



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 603 13 375 T2 2007.08.16

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 647 343 B1

(51) Int Cl.⁸: **B22D 11/06** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 13 375.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 024 953.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **30.06.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.04.2006**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **18.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.08.2007**

(30) Unionspriorität:

2002230802	08.08.2002	JP
2003044511	21.02.2003	JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR**

(73) Patentinhaber:

Neomax Co., Ltd., Osaka, JP

(72) Erfinder:

Kanekiyo, Hirokazu, Kyoto-shi Kyoto 610-1152, JP

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **Einrichtung und Verfahren zur Herstellung einer Rasch Erstarren Legierung für Magnete**

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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen ein Verfahren zur Herstellung einer Magnetlegierung, durch schnelles Abkühlen und Verfestigen einer geschmolzenen Legierung. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Legierungsmaterials für Nanokompositmagneten, welche in verschiedenen Arten von Motoren, Messgeräten, Sensoren und Lautsprechern verwendet werden. Noch genauer betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer schnell verfestigten Legierung, welche zur Herstellung eines Nanokompositmagneten verwendet wird, wobei die weichmagnetischen Phasen, wie Boride auf Eisenbasis und Eisen und eine hartmagnetische Phase, wie eine $R_2Fe_{14}B$ -Verbindung (wobei R ein Seltenerdenelement ist), magnetisch miteinander gekoppelt sind. Es sollte jedoch festgehalten werden, dass die schnell verfestigte Legierung, welche durch das Verfahren der vorliegenden Erfindung hergestellt werden kann, nicht nur für Nanokompositmagneten eingesetzt werden kann, sondern auch in Verbundmagneten (einschließlich Gummimagneten) und Sintermagneten. Die vorliegende Erfindung betrifft des Weiteren ein Magnetpulver, welches durch das Pulverisieren der schnell verfestigten Legierung erhalten wird und ein Magnetkörper, bestehend aus dem Magnetpulver.

STAND DER TECHNIK

[0002] Ein Nanokompositmagnet mit einer Struktur, bei welcher eine hartmagnetische Phase, wie $R_2Fe_{14}B$, und weichmagnetische Phasen, wie Fe_3B (einschließlich $Fe_{3,5}B$) und α -Fe, magnetisch über Austauschwechselwirkungen gekoppelt sind, wird nun als ein Magnet auf R-Fe-B-Basis untersucht. Ein Pulver eines Nanokompositmagneten wird in einer vorbestimmten Form mit einem Harz-Bindemittel verdichtet, wodurch ein isotroper Verbundmagnet gebildet wird.

[0003] Bei der Herstellung eines Nanokompositmagneten wird eine schnell abgekühlte und verfestigte Legierung, welche entweder eine amorphe Struktur oder wenigstens eine Struktur aufweist, bestehend hauptsächlich aus amorphen Phasen (welche hier als eine "schnell verfestigte Legierung" bezeichnet wird), häufig als ein Ausgangsmaterial verwendet. Wenn diese schnell verfestigte Legierung einer Wärmebehandlung unterworfen wird, kristallisiert diese schnell verfestigte Legierung und wird schließlich zu einem Permanentmagnetmaterial mit einer Nanokompositstruktur mit einer mittleren Kristallkomgröße von ungefähr 10^{-9} m bis ungefähr 10^{-6} m.

[0004] Die Struktur der erwärmten und kristallisierten Legierung hängt stark von der Struktur der schnell verfestigten Legierung ab, die erwärmt und kristallisiert werden muss. Um einen Nanokompositmagnet mit ausgezeichneten magnetischen Eigenschaften zu erhalten, ist es aus diesem Grund wichtig, wie die Bedingungen des schnellen Abkühlens und des Verfestigens einer geschmolzenen Legierung definiert werden, da diese Bedingungen die spezifische Struktur (z.B. den Prozentanteil der amorphen Phasen) der resultierenden schnell verfestigten Legierung bestimmen.

[0005] Ein schnelles Abkühlverfahren, welches mit einer Maschine durchgeführt wird, wie die in [Fig. 1](#) dargestellte (z.B. eine Schmelzspinnvorrichtung), ist als ein herkömmliches Verfahren bekannt, solche schnell verfestigte Legierung mit einem größeren Volumenprozentanteil an amorphen Phasen herzustellen. Bei diesem Verfahren wird eine geschmolzene Legierung aus einer Düse, welche eine Öffnung mit einem Innendurchmesser von ungefähr 1 mm oder weniger an dem Boden aufweist, auf eine rotierende Kühlwalze ausgestoßen und durch die Walze schnell abgekühlt verfestigt, um so eine dünne amorphe verfestigte Legierung zu erhalten.

[0006] Verfahren dieser Art wurden untersucht und von Universitäten und Organisationen, die sich mit der Untersuchung von magnetischen Materialien beschäftigen, berichtet. Eine Vorrichtung, welche in diesen Forschungsuntersuchungen oder Berichten eingesetzt wird, ist jedoch nur für experimentelle Zwecke entworfen, um so einige Gramm bis einige hundert Gramm der Legierung im Inneren einer Düse zu schmelzen und aus der Düse auszustoßen. Das heißt, eine Maschine mit solch einer niedrigen Verarbeitungsrate kann kein Legierungsmaterial für einen Nanokompositmagneten erzeugen.

[0007] Obwohl sie nicht speziell aufgebaut ist, um eine Magnetlegierung herzustellen, ist eine Vorrichtung, umfassend eine Vielzahl von Düsen zum Ausstoßen einer geschmolzenen Legierung auf eine Kühlwalze zum Beispiel in den offengelegten japanischen Veröffentlichungen Nr. 2-179803, Nr. 2-247304, Nr. 2-247305, Nr. 2-247206, Nr. 2-247307, Nr. 2-247308, Nr. 2-247309 und Nr. 2-247310 beschrieben.

[0008] Bei diesem Verfahren wird eine geschmolzene Legierung, die in einem Schmelztiegel geschmolzen

wurde, in einen Behälter eingeführt, welcher am Boden Ausstoßdüsen aufweist und dann aus den Düsen auf eine Oberfläche einer rotierenden Walze ausgestoßen, indem ein vorbestimmter Druck auf die Schmelze in dem Behälter ausgeübt wird (dieses Verfahren wird als ein "Schmelzspinnverfahren" bezeichnet). Durch Ausstoßen der Schmelze durch die Düsen, während ein Druck auf diese Weise ausgeübt wird, kann ein Strom der Schmelze (oder ein Schmelzefluss) mit einer relativ hohen Flussrate im Wesentlichen senkrecht auf die Oberseite der rotierenden Walze ausgestoßen werden. Die ausgestoßene Schmelze bildet eine Lache (d.h. eine Schmelzelache) auf der Oberfläche der Kühlwalze, die mit einer relativ hohen Geschwindigkeit rotiert (z.B. mit einer Geschwindigkeit der Walzenoberfläche von ungefähr 20 m/s oder mehr). Ein Teil dieser Lache, welche sich in Kontakt mit der Walze befindet, wird schnell abgekühlt und verfestigt, wodurch sich eine dünne schnell verfestigte Legierung bildet.

[0009] Bei dem oben beschriebenen Schmelzspinnverfahren haben die geschmolzene Legierung und die rotierende Walze nur eine kurze Kontaktlänge. Demzufolge kann die Schmelze nicht vollständig auf der rotierenden Walze schnell abgekühlt und verfestigt werden, und die Legierung mit einer hohen Temperatur (z.B. ungefähr 700°C bis ungefähr 900°C) wird aufgrund der geringen Dicke (typischerweise ungefähr 40 µm oder weniger) wirksam genug abgekühlt und verfestigt, auch nachdem sie die rotierende Walze verlassen hat und während sie in der Luft bewegt wird. In dem Schmelzspinnverfahren wird das Kühlverfahren auf diese Weise durchgeführt, wodurch verschiedene Arten von Legierungen amorph werden.

[0010] Der Anmelder der vorliegenden Anmeldung hat auch ein Verfahren zur Herstellung eines Nanokompositmagneten durch ein Dünnbandgießverfahren in dem japanischen Patent Nr. 3297676 B (JP-A 2003-178908 oder EP-A 1207537) und in der internationalen PCT-Veröffentlichung WO 02/30595 A1 offenbart. Des Weiteren sind z.B. bekannte Dünngießvorrichtungen und Verfahren unter Verwendung einer Gießwanne in den japanischen offengelegten Veröffentlichungen Nr. 11-333549 und Nr. 2000-79451 offenbart.

[0011] In dem Schmelzspinnverfahren wird die geschmolzene Legierung jedoch durch die Düse mit einem kleinen inneren Durchmesser ausgestoßen, und bekommt eine große Entfernung von der Düse. Daher ist es notwendig, konstant einen ausreichend hohen Druck auf die geschmolzene Legierung auszuüben. Solch ein hoher Druck wird normalerweise durch Einstellen des Gewichts (und des Rückdrucks, sofern notwendig) auf die Schmelze selbst ausgeübt. Demzufolge wird eine eher schwere Schmelze immer auf im Wesentlichen das gleiche Maß oberhalb der Düse bevorratet.

[0012] Des Weiteren wird die Schmelze durch die Düse mit solch einem kleinen inneren Durchmesser ausgestoßen. Wenn ein Teil der Düse mit der Schmelze verstopft wird, erhält die Schmelze demzufolge noch einen höheren Widerstand von der Düse, so dass es möglich ist, die Ausstoßrate der Schmelze zu ändern.

[0013] Als ein Ergebnis, wenn man versucht bei dem herkömmlichen Schmelzspinnverfahren die Produktivität der schnell verfestigten Legierung anzuheben, indem die Schmelzzufuhrrate auf ungefähr 1,5 kg/min oder mehr angehoben wird, wird es schwer, die Schmelzzufuhrrate mit einem konstanten Wert zu steuern. Demzufolge neigt die schnelle Abkühlrate dazu, sich beträchtlich zu verändern, was die resultierenden magnetischen Eigenschaften deutlich beeinflusst.

[0014] Des Weiteren wird in dem Schmelzspinnverfahren eine schnell verfestigte Legierung mit einem größeren Volumenanteil an amorphen Phasen erhalten, indem eine kleine Menge einer Schmelze auf eine Kühlwalze ausgestoßen wird, welche mit einer relativ hohen Geschwindigkeit rotiert (z.B. mit einer Umfangsgeschwindigkeit von ungefähr 20 m/s oder mehr). Daher weist die resultierende dünne schnell verfestigte Legierung normalerweise eine Dicke von ungefähr 40 µm oder weniger auf. Es ist schwierig, eine dünne Legierung mit so einer geringen Dicke aufzusammeln, um so wirksam die Dichte dieser um eine geeignete Menge zu erhöhen. Des Weiteren weisen die Pulverpartikel, welche durch das Pulverisieren einer schnell verfestigten Legierung mit einer Dicke von ungefähr 40 µm oder weniger erhalten werden, eine flache Form auf. Daher zeigen diese Pulverpartikel ein schlechtes Fließvermögen oder Beladbarkeit und führen zu einer geringen Magnetpulverfülldichte bei einem Verdichtungsverfahren, wodurch häufig der Magnetpulveranteil in dem resultierenden Verbundmagnet verringert wird.

[0015] Auf der anderen Seite ist ein Dünnbandgießverfahren als ein anderes Verfahren zur Herstellung einer schnell verfestigten Legierung bekannt, wie oben beschrieben. In dem Dünnbandgießverfahren wird eine geschmolzene Legierung aus einem Schmelziegel auf eine Rutsche (oder Gießwanne) zugeführt und anschließend in Kontakt mit einer Kühlwalze gebracht, um so die schnell verfestigte Legierung herzustellen.

[0016] Im Folgenden werden die Dünnbandgießvorrichtung und das Dünnbandgießverfahren, wie in dem ja-

panischen Patent Nr. 3297676 und der internationalen PCT-Veröffentlichung WO 02/30595 A1 offenbart, unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) beschrieben.

[0017] Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, umfasst die Dünnbandgießvorrichtung einen Schmelzriegel **11**, eine Schütte (d.h. ein Führungselement) **14** und eine Kühlwalze **13**. Der Schmelzriegel **11** ist bereitgestellt, um ein Legierungsmaterial zu schmelzen und die geschmolzene Legierung darin zu lagern. Die Schütte **14** empfängt die geschmolzene Legierung **12**, welche aus dem Schmelzriegel **11** ausgestoßen wurde und führt die geschmolzene Legierung **12** zu einem vorbestimmten Ort. Anschließend wird die geschmolzene Legierung **12** von dem Ende der Rutsche **14** auf die Kühlwalze **13** geführt und durch die Kühlwalze **13** schnell abgekühlt und verfestigt.

[0018] Die Schütte **14** umfasst eine Schmelzführungsfläche, welche einen Neigungswinkel β in Bezug auf eine horizontale Ebene definiert, und steuert die Fließgeschwindigkeit der Schmelze, welche die Führungsfläche hinunter läuft und korrigiert den Schmelzefluss, wodurch die Schmelze auf die Kühlwalze **13** konstant und kontinuierlich geführt wird.

[0019] Die geschmolzene Legierung **12**, welche sich in Kontakt mit dem äußeren Umfang der Kühlwalze **13** befindet, bewegt sich um den Umfang der Walze **13**, um so von der rotierenden Kühlwalze **13** gezogen zu werden und in der Zwischenzeit abgekühlt zu werden. Anschließend verlässt die resultierende dünne schnell verfestigte Legierung **15** die Kühlwalze **13**. Bei dem Dünnbandgießverfahren ist der Winkel α , welcher durch eine Linie definiert wird, die einen Kontaktpunkt zwischen der geschmolzenen Legierung **12** und der Kühlwalze **13** (d.h. der Ort der Schmelzlache) mit der Rotationsachse der Kühlwalze **13** in Bezug auf eine vertikale Ebene verbindet, ein wichtiger Parameter. Angenommen der Winkel α wird so definiert, dass er in der Richtung entgegengesetzt der Rotationsrichtung der Kühlwalze **13** positiv ist. In diesem Fall ist, je größer der Winkel α ist, die Länge des Kontaktbereichs zwischen der geschmolzenen Legierung **12** und der Kühlwalze **13** umso länger. In einem Schmelzspinnverfahren besitzt die Kühlwalze **13** normalerweise eine relativ hohe Umfangsrotationsgeschwindigkeit. Wenn der Winkel α demzufolge im Wesentlichen entsprechend 0 Grad definiert ist, kann die geschmolzene Legierung **12** einfach von der rotierenden Kühlwalze **13** abgespritzt werden. Aus diesem Grund beträgt in einem Schmelzspinnverfahren der Winkel α normalerweise ungefähr 0 Grad und der Kontaktbereich zwischen der Schmelze und der Kühlwalze ist im Allgemeinen relativ kurz. Im Gegensatz dazu kann in dem Dünnbandgießverfahren der Winkel α relativ groß sein, und der Kontaktbereich zwischen der geschmolzenen Legierung und dem Außenumfang der Walze kann relativ lang sein, gemessen in der Umfangsrichtung der Walze, und die geschlossene Legierung kann fast vollständig abgekühlt werden, während sie sich auf der Walze befindet.

[0020] Wie oben beschrieben, verwendet das herkömmliche Dünnbandgießverfahren keine Ausstoßdüsen, wie das Schmelzspinnverfahren, sondern führt die geschmolzene Legierung **12** kontinuierlich auf die rotierende Walze **13** über die Rutsche **14**. Daher ist das Dünnbandgießverfahren für die Massenproduktion wirksam und kann die Herstellungskosten reduzieren.

[0021] Bei solch einem Dünnbandgießverfahren weist die geschmolzene Legierung, die aus dem Führungs-element auf die Kühlwalze zugeführt wird, jedoch einen kinetischen Moment auf. Demzufolge, wenn die Kühlwalze mit einer relativ hohen Geschwindigkeit rotiert wird, ist das Maß des Kontaktes zwischen der geschmolzenen Legierung und der Oberfläche der Kühlwalze auch zu gering, um konstant eine Schmelzlache auf der Oberfläche der Kühlwalze zu bilden und so eine dünne schnell verfestigte Legierung mit einer gleichförmigen Dicke zu erhalten. Daher wird, auch wenn man versucht, eine schnell verfestigte Legierung mit einer nanokristallinen Struktur für einen Nanokompositmagneten unter Verwendung der herkömmlichen Dünnbandgießvorrichtung herzustellen, die resultierende dünne schnell verfestigte Legierung keine gleichmäßige Dicke und Struktur aufweisen. Daher war es schwierig, eine tatsächlich verwendbare schnell verfestigte Legierung konstant durch das herkömmliche Dünnbandgießverfahren herzustellen.

[0022] Wenn dagegen eine Dünnbandgießvorrichtung einschließlich einer Gießwanne, wie in den japanischen offengelegten Veröffentlichungen Nr. 11-333549 und Nr. 2000-79451 verwendet wird, weist die auf der Gießwanne fließende Schmelze eine geringe Geschwindigkeit auf und die resultierende schnelle Abkühlrate neigt dazu, gering zu sein. Des Weiteren wurde solch eine Maschine als unwirksam betrachtet, um schnell verfestigte Legierungen für einen Nanokompositmagneten herzustellen. Die Gründe hierfür sind wie folgt. Insbesondere wenn die schnelle Abkühlrate gering ist, wird eine Legierung einschließlich einer Vielzahl von Teilstrukturen mit relativ großer Korngröße einfach gebildet. Des Weiteren weisen die Kristallkörper der weichmagnetischen Phasen, wie eine α -Fe-Phase, leicht eine übermäßige Korngröße auf, um so die magnetischen Eigenschaften in vielen Fällen deutlich zu verschlechtern.

[0023] Aus diesem Grund wird die Dünnbandgießvorrichtung, offenbaren in den japanischen offengelegten Veröffentlichungen Nr. 11-333549 und Nr. 2000-79451 häufig verwendet, um vollständig kristallisierte Barren aus einem Metall herzustellen. Eine schnell verfestigte Legierung, die auf diese Weise erhalten wird, wird normalerweise als ein Legierungsmaterial für einen Sintermagneten verwendet, umfassend eine $R_2Fe_{14}B$ -Phase als seine Hauptphase, und kann nicht als ein Legierungsmaterial für einen Nanokompositmagneten verwendet werden, in welchem hart- und weichmagnetische Phasen mit sehr geringen Größen gleichmäßig in der gleichen Metallstruktur verteilt sind.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0024] Um die oben beschriebenen Probleme zu überwinden, stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur konstanten Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für einen Nanokompositmagneten zur Verfügung, welche ausgezeichnete magnetische Eigenschaften zeigt, und für Massenproduktionsmaßstab geeignet ist und stellen auch ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung einer schnell verfestigten Legierung zur Verfügung, mit ausgezeichneten magnetischen Eigenschaften für andere Arten von Magneten.

[0025] Ein Verfahren zur Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für einen Nanokompositmagnet gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst vorzugsweise den Schritt des Herstellens einer Schmelze einer Legierung mit einer Zusammensetzung, dargestellt durch die allgemeine Formel: $(Fe_{1-m}T_m)_{100-x-y-z}Q_xR_yM_z$, wobei T mindestens ein Element ist, gewählt aus der Gruppe, bestehend aus Co und Ni; Q mindestens ein Element ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus B und C, immer umfassend B; R mindestens ein Seltenerdelement ist; und M mindestens ein Metallelement ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Al, Si, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Zn, Ga, Zr, Nb, Mo, Ag, Hf, Ta, W, Pt, Au und Pb. Die Molanteile x, y, z und m erfüllen vorzugsweise die folgenden Ungleichungen: $10 \text{ Atom-}\% \leq x < 35 \text{ Atom-}\%$; $2 \text{ Atom-}\% \leq y \leq 10 \text{ Atom-}\%$; $0 \text{ Atom-}\% \leq z \leq 10 \text{ Atom-}\%$ und $0 \leq m \leq 0,5$. Das Verfahren umfasst vorzugsweise des Weiteren den Schritt des Formens einer schnell verfestigten Legierung durch das in Kontakt bringen der Schmelze mit der Oberfläche einer rotierenden Kühlwalze. Bei diesem Verfahren umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Gießens der Schmelze auf ein Führungselement, dessen Führungsoberfläche einen Neigungswinkel in Bezug auf eine horizontale Fläche definiert, und anschließendes Führen der Schmelze, die die Führungsoberfläche herunter läuft, durch wenigstens ein tubuläres bzw. rohrförmiges Loch auf eine Kontaktfläche auf der Oberfläche der Kühlwalze.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Ausrichtens des Führungselementes, so dass dessen Führungsoberfläche einen Neigungswinkel von ungefähr 5 Grad bis ungefähr 70 Grad in Bezug auf die horizontale Fläche definiert.

[0027] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Anordnens des Führungselementes, in solch einer Art, dass ein Winkel α von ungefähr 0 Grad bis ungefähr 80 Grad in einer Richtung definiert wird, die einer Rotationsrichtung der Kühlwalze entgegengesetzt ist, zwischen einer vertikalen Fläche und einer Linie, die einen Punkt auf der Oberfläche der Kühlwalze, an dem die Schmelze die Kühlwalze zuerst berührt, mit einer Rotationsachse der Kühlwalze verbindet.

[0028] In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Aufteilens der Schmelze in eine Anzahl von Schmelzströmen durch eine Vielzahl rohrförmiger Löcher, gefolgt von dem in Kontakt bringen der Schmelzflüsse mit der Kühlwalze.

[0029] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Bereitstellens des Führungselementes, dessen wenigstens eine rohrförmige Öffnung eine Öffnungsfläche von ungefähr $0,02 \text{ cm}^2$ bis ungefähr $0,5 \text{ cm}^2$ aufweist.

[0030] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Bereitstellens des Führungselementes, dessen wenigstens eine rohrförmige Öffnung eine Länge von ungefähr 0,5 mm bis ungefähr 50 mm aufweist.

[0031] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Anordnens des Führungselementes auf solch eine Weise,

dass eine Entfernung von ungefähr 0,3 mm bis ungefähr 50 mm zwischen dem Ende des mindestens einen rohrförmigen Lochs und der Oberfläche der Kühlwalze bereitgestellt wird.

[0032] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Anordnens des Führungselementes, so dass ein Winkel γ von ungefähr -20 Grad bis ungefähr 40 Grad definiert wird, zwischen einer Fließrichtung der Schmelze, die gerade aus dem rohrförmigen Loch austritt, und einer Linie, die die Mitte einer Einlassöffnung des rohrförmigen Lochs mit der Rotationsachse der Kühlwalze verbindet. In diesem Fall ist der Winkel γ vorzugsweise positiv, wenn die Schmelzflussrichtung der Rotationsrichtung der Kühlwalze entgegengesetzt ist und ist vorzugsweise negativ, wenn die Schmelzflussrichtung der Rotationsrichtung der Kühlwalze entspricht.

[0033] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Bereitstellens des Führungselementes mit einer Struktur, die ein Element trägt, umfassend das rohrförmige Loch in einem anbringbaren und entfernbaren Zustand.

[0034] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Erhaltens einer schnell verfestigten Legierung mit einer mittleren Dicke von mehr als etwa 50 μm bis etwa 150 μm mit einer Standardabweichung von höchstens etwa 10 μm , durch Gießen der Schmelze auf die Führungsoberfläche mit einer Rate von mindestens ungefähr 1,5 kg/min und anschließendes erlauben, dass die Schmelze die Führungsoberfläche herabläuft, wobei die Oberfläche der Schmelze einer Atmosphäre ausgesetzt ist.

[0035] In dieser speziellen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des in Kontaktbringens der Schmelze mit der Oberfläche der Kühlwalze in Gegenwart eines atmosphärischen Gases mit reduziertem Druck.

[0036] Insbesondere umfasst der Schritt des in Kontaktbringens der Schmelze mit der Kühlwalze vorzugsweise den Schritt des Regelns des Drucks des atmosphärischen Gases auf etwa 0,13 kPa bis etwa 100 kPa.

[0037] Ein Verfahren zur Herstellung eines Nanokompositmagnetpulvers gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst vorzugsweise die Schritte des Herstellens der schnell verfestigten Legierung für ein Nanokompositmagnet durch das Verfahren gemäß einem der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, und Pulverisieren der schnell verfestigten Legierung.

[0038] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren des Weiteren den Schritt des Durchführens einer Wärmebehandlung zu Kristallisatzwecken, bevor und/oder nach dem Schritt des Pulverisierens der schnell verfestigten Legierung.

[0039] Ein Verfahren zur Herstellung eines Nanokompositmagneten gemäß noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst vorzugsweise die Schritte des Herstellens eines Nanokompositmagnetpulvers durch das Verfahren gemäß einem der bevorzugten oben beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und kompaktieren des Nanokompositmagnetpulvers zu einem Magneten.

[0040] Ein Schütteaufbau gemäß einer noch anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung empfängt vorzugsweise eine Schmelze einer Legierung und führt die Schmelze auf eine Kühlwalze einer Schmelzeabschreckvorrichtung. Der Schütteaufbau umfasst vorzugsweise eine Führungsoberfläche, welche aus einem Material besteht, mit einem Schmelzpunkt, welcher höher ist als die Temperatur der Schmelze und welcher einen Neigungswinkel in Bezug auf eine horizontale Fläche definiert. Der Schütteaufbau umfasst des Weiteren vorzugsweise ein Gießelement mit wenigstens einem rohrförmigen Loch, welche die Schmelze, die die Führungsoberfläche herabläuft leitet. Das Gießelement ist vorzugsweise an dem Schütteaufbau befestigbar und von diesem entfernbare.

[0041] Ein Gießelement gemäß einer noch anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorzugsweise in einem entfernbaren Zustand an dem Schütteaufbau gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gesichert und weist vorzugsweise wenigstens ein rohrförmiges Loch auf, welches die Schmelze führt, die die Führungsoberfläche des Schütteaufbaus herabläuft.

[0042] Eine Schmelzeabschreckvorrichtung gemäß einer noch anderen bevorzugten Ausführungsform der

Erfindung umfasst vorzugsweise eine Kühlwalze und einen Schütteaufbau, welcher eine Schmelze einer Legierung empfängt und die Schmelze der Kühlwalze zuführt. Der Schütteaufbau umfasst vorzugsweise eine Führungsoberfläche, welche aus einem Material besteht, mit einem Schmelzpunkt, welcher höher ist als die Temperatur der Schmelze und definiert einen Neigungswinkel in Bezug auf eine horizontale Fläche und ein Gießelement mit wenigstens einem rohrförmigen Loch, welches die Schmelze, die die Führungsoberfläche herabläuft führt. Eine Entfernung von ungefähr 1 mm bis ungefähr 50 mm wird vorzugsweise zwischen dem Ende des rohrförmigen Lochs und der Oberfläche der Kühlwalze bereitgestellt.

[0043] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das Gießelement vorzugsweise an dem Schütteaufbau befestigbar und von diesem entfernbare.

[0044] Das Verfahren zur Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für einen Permanentmagneten gemäß einer noch anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst vorzugsweise die Schritte des Herstellens einer Schmelze der Legierung und Formen der schnell verfestigten Legierung, indem die Schmelze mit der Oberfläche einer rotierenden Kühlwalze in Kontakt gebracht wird. Der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung umfasst vorzugsweise den Schritt des Gießens der Schmelze auf ein Führungselement, dessen Führungsoberfläche einen Neigungswinkel in Bezug auf eine horizontale Fläche definiert, und Zuführen der Schmelze, welche die Führungsoberfläche herabläuft, durch wenigstens ein rohrförmiges Loch auf eine Kontaktfläche der Oberfläche der Kühlwalze. Der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung umfasst vorzugsweise den Schritt des Anordnens des Führungselementes, so dass eine Entfernung von ungefähr 1 mm bis ungefähr 50 mm zwischen dem Ende des wenigstens rohrförmigen Lochs und der Oberfläche der Kühlwalze bereitgestellt wird.

[0045] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Anordnens des Führungselementes, so dass deren Führungsoberfläche einen Neigungswinkel von 5 Grad bis ungefähr 70 Grad in Bezug auf die horizontale Fläche definiert.

[0046] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Anordnens des Führungselementes, so dass ein Winkel α von ungefähr 5 Grad bis ungefähr 80 Grad in einer Richtung definiert wird, entgegengesetzt einer Rotationsrichtung der Kühlwalze zwischen einer vertikalen Fläche und einer Linie, die einen Punkt auf der Oberfläche der Kühlwalze, an welcher die Schmelze die Kühlwalze das erste Mal berührt, mit der Rotationsachse der Kühlwalze verbindet.

[0047] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Aufspaltens der Schmelze in eine Anzahl von Schmelzeflüssen durch eine Vielzahl von rohrförmigen Löchern und das in Kontakt bringen der Schmelzeflüsse mit der Kühlwalze.

[0048] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Bereitstellens des Führungselementes, wobei das mindestens eine rohrförmige Loch eine Öffnungsfläche von ungefähr $0,03 \text{ cm}^2$ bis ungefähr $0,6 \text{ cm}^2$ aufweist.

[0049] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Bereitstellens des Führungselementes, dessen mindestens eine rohrförmige Loch eine Länge von ungefähr 5 mm bis ungefähr 50 mm aufweist.

[0050] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des schnellen Abkühlens und Verfestigens der Oberfläche des Schmelzeflusses, welcher aus dem rohrförmigen Loch ausgetreten ist, wodurch ein rohrförmiges Element aus dem Schmelzefluss hergestellt wird, und die wirksame Länge des rohrförmigen Lochs auf ungefähr 10 mm oder mehr ausgedehnt wird.

[0051] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Erlaubens, dass die Schmelze die Führungsoberfläche herabläuft, wobei die Oberfläche der Schmelze einer Atmosphäre ausgesetzt ist und wobei das rohrförmige Loch mit dem Schmelzefluss gefüllt wird.

[0052] In dieser besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des Erhaltens einer schnell verfestigten Legierung mit einer mitt-

leren Dicke von mehr als ungefähr 50 µm bis ungefähr 150 µm mit einer Standardabweichung von höchstens ungefähr 10 µm, durch das Gießen der Schmelze auf die Führungsoberfläche mit einer Rate von wenigstens 1,5 kg/min.

[0053] In noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Formens der schnell verfestigten Legierung vorzugsweise den Schritt des in Kontaktbringens der Schmelze mit der Oberfläche der Kühlwalze mit einem atmosphärischen Gas mit reduziertem Druck, während der Druck des atmosphärischen Gases auf der Oberfläche der Schmelze, welche die Führungsoberfläche herabläuft, mit dem Druck des atmosphärischen Gases auf der Oberfläche der Schmelze abgeglichen wird, welche das rohrförmige Loch verlassen hat.

[0054] Ein Verfahren zur Herstellung eines Magnetpulvers gemäß noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst vorzugsweise die Schritte des Herstellen der schnell verfestigten Legierung für einen Magneten durch ein Verfahren gemäß einer der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, welche oben beschrieben sind, und Pulverisieren der schnell verfestigten Legierung.

[0055] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren vorzugsweise des Weiteren den Schritt des Durchführens einer Wärmebehandlung zu Kristallisationszwecken und/oder nach dem Schritt des Pulverisierens der schnell verfestigten Legierung.

[0056] Ein Verfahren zur Herstellung eines Magneten gemäß noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst vorzugsweise die Schritte des Herstellens eines Magnetpulvers durch das Verfahren gemäß der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und Kompaktieren des Magnetpulvers, um einen Verbundmagneten zu erhalten.

[0057] Ein Verfahren zur Herstellung eines Magneten gemäß noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst vorzugsweise die Schritte des Herstellens eines Magnetpulvers durch das Verfahren gemäß der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und Sintern des Magnetpulvers, um einen Sintermagneten zu erhalten.

[0058] Andere Merkmale, Elemente, Verfahren, Schritte, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen deutlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0059] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Seitenansicht, welche eine Anordnung für eine herkömmliche Schmelzspinnmaschine darstellt.

[0060] [Fig. 2](#) zeigt einen schematischen Querschnitt, welcher eine Anordnung für eine herkömmliche Dünnbandgießvorrichtung darstellt.

[0061] [Fig. 3](#) zeigt einen schematischen Querschnitt, welcher eine Anordnung für eine Schmelzeabschreckvorrichtung darstellt, welche in verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden kann.

[0062] [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) zeigen jeweils eine perspektivische Ansicht und einen Querschnitt von einer Schütte, welche wirksam in der in [Fig. 3](#) dargestellten Vorrichtung eingesetzt werden kann.

[0063] [Fig. 4C](#) zeigt einen Querschnitt, welcher eine alternative Schütte zur Verwendung in einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0064] [Fig. 5](#) zeigt einen schematischen Querschnitt, welcher Details eines rohrförmigen Lochs darstellt, das für die in [Fig. 3](#) dargestellte Schütte bereitgestellt wird.

[0065] [Fig. 6](#) zeigt eine Kurve, welche die Dickeverteilung der dünnen schnell verfestigten Legierungen für ein spezifisches Beispiel einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und ein Vergleichsbeispiel darstellt.

BESTE WEISE ZUR DURCHFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0066] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen eines Verfahrens zur Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für einen Nanokompositmagneten gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0067] Eine schnell verfestigte Legierung für einen Nanokompositmagneten, der durch ein Verfahren gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten werden kann, weist vorzugsweise eine Zusammensetzung auf, dargestellt durch die allgemeine Formel: $(Fe_{1-m}T_m)_{100-x-y-z}Q_xR_yM_z$, wobei T wenigstens ein Element ist, gewählt aus der Gruppe, bestehend aus Co und Ni; Q wenigstens ein Element ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus B und C, und immer umfassend B; R wenigstens ein Seltenerdelement ist; und M wenigstens ein Metallelement ist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Al, Si, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Zn, Ga, Zr, Nb, Mo, Ag, Hf, Ta, W, Pt, Au und Pb. Die Molanteile x, y, z und m erfüllen vorzugsweise die folgenden Ungleichungen: $10 \text{ Atom-\%} \leq x \leq 35 \text{ Atom-\%}$; $2 \text{ Atom-\%} \leq y \leq 10 \text{ Atom-\%}$; $0 \text{ Atom-\%} \leq z \leq 10 \text{ Atom-\%}$ und $0 \leq m \leq 0,5$.

[0068] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Schmelze der Legierung mit der oben beschriebenen Zusammensetzung, in Kontakt mit der Oberfläche einer rotierenden Kühlwalze gebracht und durch diese schnell abgekühlt und verfestigt. In diesem schnellen Abkühlverfahrensschritt wird ein Führungselement verwendet, dessen Führungsoberfläche einen Neigungswinkel in Bezug auf eine horizontale Fläche definiert, und die Schmelze wird auf das Führungselement gegossen. Anschließend wird die Schmelze, welche die Führungsoberfläche herabläuft, der Kühlwalze über wenigstens ein rohrförmiges Loch zugeführt.

[0069] In solch einer bevorzugten Ausführungsform wird die Schmelze, welche auf die geneigte Führungsoberfläche des Führungselementes gegossen wurde, geeignet gleichgerichtet, während sie die Führungsoberfläche herabläuft. Anschließend erhöht die korrigierte bzw. gleichgerichtete Schmelze ihre Fließgeschwindigkeit aufgrund einer Drosselwirkung, während sie durch das rohrförmige Loch durchgeführt wird. Die Schmelze wird jedoch weiter gleichgerichtet, während sie durch das rohrförmige Loch durchgeführt wird und erreicht dann die Oberfläche der Kühlwalze. Die Schmelze, welche aus dem rohrförmigen Loch ausgetreten ist, prallt gegen die Oberfläche der Kühlwalze mit einem größeren kinetischen Moment als das kinetische Moment der Schmelze, die die Führungsoberfläche herabläuft. Demzufolge erhöht sich der Kontakt zwischen der Schmelze und der Walzenoberfläche, wodurch ein gleichförmiges Abkühlen realisiert wird.

[0070] Auf diese Weise kann die Schmelze, gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, mit einer Schmelzeausstoßrate gegen die Kühlwalze prallen, die der einer herkömmlichen Schmelzspinnvorrichtung fast vergleichbar ist. Daher wird, auch wenn die Kühlwalze mit einer relativ hohen Umfangsgeschwindigkeit rotiert, konstant eine sehr große Schmelzelache auf der Kühlwalze gebildet werden. Als ein Ergebnis kann eine dünne schnell verfestigte Legierung mit gleichförmiger Dicke mit einer konstanten Abkühlrate erhalten werden.

[0071] Es sollte festgehalten werden, dass die Eigenschaften eines Nanokompositmagneten, welcher durch thermische Behandlung der schnell verfestigten Legierung erhalten werden soll, sehr empfindlich auf die Mikrostruktur der zu erwärmenden schnell verfestigten Legierung reagieren. Demzufolge kann die schnell verfestigte Legierung, wenn sich die schnellen Abkühlbedingungen verändern, eine nicht gleichförmige Struktur aufweisen, und die resultierenden magnetischen Eigenschaften können beeinflusst werden. Des Weiteren kann, auch wenn die Umfangsgeschwindigkeit der rotierenden Kühlwalze und die Schmelzezuführerate konstant gehalten werden, ein Teil der schnell verfestigten Legierung noch mit einer unnormal niedrigen Rate gekühlt worden sein. Dann kann die α -Fe-Phase mit einer übermäßig großen Korngröße in dem Bereich erzeugt werden, und so möglicherweise die resultierenden magnetischen Eigenschaften zerstören.

[0072] Des Weiteren beeinflusst auch die mittlere Dicke der dünnen schnell verfestigten Legierung die Form der Pulverteilchen, welche durch Pulverisieren der dünnen schnell verfestigten Legierung erhalten werden. Insbesondere sind die Pulverteilchen umso flacher, je dünner die schnell verfestigte Legierung ist. Dann weisen solche Pulverteilchen auch ein verringertes Fließvermögen und Beladbarkeit auf, und die resultierende Rohdichte würde sich auch verringern. Auf der anderen Seite, wenn die hergestellte, schnell verfestigte Legierung relativ dick ist, weisen die Pulverteilchen eine isometrische Form auf und zeigen ein erhöhtes Fließvermögen oder Beladbarkeit. Daher ist solch ein Pulver leicht in jeder Form zu kompaktieren. Die vorliegenden Erfinder haben jedoch entdeckt und über Untersuchungen bestätigt, dass, wenn solch eine dicke schnell verfestigte Legierung durch ein herkömmliches Schmelzspinnen oder Dünnbandgießverfahren hergestellt wurde, diese dicke schnell verfestigte Legierung eine noch größere ungleichmäßige Dicke aufweist. Wenn demzufolge eine dünne schnell verfestigte Legierung mit einer Dicke, welche ungefähr 50 μm überschreitet, zu dem

Zweck, die Fließfähigkeit des resultierenden Pulvers zu erhöhen, erhalten wird, wird ein Teil der schnell verfestigten Legierung Kristallkörner mit übermäßig großer Korngröße enthalten, wodurch die Austauschinteraktionen geschwächt werden und die magnetischen Eigenschaften verschlechtert werden.

[0073] Im Gegensatz zu den herkömmlichen Nanokompositmagneten mit solchen Eigenschaften, werden bei einem schnell verfestigten Magneten mit einer einphasigen $R_2Fe_{14}B$ -Struktur, die Eigenschaften nicht deutlich durch die Schwankungen der Dicke der schnell verfestigten Legierung beeinflusst. Insbesondere wenn eine dünne schnell verfestigte Legierung mit einer Dicke von ungefähr 50 µm oder weniger als eine im Wesentlichen vollständig amorphe Legierung hergestellt wird, indem die Abkühlrate der geschmolzenen Legierung erhöht wird, werden die Eigenschaften des fertigen Magneten kaum durch eine Schwankung der Dicke der schnell verfestigten Legierung beeinflusst.

[0074] Die vorliegenden Erfinder haben entdeckt und über Experimente bestätigt, dass wenn eine geschmolzene Legierung, mit einer Zusammensetzung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ausgestoßen und schnell abgekühlt und verfestigt wurde, unter Verwendung der herkömmlichen Schmelzspinnverfahren, die Schmelzezufuhrrate je Einheitszeit nicht konstant war und variabel war, und dass sich die erzielte Abkühlrate deutlich änderte, abhängig von dem Ort der erhaltenen dünnen schnell verfestigten Legierung. Daher wies solch eine schnell verfestigte Legierung keine gleichförmige Struktur auf. In diesem Fall zeigte das Magnetpulver, welches durch das Pulverisieren solch einer Legierung erhalten wurde, auch ungleichförmig magnetische Eigenschaften. Und ein Magnet, welcher aus solch einem Magnetpulver hergestellt wird, enthält Pulverpartikel mit schlechten magnetischen Eigenschaften. Daher wurden die gesamten Eigenschaften des resultierenden Magneten durch die schlechten Pulverteilchen verringert.

[0075] Wird daher eine herkömmliche Schmelzspinnverfahren verwendet, um eine schnell verfestigte Legierung herzustellen, welche die Zusammensetzung der verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung aufweist, wird ein hoher Druck vorzugsweise konstant auf die Schmelze ausgeübt, welche durch sehr enge Düsenöffnungen geleitet wird. In diesem Fall ist es jedoch schwierig, den aufgewendeten Druck akkurat zu steuern. Zusätzlich wird die Schmelze leicht einem stärkeren Widerstand von der Innenwand der engen Düsenöffnung unterworfen, wodurch sich die Schmelzeausstoßgeschwindigkeit oder -rate deutlich verändert.

[0076] Im Gegensatz dazu kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die Schmelze durch die geneigte Schmelzeführungsoberfläche gleichgerichtet werden und kann dann auf die Kühlwalze durch ein rohrförmiges Loch zugeführt werden, welches eine relativ große Öffnungsfläche an dem Boden aufweist. Demzufolge kann die Schmelze, obwohl kein Rückdruck ausgeübt wird (d.h. in einer Situation, in welcher die Schmelze nur durch Schwerkraft läuft), auf die Oberfläche der Walze mit einem größeren kinetischen Moment aufgebracht werden, im Vergleich mit dem herkömmlichen Dünnbandgießverfahren. Als ein Ergebnis erhöht sich das Maß des Kontaktes zwischen der Schmelze und der Walzenoberfläche und das Gas neigt viel weniger dazu, in die Spalte zwischen der Walzenoberfläche und der Schmelze absorbiert zu werden, wodurch sich die Schmelze gleichförmiger abkühlt. Zusätzlich kann, da das kinetische Moment der Schmelze fast konstant und nicht schwankend ist, die erhaltene schnell verfestigte Legierung eine gleichförmige Dicke und eine homogene Struktur aufweisen. Daher kann der resultierende Magnet auch verbesserte Eigenschaften zeigen.

[0077] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

[0078] In dieser bevorzugten Ausführungsform wird vorzugsweise eine Schmelzeabschreckvorrichtung, wie die in [Fig. 3](#) dargestellte, eingesetzt. Die Schmelzeabschreckvorrichtung, welche in [Fig. 3](#) dargestellt ist, ist vorzugsweise in einem Raum (z.B. einer Kammer) bereitgestellt, in welcher entweder ein Vakuum oder eine Schutzgasatmosphäre mit reduziertem Druck erzeugt werden kann.

[0079] Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, umfasst die Schmelzeabschreckvorrichtung vorzugsweise einen Schmelztiegel **21**, um ein Legierungsmaterial darin zu schmelzen, eine Kühlwalze **23**, um die geschmolzene Legierung **22**, welche aus dem Schmelztiegel **21** gegossen wurde, schnell abzukühlen und zu verfestigen, und eine Schütte (oder Gießwanne) **24** als ein Schmelzeführungselement, um die geschmolzene Legierung **22** aus dem Schmelztiegel **21** auf die Kühlwalze **23** zu führen. Die Schütte **24** weist vorzugsweise eine Anzahl von rohrförmigen Löchern **24a** an dem Ende (oder Boden) dieser auf.

[0080] Der Schmelztiegel **21** kann die Schmelze **22**, welche durch das Schmelzen des Legierungsmaterials

hergestellt wurde, auf die Schütte **24** mit einer im Wesentlichen konstanten Rate gießen. Diese Gießrate kann willkürlich eingestellt werden, indem z.B. der Betrieb der Neigung des Schmelztiegels **21** gesteuert wird.

[0081] Der äußere Umfang der Kühlwalze **23** besteht vorzugsweise aus einem guten thermischen Leiter (z.B. Kupfer). Die Walze **23** kann vorzugsweise einen Außendurchmesser von ungefähr 20 cm bis ungefähr 100 cm und eine Breite von ungefähr 15 cm bis ungefähr 100 cm aufweisen. Die Walze **23** kann mit einer vorbestimmten Rotationsgeschwindigkeit über einen Motor (nicht dargestellt) rotiert werden. Durch Steuerung dieser Rotationsgeschwindigkeit ist die Umfangsgeschwindigkeit der Kühlwalze **23** willkürlich einstellbar. In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Kühlwalze **23** vorzugsweise im Inneren wassergekühlt. Die Kühlrate, die durch diese Schmelzeabschreckvorrichtung erzielt wird, ist innerhalb eines Bereichs von ungefähr 10^2 °C/s bis ungefähr 8×10^4 °C/s steuerbar, indem eine geeignete Rotationsgeschwindigkeit für die Kühlwalze **23** ausgewählt wird.

[0082] Die Schütte **24**, welche z.B. aus einer Keramik hergestellt ist, kann den Fluss der Schmelze **22** ausrichten, welche kontinuierlich aus dem Schmelztiegel **21** mit einer vorbestimmten Flussrate gegossen wird, indem die Fließgeschwindigkeit der Schmelze **22** auf solch ein Maß verringert wird, um so den Fluss der Schmelze **22** zeitweise zurückzuhalten. Der Neigungswinkel β , der durch die Schmelzeführungsfläche der Schütte **24** in Bezug auf eine horizontale Fläche definiert wird, liegt vorzugsweise in dem Bereich von ungefähr 5 Grad bis ungefähr 70 Grad. Der Grund hierfür ist wie folgt. Insbesondere wenn der Neigungswinkel β kleiner als ungefähr 5 Grad ist, kann die Schmelze **22** nicht so glatt auf der Führungsfläche fließen, um der Schmelze **22**, welche durch das rohrförmige Loch **24a** gegossen wird, ein konstantes kinetisches Moment zu verleihen. Daher kann keine gewünschte gleichförmige schnell verfestigte Legierungsstruktur erhalten werden. Überschreitet der Neigungswinkel β dagegen ungefähr 70 Grad, erhält die Schmelze **22**, welche die Führungsfläche herabfließt, einen turbulenten Fluss, wodurch es unmöglich wird, eine Schmelzelache konstant auf der Kühlwalze **23** zu bilden und es wird statt dessen ein Verspritzen der Schmelze erzielt. Der Neigungswinkel β liegt vorzugsweise bei ungefähr 10 Grad bis ungefähr 60 Grad, und noch bevorzugter bei ungefähr 15 Grad bis ungefähr 50 Grad.

[0083] Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, wird der Winkel zwischen einer vertikalen Fläche und einer Linie definiert, welche einen Punkt der Oberfläche der Kühlwalze **23**, an welchem die Schmelze **22** die Kühlwalze **23** zum ersten Mal berührt (welche als ein "Kontaktstartpunkt" bezeichnet wird) mit der Rotationsachse der Kühlwalze **23** verbindet, hier mit α angegeben. Wenn $\alpha = 0$ Grad, ist der Kontaktstartpunkt an der Oberseite der Walzenoberfläche angeordnet. In der folgenden Beschreibung wird der Winkel α als positiv angenommen, wenn der Kontaktstartpunkt stromaufwärts der Oberseite der Walzenoberfläche in der Walzenrotationsrichtung liegt, wird jedoch als negativ angenommen, wenn der Kontaktstartpunkt stromabwärts der Oberseite der Walzenoberfläche in der Walzenrotationsrichtung liegt. Ist der Winkel α negativ, kann keine Schmelzelache auf der Kühlwalze **23** gebildet werden und die Schmelze spritzt dagegen auf. Daher kann die Schmelze nicht schnell abgekühlt und verfestigt werden, wie beabsichtigt. Überschreitet der Winkel α dagegen ungefähr 80 Grad, kann die Schmelze nicht auf der Kühlwalze **23** verbleiben, sondern tropft von dieser herunter. Daher kann die Schmelze auch nicht schnell abgekühlt und verfestigt werden. Im Hinblick auf diese Betrachtungen liegt α vorzugsweise bei ungefähr 0 Grad bis ungefähr 80 Grad, und noch bevorzugter bei ungefähr 2 Grad bis ungefähr 60 Grad, und sogar noch bevorzugter bei ungefähr 2 Grad bis ungefähr 45 Grad. Durch Definieren des Winkels α in jedem der bevorzugten Bereiche, beträgt die Länge des Kontaktbereichs, in welchem die Schmelze sich in Kontakt mit der Kühlwalze befindet (im Folgenden als "Kontaktlänge" bezeichnet) wenigstens ungefähr 10 mm.

[0084] [Fig. 4A](#) zeigt eine detailliertere bevorzugte Struktur der Schütte **24** zur Verwendung in dieser bevorzugten Ausführungsform. Wie in [Fig. 4A](#) dargestellt, umfasst die Schütte **24** vorzugsweise ein Gießelement **240**, welches an dem Ende (oder Boden) der Schütte **24** befestigbar oder von dieser entfernbare ist, welche so angeordnet ist, dass es dem äußeren Umfang der Kühlwalze **23** gegenüber liegt. In dieser bevorzugten Ausführungsform umfasst das Gießelement **240** vorzugsweise drei rohrförmige Löcher **24a**, welche mit regelmäßigen Abständen W zueinander angeordnet sind. Wie hier verwendet wird der Abstand W als die Entfernung zwischen den Mittelpunkten zweier benachbarter rohrförmiger Löcher **24a** definiert. Der Abstand W zwischen den rohrförmigen Löchern **24a** liegt vorzugsweise bei ungefähr 10 mm bis ungefähr 50 mm und noch bevorzugter bei 15 mm bis ungefähr 40 mm. In dieser bevorzugten Ausführungsform beträgt der Abstand W vorzugsweise 30 mm.

[0085] [Fig. 4B](#) ist ein Querschnitt der Schütte **24**, welche in [Fig. 4A](#) dargestellt ist. Wie in [Fig. 4B](#) gezeigt, wird das Gießelement **240** an der Schütte **24** befestigt und von dieser entfernbare sein, von der obigen Führungsfläche aus. In dieser bevorzugten Ausführungsform sind die rohrförmigen Löcher **24a** für solch eine ersetzbare Schütte **24** bereitgestellt. Demzufolge, besteht keine Notwendigkeit, die Schütte **24** vollständig zu er-

setzen, auch wenn die rohrförmigen Löcher **24a** mit der Schmelze verstopft werden, sondern es muss nur das Gießelement **240** ersetzt werden.

[0086] Es sollte festgehalten werden, dass die vorliegende Erfindung nicht auf eine Schütte mit solch einer Struktur begrenzt ist. Zum Beispiel kann, wie in [Fig. 4C](#) dargestellt, die Schütte **24** einen Führungsbereich **24b** einschließen, um das Gießelement **240** darauf zu schieben. Wenn die in [Fig. 4C](#) dargestellte Schütte **24** verwendet wird, ist das Gießelement **240** an der Schütte **24** befestigbar oder von dieser entfernbare, in einer Richtung, welche im Wesentlichen senkrecht zu der Schmelzeflussrichtung ist (d.h. im Wesentlichen parallel zu der Rotationsachse der Kühlwalze).

[0087] Die rohrförmigen Löcher **24a** müssen nicht gerade sein, sondern können auch gekrümmmt sein. Des Weiteren muss der Innendurchmesser der rohrförmigen Löcher nicht konstant sein, sondern kann stufenweise in Richtung des Schmelzeflusses abnehmen. In jedem Fall müssen die rohrförmigen Löcher **24a** jedoch solch eine Form aufweisen, dass ein turbulenter Fluss minimiert wird.

[0088] Die rohrförmigen Löcher **24a** haben eine geeignete Öffnungsfläche an ihrem Boden. Wenn bei der Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für einen Nanokompositmagneten mit der oben beschriebenen Zusammensetzung, die Öffnungsfläche der rohrförmigen Löcher **24a** ungefähr $0,5 \text{ cm}^2$ überschreitet, wird die Schmelze **22** mit einer übermäßig hohen Rate ausgestoßen, wodurch es schwierig wird, konstant eine Schmelzelache auf der Walze **23** zu bilden, sondern es ist möglich, dass die Schmelze aufspritzt. In diesem Fall kann die Schmelze nicht schnell abgekühlt und verfestigt werden, wie beabsichtigt. Im Gegensatz dazu, wenn die Öffnungsfläche der rohrförmigen Löcher **24a** weniger als ungefähr $0,02 \text{ cm}^2$ beträgt, wird die Schmelzeabschreckrate je Zeiteinheit kurz sein, wie ungefähr $1,5 \text{ kg/min}$. In diesem Fall verringert sich nicht nur die Produktivität deutlich, sondern die resultierende schnell verfestigte Legierungsstruktur enthält höchstens ungefähr 50 Vol.-% amorphe Phasen. Daher werden sich die magnetischen Eigenschaften des fertigen Permanentmagneterzeugnisses etwas verschlechtern. Im Hinblick auf diese Betrachtungen, weisen die rohrförmigen Löcher (d.h. die Gießauslässe) **24a** vorzugsweise eine Öffnungsfläche von ungefähr $0,02 \text{ cm}^2$ bis ungefähr $0,5 \text{ cm}^2$ auf. Die minimal notwendige Öffnungsfläche liegt bevorzugt bei ungefähr $0,03 \text{ cm}^2$, und noch bevorzugter bei ungefähr $0,05 \text{ cm}^2$. Hierbei kann die maximal erlaubte Öffnungsfläche ungefähr $0,2 \text{ cm}^2$ betragen und kann auch ungefähr $0,15 \text{ cm}^2$ betragen.

[0089] Um die Schmelzabschreckrate je Zeiteinheit weiter zu erhöhen, können vier oder mehr rohrförmige Löcher **24a** bereitgestellt werden. In jedem Fall werden vorzugsweise eine Vielzahl von rohrförmigen Löchern **24a** bereitgestellt. Dies liegt daran, dass auch wenn jedes der rohrförmigen Löcher **24a** eine relativ kleine Öffnungsfläche aufweist, die gesamte Verarbeitungsrate in diesem Fall ausreichend hoch gehalten werden kann. Werden dagegen nur ein oder zwei rohrförmige Löcher **24a** bereitgestellt, weist jedes der rohrförmigen Löcher **24a** vorzugsweise eine relativ große Öffnungsfläche auf (z.B. wenigstens ungefähr $0,07 \text{ cm}^2$).

[0090] In dieser bevorzugten Ausführungsform wird die Schmelze **22** auf die Schütte **24** gegossen, und steht anschließend mit der Kühlwalze **23** in Kontakt, über die drei rohrförmigen Löcher **24a**. Daher bewegen sich die resultierenden drei Schmelzeflüsse **22**, welche gerade die Kühlwalze **23** berührt haben, sich auf dem äußeren Umfang und werden schnell abgekühlt und verfestigt durch die rotierende Kühlwalze **23**.

[0091] Um zu verhindern, dass der Schmelzefluss, welcher durch das Herablaufen auf der Führungsfläche der Schütte **24** gleichgerichtet wurde, sich zu einem turbulenten Fluss wandelt, weisen die rohrförmigen Löcher **24a** vorzugsweise eine Länge von wenigstens ungefähr $0,5 \text{ mm}$ auf. Sind die rohrförmigen Löcher **24a** jedoch zu lang, kann ein Teil der Schmelze **22** im Inneren des rohrförmigen Loches **24a** gekühlt und verfestigt werden, so dass es möglich ist, dass die rohrförmigen Löcher **24a** durch die Schmelze verstopft werden. Aus diesem Grund besitzen die rohrförmigen Löcher **24a** vorzugsweise eine Länge von höchstens ungefähr 50 mm .

[0092] Des Weiteren liegt der Abstand zwischen dem Boden der rohrförmigen Löcher **24a** und der Oberfläche der Kühlwalze **23** vorzugsweise bei ungefähr 1 mm bis ungefähr 50 mm . Es sollte jedoch festgehalten werden, dass, nachdem die Schmelze **22** aus den rohrförmigen Löchern **24a** ausgetreten ist und bevor die Schmelze **22** die Kühlwalze **23** erreicht, dass der Oberflächenbereich der Schmelze **22** ein Teil der Wärme an die kühlende Oberfläche abgegeben hat und teilweise verfestigt sein kann. In diesem Fall dient die verfestigte Oberfläche der Schmelze als eine Art zylindrisches Element mit einem rohrförmigen Loch (welches hier als ein "pseudorohrförmiges Element" bezeichnet wird), welches die Schmelze dünn bedeckt, die im Inneren fließt. Wenn solch ein pseudorohrförmiges Element gebildet wird, werden Wirkungen erzielt, als ob das rohrförmige Loch **24a** der Schütte **24** eine ausgedehnte Länge aufweist. Aus diesem Grund liegt der Abstand zwischen dem Boden des rohrförmigen Lochs **24a** und der Oberfläche der Kühlwalze **23** vorzugsweise bei ungefähr 3

mm oder mehr, so dass die echte Länge des rohrförmigen Lochs **24a** in einem bevorzugten Bereich von ungefähr 0,5 mm bis ungefähr 30 mm fällt.

[0093] Solch ein pseudorohrförmiges Element mit einem rohrförmigen Loch wird gebildet, indem ein Oberflächenbereich der Schmelze, welche aus dem rohrförmigen Loch **24a** der Schütte **24** ausgetreten ist, durch das Umgebungsgas abgekühlt und verfestigt wird. Das auf diese Weise gebildete pseudorohrförmige Element befindet sich jedoch immer in Kontakt mit dem laufenden Schmelzefluss und wird auf eine hohe Temperatur von dieser erwärmt, und daher wird es nicht immer vollständig verfestigt, sondern wenigstens teilweise geschmolzen. Aus diesem Grund bezieht sich der "verfestigte" Zustand des pseudorohrförmigen Elementes auf einen Zustand des rohrförmigen Elementes, mit einer Steifheit, die hoch genug ist, um den Schmelzefluss zu steuern, der auf die Kühlwalze geführt wird. Daher muss, auch wenn das rohrförmige Element sich in dem "verfestigten" Zustand befindet, das rohrförmige Element nicht notwendigerweise vollständig verfestigt sein.

[0094] Solch ein pseudorohrförmiges Element, welches durch die natürliche Verfestigung der Schmelze gebildet wird, kann durch ein Gießelement ersetzt werden, mit einem rohrförmigen Loch mit einer ausreichenden Länge, z.B. ungefähr 20 mm oder mehr. In diesem Fall kann, wenn das rohrförmige Loch eng ist, das relativ lange rohrförmige Loch durch die Schmelze verstopft werden. Unabhängig davon, wenn das schnelle Abkühlverfahren durchgeführt wird, wobei der Abstand zwischen dem Ende des rohrförmigen Lochs und der Oberfläche der Kühlwalze verkürzt wird (d.h. ohne dass das pseudorohrförmige Element, geformt durch die natürliche Verfestigung der Schmelze, die Länge ausreichend ausdehnt), dann kann keine Schmelzelache konstant und einfach auf der Kühlwalze ausgebildet werden. Das liegt vermutlich daran, dass die wirksame Länge des rohrförmigen Lochs, einschließlich des zusätzlichen pseudorohrförmigen Elementes, keine ausreichende Länge aufweist und der Schmelzefluss in diesem Fall gestört wird. Im Hinblick auf diese Betrachtungen wird das Schmelzeabschreckverfahren vorzugsweise mit einer Entfernung von wenigstens ungefähr 5 mm (noch bevorzugter wenigstens ungefähr 10 mm) begonnen, die zwischen dem Ende des ursprünglichen rohrförmigen Lochs und der Oberfläche der Kühlwalze bereitgestellt ist. Anschließend wird die wirksame Länge des rohrförmigen Lochs vorzugsweise etwas ausgedehnt, auf zwischen ungefähr 7 mm bis ungefähr 50 mm, indem sich danach das pseudorohrförmige Element ausdehnt.

[0095] Es sollte festgehalten werden, dass wenn eine Vielzahl von Schmelzkontaktzonen (oder Schmelzeabschreckzonen) auf dem äußeren Umfang der Kühlwalze **23** definiert werden, indem eine Vielzahl von rohrförmigen Löchern **24a** bereitgestellt werden, wie in dieser bevorzugten Ausführungsform durchgeführt, dann kann jeder resultierende Schmelzeflüsse unter im Wesentlichen gleichen Bedingungen abgeschreckt werden, während die Schmelze auf die Kühlwalze **23** mit einer erhöhten Rate je Zeiteinheit zugeführt wird. Im Vergleich mit der Situation, bei welcher die Schmelze auf eine einzelne Zone auf der Kühlwalze **23** mit einer relativ hohen Rate zugeführt wird, kann die Zunahme der Temperatur der Kühlwalze **23** deutlich verringert werden und die Kühlfähigkeit der Kühlwalze **23** kann ausreichend hoch beibehalten werden. Als ein Ergebnis, auch wenn eine schnell verfestigte Legierung mit einer Dicke von mehr als ungefähr 50 µm hergestellt wird, kann die Schwankung der Dicke dieser minimiert werden. Alternativ können eine Vielzahl von Schüttten, die jeweils wenigstens ein rohrförmiges Loch aufweisen, in Bezug auf eine einzelne Kühlwalze so angeordnet werden, dass eine Vielzahl von Schmelzkontaktzonen auf der einzelnen Kühlwalze definiert werden.

[0096] Zusätzlich kann die Schütte **24** auch die Temperatur der Schmelze **22** einstellen, die die Kühlwalze **23** erreicht. Die Temperatur der Schmelze **22** auf der Schütte **24** ist vorzugsweise höher als die Liquidustemperatur dieser um ungefähr 100°C oder mehr. Dies liegt daran, dass wenn die Temperatur der Schmelze **22** zu niedrig ist, sich anfängliche Kristalle, die die Eigenschaften der resultierenden schnell verfestigten Legierung beeinflussen, lokal bilden und in der schnell verfestigten Legierung zurückbleiben. Die Schmelztemperatur auf der Schütte **24** ist steuerbar, indem die Temperatur der Schmelze eingestellt wird, die aus dem Schmelzetiegel **21** auf die Schütte **24** gegossen wird, oder durch die Wärmekapazität der Schütte **24** selbst. Sofern notwendig, kann eine Schütteheizvorrichtung (nicht dargestellt) speziell für diesen Zweck bereitgestellt werden. Um die Verringerung der Temperatur der Schmelze auf der Schütte **24** zu minimieren, weist die Schmelzefließfläche auf der Schütte vorzugsweise eine relativ kurze Länge auf. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt solch eine Länge vorzugsweise ungefähr 3 cm bis ungefähr 20 cm.

[0097] Die geschmolzene Legierung wird auf dem Außenumfang der Kühlwalze **23** zu einer dünnen schnell verfestigten Legierung **25** verfestigt, welche bald die Kühlwalze **23** verlässt.

[0098] Nachfolgend Bezug nehmend auf [Fig. 5](#), wird der Winkel, definiert durch die Flussrichtung der Schmelze **22**, welche gerade aus dem rohrförmigen Loch **24a** ausgetreten ist und eine Linie, welche den Mittelpunkt der Einlassöffnung des rohrförmigen Lochs **24a** mit der Rotationsachse der Kühlwalze **23** verbindet,

durch γ identifiziert. In der folgenden Beschreibung ist der Winkel γ positiv, wenn die Schmelzeflussrichtung der Rotationsrichtung der Kühlwalze **23** entgegengesetzt ist und ist negativ, wenn die Schmelzeflussrichtung der Walzenrotationsrichtung entspricht. In dieser bevorzugten Ausführungsform beträgt der Winkel γ vorzugsweise ungefähr -20 Grad bis ungefähr 40 Grad. Der Grund hierfür ist wie folgt. Insbesondere wenn der Winkel γ kleiner als ungefähr -20 Grad ist, würde keine Lache gebildet, sondern die Schmelze würde statt dessen aufspritzen und könnte nicht abgeschreckt werden, wie beabsichtigt. Überschreitet dagegen der Winkel γ ungefähr 40 Grad, könnte die Schmelze nicht auf der Walze verbleiben, sondern würde von dieser heruntertropfen und könnte auch nicht wie beabsichtigt abgeschreckt werden. In Hinblick auf diese Betrachtungen liegt der Winkel γ vorzugsweise bei ungefähr -15 Grad bis ungefähr 30 Grad, und noch bevorzugter bei ungefähr -13 Grad bis ungefähr 25 Grad.

[0099] Die dünne schnell verfestigte Legierung, welche hergestellt werden soll, weist vorzugsweise eine mittlere Dicke von mehr als ungefähr 50 μm bis ungefähr 150 μm auf. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Standardabweichung der Dicke der schnell verfestigten Legierung auf ungefähr 20 μm oder weniger gesteuert werden. Als ein Ergebnis kann die schnell verfestigte Legierung eine gleichförmige Struktur aufweisen und die magnetischen Eigenschaften können wesentlich verbessert werden. Wenn eine schnell verfestigte Legierung mit einer mittleren Dicke von weniger als ungefähr 50 μm erhalten werden soll, bei einer Schmelzezufuhrrate so hoch wie ungefähr 1,5 kg/min oder mehr, sollte die Kühlwalze mit einer sehr hohen Umfangsgeschwindigkeit rotiert werden. In diesem Fall wird im Wesentlichen eine vollständig amorphe Legierung erhalten. Bei einem Nanokompositmagneten, welcher gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hergestellt werden soll, wenn solch eine im Wesentlichen vollständig amorphe, schnell verfestigte Legierung thermisch behandelt wird, kann eine Nanokompositstruktur mit ausgezeichneten magnetischen Eigenschaften nicht konstant gebildet werden. Die vorliegenden Erfinder haben die magnetischen Eigenschaften der thermisch behandelten Legierungen untersucht. Als ein Ergebnis haben die vorliegenden Erfinder herausgefunden, dass die minimal notwendige mittlere Dicke der schnell verfestigten Legierung bevorzugt ungefähr 55 μm und noch bevorzugter ungefähr 60 μm beträgt.

[0100] Wenn auf der anderen Seite die Umfangsgeschwindigkeit der Kühlwalze **23** so gesteuert wird, dass die dünne schnell verfestigte Legierung eine mittlere Dicke von mehr als ungefähr 150 μm aufweist, kann die geschmolzene Legierung durch die Kühlwalze **23** nur unzureichend abgeschreckt werden. In dem Fall können die Boride auf Eisenbasis, welche in der resultierenden schnell verfestigten Legierung ausgefällt werden sollen, eine mittlere Kristallgröße von mehr als ungefähr 50 nm aufweisen und eine α -Fe-Phase mit einer übermäßigen Korngröße von ungefähr 100 nm oder mehr kann erzeugt werden. Wenn ein Magnet durch das thermische Behandeln einer schnell verfestigten Legierung mit solch einer kristallinen Struktur erzeugt wird, sollte der Magnet eine verringerte Rechteckigkeit der Schleife bei der Entmagnetisierungskurve zeigen. Aus diesem Grund weist die schnell verfestigte Legierung vorzugsweise eine mittlere Dicke von höchstens ungefähr 150 μm auf.

[0101] Allgemein ist, je dicker die dünne schnell verfestigte Legierung ist, die Kühlrate desto niedriger und die Größe der Kristalle, die in der schnell verfestigten Legierung ausgefällt werden, desto größer. In einer Legierung, welche ein Nanokompositmagnet gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform werden soll, wenn die weichmagnetischen Phasen, die in der schnell verfestigten Legierung enthalten sind, wie α -Fe und Boride auf Eisenbasis, eine mittlere Kristallkorngröße von mehr als ungefähr 50 nm aufweisen, wird eine magnetische Domänewand im Inneren der Kristallkörper der hartmagnetischen Phase erzeugt. In diesem Fall kann sich einfach aufgrund der Austauschkupplung, die zwischen den weichmagnetischen Phasen und der hartmagnetischen $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -Phase auftritt, ein schwaches äußeren Entmagnetisierungsfeld eine Umkehrung der Magnetisierung erzeugen, wodurch die erwarteten hartmagnetischen Eigenschaften möglicherweise zerstört werden. Aus diesem Grund weisen die weichmagnetischen Phasen, die in der schnell verfestigten Legierung enthalten sind, vorzugsweise eine mittlere Kristallkorngröße von höchstens ungefähr 50 nm auf, noch bevorzugter von höchstens ungefähr 30 nm und noch bevorzugter höchstens 20 nm.

[0102] Auf der anderen Seite weist die $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -Phase vorzugsweise eine mittlere Kristallkomgröße von höchstens ungefähr 300 nm auf, was die Größe einer einzelnen magnetischen Domäne ist. Um die magnetischen Eigenschaften durch Austauschinteraktionen zu verbessern, weist die $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -Phase vorzugsweise eine mittlere Kristallkorngröße von höchstens ungefähr 200 nm auf. Die maximal zulässige mittlere Kristallkorngröße der $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -Phase liegt vorzugsweise bei ungefähr 250 nm und noch bevorzugter bei ungefähr 100 nm.

[0103] In verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist es wichtig, die Dicke und Breite der resultierenden dünnen schnell verfestigten Legierung innerhalb der bevorzugten Bereiche zu definieren,

indem der Innendurchmesser und die Anzahl der rohrförmigen Löcher **24a**, die Schmelzezufuhrrate und die Umfangsgeschwindigkeit der Kühlwalze **23** geeignet bestimmt werden. Um eine gleichförmige Struktur zu erzielen, ist es auch notwendig, die Abkühlrate in der Richtung der Breite gleichförmig zu erzielen. Zu diesem Zweck besitzt die dünne schnell verfestigte Legierung vorzugsweise eine Breite, welche auf ungefähr 3 mm bis ungefähr 20 mm gesteuert wird, indem die Öffnungsfläche der rohrförmigen Löcher **24a** eingestellt werden. Je breiter die dünne schnell verfestigte Legierung ist, desto einfacher kann die Legierung pulverisiert werden. Demzufolge weist die dünne schnell verfestigte Legierung bevorzugt eine Breite von wenigstens 5 mm auf.

[0104] Des Weiteren würde, wenn die schnelle Abkühlatmosphäre einen übermäßig hohen Druck aufweist, das Schutzgas, welches die Kühlwalze **23**, die mit einer hohen Geschwindigkeit rotiert, umgibt, in die Schmelze, welche abgeschreckt wird, absorbiert. In diesem Fall würde die Schmelze nicht konstant abgeschreckt. Hat dagegen das Umgebungsgas einen zu niedrigen Druck, kann die dünne schnell verfestigte Legierung, welche die Kühlwalze **23** verlässt, nicht schnell durch das Schutzgas abgekühlt werden und kann übermäßig kristallisiert werden. Dann kann eine gewünschte Legierung mit vielen amorphen Phasen nicht erhalten werden. In dem Fall würde eine thermisch behandelte Legierung verschlechterte magnetische Eigenschaften zeigen. Im Hinblick auf diese Betrachtungen weist das Schutzgas vorzugsweise einen Druck von ungefähr 0,13 kPa bis ungefähr 10 kPa auf. Wenn die schnelle Abkühlatmosphäre einen Druck innerhalb dieses bevorzugten Bereichs aufweist, kann das pseudorohrförmige Element auch konstant durch die natürliche Verfestigung des Oberflächenbereichs des Schmelzeffusses gebildet werden.

Bevorzugte Zusammensetzung für den Nanokompositmagneten

[0105] Q ist wenigstens eines von B (Bor) und C (Kohlenstoff). B ist ein unentbehrliches Element für ein Borid auf Eisenbasis, wie eine weichmagnetische Fe_3B - oder $Fe_{23}B$ -Phase und die hartmagnetische $R_2Fe_{14}B$ -Phase, welche die Hauptphasen eines nanokompositpermanentmagnetischen Materials sind. Wenn die Molanteile x von B außerhalb des 10–30 Atom-%-Bereichs liegen, können die Permanentmagneteigenschaften erzielt werden. Aus diesem Grund erfüllt der B-Molanteil x vorzugsweise $10 \text{ Atom-}\% \leq x \leq 30 \text{ Atom-}\%$. Wie hier verwendet, umfasst " Fe_3B " $Fe_{3,5}B$, welches von Fe_3B fast ununterscheidbar ist.

[0106] Des Weiteren, wenn der Molanteil x von B niedriger als ungefähr 10 Atom-% ist, würde die amorphe Bildbarkeit der Schmelze deutlich abnehmen. In diesem Fall, wenn eine schnell verfestigte Legierung durch ein Verfahren gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt wird, wird die geschmolzene Legierung während des schnellen Verfestigungsverfahrens nicht super gekühlt, und daher kann keine dünne Legierung mit ausgezeichneter Glätte erhalten werden. Des Weiteren, auch wenn solch eine dünne schnell verfestigte Legierung erwärmt und kristallisiert wird, kann die gewünschte gleichförmige Nanokompositmagnetstruktur nicht erzielt werden und ausgezeichnete magnetische Eigenschaften sind nicht erzielbar. Wenn auf der anderen Seite der Molanteil x von B 30 Atom-% überschreitet, kann die hartmagnetische Phase nicht ausreichend gebildet werden. Daher liegt ein bevorzugter x-Bereich zwischen ungefähr 10 Atom-% bis ungefähr 20 Atom-% und ein noch bevorzugter x-Bereich liegt bei ungefähr 10,5 Atom-% bis ungefähr 20 Atom-%. Es sollte festgehalten werden, dass C bis zu ungefähr 50 Atom-% von B substituiert kann, da die magnetischen Eigenschaften oder die Metallstruktur durch die Substitution nicht beeinflusst wird.

[0107] Das Seltenerdelement R ist ein Element, welches für $R_2Fe_{14}B$ unentbehrlich ist, welches eine hartmagnetische Phase ist, die notwendig ist, um die Permanentmagnetischen Eigenschaften zu erzielen. In verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung umfasst R vorzugsweise wenigstens ein Element, gewählt aus der Gruppe bestehend aus Pr, Nd, Dy und Tb. Um die amorphe Formbarkeit und die Kristallisationstemperatur zu steuern, kann jedoch auch ein anderes Seltenerdelement für einen Teil von R substituiert werden. Der Molanteil y von R sollte nicht weniger als ungefähr 2 Atom-% betragen, da die hartmagnetische Phase mit der $R_2Fe_{14}B$ -Kristallstruktur nicht erzeugt werden kann, mit einem R-Molanteil y von weniger als ungefähr 2 Atom-%. Beträgt der R-Molanteil y jedoch mehr als ungefähr 10 Atom-%, werden kein Eisen oder Boride auf Eisenbasis erzeugt, und es kann kein Nanokompositmagnet erhalten werden. Im Hinblick auf diese Betrachtungen erfüllt der Molanteil y von R vorzugsweise $2 \text{ Atom-}\% \leq y \leq 10 \text{ Atom-}\%$. Ein noch bevorzugter y-Bereich liegt bei ungefähr 3 Atom-% bis ungefähr 9,5 Atom-% und noch bevorzugter liegt der y-Bereich bei ungefähr 4 Atom-% bis ungefähr 9,2 Atom-%.

[0108] Der Rest des Legierungsmaterials, d.h. andere als die oben beschriebenen Elemente, kann nur Fe sein, wobei ein Teil durch CO ersetzt werden kann. Hierdurch wird die Rechteckigkeit der Schleife der Entmagnetisierungskurve verbessert und das maximale Energieprodukt $(BH)_{\max}$ erhöht sich.

[0109] Des Weiteren kann ein Teil von Fe auch durch wenigstens ein Metallelement M ersetzt werden, wel-

ches aus der Gruppe ausgewählt wird, bestehend aus Al, Si, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Zn, Ga, Zr, Nb, Mo, Ni, Hf, Ta, W, Pt, Pb, Au und Ag. Wenn jedoch der gesamte Molanteil z des wenigstens einen Metallelementen M ungefähr 10 Atom-% überschreitet, verringert sich die Mangetisierung. Daher liegt ein bevorzugter z -Bereich bei 0,3 Atom-% $\leq z \leq$ 10 Atom-% und ein noch bevorzugterer z -Bereich bei 0,3 Atom-% $\leq z \leq$ 5 Atom-%.

[0110] Unter diesen Metallelementen führt Ti zu besonders bevorzugten Wirkungen. Dies liegt daran, dass wenn Ti zugegeben wird, eine Verbindung mit der $R_2Fe_{14}B$ -Kristallstruktur (d.h. der hartmagnetischen Phase) sich bildet und vorzugsweise wächst und die Erzeugung der α -Fe-Phase wird während des schnellen Verfestigungsverfahrens minimiert. Des Weiteren wird eine Struktur, bei welcher Boride auf Eisenbasis mit einer sehr kleinen Größe dünne auf den Korngrenzen der hartmagnetischen Phase verteilt sind, erhalten. Solch eine Struktur kann ausgezeichnete magnetische Eigenschaften als ein Nanokompositmagnet zeigen. Daher wird vorzugsweise Ti zugegeben. Ti wird vorzugsweise mit einem Molanteil von ungefähr 0,5 Atom-% bis ungefähr 7 Atom-%, noch bevorzugter ungefähr 1 Atom-% bis ungefähr 6 Atom-% zugegeben.

Beispiele

[0111] Im Folgenden werden spezifische Beispiele bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. In den folgenden spezifischen Beispielen der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurde eine Schmelzeabschreckvorrichtung, wie die in [Fig. 3](#) dargestellte, eingesetzt. Insbesondere wurden zunächst die jeweiligen Materialien Nd, Fe, Co, B, C und Ti mit Reinheiten von ungefähr 99,5% oder mehr so abgewogen, dass die Mischung ein Gesamtgewicht von ungefähr 5 kg aufwies und eine Legierungszusammensetzung von $Nd_{8,5}Fe_{75}Co_2B_{11}C_1Ti_{2,5}$ (wobei die Indizes die Atomanteile angeben). Anschließend wurde die Mischung in einen Aluminiumoxidtiegel eingeführt.

[0112] Anschließend wurde das Legierungsmaterial in einem Hochfrequenzwärmungsverfahren in dem Aluminiumoxidtiegel geschmolzen, wodurch eine geschmolzene Legierung mit der oben beschriebenen Zusammensetzung erzielt wurde. Die geschmolzene Legierung wies eine Temperatur von ungefähr 1350°C auf. Anschließend wurde der Aluminiumoxidtiegel geneigt, um die geschmolzene Legierung auf die Führungsfläche des Schüttenaufbaus zu gießen, welcher in den [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) dargestellt ist.

[0113] Ein austauschbares Element mit einem, zwei, drei oder vier rohrförmigen Löchern wurde an den Boden der Führungsfläche angepasst. Daher wurde die Schmelze, welche die Führungsfläche herab lief, durch die rohrförmigen Löcher konvergiert, um so auf die Oberfläche einer Kühlwalze geführt zu werden, welche unter dem mindestens einen rohrförmigen Loch rotierte.

[0114] Das mindestens eine rohrförmige Loch der Schütte wies eine Länge von ungefähr 20 mm auf. Der Abstand zwischen dem Ende des mindestens einen rohrförmigen Lochs und der Oberfläche der Kühlwalze betrug ungefähr 20 mm. Die Schmelze, die aus dem mindestens einen rohrförmigen Loch austrat, wurde in Kontakt mit der Abkühlwalze gebracht, die in einer Ar-Atmosphäre mit einem Druck von ungefähr 11,3 kPa bereitgestellt war und von dieser schnell abgekühlt und verfestigt. Die Kühlwalze wurde mit einer Umfangsgeschwindigkeit von ungefähr 15 m/s rotiert. Die Bedingungen dieses schnellen Abkühlverfahrens, einschließlich der Anzahl und der Öffnungsfläche der bereitgestellten rohrförmigen Löcher sind in der folgenden Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1

	Anzahl der Löcher	Öffnungsflächen (cm ²)	α (deg)	β (deg)	γ (deg)	schnell verfestigt?	Schmelzeabschreckrate (kg/min)	
B E I S P I E L	1	2	0,03	10	32	10	Ja	4,0
	2	2	0,07	20	40	3	Ja	5,3
	3	3	0,07	30	35	5	Ja	7,0
	4	3	0,13	30	35	5	Ja	11,0
	5	1	0,18	10	25	0	Ja	7,3
	6	4	0,07	30	25	5	Ja	8,7
	7	3	0,07	10	35	10	Ja	7,0
	8	2	0,13	30	35	-12	Ja	7,2
Vergleichsbeispiele	9	-	-	30	25	-	Ja	6,0
	10	-	-	10	25	-	Ja	6,0
	11	-	-	30	35	-	Nein	-

[0115] In jedem der Vergleichsbeispiele Nr. 9, 10 und 11 wurde eine dünne schnell verfestigte Legierung durch ein Streifengießverfahren unter Verwendung eines Führungselementes ohne rohrförmige Löcher hergestellt. Das Legierungsmaterial wies die gleiche Zusammensetzung auf, die in den spezifischen Beispielen der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingesetzt wurden. Wie in Tabelle 1 dargestellt, konnte die dünne schnell verfestigte Legierung unter den Bedingungen der Proben Nr. 9 und 10 erhalten werden, konnte jedoch nicht unter den Bedingungen der Probe Nr. 11 erhalten werden. Bei dem Vergleichsbeispielen prallte die Schmelze gegen die Walzenoberfläche mit einem kleinen kinetischen Moment und behielt einen geringen Grad des Kontaktes mit der Walzenoberfläche bei. Daher zeigte der Anteil der resultierenden dünnen schnell verfestigten Legierung, welche sich in Kontakt mit der Walzenoberfläche befunden hatte, ein niedriges Maß an Glätte und wies eine große Anzahl kleiner konkaver Bereiche auf. Dies bedeutet, dass die schnell verfestigte Legierung eine Anzahl von lokal unzureichend gekühlten Bereichen aufwies. Daher würde ein Magnet, der aus solch einer Legierung hergestellt wird, verschlechterte magnetische Eigenschaften zeigen.

[0116] [Fig. 6](#) zeigt die Dickeverteilung von dünnen schnell verfestigten Legierungen, welche als ein spezifisches Beispiel bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bedingungen der Probe Nr. 4 erhalten wurden, welche in Tabelle 1 dargestellt sind, und die Dickeverteilung der dünnen schnell verfestigten Legierungen, welche als ein Vergleichsbeispiel unter den Bedingungen für die Probe Nr. 9 erhalten wurden, welche in Tabelle 1 dargestellt ist. Die Dicke der 100 Stücke der schnell verfestigten Legierungen wurden mit einem Mikromessgerät mit kugelförmigen Oberflächen gemessen. Jedes dieser Stücke wies eine Länge von ungefähr 20 mm bis ungefähr 50 mm, und eine Breite von ungefähr 6 mm auf.

[0117] Aus den in [Fig. 6](#) dargestellten Ergebnissen wird deutlich, dass die dünnen schnell verfestigten Legierungen, welche spezifische Beispiele der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen, eine gleichförmigere Dicke zeigten, als die dünnen schnell verfestigten Legierungen, die die Vergleichsbeispiele darstellen. Die Probe Nr. 4 wurde mit einer höheren Schmelzezuflussrate als Probe Nr. 9 erhalten. Daher war die mittlere Dicke der resultierenden dünnen schnell verfestigten Legierungen der Probe Nr. 4 größer als die der Probe Nr. 9. In dem Vergleichsbeispiel war die Dicke der dünnen schnell verfestigten Legierungen über einen viel breiteren Bereich verteilt, als in den spezifischen Beispielen der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Dies liegt vermutlich daran, dass der Grad des Kontakts zwischen der Schmelze und der Walzenoberfläche im Vergleichsbeispiel niedrig sein sollte.

[0118] Die dünnen schnell verfestigten Legierungen, die das Vergleichsbeispiel darstellen, wiesen eine kleinere mittlere Dicke als die dünnen schnell verfestigten Legierungen auf, die die spezifischen Beispiele der be-

vorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung darstellen. Auch wenn die Schmelzezufuhrrate erhöht wurde, um dünne Streifen mit einer mittleren Dicke zu erhalten, die der Dicke der dünnen schnell verfestigten Legierungen der Probe Nr. 4 vergleichbar waren, unter Verwendung einer Dünnwandgießvorrichtung für das Vergleichsbeispiel, konnte die Schmelzelache jedoch nicht konstant gebildet werden und dünne Legierungen mit der notwendigen Dicke konnten nicht mit guter Reproduzierbarkeit erhalten werden.

[0119] Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, dass gemäß der spezifischen Beispiele der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, obwohl die mittlere Dicke dieser ungefähr 80 µm oder mehr betrug, dünne schnell verfestigte Legierungen mit guter Reproduzierbarkeit erhalten werden konnten, wobei die Standardabweichung der Dicke minimiert war.

[0120] Nachfolgend wurden die dünnen schnell verfestigten Legierungen, die unter den oben genannten Bedingungen erhalten wurden, grob in einer Kugelmühle pulverisiert auf eine Größe von ungefähr 850 µm oder weniger. Anschließend wurden die grob pulverisierten Legierungen einer Wärmebehandlung unterworfen. Insbesondere wurden die Legierungen auf ungefähr 700°C erwärmt und dort für ungefähr 10 Minuten gehalten, in einer Ar-Atmosphäre, unter Verwendung eines kontinuierlichen Bandheizofens, und wurden anschließend auf Raumtemperatur abgekühlt. Als Ergebnis dieser Wärmebehandlung wurden amorphe Phasen, die in den schnell verfestigten Legierungen vorhanden waren, kristallisiert und eine fertige Nanokompositmagnetstruktur wurde erhalten. Die magnetischen Eigenschaften der Nanokompositmagnetpulver, die auf diese Weise erhalten wurden, wurden mit einem vibrierenden Probenmagnetometer gemessen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2

		B _r (mT)	(BH) _{max} (kJ/m ³)	H _{CJ} (kA/m)
B	1	900	120	666
	2	863	116	672
	3	870	115	672
	4	862	112	661
	5	853	110	681
	6	866	115	675
	7	882	117	669
	8	873	115	683
Vergleichs- beispiel	9	834	104	684
	10	843	103	652
	11	827	98	671

[0121] Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und spezifische Beispiele dieser, die oben beschrieben wurden, betreffen einen Nanokompositmagneten. Die vorliegenden Erfinder haben jedoch auch entdeckt und über Experimente bestätigt, dass das Herstellungsverfahren, welches mit der in [Fig. 3](#) dargestellten Maschine durchgeführt werden soll, wirksam eingesetzt werden kann, nicht nur bei der Herstellung von schnell verfestigter Legierung für einen Nanokompositmagneten, jedoch auch zur Herstellung schnell verfestigter Legierungen für andere Arten von Magneten, einschließlich Verbundmagneten und Sintermagneten. Das heißt, die vorliegende Erfindung ist nicht auf eine Legierung mit einer speziellen Zusammensetzung begrenzt, so lange die Legierung geschmolzen und schnell abgekühlt und verfestigt werden kann. Das heißt, die Vorrichtung und das Verfahren zur Herstellung einer schnell verfestigten Legierung gemäß verschiedener bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist breit einsetzbar zur Verwendung bei der Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für jede Art eines Magneten.

[0122] Im Folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für einen Sinter-

magnet gemäß einer alternativen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0123] Auch wenn die in [Fig. 3](#) dargestellte Vorrichtung verwendet wird, um die schnell verfestigte Legierung für einen Sintermagnet herzustellen, wird die Schmelze, welche die Führungsfläche der geneigten Schütte herabfließt, durch das mindestens eine rohrförmige Loch konvergiert, während es durch das mindestens eine rohrförmige Loch durchgeführt wird, und wird anschließend mit einem großen kinetischen Moment ausgestoßen, während es einen laminaren Flusszustand beibehält. Die Schmelze trifft daher gegen die Oberfläche der Kühlwalze mit einem großen kinetischen Moment. Als ein Ergebnis erhöht sich der Grad des Kontaktes zwischen der geschmolzenen Legierung und der Oberfläche der Kühlwalze und eine Schmelzelache kann konstant sogar auf der Oberfläche der rotierenden Kühlwalze gebildet werden.

[0124] Bei der herkömmlichen Dünnbandgießvorrichtung wird die Schmelze auf die Kühlwalze mittels eines Gießtiegels zugeführt, welcher bereitgestellt wird, um die Schmelze darin temporär zu halten, und die Größe einer gebildeten Schmelzelache wird durch die Spalte zwischen dem Schmelzezufuhranguss des Gießtiegels und einer Oberfläche der Kühlwalze definiert. Daher kann bei dem herkömmlichen Verfahren die Spalte zwischen dem Schmelzezufuhranguss der Gießwanne und der Oberfläche der Kühlwalze nicht mehr als ungefähr 0,5 mm betragen. Des Weiteren führte im Stand der Technik niemand die Idee durch, den Schmelzefluss zu beschleunigen, indem die Schmelzeführungsfläche der Gießwanne beschleunigt wird, und daher wurde die Schmelze normal durch die Schmelzezufuhröffnung der Gießwanne auf die Oberfläche der Kühlwalze mit einer niedrigen Flussgeschwindigkeit zugeführt. Daher konnte die herkömmliche Dünnbandgießvorrichtung ein ausreichendes Maß des Kontaktes zwischen der Schmelze und der Walzenoberfläche nicht erzielen.

[0125] Wie oben beschrieben, wird gemäß der verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung der Grad des Kontakts zwischen der Schmelze und der Walzenoberfläche deutlich erhöht, wodurch die unerwünschte Absorption des Umgebungsgases in die Spalte zwischen der Schmelze und der Walzenoberfläche minimiert wird und des Weiteren das kinetische Moment der Schmelze stabilisiert wird. Als ein Ergebnis kann die Dicke und Kühlrate der resultierenden schnell verfestigten Legierung gleichförmig gemacht werden. Daher kann im Vergleich zu dem herkömmlichen Dünnbandgießverfahren eine schnell verfestigte Legierungsstruktur mit einer gleichförmigeren Qualität erhalten werden. Im Stand der Technik konnte schnell verfestigte Legierung für einen Sintermagneten so gleichförmig organisiert werden, wie die schnell verfestigte Legierung, die durch eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten wird. Die vorliegenden Erfinder haben jedoch herausgefunden, dass sogar ein Legierungsmaterial für einen Sintermagneten vorzugsweise eine sehr gleichförmige Legierungsstruktur aufweist, um ausgezeichnete magnetisch Eigenschaften zu erzielen (z.B. hohe Koerzitivkraft u.a.).

[0126] Wenn jedoch bei der Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für einen Sintermagneten der Auslass des mindestens einen rohrförmigen Lochs eine Öffnungsfläche aufwies, die ungefähr $0,6 \text{ cm}^2$ überschritt, wäre die Schmelzezufuhrrate zu hoch, um konstant die Schmelzelache auf der Kühlwalze zu bilden. In diesem Fall würde die Schmelze aufspritzen und konnte nicht wie beabsichtigt abgeschreckt werden. Weist der Auslass des wenigstens einen rohrförmigen Lochs eine Öffnungsfläche von weniger als $0,03 \text{ cm}^2$ auf, dann würde die Schmelzeverarbeitungsrate je Einheitszeit so kurz wie ungefähr 1,5 kg/min sein und die Produktivität würde sich deutlich verringen.

[0127] Im Hinblick auf diese Betrachtungen weist bei der Herstellung einer schnell verfestigten Legierung für einen Sintermagneten der Auslass der geraden rohrförmigen Löcher vorzugsweise eine Öffnungsfläche von ungefähr $0,03 \text{ cm}^2$ bis ungefähr $0,6 \text{ cm}^2$, noch bevorzugter ungefähr $0,07 \text{ cm}^2$ bis ungefähr $0,04 \text{ cm}^2$ auf.

[0128] Es sollte festgehalten werden, dass durch Bereitstellen einer Anzahl von rohrförmigen Löchern um das Ende der Schütte herum, die Schmelzeverarbeitungsrate je Einheitszeit erhöht werden kann.

[0129] Bezuglich der spezifischen Anordnung (d.h. bevorzugte Bereiche der Winkel α , β und γ) in der Schütte der Schmelzeabschreckvorrichtung, treffen die Bedingungen zu, die bereits für den Nanokompositmagnet beschrieben wurden, auch auf die schnell verfestigte Legierung für einen Sintermagneten zu.

[0130] Die Vorrichtung und das Verfahren gemäß der verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die oben beschrieben sind, erhöht den Grad des Kontaktes zwischen der geschmolzenen Legierung und der Oberfläche der Kühlwalze deutlich und schreckt die Schmelze gleichförmiger ab, und stellt so eine schnell verfestigte Legierung mit einer noch gleichförmigeren Struktur für jede Art des Magneten bereit. Diese vorteilhaften Wirkungen werden unabhängig von der spezifischen Zusammensetzung des Legierungsmaterials erzielt, welches verarbeitet werden soll, oder unabhängig davon, ob der erhaltene Magnet ein

Verbundmagnet oder ein Sintermagnet ist.

[0131] Des Weiteren kann in der Vorrichtung und in dem Verfahren gemäß der verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung der Abstand zwischen dem Ende der Schütte und der Oberfläche der Kühlwalze erhöht werden, und die Schmelzelache kann noch konstanter gebildet werden, im Vergleich mit der herkömmlichen Dünnbandgießvorrichtung. Daher kann sogar eine relativ dicke schnell verfestigte Legierung konstant gebildet werden.

[0132] Des Weiteren ist es möglich, da der Abstand zwischen dem Ende der Schütte und der Oberfläche der Kühlwalze zunehmen kann, ein unerwarteter Abbruch des Schmelzeabschreckverfahrens zu vermeiden, aufgrund des Verstopfens der Spalte zwischen dem Ende der Schütte und der Oberfläche der Kühlwalze durch einen verfestigten Bereich der Schmelze um das Ende der Schütte herum. Insbesondere, wenn das Gießelement mit wenigstens einem rohrförmigen Loch ersetztbar ist, wie in [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) dargestellt, kann die Schmelzeabschreckvorrichtung normal über einen langen Zeitraum betrieben werden, in dem nur das Gießelement **240** ersetzt wird, und nicht die gesamte Schütte **24**.

[0133] Des Weiteren läuft die Schmelze gemäß der bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung die Führungsfläche der geneigten Schütte mit einer relativ hohen Geschwindigkeit (z.B. ungefähr 0,2 m/s oder mehr) herab. Daher kann die Schmelze, nachdem sie auf die Schütte gegossen wurde, die Oberfläche der Kühlwalze in einem kürzeren Zeitraum als bei dem herkömmlichen Dünnbandgießverfahren erreichen. Daher kann eine Verringerung der Temperatur der Schmelze auf der Schütte deutlich reduziert werden. Demzufolge kann die Schmelze, auch wenn die Schmelze eine relativ niedrige Temperatur besitzt, noch mit jeder gewünschten Temperatur auf die Kühlwalze zugeführt werden. Zusätzlich, da die Schmelze die Schütte schnell herabfließt, kann eine unerwünschte Oxidation der Schmelze minimiert werden und Schlacke und andere Ablagerung sammeln sich kaum in der Schütte. Wenn sie oxidiert wird, weist die Schmelze eine erhöhte Viskosität auf und kann möglicherweise die rohrförmigen Löcher verstopfen. Gemäß der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann die Schmelze jedoch die geneigte Führungsfläche schnell herab laufen, so dass die unerwünschte Zunahme der Viskosität der Schmelze aufgrund von Oxidation minimiert werden kann, und das Verstopfen der rohrförmigen Löcher tritt kaum auf.

[0134] Im Folgenden werden spezifische Beispiele eines Verfahrens zur Herstellung eines Sintermagneten gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Beispiele

[0135] In den folgenden spezifischen Beispielen der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurde eine Schmelzeabschreckvorrichtung, wie die in [Fig. 3](#) dargestellte, auch verwendet. Insbesondere wurden zunächst die jeweiligen Materialien Nd, Dy, B, C und Fe mit Reinheiten von ungefähr 99,5% oder mehr so abgewogen, dass die Mischung ein Gesamtgewicht von ungefähr 4 kg aufwies und eine Legierungszusammensetzung $\text{Nd}_{31}, 1\text{Dy}_{1,0}\text{B}_{1,1}\text{C}_{3,0}\text{Fe}_{63,9}$ (wobei die Indizes die Gewichtsprozentanteile angeben). Anschließend wurde die Mischung in einen Aluminiumoxidiegel eingeführt.

[0136] Anschließend wurde das Legierungsmaterial durch ein Hochfrequenzwärmungsverfahren in dem Aluminiumoxidiegel geschmolzen, wodurch eine geschmolzene Legierung mit der oben beschriebenen Zusammensetzung erhalten wurde. Die geschmolzene Legierung wies eine Temperatur von ungefähr 1500°C auf. Anschließend wurde der Aluminiumoxidiegel geneigt, um die geschmolzene Legierung auf die Führungsfläche des Schüttenaufbaus zu gießen.

[0137] Ein ersetzbares Element drei rohrförmigen Löchern (jeweils mit einem Durchmesser von ungefähr 4 mm) wurde an dem Boden der Führungsfläche angesetzt. Daher wurde die Schmelze, welche die Führungsfläche herab lief, durch die rohrförmigen Löcher konvergiert, um so auf die Oberfläche einer Kühlwalze zugeführt zu werden, die unter den rohrförmigen Löchern rotierte.

[0138] Bevor die pseudorohrförmigen Elemente zu wachsen begannen, wiesen die rohrförmigen Löcher der Schütte eine Länge von ungefähr 10 mm auf. Der Abstand zwischen dem Ende der rohrförmigen Löcher und der Oberfläche der Kühlwalze betrug anfänglich ungefähr 10 mm. Die Schmelze, welche aus den rohrförmigen Löchern austrat, wurde in Kontakt mit der Kühlwalze gebracht, die in einer Ar-Atmosphäre mit einem Druck von ungefähr 50 kPa bereitgestellt war, und von dieser schnell abgekühlt und verfestigt. Die Kühlwalze rotierte mit einer Umfangsgeschwindigkeit von ungefähr 2 m/s. Die Winkel α , β und γ wurden bei ungefähr 5 Grad, ungefähr 20 Grad und ungefähr 2 Grad definiert. Wenn das Schmelzeabschreckverfahren einen eingeschwungenen

nen Zustand erreichte, wuchsen die pseudorohrförmigen Elemente auf eine Länge von ungefähr 7 mm. Als ein Ergebnis erreichte die wirksame Länge der rohrförmigen Löchern ungefähr 14 mm. Daher betrug der Abstand zwischen dem Ende der pseudorohrförmigen Elemente und der Oberfläche der Kühlwalze ungefähr 1,5 mm bis ungefähr 3 mm.

[0139] In diesem spezifischen Beispiel wurden drei rohrförmige Löcher bereitgestellt. Daher wurden drei Schmelzeflüsse auf die Kühlwalze zugeführt, und drei schnell verfestigte Legierungen wurden gleichzeitig gebildet. Die gegossenen Flocken der schnell verfestigten Legierungen, die auf diese Weise erhalten wurden, wiesen Breiten von ungefähr 6 mm bis ungefähr 10 mm und Längen von ungefähr 10 mm bis ungefähr 300 mm auf.

[0140] Anschließend wurden 100 gegossene Flocken willkürlich aus den schnell verfestigten Legierungen ausgewählt, die auf diese Weise erhalten wurden, und die Dicke dieser wurden gemessen. Als ein Ergebnis wiesen diese gegossenen Flocken eine mittlere Dicke von ungefähr 230 µm mit einer Standardabweichung von ungefähr 20 µm auf. Die Kristallkörper in den gegossenen Flocken wiesen eine Größe der Nebenachse von ungefähr 0,5 µm bis ungefähr 7 µm und eine Größe der Hauptachse von ungefähr 3 µm bis ungefähr 70 µm auf. Die gegossenen Flocken wiesen eine Legierungsstruktur auf, wobei eine Haupt- $R_2Fe_{14}B$ -Phase von einer R-reichen Phase umgeben war, mit einer Dicke von ungefähr 0,5 µm bis ungefähr 7,0 µm. Die gleichförmige Anordnung der R-reichen Phase wurde mit einem Elektrostrahlmikroanalysator EPM-810 (hergestellt von Shimadzu Corp.) bestätigt.

[0141] Die gegossenen Flocken wurden grob pulverisiert und anschließend fein pulverisiert durch bekannte Verfahren, wodurch ein feinpulverisiertes Pulver mit einer mittleren Partikelgröße von ungefähr 3,0 µm erzielt wurde. Anschließend wurde das feinpulvrierte Pulver unter einem Magnetfeld mit einer Festigkeit von ungefähr 1,2 MA/m verdichtet und anschließend gesintert. Der Verdichtungsdruck betrug ungefähr 100 MPa und das Sinterverfahren wurde bei ungefähr 1060°C für ungefähr 3 Stunden durchgeführt. Der gesinterte Presskörper wurde einer Alterungsbehandlung bei ungefähr 600°C für ungefähr 1 Stunde unterworfen. Die Magnetigenschaften des auf diese Weise erhaltenen Permanentmagneten sind in Tabelle 3 dargestellt.

Vergleichsbeispiel

[0142] Eine schnell verfestigte Legierung mit der gleichen Legierungszusammensetzung wie das oben beschriebene spezifische Beispiel wurde hergestellt unter Verwendung der Vorrichtung, welche in [Fig. 2](#) dargestellt ist, unter fast den gleichen Bedingungen, mit der Ausnahme, dass die Schmelze direkt von der Schütte auf die Kühlwalze zugeführt wurde, ohne rohrförmige Löcher. In diesem Vergleichsbeispiel betrug der Abstand zwischen dem Ende der Schütte und der Oberfläche der Kühlwalze ungefähr 10 mm und die Winkel α und β betragen ungefähr 20 Grad und ungefähr 10 Grad.

[0143] Auf diese Weise wurden gegossene Flocken schnell verfestigter Legierungen mit Breiten von ungefähr 20 mm bis ungefähr 30 mm und mit Längen von ungefähr 10 mm bis ungefähr 300 mm erhalten. Anschließend wurden 100 gegossene Flocken willkürlich aus den schnell verfestigten Legierungen ausgewählt, die auf diese Weise erhalten wurden, und die Dicken dieser wurden gemessen. Als ein Ergebnis wiesen diese gegossenen Flocken eine mittlere Dicke von ungefähr 240 µm mit einer Standardabweichung von ungefähr 64 µm auf.

[0144] Die Kristallkörper in den gegossenen Flocken wiesen eine Größe der Nebenachse von ungefähr 0,5 µm bis ungefähr 20 µm und eine Größe der Hauptachse von ungefähr 10 µm bis ungefähr 300 µm auf. Die gegossenen Flocken wiesen eine Legierungsstruktur auf, wobei eine Haupt- $R_2Fe_{14}B$ -Phase von einer R-reichen Phase mit einer Dicke von ungefähr 2,0 µm oder weniger umgeben war.

[0145] Die gegossenen Flocken wurden auch pulverisiert und anschließend unter den gleichen Bedingungen gesintert, wie die spezifischen oben beschriebenen Beispiele, wodurch Sintermagnete erhalten wurden. Die magnetischen Eigenschaften des resultierenden Permanentmagnet sind auch in der folgenden Tabelle 3 dargestellt:

Tabelle 3

	B_r (mT)	$(BH)_{max}$ (kJ/m³)	H_{cJ} (MA/m)
Beispiel	1,28	353,2	1,61
Vergleichsbeispiel	1,27	335,4	1,24

[0146] Aus den in Tabelle 3 dargestellten Ergebnissen wird deutlich, dass das maximale Energieprodukt und die Koerzitivkraft des spezifischen Beispiels der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung höher war als die des Vergleichsbeispiels. Diese Ergebnisse zeigten, dass eine sehr gleichförmige Magnetgierungsstruktur in dem spezifischen Beispiel der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erhalten wurde, da das Maß des Kontaktes zwischen der geschmolzenen Legierung und der Kühlwalze so deutlich erhöht wurde, dass die geschmolzene Legierung gleichförmig genug abgeschreckt wurde.

[0147] Gemäß verschiedener bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, welche oben beschrieben sind, kann eine Schmelzelache konstant auch auf einer Kühlwalze gebildet werden, die mit einer relativ hohen Geschwindigkeit rotiert wird. Daher trägt die vorliegende Erfindung wirksam der Massenproduktion schnell verfestigter Legierungen bei, nicht nur für Nanokompositmagneten, sondern auch für anderen Arten von Magneten.

Industrielle Anwendbarkeit

[0148] Während die vorliegende Erfindung in Bezug auf bevorzugte Ausführungsformen dieser beschrieben wurde, wird Fachleuten auf diesem Gebiet klar, dass die offenbare Erfindung auf zahlreiche Weisen modifiziert werden kann und viele andere Ausführungsformen, als die oben beschriebenen, möglich sind. Demzufolge sollen von den beigefügten Ansprüchen alle Modifikationen der Erfindung umfasst sein, die in den Umfang der Erfindung fallen.

Patentansprüche

1. Zwischenbehälter (24) zum Empfang einer Schmelze einer Legierung und zur Weiterleitung der Schmelze auf eine Kühlwalze (23) einer Vorrichtung zum Abschrecken einer Schmelze, wobei der Zwischenbehälter (24) folgendes umfasst:

ein Führungsoberfläche, hergestellt aus einem Material mit einem Schmelzpunkt, der höher ist als die Temperatur der Schmelze, wobei die Führungsoberfläche einen Neigungswinkel gegenüber einer horizontalen Fläche aufweist und wobei die Führungsoberfläche eine Schmelzflussfläche aufweist, auf der die Schmelze fließt; und ein Gießelement (240) mit mindestens einem röhrenförmigen Loch (24a), welches die Schmelze, die die Schmelzflussfläche der Führungsoberfläche herunterfließt, weiterleitet;

wobei das Gießelement (240) an den Zwischenbehälter (24) anbringbar und von diesem wieder abnehmbar ist, und

wobei die Länge der Schmelzflussfläche 3 cm bis 20 cm beträgt.

2. Gießelement (240), angebracht an den Zwischenbehälter (24) nach Anspruch 1, in einem wieder abnehmbaren Zustand, aufweisend mindestens ein röhrenförmiges Loch (24a), welches die die Schmelzflussfläche der Führungsoberfläche herunterfließende Schmelze weiterleitet.

3. Vorrichtung zum Abschrecken einer Schmelze, umfassend:

eine Kühlwalze (23); und

einen Zwischenbehälter (24), der eine Schmelze einer Legierung entgegennimmt und diese auf die Kühlwalze (23) weiterleitet;

wobei der Zwischenbehälter (24) folgendes umfasst:

eine Führungsoberfläche, hergestellt aus einem Material mit einem Schmelzpunkt, der höher als die Temperatur der Schmelze ist, und wobei die Führungsoberfläche einen Neigungswinkel gegenüber einer horizontalen Fläche definiert, wobei die Führungsoberfläche eine Schmelzflussfläche zum Fließen der Schmelze aufweist; und

ein Gießelement (240) mit mindestens einem röhrenförmigen Loch (24a), welches die die Schmelzflussfläche der Führungsoberfläche herabfließende Schmelze weiterleitet, und

wobei eine Entfernung zwischen etwa 1 mm bis etwa 50 mm zwischen dem Ende des mindestens einen röhrenförmigen Loches (**24a**) und der Oberfläche der Kühlwalze (**23**) vorgesehen ist, und wobei die Länge der Schmelzflussfläche 3 cm bis 20 cm beträgt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei das Gießelement anbringbar und wieder abnehmbar vom Zwischenbehälter (**24**) ist.

5. Verfahren zur Herstellung einer sich schnell verfestigenden Legierung für einen Permanentmagneten, wobei das Verfahren die folgenden Stufen umfasst:

Herstellen einer Schmelze einer Legierung; und

Formung der schnell verfestigenden Legierung durch in Kontakt bringen der Schmelze mit der Oberfläche einer rotierenden Kühlwalze (**23**);

wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe des Gießens der Schmelze auf ein Führungselement umfasst, dessen Führungsoberfläche einen Neigungswinkel im Hinblick auf eine horizontale Fläche definiert, wobei die Führungsoberfläche eine Schmelzflussfläche mit einer Länge von 3 cm bis 20 cm aufweist,

und Weiterleiten der Schmelze, herabfließend die Schmelzflussfläche der Führungsoberfläche, durch mindestens ein röhrenförmiges Loch (**24a**) auf eine Kontaktfläche der Oberfläche der Kühlwalze (**23**), und

wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe umfasst, dass das Führungselement so vorgesehen wird, dass eine Entfernung von etwa 1 mm bis etwa 50 mm zwischen dem Ende des mindestens einen röhrenförmigen Loches (**24a**) und der Oberfläche der Kühlwalze (**23**) vorgesehen ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe der Vorsehung des Führungselements vorsieht, so dass die Führungsoberfläche dieses Führungselements einen Neigungswinkel von etwa 5° bis etwa 70° definiert, im Hinblick auf eine horizontale Fläche.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe der Vorsehung des Führungselements vorsieht, so dass ein Winkel α von etwa 5° bis etwa 80° definiert wird, in einer Richtung gegenläufig zur Rotationsrichtung der Kühlwalze (**23**), zwischen einer vertikalen Fläche und einer Linie, die einen Punkt auf der Oberfläche der Kühlwalze (**23**) definiert, an dem die Schmelze die Kühlwalze (**23**) zum ersten mal kontaktiert, sowie der Rotationsachse der Kühlwalze (**23**).

8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe der Aufspaltung der Schmelze in eine Anzahl an Schmelzströmen umfasst, durch eine Mehrzahl an röhrenförmigen Löchern (**24a**), und anschließendes in Kontakt bringen des Schmelzströme mit der Kühlwalze (**23**).

9. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe der Vorsehung des Führungselements mit mindestens einem röhrenförmigen Loch (**24a**) vorsieht, wobei dieses eine Öffnungsfläche von etwa 0,03 cm² bis etwa 0,6 cm² aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 5, worin der Schritt der Formung der schnell verfestigenden Legierung den Schritt der zur Verfügungstellung des Führungselements mit mindestens einem röhrenförmigen Loch (**24a**) umfasst, wobei dieses eine Länge von etwa 5 mm bis etwa 50 mm aufweist.

11. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe der schnellen Abkühlung und Verfestigung der Oberfläche des Schmelzflusses, der aus dem röhrenförmigen Loch (**24a**) austritt, umfasst, wodurch ein röhrenförmiges Element aus dem Schmelzfluss erhalten wird, so dass eine effektive Länge des röhrenförmigen Loches um etwa 10 mm oder mehr verlängert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe umfasst, dass die Schmelze die Führungsoberfläche herabläuft, wobei die obere Oberfläche der Schmelze einer Atmosphäre ausgesetzt wird, und Füllen des röhrenförmigen Loches (**24a**) mit dem Schmelzfluss.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe des Erhaltens einer schnell verfestigenden Legierung umfasst, mit einer mittleren Dicke von mehr als etwa 50 µm bis etwa 150 µm, mit einer Standardabweichung von höchsten 10 µm, durch Gießen der Schmelze auf die Führungsoberfläche mit einer Rate von mindestens etwa 1,5 kg pro Minute.

14. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Stufe der Formung der schnell verfestigenden Legierung die Stufe des in Kontaktbringens der Schmelze mit der Oberfläche der Kühlwalze (**23**) in einer Gasatmosphäre mit

verringertem Druck umfasst, während der Druck des atmosphärischen Gases auf der Oberfläche der die Führungsoberfläche herablaufenden Schmelze ausgeglichen wird durch das atmosphärische Gas auf der Oberfläche der Schmelze, heraustretend aus dem röhrenförmigen Loch (**24a**).

15. Verfahren zur Herstellung eines magnetischen Pulvers, wobei das Verfahren folgende Stufen umfasst:
Herstellung der schnell verfestigenden Legierung für einen Magneten durch ein Verfahren nach Anspruch 5,
und
Pulverisieren der schnell verfestigenden Legierung.

16. Verfahren nach Anspruch 15, weiter umfassend die Stufe der Durchführung einer Wärmebehandlung
für Kristallisationszwecke, vor und/oder nach der Stufe des Pulverisierens der schnell verfestigenden Legie-
rung.

17. Verfahren zur Herstellung eines Magnets, wobei das Verfahren die folgenden Stufen umfasst:
Herstellen eines magnetischen Pulvers durch das Verfahren in Anspruch 15; und
Kompaktieren des magnetischen Pulvers um einen gebundenen Magneten zu erhalten.

18. Verfahren zur Herstellung eines Magnets, wobei das Verfahren die folgenden Stufen umfasst:
Herstellung eines magnetischen Pulvers durch das Verfahren nach Anspruch 15; und
Sintern des magnetischen Pulvers, um einen gesinterten Magneten zu erhalten.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

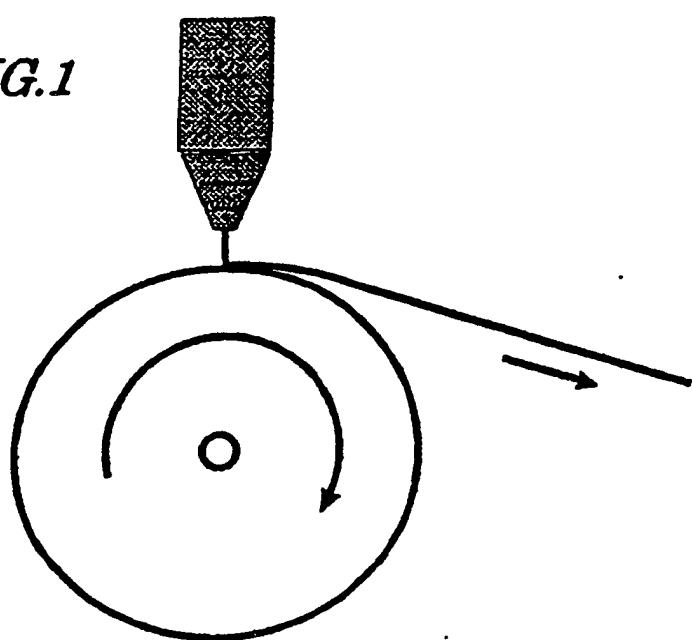


FIG.2

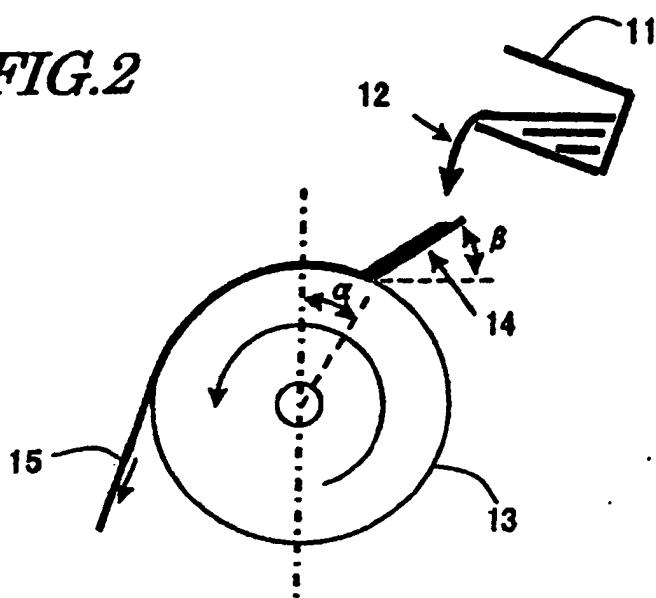


FIG.3

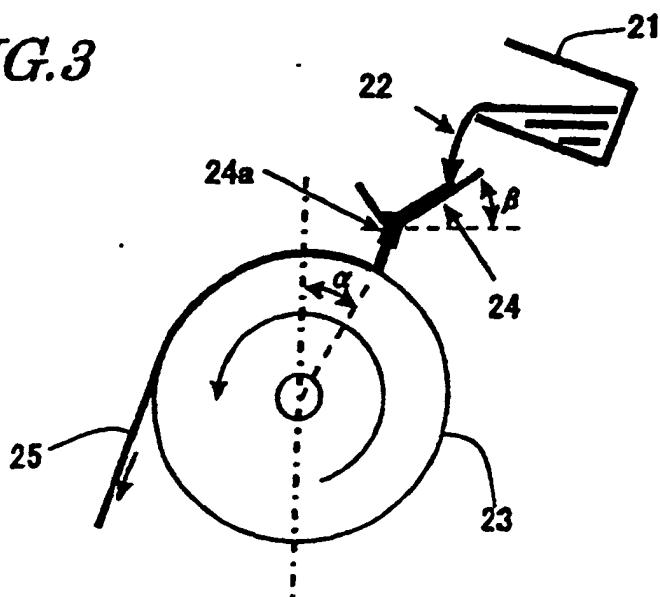


FIG. 4A

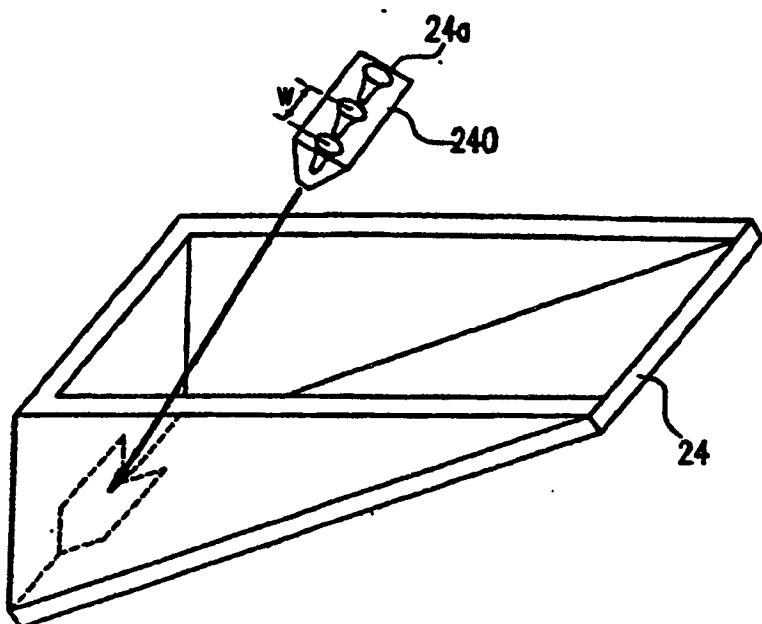


FIG. 4B

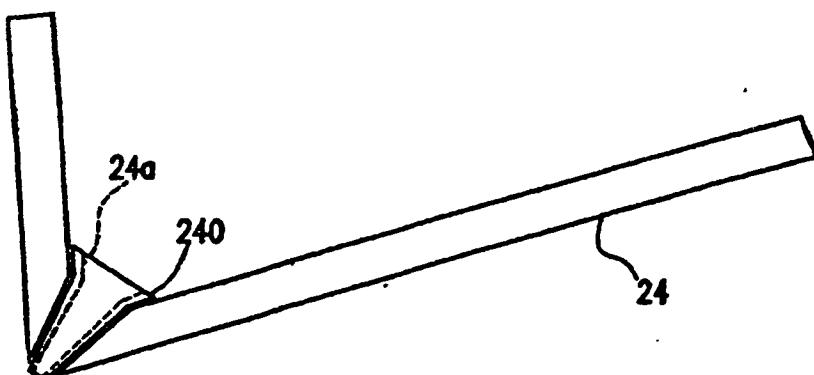


FIG. 4C

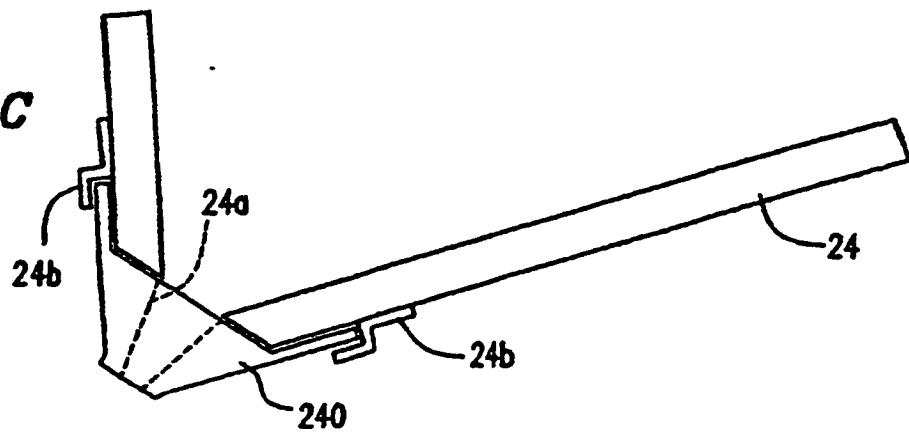


FIG.5

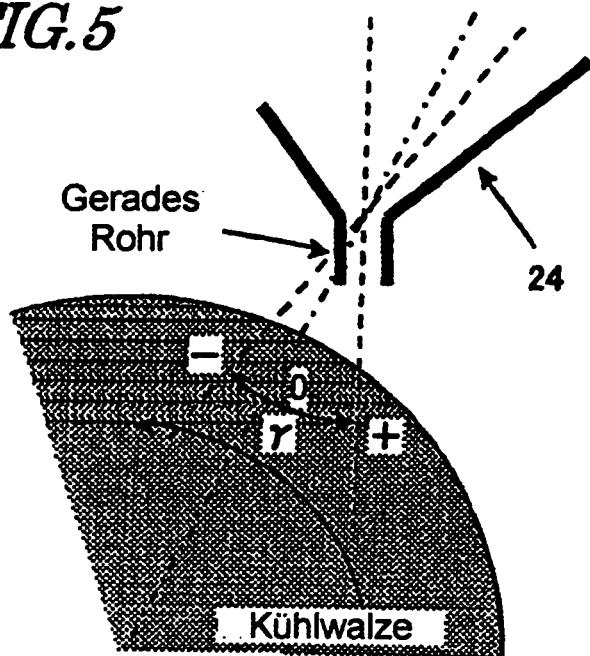


FIG.6

