(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 213 410**
A1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **86110624.3**

(22) Anmeldetag: **31.07.86**

(51) Int. Cl.4: **B22F 9/04** , B22F 3/12

(30) Priorität: **13.08.85 DE 3529019**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.03.87 Patentblatt 87/11

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Schultz, Ludwig, Dr. Dipl.-Phys.**
Amselweg 22
D-8526 Bubenreuth(DE)
Erfinder: **Wohlleben, Karl, Dr. Dipl.-Phys.**
Markweg 15
D-8520 Erlangen(DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines metallischen Körpers aus einer insbesondere amorphen Legierung mit zumindest teilweise magnetischen Komponenten.**

(57) Mit dem Verfahren ist ein metallischer Körper aus einer insbesondere amorphen Legierung herzustellen, wobei ein Zwischenprodukt aus mindestens zwei pulverförmigen, zumindest teilweise magnetischen Legierungskomponenten unter Vornahme eines Kompaktierungsschrittes ausgebildet wird und dieses Zwischenprodukt in den metallischen Körper mittels einer Diffusionsreaktion umgewandelt wird. Mit dem Verfahren sollen Körper größerer Ausdehnung großtechnisch herzustellen sein, wobei insbesondere auch schwer verformbare oder spröde Legierungskomponenten zu verwenden sein sollen. Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß aus den pulverförmigen Legierungskomponenten mittels eines zu einem vorbestimmten Zeitpunkt zu beendenden Mahlprozesses ein kristallines Mischpulver mit Teilchen derart hergestellt wird, daß diese jeweils zumindest weitgehend eine schichtähnliche Struktur aus den Legierungskomponenten aufweisen, daß die Pulverteilchen zumindest im Zustand ihrer Beweglichkeit in einem Magnetfeld ausgerichtet werden und daß schließlich dieses Mischpulver zu dem Zwischenprodukt der gewünschten Form und Abmessung in dieser Richtung kompaktiert und gegebenenfalls noch weiter verformt wird.

EP 0 213 410 A1

Verfahren zur Herstellung eines metallischen Körpers aus einer insbesondere amorphen Legierung mit zumindest teilweise magnetischen Komponenten

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Körpers aus einer amorphen Legierung, insbesondere aus einem metallischen Glas, bei welchem

-ein Zwischenprodukt aus mindestens zwei pulverförmigen, zumindest teilweise magnetischen Komponenten der Legierung unter Vornahme eines Kompaktierungsschrittes so ausgebildet wird, daß die Legierungskomponenten in dem Zwischenprodukt jeweils in mindetens einer Dimension höchstens 1 µm ausgedehnt sind, und

-das Zwischenprodukt in den metallischen Körper mittels einer Diffusionsreaktion bei vorbestimmter erhöhter Temperatur umgewandelt wird.

Ein derartiges Verfahren zur Herstellung einer amorphen Legierung ist z.B. in der "Frankfurter Zeitung: Blick durch die Wirtschaft" (Herausgeber: "Frankfurter Allgemeine Zeitung"), 27. Jahrgang, Nr. 23, 1.2.1984, Seite 5 bzw. in "Machine Design", Vol. 55, No. 25, 10.10.1983, Seite 8 angedeutet.

Als "metallische Gläser" bezeichnete amorphe Materialien sind allgemein bekannt (vgl. z.B. "Zeitschrift für Metallkunde", Band 69, 1978, Heft 4, Seiten 212 bis 220 oder "Elektrotechnik und Maschinenbau", 97. Jahrgang, September 1980, Heft 9, Seiten 378 bis 385). Bei diesen Materialien handelt es sich im allgemeinen um spezielle Legierungen, die aus mindestens zwei vorbestimmten, auch als Legierungskomponenten bezeichneten Ausgangselementen oder -verbindungen mittels besonderer Verfahren herzustellen sind. Häufig ist dabei das Material mindestens eines der Elemente oder einer der Verbindungen magnetisch. Diese speziellen Legierungen weisen anstelle eines kristallinen ein glasartiges, amorphes Gefüge auf und besitzen eine Reihe von außergewöhnlichen Eigenschaften bzw. Eigenschaftskombinationen wie z.B. hohe Verschleiß-und Korrosionsbeständigkeit, große Härte und Zugfestigkeit bei gleichzeitiger guter Duktilität sowie besondere magnetische Eigenschaften. Außerdem lassen sich über den Umweg des amorphen Zustandes mikrokristalline Materialien mit interessanten Eigenschaften herstellen (vgl. z.B. DE-PS 28 34 425).

Die Herstellung metallischer Gläser erfolgt bisher im allgemeinen durch schnelles Abschrecken aus der Schmelze (vgl. auch DE-OS 31 35 374 oder 31 28 063). Dieses Verfahren führt jedoch dazu, daß mindestens eine Dimension des hergestellten Materials kleiner als etwa 0,1 mm ist. Für verschiedene Abwendungen wäre es dagegen wünschenswert, wenn metallische Gläser in beliebiger Form und Abmessung zur Verfügung stünden.

Ferner wurde vorgeschlagen, metallische Gläser statt durch schnelles Abschrecken durch eine spezielle Festkörperreaktion herzustellen. Hierbei muß eine der Legierungskomponenten in die andere unterhalb der Kristallisationstemperatur des zu erzeugenden metallischen Glases schnell diffundieren, wobei die andere Komponente praktisch unbeweglich bleibt. Eine derartige Diffusionsreaktion wird im allgemeinen auch als anomale, -schnelle Diffusion bezeichnet. Hierbei sind bestimmte energetische Voraussetzungen zu erfüllen (vgl. z.B. "Physical Review Letters", Vol. 51, No. 5, August 1983, Seiten 415 bis 418 oder "Journal of Non-Crystalline Solids", Vol. 61 und 62, 1984, Seiten 817 bis 822). So müssen die Legierungskomponenten exotherm miteinander reagieren. Ferner wird auch eine bestimmte Mikrostruktur benötigt, indem die beteiligten Legierungskomponenten eng benachbart sind und jeweils in mindestens einer Dimension sehr kleine Ausdehnungen unter 1 µm aufweisen. Dementsprechend sind insbesondere Schichtstrukturen geeignet, die beispielsweise durch Aufdampfen erzeugt werden können (vgl. z.B. die genannte Literaturstelle aus "Phys.Rev.Letters", Vol. 51). Daneben ist hierfür auch eine Schichtung von dünnen Metallfolien möglich (vgl. z.B. "Proc. MRS Europe Meeting on Amorphous Metals and Non-Equilibrium Processing", Hrsg. M. von Allmen, Strasbourg, 1984, Seiten 135 bis 140).

Darüber hinaus kann eine entsprechende -schichtähnliche Struktur auch nach dem Verfahren erhalten werden, das aus der eingangs genannten Veröffentlichung "Blick durch die Wirtschaft" zu entnehmen ist. Gemäß diesem Verfahren mischt man zunächst als Legierungskomponenten entsprechende Metallpulver der gewünschten Zusammensetzung und kompaktiert diese dann zu einem Zwischenprodukt. Dieses Zwischenprodukt, in dem die Legierungskomponenten jeweils in mindestens einer Dimension höchstens 1 µm ausgedehnt sind, wird anschließend durch anomale schnelle Diffusion bei vorbestimmter erhöhter Temperatur in den gewünschten metallischen Körper mit amorphem Gefüge überführt.

Während bei dem erwähnten Aufdampfverfahren nur sehr dünne Gebilde zu erhalten sind, setzen die erwähnten beiden Verformungsverfahren eine gute Duktilität der beteiligten Legierungskomponenten voraus. Außerdem tritt bei dem bekan-

nten Verfahren, bei dem von pulverförmigen legierungskomponenten ausgegangen wird, die Schwierigkeit auf, daß die sich an der Oberfläche der Metallpulver befindlichen Oxidschichten durch die Verformung entfernt werden müssen und daß das sich bei der Kompaktierung und Verformung ergebende Gefüge sehr unregelmäßig ist. Betrachtet man außerdem technisch interessante Legierungen, so findet man, daß häufig eine der Legierungskomponenten schlecht oder praktisch nicht verformbar ist, wie z.B. Bor bei FeNiB oder Kobalt bei CoZr. Auch sind einige Komponenten nicht oder nur zu hohem Preis als Folie erhältlich wie z.B. Seltene Erdmetalle für amorphe Übergangsmetall-/Seltene-Erden-Verbindungen.

Zur großtechnischen Herstellung von metallischen Körpern mit verhältnismäßig ausgedehnter Form und Abmessung aus amorphen Legierungen, wobei insbesondere auch schwer verformbare oder spröde Legierungskomponenten zu verwenden sind, kann ein Verfahren dienen, das mit der nichtvorveröffentlichten DE-Patentanmeldung P 35 15 167.6 vorgeschlagen wurde. Gemäß diesem Verfahren wird zunächst mittels eines an sich bekannten Mahlprozesses mit einer Pulvermühle aus den meistens kristallinen Pulvern der die Legierungskomponenten darstellenden Ausgangselemente oder -verbindungen ein Mischpulver hergestellt, dessen einzelne Teilchen etwa schichtförmig aus den Ausgangselementen bzw. -verbindungen aufgebaut sind. Der Zeitpunkt zur Beendigung des Mahlprozesses, zu dem dieser Aufbau der Mischpulverteilchen vorliegt, läßt sich, z.B. durch experimentelle Untersuchung der Teilchen, ohne weiteres ermitteln und somit festlegen. Dieses so hergestellte Mischpulver wird dann in einem weiteren Arbeitsschritt zu einem kompakten Zwischenprodukt mit dem gewünschten Körper angepaßter Form und Abmessung kompaktiert und/oder verformt. Dieses kompakte Zwischenprodukt besteht dabei noch aus kristallinen Teilen der Ausgangselemente oder -verbindungen, deren jeweilige Abmessungen in mindestens einer Dimension unter 1 µm oder sogar unter 0,2 µm liegen. In einer sich anschließenden Diffusionsglühung wird dann in an sich bekannter Weise das Zwischenprodukt in den gewünschten metallischen Körper aus der amorphen Legierung bzw. aus dem metallischen Glas umgewandelt.

Bei diesem vorgeschlagenen Verfahren erfolgt die Kompaktierung des Pulvers entweder durch Strangpressen oder durch andere Verformungsmethoden wie z.B. Hämmern. Diese Verformung bewirkt eine Verkleinerung der individuellen Schichtdicken, wenn die Schichten parallel zur Verformungsrichtung liegen. Man erhält zwar durch den Mahlvorgang Pulverteilchen mit weitgehend parallel angeordneten Schichten, doch bei der Kompaktierung erfolgt keine Ausrichtung der Teilchen, so daß die Anordnung der einzelnen Schichten bezüglich der Verformungsrichtung statistisch verteilt ist. Für Schichten die senkrecht zur Verformungsrichtung liegen, kann sich dann bei der Verformung sogar eine Vergrößerung der Schichtdicke ergeben, wogegen Schichten, die überwiegend parallel zur Verformungsrichtung liegen, beim Verformen dünner werden. Die statistisch orientierte Ausrichtung der Schichten vor dem Kompaktieren führt also gegebenenfalls zu einer Vergrößerung der Bandbreite der Schichtdicken nach der Verformung; d.h., die Verformung bei der Kompaktierung wird also nicht ausgenutzt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das eingangs genannte Verfahren so auszugestalten, daß mit ihm unter Verwendung mindestens einer magnetischen Komponente metallische Körper mit verhältnismäßig ausgedehnter Form und Abmessung aus einer amorphen oder auch nichtamorphen, kristallinen Legierung großtechnisch herzustellen sind, wobei insbesondere auch schwer verformbare und spröde Legierungskomponenten zu verwenden sein sollen und wobei in dem Kompaktierungsschritt die einzelnen Schichten parallel zu einer vorbestimmten Vorzugsrichtung, der späteren Verformungsrichtung, angeordnet werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den im Hauptanspruch angegebenen Maßnahmen gelöst.

Die mit dieser Ausgestaltung des Verfahrens verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, daß sich die Teilchen des Mischpulvers in einem angelegten Magnetfeld hinreichender Stärke so ausrichten, daß ihre schichtähnlichen Strukturen etwa parallel zum Magnetfeld liegen. Das Magnetfeld wird dabei während des Herstellungsverfahrens zumindest zu einem Zeitpunkt angelegt, an dem die einzelnen Teilchen noch beweglich sind, d.h. im allgemeinen zumindest vor dem eigentlichen Kompaktierungsschritt. Aufgrund der besonderen Ausrichtung der einzelnen schichtähnlichen Strukturen des Mischpulvers im Magnetfeld wird so erreicht, daß diese dann bei der Verformung noch dünner werden, d.h. also, der Verformungsprozeß zur Kompaktierung wird auch zu einer weiteren Verringerung der Schichtdicken ausgenutzt. Durch entsprechend geringe Schichtdicken werden bekanntlich Diffusionsreaktionen zwischen den Teilchen begünstigt. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn mit den Legierungskomponenten ein amorphes Material erzeugt werden soll.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die Erfindung wird nachfolgend noch weiter anhand der Herstellung eines Körpers aus einem besonderen metallischen Glas erläutert. Dabei brauchen die mindestens zwei pulverförmigen Legierungskomponenten nicht alle unbedingt metallisch zu sein, sondern bei einzelnen von ihnen kann es sich auch um Metalloide handeln. Jedoch muß mindestens eine dieser Komponenten magnetische Eigenschaften aufweisen. Im allgemeinen werden die Komponenten kristallin sein; in speziellen Fällen der Verwendung von Metalloiden können jedoch auch amorphe Pulver wie z.B. aus Bor vorgesehen werden.

Das metallische Glas des herzustellenden Körpers soll eine mittlere, beispielsweise binäre Zusammensetzung A_xB_y aufweisen, wobei A und B die beispielsweise metallischen Ausgangselemente bzw. Legierungskomponenten sowie x und y Atom-% (mit x + y = 100) bedeuten. Eine der Legierungskomponenten A oder B sollen dabei aus einem magnetischen Material bestehen. Gemäß einem konkreten Ausführungsbeispiel kann es sich bei A z.B. um magnetisches Co und bei B um nichtmagnetisches Zr handeln. Daneben kann ebensogut auch von entsprechenden anderen Komponenten zur Ausbildung von bekannten zwei-oder mehrkomponentigen amorphen oder auch nichtamorphen Legierungen ausgegangen werden. Gemäß dem angenommenen Ausführungsbeispiel einer binären Legierung werden zunächst Pulver der beiden Komponenten A und B zusammen mit gehärteten Stahlkugeln in einen geeigneten Mahlbecher gegeben. Die Größe der Pulver kann beliebig sein, eine ähnliche Größenverteilung beider beteiligter Komponenten ist jedoch vorteilhaft. Die resultierende atomare Konzentration des aus diesen Pulvern herzustellenden Körpers wird durch das Mengenverhältnis der beiden Pulversorten bestimmt.

Dementsprechend können zunächst reine Co- und Zr-Pulver mit Pulverpartikelgrößen von jeweils z.B. durchschnittlich etwa 40 µm in eine Planetenkugelmühle (Marke Fritsch: Typ "Pulverisette-5") gegeben werden, deren Stahlkugeln Durchmesser von jeweils 10 mm aufweisen. Eine Variation des Kugeldurchmesses und der Kugelanzahl bewirkt dabei eine beliebige Veränderung der Mahlintensität. Um eine Oberflächenoxidation der Teilchen zu verhindern, wird der Stahlbehälter der Mühle unter Schutzgas, beispielsweise unter Argon, verschlossen und erst nach Beendigung des Mahlprozesses wieder geöffnet. Während des Mahlvorganges werden dann die Pulver flachgedrückt, verschweißt und auch wieder geteilt. Dabei kann vorteilhaft ein vorbestimmtes Temperaturniveau unterhalb der Kristallisationstemperatur des zu bildenden amorphen Materials eingehalten werden. Gegebenenfalls lassen sich auch mehrere Temperaturstufen vorsehen bzw. kann ein entsprechendes Temperaturprogramm durchlaufen werden. Mit fortschreitender Mahldauer entstehen dann größere Pulverteilchen, die zumindest weitgehend eine - schichtähnliche Struktur aufweisen, d.h. aus einer Vielzahl von alternierenden schichtähnlichen Bereichen der beteiligten Legierungskomponenten bestehen. Hierbei handelt es sich um eine Mikrostruktur, wie sie z.B. auch in der Anfangsphase eines bekannten Verfahrens zum mechanischen Legieren entsteht (vgl. z.B. "Scientific American", Vol. 234, 1976, Seiten 40 bis 48). Nach diesem bekannten Verfahren können an sich auch amorphe Legierungen hergestellt werden (vgl. z.B. "Applied Physics Letters", Vol. 43, No. 11, 1.12.1973, Seiten 1017 bis 1019). Während jedoch bei dem bekannten Verfahren des mechanischen Legierens solange gemahlen wird, bis sich die vorerwähnte - schichtähnliche Struktur wieder auflöst und eine echte Legierung entsteht, wird demgegenüber bei dem Verfahren nach der Erfindung der Mahlvorgang bei Erreichen der gewünschten - schichtähnlichen Struktur, in der die - schichtähnlichen Bereiche im allgemeinen etwa 0,01 bis 0,9 µm, vorzugsweise zwischen 0,05 und 0,5 µm dick sind, abgebrochen. Die Größe der Pulverteilchen selbst stellt sich auf etwa 10 bis 200 µm Durchmesser ein. Der vorbestimmte Zeitpunkt, an dem diese gewünschte Struktur der Pulverteilchen vorliegt, kann z.B. durch Schnittuntersuchungen der Teilchen festgelegt werden. Am Ende des zu diesem Zeitpunkt abzubrechenden Mahlprozesses liegt somit ein Mischpulver vor, dessen Teilchen aus alternierenden dünnen, kristallinen, - schichtähnlichen Bereichen bestehen, und daß somit noch eine ausreichende Beweglichkeit der Pulverteilchen in einem Magnetfeld und eine hinreichende Duktilität für einen schließlich durchzuführenden Kompaktierungsschritt aufweist.

Solange die Pulverteilchen noch beweglich sind, werden diese also erfindungsgemäß einem magnetischen Gleichfeld ausgesetzt. Sie richten sich dann so aus, daß ihre schichtähnlichen Strukturen parallel zu dem Magnetfeld liegen. Die Magnetfeldrichtung wird dabei so gelegt, daß sie mit einer späteren Kompaktierungsrichtung übereinstimmt.

Die Art und Weise wie die magnetische Ausrichtung der Pulverteilchen erfolgt, richtet sich nach der jeweiligen Kompaktierungsmethode. Wird z.B. ein sogenanntes isostatisches Pressen angewandt, entweder in Verbindung mit einer gleichzeitigen Diffusionsglühung als heißisostatisches Pressen oder zur Bildung eines Formkörpers zur weiteren Verformung durch Strangpressen, Hämmern oder ähnlichem, so wird zunächst das Mischpulver in eine verformbare Form eingefüllt. Anschließend wird dann eventuell unter Rütteln und Klopfen, das

magnetische Feld parallel zur Längsachse der Form angelegt. Die Feldstärke kann hierfür im Bereich zwischen 0,1 und 1 T liegen. Nachdem so die Pulverteilchen mit ihren einzelnen Schichten parallel zur Feldrichtung ausgerichtet sind, kann das Magnetfeld abgeschaltet, die Form verschlossen und der isostatische Preßvorgang begonnen werden. Hierbei ist auf eine sorgfältige Handhabung des Preßlings zu achten, damit sich das Pulver nicht wieder umordnet.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Pulver zunächst in einer einachsigen Presse zu einem kompakten Vorprodukt bzw. zu mehreren tablettenartigen Formstücken zusammenzupressen. Nachdem das Vorprodukt oder die Formstücke gegebenenfalls noch ummantelt wurde bzw. wurden, schließt sich noch ein weiterer Verformungsschritt wie z.B. Strangpressen oder Hämmern an. Hierbei ist das Magnetfeld nach Einfüllen des Mischpulvers in die Preßmatrize vor dem Pressen anzulegen. Außerdem kann das Mischpulver auch direkt in einen Mantel eingefüllt, magnetisch ausgerichtet und anschließend im Mantel stranggepreßt, gehämmert oder anderweitig zu einer guten Verdichtung verformt werden.

Bei dem gewählten Ausführungsbeispiel wurde davon ausgegangen, daß nur eine der beiden Legierungskomponenten A oder B aus einem magnetischen Material besteht. Ebensogut können jedoch auch beide Komponenten magnetisch sein. Dies bedeutet aber, daß im allgemeinen verschiedene Curie-Temperaturen T_c^A bzw. T_c^B der bei den Komponenten A und B vorliegen. In diesem Falle wird die erfindungsgemäße Ausrichtung der erstellten Pulverteilchen in einem Magnetfeld bei einer Temperatur T vorgenommen, die zwischen den beiden Curie-Temperaturen liegt, d.h. daß gilt: $T_c^A < T < T_c^B$, falls $T_c^A < T_c^B$ ist (ansonsten umgekehrt).

Am Ende eines gegebenenfalls noch weiteren Formgebungsschrittes liegt dann ein Zwischenprodukt des herzustellenden Körpers mit der gewünschten Form und Abmessung vor. Anschließend erfolgt dann eine Wärmebehandlung, bei der die für die Amorphisierung verantwortliche Interdiffusion der beteiligten Legierungskomponenten als Festkörperreaktion erfolgt. Diese Reaktion kann zwar gegebenenfalls als anomale, schnelle Diffusion in bekannter Weise ablaufen, wobei eine Legierungskomponente in die andere diffundiert. Es sind jedoch ebensogut auch andere Diffusionsreaktionen mit z.B. gegenseitige Eindiffusion der Komponenten möglich. Bei all diesen Reaktionen ist zu beachten, daß, je feiner das Gefüge ist, desto niedrigere Temperaturen und desto kürzere Glühzeiten für die vollständige Umwandlung des Zwischenproduktes in den gewünschten Körper ausreichen. Für diese Festkörper-Diffusionsreaktion muß die Glühtemperatur auf jeden Fall in bekannter Weise unterhalb der Kristallisationstemperatur des metallischen Glases liegen. Der am Ende dieses Verfahrens als Endprodukt vorliegende metallische Körper besteht somit aus einer amorphen Legierung mit durch das Kompaktierungsverfahren vorgegebener und deshalb weitgehend beliebig wählbarer Dicke und Form.

Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde davon ausgegangen, daß ein Körper aus einem metallischen Glas her gestellt werden soll. Jedoch lassen sich mit diesem Verfahren ebensogut auch Körper aus kristallinen Mischpulver herstellen, die nach einer Diffusionsglühung nach wie vor kristallin sind. Gegebenenfalls kann der kristalline Zustand dieser Materialien auch über den Umweg eines nicht-kristallinen, amorphen Gefüges erreicht werden (vgl. z.B. "Applied Physics Letters", Vol. 44, No. 1, Januar 1984, Seiten 148 und 149).

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Körpers aus einer insbesondere amorphen Legierung, bei welchem Verfahren

-ein Zwischenprodukt aus mindestens zwei pulverförmigen, zumindest teilweise magnetischen Komponenten der Legierung unter Vornahme eines Kompaktierungsschrittes so ausgebildet wird, daß die Legierungskomponente in dem Zwischenprodukt jeweils in mindestens einer Dimension höchstens 1 µm ausgedehnt sind und

-das Zwischenprodukt in den metallischen Körper mittels einer Diffusionsreaktion bei vorbestimmter erhöhter Temperatur umgewandelt wird,

dadurch gekennzeichnet,

- daß aus den pulverförmigen Legierungskomponenten mittels eines zu einem vorbestimmten Zeitpunkt zu beendenden Mahlprozesses ein kristallines Mischpulver mit Teilchen derart hergestellt wird, daß diese jeweils zumindest weitgehend eine schichtähnliche Struktur aus den Legierungskomponenten aufweisen,

-daß die Pulverteilchen zumindest im Zustand ihrer Beweglichkeit in einem Magnetfeld ausgerichtet werden

-und daß schließlich dieses Mischpulver zu dem

Zwischenprodukt der gewünschten Form und Abmessung in dieser Richtung kompaktiert und gegebenenfalls noch weiter verformt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch g ekennzeichnet**, daß die Beendigung des Mahlprozesses experimentell mittels Untersuchung der Mischpulverteilchen bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die pulverförmigen Legierungskomponenten unter Schutzgas zu dem Mischpulver vermahlen werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierungskomponenten bei mindestens einer vorbestimmten Temperatur zu dem Mischpulver vermahlen werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die pulverförmigen Legierungskomponenten solange vermahlen werden, bis die etwa alternierenden, -schichtähnlichen Bereiche in den Mischpulverteilchen Dicken zwischen 0,01 µm und 0,9 µm, vorzugsweise zwischen 0,05 µm und 0,5 µm aufweisen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die pulverförmigen Legierungskomponenten zu Mischpulverteilchen mit Teilchendurchmesseern zwischen etwa 10 und 200 µm, vorzugsweise etwa 20 und 100 µm vermahlen werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mischpulverteilchen einem Magnetfeld der Stärke zwischen 0,1 und 1 Tesla ausgesetzt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Mischpulver bei angelegtem Magnetfeld einer Rütteloder Klopfbehandlung unterzogen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Mischpulver durch Hämmern oder Strangpressen zu dem Zwischenprodukt verformt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Diffusionsreaktion nach dem letzten Kompaktierungs-bzw. Verformungsschritt vorgenommen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Diffusionsreaktion zugleich mit dem letzten Kompaktierungs-bzw. Verformungsschritt durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei magnetische Legierungskomponenten (A und B) mit verschiedenen Curie-Temperaturen (T_c^A bzw. T_c^B) vorgesehen werden und daß das Ausrichten der Pulverteilchen im Magnetfeld bei einer Temperatur (T) vorgenommen wird, die in dem Temperaturintervall zwischen den beiden Curie-Temperauren - (T_c^A und T_c^B) liegt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet** , daß ein nichtkristallines Gefüge des Zwischenproduktes durch eine vorbestimmte Glühbehandlung in ein mikrokristallines Gefüge umgewandelt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zwischenprodukt aus mindestens zwei kristallinen Legierungskomponenten gebildet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet** , daß neben mindestens einem metallischen Ausgangselement oder einer metallischen Ausgangsverbindung als der einen Legierungskomponente mindestens ein weiteres Ausgangselement bzw. eine weitere Ausgangsverbindung als weitere Legierungskomponente vorgesehen wird, die ein Metalloid ist.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Metalloid amorphes Bor vorgesehen wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet** , daß als mindestens eine Ausgangskomponente eine Verbindung oder Legierung aus mehreren Elementen vorgesehen wird.

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 86 11 0624

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
Y	US-A-4 197 146 (P.G. FRISCHMANN) * Spalte 3, Zeile 26 - Spalte 4, Zeile 10 *	1-17	B 22 F 9/04 B 22 F 3/12
Y	WO-A-8 402 926 (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) * Seite 12, Zeile 28 - Seite 13, Zeile 35; Patentansprüche 4,7,8,18 *	1-17	
Y,D	SCIENTIFIC AMERICAN, Band 234, Nr. 5, Mai 1976, Seiten 40-48, New York, US; J.S. BENJAMIN: "Mechanical alloying" * Seite 40, Spalte 3, Zeile 25 - Seite 42, Spalte 1, Zeile 10 *	1-17	
Y,P	CHEMICAL ABSTRACTS, Band 103, Nr. 8, 4. November 1985, Seite 258, Nr. 146026e, Columbus, Ohio, US; & JP-A-60 89 533 (NAMIKI PRECISION JEWEL CO., LTD.) 20.05.1985	1-17	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4) B 22 F C 22 C
Y	DE-B-1 286 702 (DEAG) * Patentanspruch 1 *	2	

-/-

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	14-11-1986	SCHRUERS H.J.

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze

E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus andern Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPA Form 1503 03 82

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 86 11 0624

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A,D	APPLIED PHYSICS LETTERS, Band 43, Nr. 11, 1. Dezember 1983, Seiten 1017-1020, American Institute of Physics, Woodbury, GB; C.C. KOCH et al.: "Preparation of "amorphous" Ni60Nb40 by mechanical alloying" -----		

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	14-11-1986	SCHRUERS H.J.

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze

E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus andern Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument