 Alzenau (DE)

• **RODEWALD, Werner**

D-63584 Gründau (DE)

• **WALL, Boris**

D-63505 Langenselbold (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**

Westphal, Mussnug & Partner

Waldstrasse 33

78048 Villingen-Schwenningen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 274 034

DE-A- 2 456 121

DE-A- 4 228 520

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 117 (E-0898), 5. März 1990 & JP 01 313903 A (KUBOTA LTD), 19. Dezember 1989**

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).

EP 1 053 552 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer hartmagnetischen Folie auf Polymerbasis, insbesondere zum Einsatz in Elektromotoren oder für Sensoranwendungen.

[0002] Aufgrund der fortschreitenden Miniaturisierung in der Elektronik werden in zunehmendem Maße auch besonders kleine oder flache Elektromotoren benötigt. Für diese Motoren, die üblicherweise hartmagnetische Komponenten im Stator oder auch im Rotor enthalten, werden naturgemäß auch besonders flache Magnetkomponenten gebraucht. Ebenso besteht ein wachsender Bedarf an besonders flachen Permanentmagneten für Miniatur-Relais und Sensoren, die nach magnetischen Prinzipien arbeiten (z. B. Drehzahl- oder Positionsgeber). Zudem sollten diese Magneten möglichst flexibel sein, um sich gegebenenfalls noch nach der Magnetisierung in die gewünschte Form bringen zu lassen und einen Bruch während der Verarbeitung oder im Betrieb auszuschließen.

[0003] Aus der EP-A-0274034 sind kunstharzgebundene Magnete bestehend aus einem Polymer und einem hartmagnetischen Pulver bekannt. Das dort verwendete Pulver ist eine Nd-Legierung und hat eine Partikelgröße von 80 µm und weniger. Die Magnete können relativ dünn ausgebildet werden, sind aber keine Folien.

[0004] Nach den für die Herstellung von Dauermagneten aus pulverförmigen metallischen oder nichtmetallischen magnetischen Werkstoffen üblicherweise eingesetzten Formgebungsverfahren ist es jedoch schwierig bis unmöglich, flächige Gebilde mit einer geringen Dicke von beispielsweise 100 µm und hoher Energiedichte auf wirtschaftliche Weise herzustellen.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein wirtschaftliches Verfahren zur Herstellung eines flexiblen hartmagnetischen Materials geringer Dicke bereitzustellen.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Herstellungsverfahren nach Patentanspruch 1 gelöst.

[0007] Es wurde gefunden, dass es durch Anwendung der Gießtechnik möglich ist, trägerfreie hartmagnetische Folien aus einer Polymermatrix und einem darin verteilten hartmagnetischen Pulver herzustellen. Der Begriff "trägerfrei" bedeutet hierbei, dass die fertigen Folien nicht- wie beispielsweise die als Magnetbänder oder "Floppy-Disks" bekannten Folien - aus einem nichtmagnetischen Träger und einer magnetisierbaren ein- oder beidseitigen Beschichtung aufgebaut sind, sondern aus einer einzigen durchgehend magnetischen bzw. magnetisierbaren Schicht bestehen. Das hartmagnetische Pulver hat dabei zweckmässig eine mittlere Teilchengröße von weniger als 100 µm, vorzugsweise eine solche von weniger als 20 µm.

[0008] Die erfindungsgemäßen Magnetfolien werden dadurch hergestellt, dass (i) ein Pulver aus einem hartmagnetischen Material in einer Lösung oder Dispersion

eines Polymermaterials in einem flüchtigen Lösungsmittel dispergiert, (ii) die so erhaltene Dispersion als Film definierter Dicke auf ein umlaufendes Gießband gegossen, (iii) das Lösungsmittel verdampft und (iv) die so gebildete Folie vom Gießband abgezogen wird. Die Magnetisierung der Folie kann nach dem Verdampfen des Lösungsmittels oder zu einem späteren Zeitpunkt (z. B. nach der Konfektionierung) erfolgen, wobei wegen der Einbindung der Magnetpartikel in die Polymermatrix eine isotrope Magnetfolie erhalten wird.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Orientierung der hartmagnetischen Pulverteilchen durch ein externes Magnetfeld zwischen dem Giessvorgang und dem Abziehen der Folie.

[0010] Besonders bevorzugt ist eine Orientierung vor der Verfestigung des gegossenen Films.

[0011] Partikel aus einem anisotropen Material können sich hierbei im externen Magnetfeld ausrichten, so dass eine anisotrope Magnetfolie erhalten wird.

[0012] Die Magnetisierung und gegebenenfalls Ausrichtung können vorzugsweise mittels eines gepulsten Magnetfeldes vorgenommen werden. Hierdurch können mit Elektromagneten hohe Feldstärken bei geringem Energieverbrauch erreicht werden. Besonders leicht orientierbare hartmagnetische Pulverteilchen können auch im Luftspalt eines geeigneten Dauermagnetjoches orientiert werden.

[0013] Ein bevorzugtes flüchtiges Lösungsmittel für lösliches Polyvinylidenfluorid (-Copolymer) ist Aceton.

[0014] Die erfindungsgemäßen Folien haben vorteilhaft eine Dicke von 50 bis 2000 µm, vorzugsweise eine solche von 100 bis 500 µm.

[0015] Der Volumenanteil des hartmagnetischen Pulvers an der erfindungsgemäßen Magnetfolie kann je nach Bedarf eingestellt werden. Er beträgt vorzugsweise mindestens 50%, besonders bevorzugt mindestens 60%. Es ist möglich, den Polymeranteil so gering zu halten, dass das Polymer praktisch nur die Lücken einer annähernd dichten Packung der Pulverteilchen ausfüllt.

[0016] Als hartmagnetisches Pulver enthalten die erfindungsgemäßen Folien vorzugsweise eine oder mehrere Seltenerdlegierung(en). Es liegt jedoch ebenfalls im Rahmen der Erfindung, andere hartmagnetische Materialien wie beispielsweise Al-Ni-Co- oder Cr-Fe-Co-Legierungen oder Ferrite einzusetzen.

[0017] Besonders bevorzugt sind Seltenerdlegierungen, die sich durch die allgemeinen Formeln $SECo_5$, $(SE)_2(Co,Fe,Cu,Zr)_{17}$ oder $(SE)_2Fe_{14}B$ beschreiben lassen. Hierin bedeutet SE ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe bestehend aus Yttrium, Lanthan, Cer, Praseodym, Neodym, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium und Lutetium oder ein Gemisch mehrerer dieser Elemente. Ganz besonders bevorzugt sind die Zusammensetzungen $Sm_2(Co,Fe,Cu,Zr)_{17}$ und $(Pr,Nd,Dy)Fe_{14}B$. Legierungen dieser Typen sind beispielsweise unter den Marken VACOMAX® und VACO-DYM®

von der Firma Vacuumschmelze GmbH bzw. unter der Marke MAGNEQUENCH® von der Firma Magnequench Inc. erhältlich.

[0018] Die Polymermatrix kann grundsätzlich aus jedem in flüchtigen Lösungsmitteln löslichen oder dispergierbaren Polymeren bestehen. Es ist aber auch möglich Polymere zu verwenden, die aus niedrigviskosen Monomeren oder Oligomeren auf geeignete Weise in dünnen Schichten erhältlich sind. In diesen Fällen kann gegebenenfalls bei der Herstellung auf die Verwendung von Lösungsmitteln verzichtet werden. Vorzugsweise werden lösliche thermoplastische Materialien eingesetzt, insbesondere lösliches Polyvinylidenfluorid. Es ist jedoch auch möglich, nicht-thermoplastische Materialien wie beispielsweise Einkomponenten-Polyurethandispersionen einzusetzen.

[0019] Die hartmagnetischen Pulverteilchen können regellos (isotrop) angeordnet oder, wenn sie eine inhärente Anisotropie aufweisen, gegebenenfalls ausgerichtet sein. Vorzugsweise sind sie parallel oder senkrecht zur Folienoberfläche ausgerichtet.

[0020] Die magnetische Remanenz der erfindungsgemässen Magnetfolien wird durch die Art und die Packungsdichte der hartmagnetischen Pulverteilchen bestimmt und beträgt vorzugsweise 0,2 bis 0,8 Tesla.

[0021] Das umlaufende Gießband besteht vorzugsweise aus mattedem Edelstahl.

[0022] Eine Vorrichtung zur Herstellung der erfindungsgemässen Magnetfolie ist in Abbildung 1 dargestellt. Die eigentliche Gießvorrichtung umfasst einen temperierbaren Vorratsbehälter 1 mit Rührvorrichtung für die Gießlösung bzw. -dispersion, eine regelbare Förderpumpe 2, eine Filtereinrichtung 3 zum Abtrennen von Agglomeraten und den Gießer 4. Die Gießlösung bzw. -dispersion wird auf ein endloses Gießband 5 gegossen, welches über Walzen 6, 7 umläuft und von Heizelementen 8 indirekt beheizt wird. Das Gießband wird über eine der Walzen, welche mit einem geschwindigkeitsgeregelten Antrieb 16 versehen ist, angetrieben. Eine Kühlvorrichtung 9 kühlt gegebenenfalls die Magnetfolie 11 vor dem Abziehen vom Gießband mittels einer Abnahmevorrichtung 10. Zur Entfernung von verbleibenden Lösungsmittelresten kann die Magnetfolie gegebenenfalls vor dem Aufwickeln auf einen Wickeldorn 13 einer Nachtrocknung in einer Trockenstrecke 12 unterzogen werden, wobei die Folie vorteilhaft von einer Trägerbahn 14 unterstützt wird. Die Trägerbahn kann gegebenenfalls auch als Trennfolie dienen und zusammen mit der Magnetfolie aufgewickelt werden (nicht abgebildet). Zur Magnetisierung der Folie ist vorteilhaft ein Elektromagnet oder Dauermagnetjoch 17 in geringem Abstand über dem Giessband angebracht. Die gesamte Giess- und Trockenvorrichtung ist vorteilhaft von einem Gehäuse 15 umgeben, welches Wärmeverluste verringert und in Kombination mit einer Absaug- und Filtervorrichtung die Belastung der Produktionsräume durch Lösungsmitteldämpfe verhindert. Als Förderpumpen 2 können beispielsweise Zahnradschleppen oder

Schlauchpumpen eingesetzt werden.

[0023] Der Giesser 4 kann sowohl als Druckgiesser, bei dem die Giesslösung durch die Förderpumpe 2 mit erhöhtem Druck direkt dem Giessspalt zugeführt wird, als auch als offener Abstreifgiesser, der allein mit hydrostatischem Druck arbeitet, ausgebildet sein. In beiden Fällen wird durch entsprechende Regelung der Pumpenleistung vorteilhaft der Druck bzw. die Füllhöhe konstant gehalten. Die Foliendicke wird im wesentlichen von der Weite des Giessspaltes zwischen Giesser 4 und Giessband 5 bestimmt.

[0024] Die Heizeinrichtungen 8 führen die Wärme vorzugsweise als Strahlungswärme zu. Zur Unterstützung des Trocknungsprozesses und zur Abfuhr der Lösungsmitteldämpfe wird vorteilhaft erwärmte Luft zugeführt. Weiterhin ist es möglich, die Wärme beispielsweise über beheizte Walzen auf das Giessband zu übertragen oder dieses durch direkten Stromdurchgang oder induktiv zu erwärmen. Schliesslich kann auch der gegossene Film durch Mikrowellenenergie erwärmt werden.

[0025] Zur Erhöhung der Festigkeit der Magnetfolie vor der Abnahme vom Giessband wird diese vorteilhaft gekühlt. Zu diesem Zweck kann die Giessvorrichtung mit einer oder mehreren Einrichtungen zur Kühlung 9 versehen sein. Diese können beispielsweise als kühlbare Trommeln oder Walzen, über welcher das Giessband 5 geführt wird, ausgebildet sein, so dass die Kühlung indirekt erfolgt. Andererseits sind auch Einrichtungen zur direkten Kühlung der Folie möglich, beispielsweise in Form geeignet angeordneter Düsen zum Aufblasen von Kaltluft oder anderen Kühlmedien. Selbstverständlich ist auch eine Kombination beider Massnahmen möglich.

[0026] Da die erfindungsgemässe Magnetfolie eine relativ geringe Zugfestigkeit aufweist, ist die Abnahmevorrichtung 10 zweckmässig so ausgebildet, dass kein übermässiger Zug auf die Folie ausgeübt wird, welcher zu einer unerwünschten Verstreckung oder gar zum Reißen der Folie führen könnte. Vorteilhaft besteht die Abnahmevorrichtung aus einer Walze oder einem Walzenpaar, das eine kontrollierte Zugspannung auf die Folie ausübt und vorzugsweise so angeordnet ist, dass sich ein Abnahmewinkel von 15° bis 45° ergibt. Anstelle der Aufwickelvorrichtung 13 kann alternativ auch eine Schneide- und Stapelvorrichtung vorgesehen werden, um die Folie als Bogenstapel abzulegen.

[0027] Die folgenden Beispiele verdeutlichen die Herstellung und die Eigenschaften der erfindungsgemässen Magnetfolie.

Beispiel 1

[0028] In Aceton wurden 8,7 Teile lösliches Polyvinylidenfluorid-Copolymer (SOLEF® 21508/1001, Hersteller: Solvay Kunststoffe), 1,4 Teile Netzmittel (Disperbyk® 180, Hersteller: Byk Chemie) und 89,9 Teile Sm₂ (Co,Cu,Fe,Zr)₁₇-Magnetpulver (VACOMAX® 240, Her-

steller: Vacuumschmelze GmbH) gelöst bzw. dispergiert. Das Magnetpulver war in einer Strahlmühle unter Stickstoff gemahlen und zur Entfernung von Überkorn durch ein 80 µm-Sieb gesiebt worden. Gemäss Siebanalyse entfielen 60 Massen-% auf Teilchen <25 µm und 1,8 Massen-% auf Teilchen >40 µm. Die mittlere Teilchengrösse wurde zu 10 µm bestimmt. Der gesamte Feststoffanteil der so erhaltenen Giesslösung betrug 78,3 Massen-%, der Volumenanteil des Magnetpulvers nach dem Trocknen ca. 63%. Mit der vorstehend beschriebenen Giessvorrichtung wurde eine Folie von 120-140 µm Dicke hergestellt. Die so erhaltene Folie hatte eine Dichte von 2,9-3,3 g/cm³. Durch Variation der Giessspaltbreite und des Magnetpulvergehalts wurden weiterhin Folien von 220-230 µm Dicke und 230-235 µm Dicke mit Dichten von 3,6-3,7 g/cm³ bzw. 4,0-4,1 g/cm³ hergestellt. Die Folien besaßen eine Remanenz von 0,2-0,29 T bei Koerzitivfeldstärken von 10,6 kOe. Die Entmagnetisierungskurven der beispielgemässen Folien sind in Abbildung 2 dargestellt.

Beispiel 2

[0029] Es wurde verfahren wie in Beispiel 1 beschrieben, jedoch wurde anstelle des Sm₂(Co,Cu,Fe,Zr)₁₇-Magnetpulvers ein NdFeB-Magnetpulver eingesetzt. Die so erhaltene Magnetfolie hatte eine Dicke von 315 µm, eine Dichte von 4,11 g/cm³ und eine Remanenz von 0,35 T bei einer Koerzitivfeldstärke von 11,4 kOe. Die Entmagnetisierungskurve dieser Folie ist in Abbildung 3 dargestellt.

Beispiel 3

[0030] Es wurde wie in Beispiel 2 verfahren, jedoch wurde ein anisotropes NdFeB-Magnetpulver des Typs MAGNEQUENCH® MQP-T verwendet und die Folie nach 0,5 min Trocknungszeit einem Magnetfeld von 2,4-2,9 kOe parallel zur Oberfläche ausgesetzt, so dass sich die Pulverteilchen in der noch nicht verfestigten Folie ausrichten konnten. Die fertige anisotrope Folie hatte eine Dicke von 333 µm, eine Dichte von 4,0 g/cm³, eine Remanenz von 0,505 T parallel zur Oberfläche und eine Koerzitivfeldstärke von 11,5 kOe. Die Entmagnetisierungskurve dieser Folie ist in Abbildung 4 dargestellt.

Beispiel 4

[0031] Es wurde analog zu Beispiel 1 verfahren (Magnetpulver: VACOMAX® 240), jedoch wurde die Folie nach 0,5 min Trocknungszeit zur Ausrichtung der anisotropen Pulverteilchen gepulsten externen Magnetfeldern parallel zur Oberfläche ausgesetzt. Die Feldstärke wurde zwischen 15 kOe (12 kA/cm) und 45 kOe (36 kA/cm) variiert. Die Entmagnetisierungskurven der so erhaltenen anisotropen Magnetfolien sind zusammen mit derjenigen einer entsprechenden isotropen Folie in Abbildung 5 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Remanenz

parallel zur Oberfläche von 0,26 T bei der isotropen Folie bis auf 0,46 T nach einer Ausrichtung bei 45 kOe steigt. Die entsprechenden Werte nach Ausrichtung bei 15 kOe, 20 kOe und 30 kOe betragen 0,37 T, 0,41 T und 0,43 T. Durch die Ausrichtung der Pulverteilchen mit Magnetfeldpulsen parallel zur Folienoberfläche wird der Orientierungsgrad f_o von 0,5 bei der isotropen Magnetfolie bis auf 0,95 verbessert. Die Koerzitivfeldstärke nimmt aufgrund der verbesserten Orientierung von 11,5 kOe bei der isotropen Magnetfolie auf ca. 9 kOe bei den anisotropen Magnetfolien ab.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer hartmagnetischen Folie bestehend aus einer Polymermatrix und einem darin verteilten hartmagnetischen Pulver mit einer mittleren Teilchengrösse von weniger als 100 µm, vorzugsweise weniger als 20 µm, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mindestens die Schritte (i) Herstellung einer Dispersion eines hartmagnetischen Pulvers mit einer mittleren Teilchengrösse von weniger als 100 µm in einer Lösung oder Dispersion eines Polymermaterials in einem flüchtigen Lösungsmittel, (ii) Giessen der Dispersion des hartmagnetischen Pulvers als Film definierter Dicke auf ein umlaufendes Gießband, (iii) Verdampfen des Lösungsmittels und (iv) Abziehen der so gebildeten Folie vom Gießband umfasst.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Gießvorgang (ii) und dem Abziehen der Folie (iv) die Partikel des hartmagnetischen Pulvers durch ein externes Magnetfeld magnetisiert und orientiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Magnetisierung und Orientierung erfolgt, bevor sich der gegossene Film verfestigt hat.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das externe Magnetfeld gepulst wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das externe Magnetfeld durch ein Dauermagnetjoch erzeugt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als hartmagnetisches Pulver eine Seltenerdlegierung eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Seltenerdlegierung eine Legierung der allgemeinen Formel

SECo₅, (SE)₂(Co,Fe,Cu,Zr)₁₇ oder (SE)₂Fe₁₄B, worin SE für eines oder mehrere der Elemente Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb oder Lu steht, eingesetzt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Polymermaterial lösliches Polyvinylidenfluorid eingesetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als flüchtiges Lösungsmittel Aceton eingesetzt wird.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Dicke der Folie von 50 bis 2000 µm,

11. Verfahren nach Anspruch 10, **gekennzeichnet durch** eine Dicke der Folie von 100 bis 500 µm.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Volumenanteil des hartmagnetischen Pulvers wenigstens 50% beträgt.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hartmagnetischen Pulverteilchen parallel oder senkrecht zur Folienoberfläche ausgerichtet sind.

14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Folie eine magnetische Remanenz von 0,2 bis 0,8 T besitzt.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittlere Teilchengröße kleiner 20 µm ist.

Claims

1. Method for the production of a hard-magnetic film consisting of a polymer matrix and a hard-magnetic powder having a mean particle size of less than 100 µm, preferably less than 20 µm, distributed therein, **characterised in that** it includes at least the steps (i) producing a dispersion of a hard-magnetic powder having a mean particle size of less than 100 µm in a solution or dispersion of a polymer material in a volatile solvent, (ii) casting the dispersion of the hard-magnetic powder in the form of a film having a defined thickness on to a continuous casting belt, (iii) evaporating the solvent and (iv) removing the film formed in this manner from the casting belt.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the particles of the hard-magnetic powder are magnetised and oriented by an external magnetic field

between the casting process (ii) and the removal of the film (iv).

3. Method according to claim 2, **characterised in that** the magnetisation and orientation are effected before the cast film has solidified.

4. Method according to claim 2 or claim 3, **characterised in that** the external magnetic field is pulsed.

5. Method according to claim 2 or claim 3, **characterised in that** the external magnetic field is generated by a permanent-magnet yoke.

6. Method according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** a rare-earth alloy is used as the hard-magnetic powder.

7. Method according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** an alloy of general formula SECo₅, (SE)₂(Co, Fe, Cu, Zr)₁₇ or (SE)₂Fe₁₄B, where SE stands for one or more of the elements Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb or Lu, is used as the rare-earth alloy.

8. Method according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** soluble polyvinylidene fluoride is used as the polymer material.

9. Method according to claim 8, **characterised in that** acetone is used as the volatile solvent.

10. Method according to one of the preceding claims, **characterised by** a film thickness of 50 to 2000 µm.

11. Method according to claim 10, **characterised by** a film thickness of 100 to 500 µm.

12. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the volume content of the hard-magnetic powder is at least 50 %.

13. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the hard-magnetic powder particles are aligned parallel or perpendicularly to the film surface.

14. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the film displays magnetic remanence of 0.2 to 0.8 T.

15. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the mean particle size is less than 20 µm.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une feuille magnétique dure constituée d'une matrice polymère et d'une poudre magnétique dure qui y est répartie, avec une taille particulaire moyenne inférieure à 100 µm, de préférence inférieure à 20 µm, **caractérisé en ce qu'** il comprend au moins les étapes de
 - (i) fabrication d'une dispersion d'une poudre magnétique dure ayant une taille particulaire moyenne inférieure à 100 µm, dans une solution ou dispersion d'un matériau polymère dans un solvant volatil,
 - (ii) coulée de la dispersion de la poudre magnétique dure sous la forme d'une pellicule d'épaisseur définie sur une bande sans fin,
 - (iii) vaporisation du solvant et
 - (iv) détachement de la feuille ainsi formée de la bande de coulée.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'** entre le processus de coulée (ii) et le détachement de la feuille (iv) on magnétise et on oriente les particules de la poudre magnétique dure sous l'action d'un champ magnétique externe.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'** on procède à la magnétisation et à l'orientation avant que la pellicule coulée ne se soit solidifiée.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le champ magnétique externe est à impulsions.
5. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le champ magnétique externe est produit par une culasse d'aimant permanent.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'** on utilise comme poudre magnétique dure un alliage de terre rare.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'** on utilise comme alliage de terre rare un alliage de formule générale SECo_5 , $(\text{SE})_2(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_{17}$ ou $(\text{SE})_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, dans laquelle SE représente un ou plusieurs des éléments Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ou Lu.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'** on utilise comme matériau polymère le fluorure de polyvinylidène,
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'** on utilise comme solvant volatil l'acétone.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** une épaisseur de la feuille allant de 50 à 2000 µm.
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé par** une épaisseur de la feuille allant de 100 à 500 µm.
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la proportion volumique de la poudre magnétique dure s'élève à au moins 50 %.
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les particules de poudre magnétique dure sont orientées parallèlement ou perpendiculairement à la surface de la feuille.
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la feuille possède une rémanence magnétique de 0,2 à 0,8 T.
15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la taille particulaire moyenne est inférieure à 20 µm.

Abbildung 1

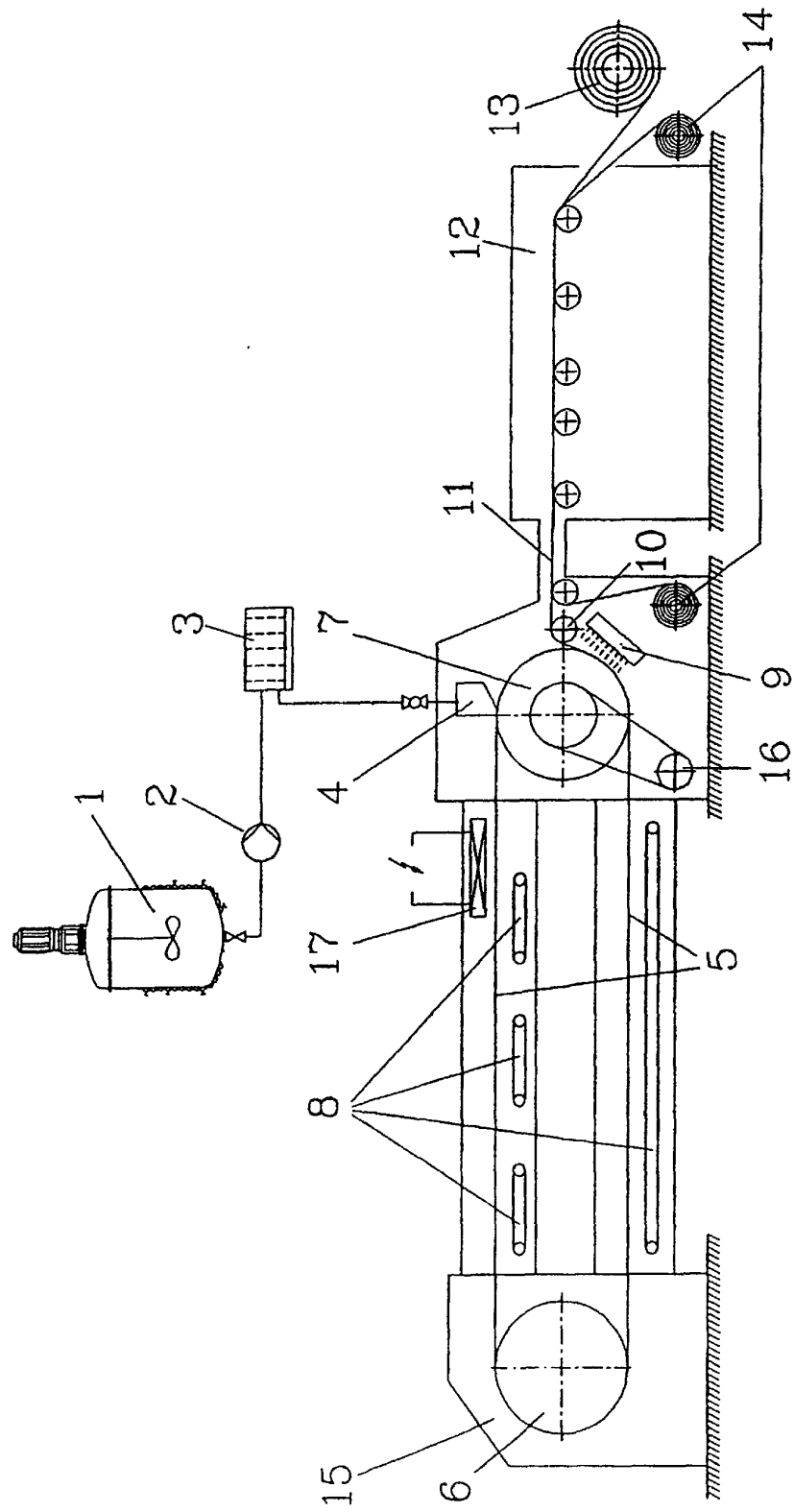


Abbildung 2

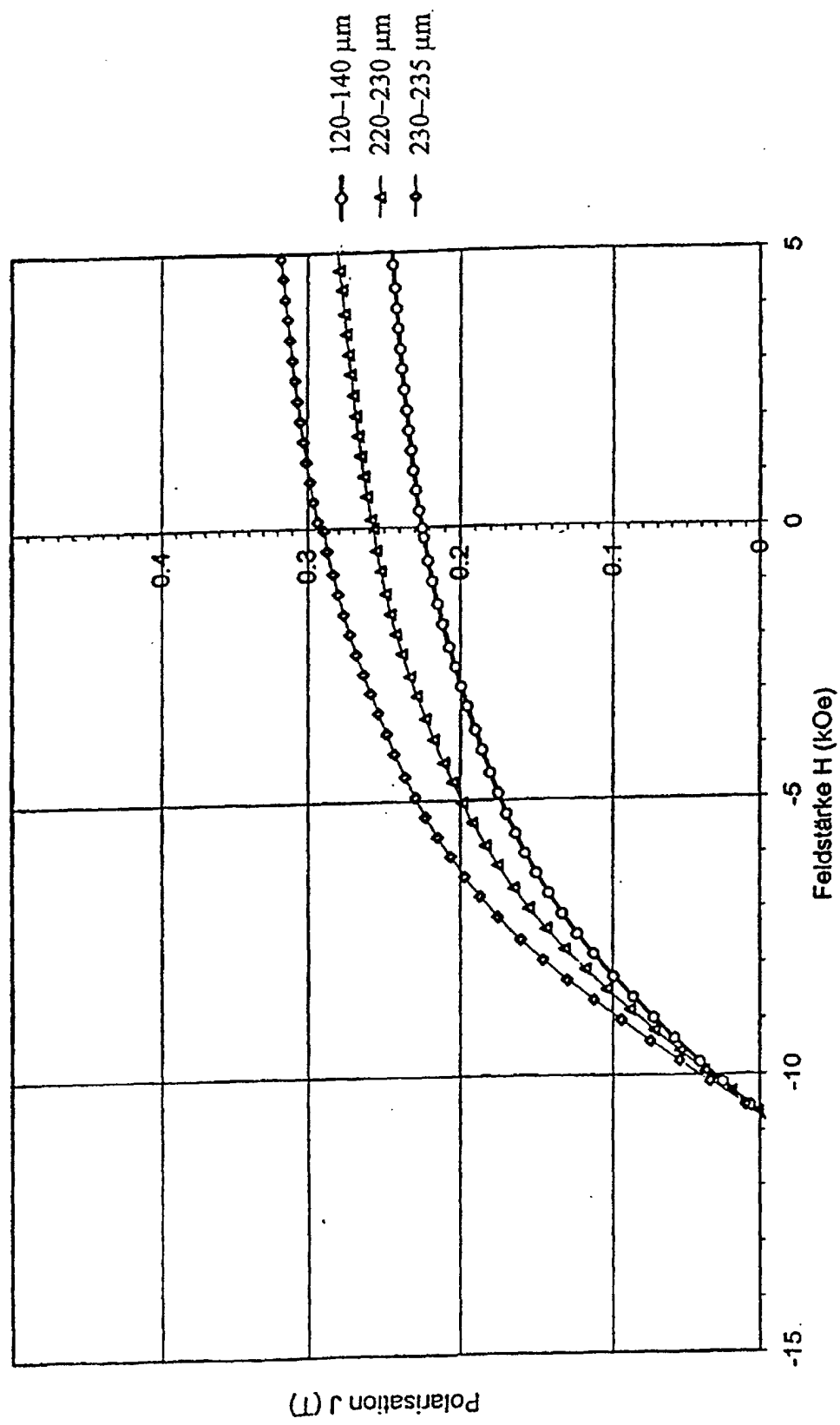


Abbildung 3

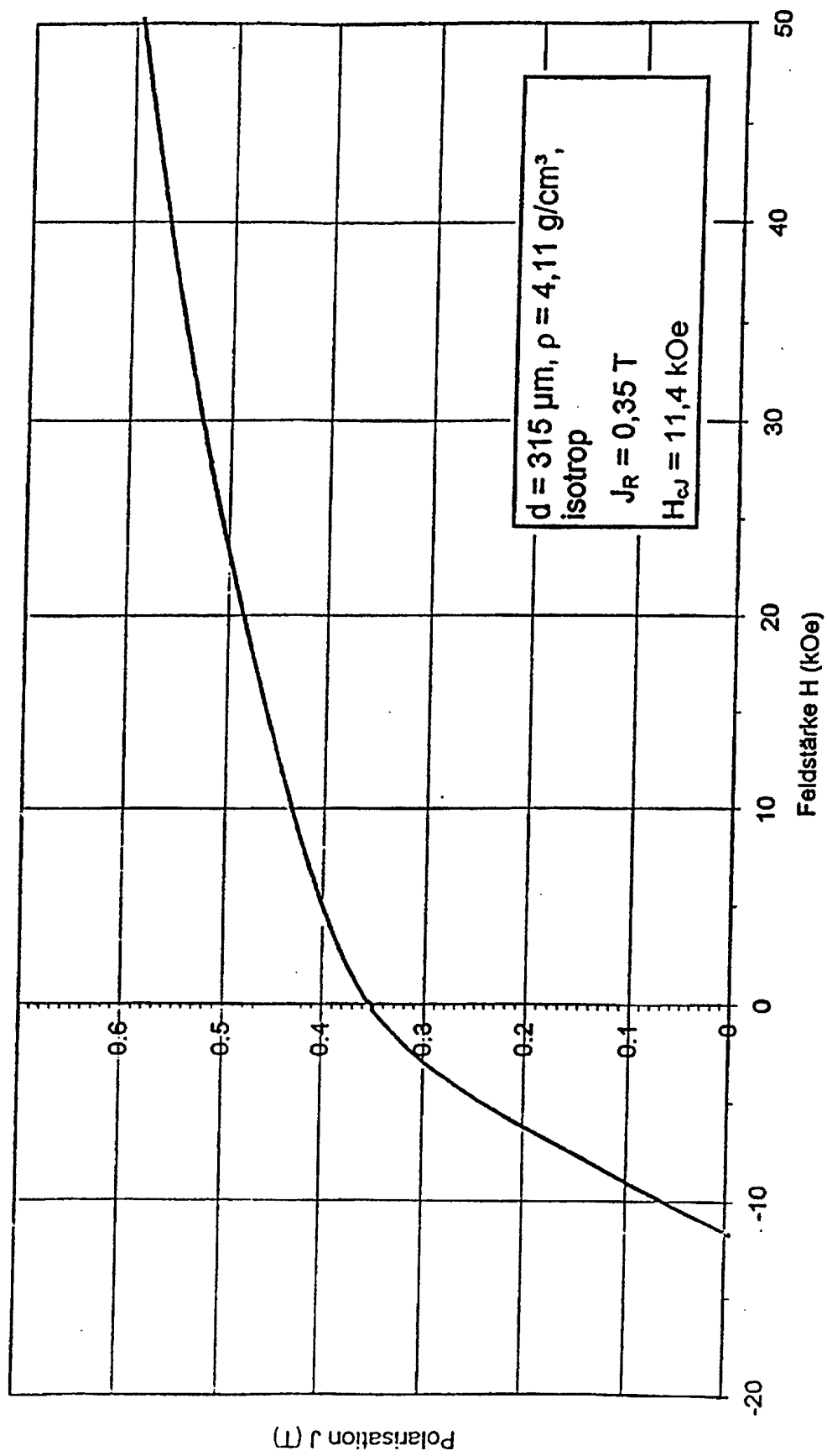


Abbildung 4

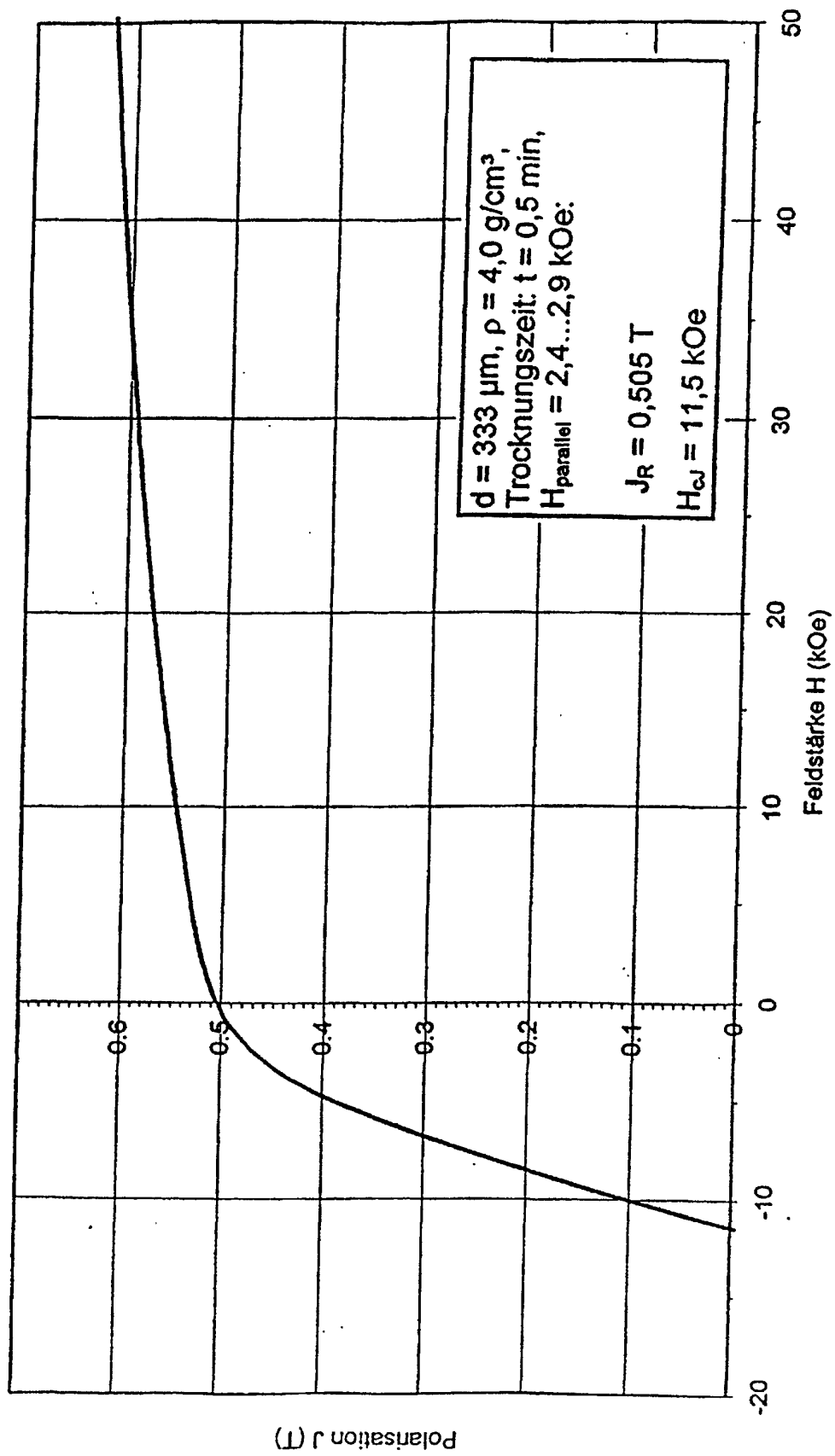


Abbildung 5

