

(19)



(11)

EP 3 008 221 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.03.2020 Patentblatt 2020/10

(51) Int Cl.:
C22C 38/00 ^(2006.01) **C22C 38/10** ^(2006.01)
C22C 38/14 ^(2006.01) **H01F 1/055** ^(2006.01)
H01F 1/059 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14728593.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/062001

(22) Anmeldetag: **10.06.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/198708 (18.12.2014 Gazette 2014/51)

(54) **MAGNETISCHES MATERIAL, SEINE VERWENDUNG UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG**

MAGNETIC MATERIAL, USE THEREOF, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

MATÉRIAU MAGNÉTIQUE, SON UTILISATION ET PROCÉDÉ POUR LE PRODUIRE

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

(30) Priorität: **13.06.2013 DE 102013009940**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.04.2016 Patentblatt 2016/16

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70469 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **HUBER, Arne**
71034 Böblingen (DE)
• **OBERLE, Jürgen**
71065 Sindelfingen (DE)

- **BOMMER, Lars**
71229 Leonberg (DE)
- **KÖPPEN, Friederike**
71679 Asperg (DE)
- **SCHNEIDER, Gerhard**
73061 Ebersbach (DE)
- **GOLL, Dagmar**
73655 Plüderhausen (DE)
- **KARIMI, Roman**
73434 Aalen (DE)
- **LÖFFLER, Ralf**
73430 Aalen (DE)
- **STEIN, Roland**
73433 Aalen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 386 286 EP-A2- 0 344 018
DE-A1- 4 408 114 DE-A1- 10 338 467

EP 3 008 221 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

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines magnetischen Materials.

[0002] Durch den in jüngster Zeit vermehrten Einsatz von Elektromotoren, nicht zuletzt im Kraftfahrzeugbau, ist der Bedarf an hoch leistungsfähigen magnetischen Materialien, und insbesondere an Dauermagneten, in den letzten Jahren stark gestiegen. Geeignete magnetische Materialien umfassen hierbei solche mit hartmagnetischen Phasen, die sich durch eine hohe remanente Magnetisierung, ein großes Koerzitivfeld und ein großes Energieprodukt auszeichnen. Durch die hohe Leistungsdichte dieser magnetischen Materialien sind sie besonders gut für den Einsatz in bauraumreduzierten Vorrichtungen geeignet. Hochleistungsfähige, dauerhaft stabile und dabei kostenextensive magnetische Materialien sind damit Schlüsselkomponenten der Elektromobilität. Als besonders leistungsfähig, also ein großes Energieprodukt aufweisend, haben sich magnetische Materialien erwiesen, die mindestens ein Seltenerdmetall wie Neodym (Nd), Praseodym (Pr) und Samarium (Sm), sowie mindestens ein Übergangsmetall wie Eisen (Fe) oder Kobalt (Co) umfassen. Oftmals werden solche Materialien zur Optimierung der Gefügestruktur und damit auch der intrinsischen Magneteigenschaften mit interstitiellen Additiven, wie beispielsweise Bor (B), Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) oder Wasserstoff (H), versetzt. Als besonders leistungsstarkes magnetisches Material hat sich $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ herausgestellt. Aufgrund seiner begrenzten chemischen, mechanischen und thermischen Langzeitstabilität, ist jedoch ein vollständiger Ersatz der herkömmlichen Ferrite durch $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ noch nicht erfolgt. Weiter nachteilig an $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ sind seine hohen Rohstoff- und Herstellkosten. Darüber hinaus ist die Verfügbarkeit von Seltenerdmetallen in so hohem Maße stark begrenzt, wodurch die Herstellmengen von Magneten auf Basis von hoch Seltenerdmetallhaltigen magnetischen Materialien, wie eben $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, stark limitiert sind.

[0003] Ein Beispiel eines magnetischen Materials findet sich in EP 0 386 286. Es offenbart, dass die Struktur des magnetischen Materials ein tetragonales $\text{RE}(\text{TM}, \text{Ti})_{12}$ mit einer ThMn_{12} -Struktur ist. Weiterhin wird offenbart, dass das magnetische Material zumindest ein Seltenerdmetall enthält, wobei das Seltenerdmetall Ce und/oder La aufweist, dass das magnetischen Material als Übergangsmetall Kobalt umfasst, und dass das Übergangsmetall Fe enthält.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Das magnetische Material hergestellt gemäß dem Verfahren definiert im Anspruch 1 zeichnet sich durch ausgezeichnete magnetische Eigenschaften, und damit eine hohe remanente Magnetisierung, eine hohe

Koerzitivfeldstärke, sowie ein großes Energieprodukt aus. Seine mechanische, magnetische, sowie thermische Stabilität ist hoch, was es für den Einsatz in stark beanspruchten, also beispielsweise beweglichen Vorrichtungen, wie Kraftfahrzeugen und mobilen elektronischen Geräten, prädestiniert. Durch die Verwendung mindestens eines Übergangsmetalls (TM), mindestens eines Seltenerdmetalls (RE) und Titan, wobei der Gehalt an Übergangsmetall 82 bis 86 Atom%, der Gehalt an Seltenerdmetall (RE) 7 bis 9 Atom% und der Gehalt an Titan 7 bis 9 Atom%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse des magnetischen Materials, beträgt, und wobei das Übergangsmetall Kobalt umfasst, wird ein hoch effizientes magnetisches Material erhalten, das sich durch besonders gute mechanische Eigenschaften, und insbesondere durch hervorragende magnetische Kennwerte, auszeichnet. Durch den spezifischen Gehalt an Titan wird zum einen das Gittergefüge des magnetischen Materials stabilisiert und zum anderen die Ausprägung der Anisotropie gefördert. Ferner wurde gefunden, dass Kobalt, gerade in der o.g. Kombination mit Titan einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der magnetischen Kennwerte des magnetischen Materials beiträgt. Durch Kombination eines Übergangsmetalls, eines Seltenerdmetalls und Titan mit Kobalt wird die Anisotropiekonstante und Sättigungspolarisation erhöht. Dies bedeutet, dass durch die Elementkombination sowohl die Stärke des magnetischen Materials als auch dessen Entmagnetisierfestigkeit, also seine Koerzitivfeldstärke, und damit die Leistungsdichte des magnetischen Materials verbessert werden. Ferner kann hierdurch der Gehalt an Seltenerdmetall effektiv reduziert werden, was die Rohstoffkosten des magnetischen Materials senkt und eine hohe Verfügbarkeit der Rohstoffe sichert. So kann Versorgungsengpässe vorgebeugt und eine Limitierung der Herstellmengen umgangen werden. Zudem wird durch den Zusatz von Kobalt die Curie-Temperatur des magnetischen Materials deutlich angehoben, was die Anwendung des magnetischen Materials besonders dort fördert, wo sehr hohe Temperaturen auftreten, wie beispielsweise in Elektromotoren und Generatoren. Durch Verwendung des erfindungsgemäßen magnetischen Materials eröffnen sich folglich vielfache Anwendungsmöglichkeiten auch in Niedrigpreisprodukten, ohne deren qualitative Eigenschaften nachteilig zu beeinflussen. Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0005] Gemäß der Erfindung umfasst das Übergangsmetall Kobalt mit einem Gehalt von 8 bis 20 Atom%, bezogen auf den Gesamtgehalt in Atom% an Übergangsmetall. Hierdurch wird ein optimaler Kompromiss zwischen sehr guten magnetischen Eigenschaften und moderater Kostenstruktur des magnetischen Materials erzielt.

[0006] Das Übergangsmetall enthält Eisen. Eisen bildet mit Seltenerdmetallen, Titan und Kobalt besonders stabile Gitterstrukturen und tragen verstärkt zur Ausprägung der gewünschten vorteilhaften magnetischen Ei-

genschaften, also insbesondere zur Sättigung und Erhöhung der magnetischen Anisotropie des erfindungsgemäßen Materials, bei. Ferner ist ihre Verfügbarkeit am Markt bei relativ niedrigen Rohstoffkosten hoch, was die Materialkosten des erfindungsgemäßen magnetischen Materials deutlich reduziert. Die unter diesen Metallen bevorzugte Verwendung von Fe ist auf seine gesundheitliche, sowie ökologische Unbedenklichkeit und darüber hinaus auch auf seine im Vergleich zu Ni und Mn noch einmal deutlich reduzierten Rohstoffkosten zurückzuführen.

[0007] Es ist vorgesehen, dass das Seltenerdmetall Ce und/oder La ist. Die angeführten Seltenerdmetalle La und Ce haben sich als besonders gut kompatibel mit den übrigen erfindungswesentlichen Komponenten erwiesen, und fördern ihrerseits die Bildung dauerhaft stabiler Kristallgitterstrukturen mit hoher Anisotropie, wodurch die magnetischen Eigenschaften des magnetischen Materials verbessert werden. Aufgrund der besonders hohen Verfügbarkeit und relativ niedrigen Rohstoffkosten ist die Verwendung der Elemente La und Ce vorgesehen.

[0008] Weiter beträgt der Gehalt an Übergangsmetall 82 bis 86 Atom%, der Gehalt an Seltenerdmetall 7 bis 9 Atom% und der Gehalt an Titan 7 bis 9 Atom%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse des magnetischen Materials. Hierdurch werden die Leistungsdichte und die mechanischen Eigenschaften des erfindungsgemäßen magnetischen Materials verbessert. Insbesondere werden somit die remanente Magnetisierung und die Koerzitivfeldstärke des erfindungsgemäßen magnetischen Materials bei reduziertem Gehalt an Seltenerdmetall, und damit optimierter Kostenstruktur, maximiert.

[0009] Die Struktur des magnetischen Materials ist tetragonales RE(TM,Ti)_{12} , was sich aufgrund der vorteilhaften Elektronenstruktur und Elektronenkonfiguration, sowie der Spin- und Bahnmomente der Atome positiv auf die Ausbildung anisotroper Phasen des magnetischen Materials auswirkt.

[0010] Weiter wird auch ein Dauermagnet beschrieben, der ein wie oben beschriebenes magnetisches Material umfasst. Das Material liegt in dem Dauermagneten als hartmagnetische Phase vor. Der Dauermagnet kann neben dem magnetischen Material weitere magnetische oder nichtmagnetische Phasen aufweisen, kann aber auch nur aus dem magnetischen Material bestehen. Der Dauermagnet kann beispielsweise kunststoffgebunden sein.

[0011] Die für das magnetische Material beschriebenen vorteilhaften Effekte, Vorteile und Weiterbildungen finden auch Anwendung auf den Dauermagneten.

[0012] Erfindungsgemäß wird auch ein Verfahren zum Herstellen eines magnetischen Materials beschrieben, wobei das Verfahren durch die Schritte des Mischens mindestens eines Übergangsmetalls (TM), mindestens eines Seltenerdmetalls (RE) und Titan, wobei der Gehalt an Übergangsmetall 82 bis 86 Atom%, der Gehalt an Seltenerdmetall 7 bis 9 Atom% und der Gehalt an Titan 7 bis 9 Atom%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse

des magnetischen Materials, beträgt und wobei das Übergangsmetall Kobalt umfasst und des Schmelzens der erhaltenen Mischung, gekennzeichnet ist. Das Übergangsmetall enthält auch Eisen. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird auf einfache und kostengünstige Weise ein magnetisches Material mit hoher Leistungsdichte, einer ausgezeichneten remanenten Magnetisierung und Koerzitivfeldstärke, sowie großem Energieprodukt bereitgestellt, das ferner eine sehr gute mechanische Stabilität aufweist.

[0013] Das Schmelzen der Mischung aus den erfindungswesentlichen Elementen kann beispielsweise im Lichtbogen oder im Vakuumofen erfolgen. Durch diese Verfahrensführung wird gewährleistet, dass alle Elemente vollständig aufgeschmolzen werden, ohne dass es dabei zu Oxidation des Materials kommt, so dass ein homogenes Kristallgefüge gebildet wird, was nicht nur die mechanische Stabilität des sich bildenden magnetischen Materials vorteilhaft beeinflusst, sondern in erheblichem Maße auch die gewünschten magnetischen Eigenschaften prägt.

[0014] Die für das magnetische Material beschriebenen vorteilhaften Eigenschaften, Effekte und Weiterbildungen finden auch Anwendung auf das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines solchen magnetischen Materials. Ferner sei ausgeführt, dass sich das oben beschriebene magnetische Material durch das erfindungsgemäße Verfahren herstellen lässt.

[0015] Entsprechend der vorliegenden Erfindung erfolgt in einem sich an das Schmelzen anschließenden Schritt eine Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 500 °C und 1500 °C vorzugsweise zwischen 700 °C und 1100 °C, für eine Dauer von 5 bis 12 Tage. Durch diese Wärmebehandlung, die vorzugsweise unter Schutzgasatmosphäre, und insbesondere unter Argon, ausgeführt wird, wird die vollständige Ausbildung des magnetischen Materials, erfindungsgemäß als hartmagnetische Phase, begünstigt.

[0016] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die erhaltene Mischung nach dem Schmelzen oder nach erfolgter Wärmebehandlung in einem sich anschließenden Schritt gemahlen und/oder einer Nitridierung unterzogen. Das Mahlen der erhaltenen Mischung fördert seine weitere Verarbeitbarkeit, beispielsweise zu einem gesinterten magnetischen Material. Durch eine Nitridierung können die magnetischen Eigenschaften des Materials, und insbesondere seine Anisotropie, verbessert werden. Besonders vorteilhaft wird die erhaltene Mischung zunächst gemahlen und anschließend nitridiert, da auf diese Weise eine gleichmäßige Nitridierung auch bis ins feinste Korn erzielt werden kann, wodurch die magnetischen Eigenschaften des resultierenden Materials besonders stark verbessert werden.

[0017] Die vorliegende Erfindung erzeugt auch einen kunststoffgebundenen Magnet, der ein wie vorstehend beschriebenes magnetisches Material oder ein durch das vorstehend beschriebene Verfahren hergestelltes

magnetisches Material enthält. Das magnetische Material kann dabei auch mittels Rascherstarrung (meltspinning) hergestellt sein.

[0018] Weiter wird auch die Verwendung eines wie oben ausgeführten magnetischen Materials vorzugsweise in Windkraftanlagen, PKW, NKW, Startern, Elektromotoren, Lautsprechern und mikroelektromechanischen Systemen, beschrieben. Aufgrund der herausragenden magnetischen Eigenschaften des magnetischen Materials, sowie seiner ausgezeichneten Stabilität, und damit auch seiner vorteilhaften Einsatzfähigkeit in bauraumreduzierten Anwendungen und Anwendungen unter hohen Temperaturen, ist die Verwendung in den genannten Vorrichtungen von besonderem Vorteil.

[0019] Weiter wird eine elektrische Maschine beschrieben, insbesondere ein Generator, Kraftfahrzeug, Starter, Elektromotor, Lautsprecher oder mikroelektromechanisches System beschrieben, die das magnetische Material oder mindestens einen Dauermagnet oder ein magnetisches Material, das nach dem vorstehenden erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde, enthält. Die elektrische Maschine weist sehr gute magnetische Eigenschaften und eine hohe thermische Stabilität bei moderater Kostenstruktur auf.

[0020] Die für das magnetische Material, sowie das erfindungsgemäße Verfahren beschriebenen Vorteile, vorteilhaften Effekte und bevorzugten Weiterbildungen finden auch Anwendung auf den kunststoffgebundenen Magnet sowie die elektrische Maschine.

Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)

[0021] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung im Detail beschrieben. In der Zeichnung ist:

- Figur 1 eine lichtmikroskopische Aufnahme eines Schliffes des magnetischen Materials gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung im polarisierten Licht,
- Figur 2 eine lichtmikroskopische Aufnahme eines Schliffes eines Cer-, Eisen- und Titanhaltigen magnetischen Materials im polarisierten Licht,
- Figur 3 ein Diagramm, in dem die Sättigungspolarisation J_s der magnetischen Materialien aus den Figuren 1 und 2 bei unterschiedlichen Temperaturen aufgetragen sind,
- Figur 4 ein Diagramm, das ein erstes Beispiel für eine Wärmebehandlung gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung darstellt,
- Figur 5 ein Diagramm, in dem die Sättigungspolarisation J_s eines magnetischen Materials gemäß einer ersten vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung gegen den Kobaltanteil aufgetragen ist und
- Figur 6 ein Diagramm, in dem die Curie-Temperatur T_c eines magnetischen Materials gemäß einer ersten vorteilhaften Weiterbildung der Er-

findung gegen den Kobaltanteil aufgetragen ist.

Ausführungsformen der Erfindung

[0022] Figur 1 zeigt eine lichtmikroskopische Aufnahme eines Schliffes des magnetischen Materials 10 im polarisierten Licht. Das Material 10 hat folgende Zusammensetzung: $\text{Fe}_{64}\text{Co}_{2,6}\text{Ce}_{8,0}\text{Ti}_{8,0}$ und liegt vorzugsweise mit einer überwiegend tetragonalen $\text{Ce}(\text{Fe}/\text{Co},\text{Ti})_{12}$ (ThMn_{12} -) Struktur vor. Die Zusammensetzung wurde mittels EDX (Energiedispersiver Röntgenspektroskopie) und die Kristallstruktur mittels Röntgenspektroskopie bestimmt.

[0023] Das magnetische Material 10 wurde durch Mischen und Schmelzen der einzelnen Elemente im Lichtbogenofen erhalten. Durch Temperaturbehandlung bei 1050 °C für 230 Stunden unter Argon, bildete sich eine hartmagnetische Phase aus.

[0024] Das magnetische Material 10 aus Figur 1 liegt somit als hartmagnetische Phase vor, was an dem so genannten Kerr-Muster, also einem - je nach Betrachtungswinkel rosettenartigen oder streifigen Muster, zu erkennen ist, das das Vorhandensein einer starken hartmagnetischen Phase aus $\text{Ce}(\text{Fe}/\text{Co},\text{Ti})_{12}$ anzeigt. Die Abschlussdomänen sind relativ breit, was sich in einer hohen Anisotropiekonstante K_1 von ca. 3,0 MJ/m³ widerspiegelt. Die Anisotropiekonstante K_1 kann wie in folgender Literatur beschrieben, ermittelt werden: R. Bodenberger, A. Hubert, Phys. Stat. Sol. (a) 44, K7-K11 (1977). Das magnetische Material 10 zeichnet sich somit durch ein großes Energieprodukt, eine hohe Curie-Temperatur, eine hohe Koerzitivfeldstärke, hohe remanente Magnetisierung, sowie gute, durch die homogene Kristallstruktur bedingte, mechanische Eigenschaften aus.

Figur 2 zeigt eine lichtmikroskopische Aufnahme eines Schliffes eines Cer, Eisen und Titan haltigen magnetischen Materials 20. Das magnetische Material 20 hat folgende Zusammensetzung: $\text{Fe}_{84,2}\text{Ce}_{8,7}\text{Ti}_{7,1}$ und liegt vorzugsweise mit einer tetragonalen $\text{Ce}(\text{Fe},\text{Ti})_{12}$ Struktur vor. Die Zusammensetzung wurde mittels EDX (Energiedispersiver Röntgenspektroskopie) und die Kristallstruktur mittels Röntgenspektroskopie bestimmt.

[0025] Das magnetische Material 20 wurde ebenfalls durch Mischen und Schmelzen der einzelnen Elemente im Lichtbogenofen erhalten. Durch Temperaturbehandlung bei 1050 °C für 230 Stunden unter Argon, bildete sich eine hartmagnetische Phase aus.

Das magnetische Material 20 zeigt ebenfalls ein Kerr-Muster, jedoch sind die Abschlussdomänen im Vergleich zu dem anderen magnetischen Material deutlich schmaler. Dies äußert sich in einer niedrigeren Anisotropiekonstante von ca. 2,5 MJ/m³ und damit schlechteren magnetischen Kennwerten. Durch die Abwesenheit von Kobalt ist zudem die thermische Stabilität des magnetischen Materials 20 gering.

Figur 3 ist ein Diagramm, in dem die Sättigungspolarisation J_s der magnetischen Materialien aus den Figuren 1

und 2 bei unterschiedlichen Temperaturen aufgetragen sind. Deutlich erkennbar ist, dass die Sättigungspolarisation des magnetischen Materials 10 gegenüber dem Material 20 durch die Zugabe von Kobalt ansteigt, wodurch auch die Temperaturstabilität verbessert wird. Entsprechend nimmt auch die Curie-Temperatur durch die Zugabe von Kobalt zu, was vor allen Dingen für Anwendungen, in denen hohe Temperaturen vorherrschen, wie z.B. in einem Elektromotor, wichtig ist.

Figur 4 zeigt ein Diagramm, das ein erstes Beispiel für eine Wärmebehandlung gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung darstellt. Wie bereits ausgeführt, wird durch eine sich beispielsweise an das Schmelzen der erfindungswesentlichen Elemente zu einem magnetischen Material anschließende Wärmebehandlung, vorteilhafterweise unter Schutzgas, die vollständige Ausprägung einer hartmagnetischen Phase sichergestellt. In einem ersten Schritt wird hierzu das aufgeschmolzene Material nach Abkühlung innerhalb von etwa 5 Stunden im Vakuumofen auf 1050 °C erhitzt, für etwa 235 Stunde auf etwa 1050 °C gehalten, dann innerhalb von etwa 5 Stunden auf Raumtemperatur (etwa 20 °C) abgekühlt. Hierdurch wird ein magnetisches Material mit exzellenten magnetischen Eigenschaften, also ein magnetisches Material mit einer vollständig ausgeprägten hartmagnetischen Phase, das insbesondere aus Hartmagnetkörnern besteht, gebildet, das sich ferner durch hervorragende mechanische und thermische Stabilität auszeichnet.

[0026] Figuren 5 und 6 zeigen Diagramme, in denen zum einen die Sättigungspolarisation J_s in Tesla des magnetischen Materials gegen den Kobaltanteil in Atomprozent (At.%) und zum anderen die Curie-Temperatur T_c in °C gegen den Kobaltanteil in Atomprozent aufgetragen ist. Das magnetische Material hatte folgende Zusammensetzung: 8 Atom-% Ti, 8 Atom-% Ce, Fe und Co, wobei Fe als Ausgleich diente und die Menge an Co variiert wurde. Das magnetische Material wurde durch Mischen der jeweiligen Elemente und Schmelzen derselben im Lichtbogen hergestellt.

Im Detail sind Figur 5 zwei Kurven zu entnehmen, die bei unterschiedlichen Temperaturen (300 K und 400 K) aufgenommen wurden. Beide Kurven zeigen, dass die Sättigungspolarisation J_s mit steigendem Kobaltanteil zunimmt. Ferner ist zu erkennen, dass die Sättigungspolarisation bei der höheren Temperatur (400 K) nicht mehr so stark abfällt.

[0027] Die Kurve in Figur 6 zeigt, dass mit zunehmendem Kobaltanteil die Curie-Temperatur T_c ansteigt. Dadurch kann das magnetische Material besonderes gut in Hochtemperaturanwendungen verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines magnetischen Materials, wobei eine Struktur des magnetischen Materials tetragonales $\text{RE}(\text{TM}, \text{Ti})_{12}$ mit einer

ThMn_{12} -Struktur ist, durch

- Mischen mindestens eines Übergangsmetalls (TM), mindestens eines Seltenerdmetalls (RE) und Titan, wobei der Gehalt an Übergangsmetall 82 bis 86 Atom%, der Gehalt an Seltenerdmetall 7 bis 9 Atom% und der Gehalt an Titan 7 bis 9 Atom%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse des magnetischen Materials, beträgt und wobei das Übergangsmetall Kobalt mit einem Gehalt von 8 bis 20 Atom%, bezogen auf den Gesamtgehalt in Atom% an Übergangsmetall, umfasst, wobei das Übergangsmetall Fe enthält, und das Seltenerdmetall Ce und/oder La ist, und das magnetische Material eine starke hartmagnetische Phase aus $\text{Ce}(\text{Fe}/\text{Co}, \text{Ti})_{12}$ und/oder $\text{La}(\text{Fe}/\text{Co}, \text{Ti})_{12}$ aufweist. und
- Schmelzen der erhaltenen Mischung bis ein homogenes Gemisch entsteht, und, dass in einem sich an das Schmelzen anschließenden Schritt eine Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 500 °C und 1500 °C, für eine Dauer von 5 bis 12 Tage, erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 700 °C und 1100 °C erfolgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erhaltene Mischung in einem weiteren Schritt gemahlen und/oder einer Nitridierung unterzogen wird.

Claims

1. Process for producing a magnetic material, wherein one structure of the magnetic material is tetragonal $\text{RE}(\text{TM}, \text{Ti})_{12}$ having a ThMn_{12} structure, by

- mixing of at least one transition metal (TM), at least one rare earth metal (RE) and titanium, where the content of transition metal is from 82 to 86 atom%, the content of rare earth metal is from 7 to 9 atom% and the content of titanium is from 7 to 9 atom%, in each case based on the total mass of the magnetic material, and where the transition metal comprises cobalt in a proportion of from 8 to 20 atom%, based on the total content in atom% of transition metal, where the transition metal contains Fe, the rare earth metal is Ce and/or La and the magnetic material comprises a strong hard-magnetic phase composed of $\text{Ce}(\text{Fe}/\text{Co}, \text{Ti})_{12}$ and/or $\text{La}(\text{Fe}/\text{Co}, \text{Ti})_{12}$, and
- melting of the mixture obtained until a homogeneous mixture is formed, and that a heat treatment at a temperature in the range from 500°C to 1500°C for a time of

from 5 to 12 days is carried out in a step following melting.

2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the heat treatment is carried out at a temperature in the range from 700°C to 1100°C. 5
3. Process according to either Claim 1 or 2, **characterized in that** the mixture obtained is milled and/or subjected to nitriding in a further step. 10

Revendications

1. Procédé pour la préparation d'un matériau magnétique, une structure du matériau magnétique étant tétragonale $RE(TM,Ti)_{12}$ dotée d'une structure $ThMn_{12}$, par 15
 - mélange d'au moins un métal de transition (TM), d'au moins un métal des terres rares (RE) et de titane, la teneur en métal de transition étant de 82 à 86 % en atomes, la teneur en métal des terres rares étant de 7 à 9 % en atomes et la teneur en titane étant de 7 à 9 % en atomes, à 20
 - chaque fois par rapport à la masse totale du matériau magnétique, et le métal de transition comprenant du cobalt en une teneur de 8 à 20 % en atomes par rapport à la teneur totale en % en atomes de métal de transition, le métal de transition contenant Fe, et le métal des terres rares étant Ce et/ou La, et le matériau magnétique présentant une phase magnétique fortement dure composée de $Ce(Fe/Co, Ti)_{12}$ et/ou $La(Fe/Co, Ti)_{12}$, et 25
 - fusion du mélange obtenu jusqu'à ce qu'un mélange homogène apparaisse, et que dans une étape consécutive à la fusion, un traitement thermique à une température comprise entre 500 °C et 1500 °C pendant une durée de 5 à 12 jours est réalisé. 30
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le traitement thermique est réalisé à une température comprise entre 700 °C et 1100 °C. 35
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** le mélange obtenu est, dans une étape supplémentaire, moulu et/ou soumis à une nitruration. 40

55

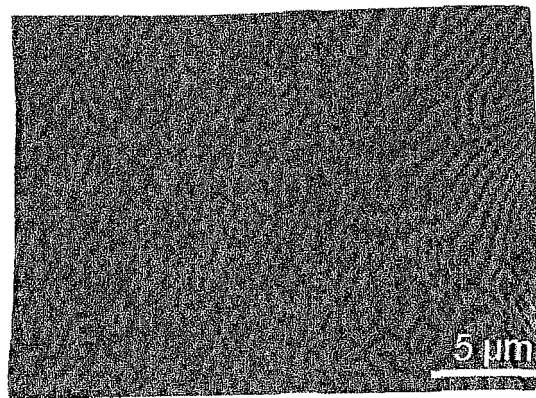


Fig. 1

10

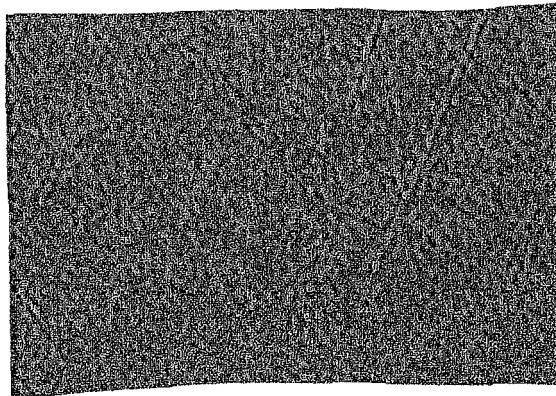


FIG. 2



20

Fig. 3

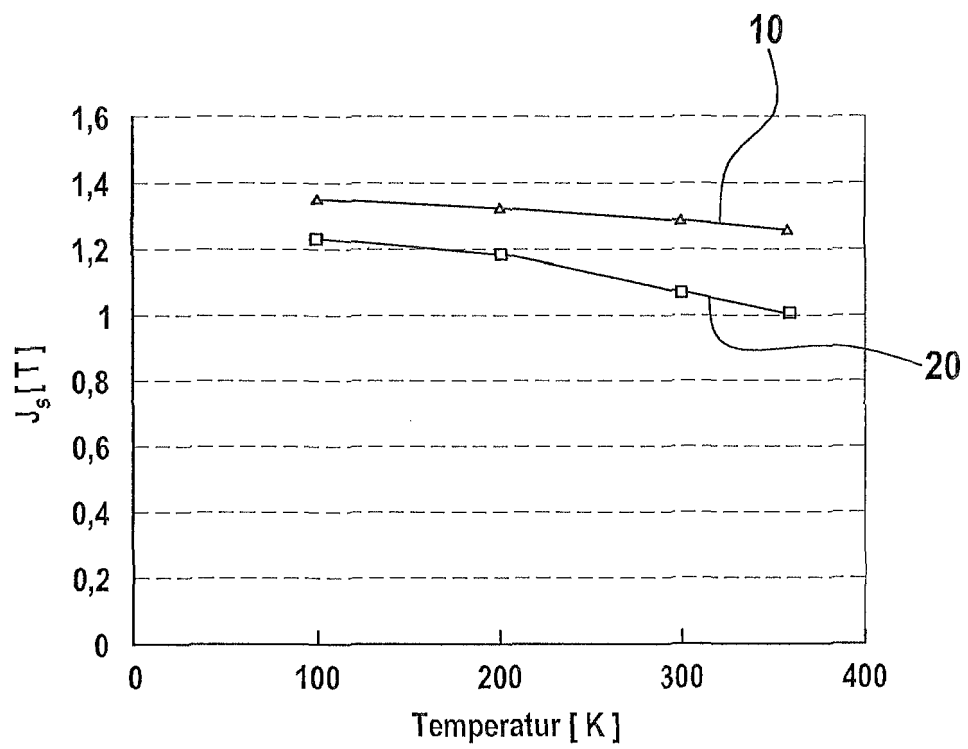


Fig. 4

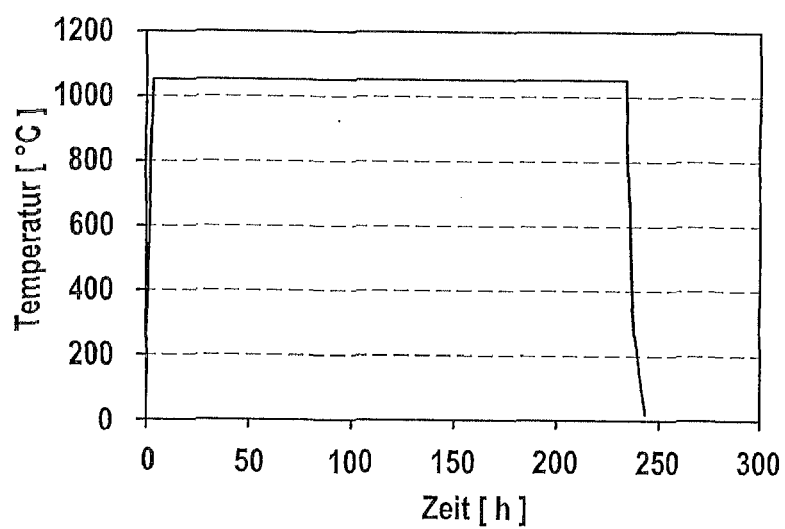


Fig. 5

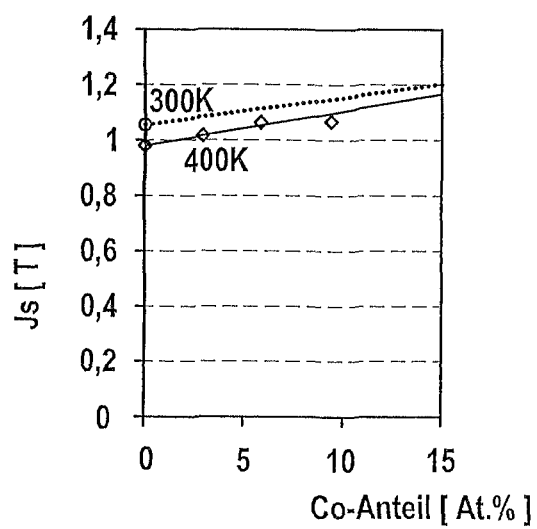
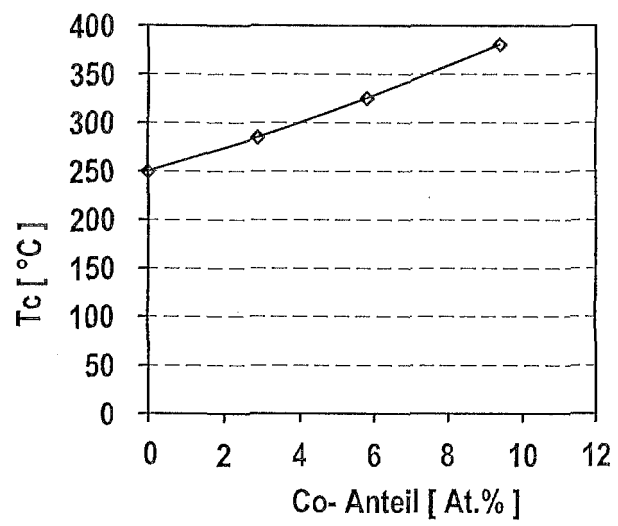


Fig. 6



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 0386286 A [0003]