



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 3 895 827 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**20.10.2021 Patentblatt 2021/42**

(21) Anmeldenummer: **20170051.5**

(22) Anmeldetag: **17.04.2020**

(51) Int Cl.:

**B22C 9/24 (2006.01)**

**C22C 1/00 (2006.01)**

**C22C 43/00 (2006.01)**

**B22D 17/22 (2006.01)**

**C22C 45/00 (2006.01)**

**C22C 45/10 (2006.01)**

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

(71) Anmelder: **Heraeus Amloy Technologies GmbH  
63450 Hanau (DE)**

(72) Erfinder:  
• **WACHTER, Hans Jürgen  
63450 Hanau (DE)**  
• **BIEN, Elena  
63450 Hanau (DE)**

(74) Vertreter: **Heraeus IP  
Heraeus Holding GmbH  
Intellectual Property  
Heraeusstraße 12-14  
63450 Hanau (DE)**

### (54) HOHLKÖRPER AUS AMORPHEM METALL

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall. Das Verfahren umfasst die Schritte: a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen, b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten, c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform, wobei die Gussform einen Innenkern umfasst, wobei zumindest ein Teilbereich der Mantelfläche des Innenkerns durch ein Abtrennelement um-

schlossen ist, und wobei das Abtrennelement nicht an dem Innenkern befestigt ist, d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten, e) Entfernen des Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner einen Hohlkörper aus amorphen Metall, insbesondere ein Rohr aus amorphen Metall.

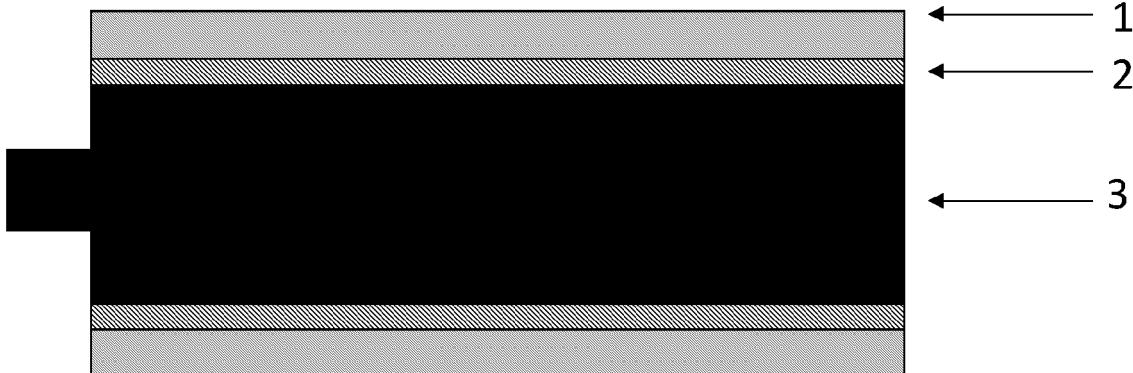


Abbildung 1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall und einen Hohlkörper aus amorphem Metall.

**[0002]** Amorphe Metalle - auch metallische Gläser genannt - können während des Gießprozesses durch rasche Abkühlung einer metallischen Schmelze erhalten werden. Durch die schnelle Abkühlung der Schmelze erstarrt dabei das Metall ohne reguläre kristalline Gitterstrukturen und/oder Korn- und Phasengrenzen auszubilden. Ein amorphes Metall ist also eine metallische Verbindung in der die einzelnen Atome keiner Fernordnung, sondern lediglich einer Nahordnung unterliegen.

**[0003]** Amorphe Metalle unterscheiden sich in ihren mechanischen, elektrischen/elektromagnetischen und chemischen Eigenschaften zum Teil erheblich von regulären, sprich auskristallisierten Metallen. So verfügt amorphes Metall in der Regel über eine höhere Härte und Festigkeit sowie über eine erhöhte Elastizität und Biegsamkeit. Ferner können amorphe Metalle eine hohe magnetische Durchlässigkeit und eine leichte Magnetisierung/Entmagnetisierung aufweisen. Zusätzlich erweisen sich die meisten amorphen Metalle als besonders korrosionsresistent. Aufgrund ihrer außerordentlichen Eigenschaften werden amorphe Metalle zum Beispiel in der Medizintechnik, in der Luft- und Raumfahrttechnik und in Sportausrüstung verwendet oder in Elektromotoren verbaut.

**[0004]** Amorphe Metalle werden häufig in Form von dünnen Schichten oder Bändern hergestellt, die einen Durchmesser von unter einem Millimeter aufweisen. Es ist jedoch prinzipiell auch möglich amorphe Metalle mit Durchmessern von über einem Millimeter zu fertigen. Ab einem gewissen Mindestdurchmesser des amorphen Metalls, wie zum Beispiel > 1 mm, spricht man auch von einem metallischen Massivglas oder einem *bulk metallic glass (BMG)*.

**[0005]** Verfahren zu Herstellung von Hohlkörpern aus amorphen Metallen oder aus metallischem Massivglas sind prinzipiell im Stand der Technik bekannt. In den bekannten Verfahren werden solche Hohlkörper hergestellt, indem eine geeignete metallische Schmelze in den Hohlraum einer Gussform eingebracht wird, in der ein Innenkern angeordnet ist. Sobald die Gussform vollständig durch die metallische Schmelze gefüllt ist, und somit der formgebende Teil des Innenkerns mit der Schmelze in Kontakt steht, wird die Schmelze rasch abgekühlt. Dabei werden die Bedingungen so gewählt, dass die Schmelze zu einem amorphen Metall erstarrt.

**[0006]** Beim Abkühlen kann das gegossene Metall auf die Werkzeugkomponenten aufschwinden, d.h. durch das Abkühlen kann sich das Volumen des Metalls so verändern, dass es zu Spannungen und/oder Verfestigung zwischen dem amorphen Metall und den Werkzeugkomponenten kommen kann. Das ist im Besonderen der Fall, wenn die Schmelztemperatur und die Temperatur des Kerns voneinander abweichen und/oder es

erhebliche Unterschiede in der thermischen Ausdehnung gibt.

**[0007]** Nach dem Abkühlen der Schmelze muss der Hohlkörper aus der Gussform entformt bzw. ausgeworfen werden. Dafür ist es notwendig, dass auch der Innenkern vom Formstück entfernt wird. Durch das Aufschwinden des Metalls kann das Entfernen des Innenkerns zu Schäden an der Innenfläche des Hohlkörpers in Form von Kratzer, Riefen oder Bruch führen. In manchen Fällen ist ein Entfernen des Innenkerns gar nicht möglich, ohne den Hohlkörper zu zerstören oder den Innenkern mechanisch zu entfernen.

**[0008]** Um einen Schaden am Hohlkörper bei der Entformung so gut wie möglich zu vermeiden, werden im Stand der Technik Innenkerne oder Schieber mit Formschrägen bzw. Entformungsschrägen verwendet. Die Verwendung von Innenkernen oder Schieber mit Formschrägen führt dazu, dass der Innendurchmesser des Hohlraums des erhaltenen Hohlkörpers nicht konstant ist. Ist ein konstanter Innendurchmesser des Hohlraums gewünscht, muss der Körper entsprechend nachbearbeitet werden. Solche Nachbearbeitungen sind aufgrund der Härte des amorphen Metalls besonders aufwendig. Außerdem limitiert die Verwendung von schrägen Innenkernen die geometrische Form bzw. die Maße des Hohlkörpers. Insbesondere die Länge bzw. Tiefe des Hohlraums ist stark limitiert. So kann zum Beispiel ein Rohr aus amorphem Metall bei Verwendung eines schrägen Innenkerns oder Schiebers nur mit sehr kurzen Längen gefertigt werden. Ferner kann auch die Verwendung einer Formschraube nicht immer verhindern, dass die Metalloberfläche beim Entformen beschädigt wird.

**[0009]** Zusätzlich zu den genannten Nachteilen bezüglich der Ausgestaltung des gegossenen Hohlkörpers beeinflusst das Material des Werkzeugkerns die Parameter des Gießprozesses. In der Regel müssen je nach verwendetem Material des Kerns bestimmte Mindestparameter eingehalten werden, um eine reibunglose Herstellung eines Formstücks zu gewährleisten. So muss zum Beispiel das Werkzeug in bestimmter Weise vortemperiert werden, um den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Kernmaterials zu berücksichtigen. Bei einem Werkzeugkern aus Stahl sollte beispielweise eine Vortemperatur von 200°C nicht deutlich unterschritten werden, um die Entformung nach dem Abkühlen der Schmelze nicht zusätzlich zu erschweren.

**[0010]** Es ist wünschenswert ein Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern aus amorphen Metall bereitzustellen, dass die genannten Nachteile nicht aufweist.

**[0011]** Es ist wünschenswert ein Verfahren bereitzustellen, dass eine leichtere Entformung des Hohlkörpers nach dem Gießen ermöglicht. Außerdem ist es wünschenswert ein Verfahren bereitzustellen, dass nicht auf schräge Innenkerne angewiesen ist, und so die damit einhergehenden Zwänge in der Gestaltung des Hohlkörpers vermeidet. Besonders vorteilhaft wäre es Hohlkörper aus amorphem Metall, wie zum Beispiel Rohre, herstellen zu können, die vergleichsweise lange bzw. tiefe

Hohlräume aufweisen und/oder einen gleichbleibenden Innendurchmesser aufweisen. Es wäre auch vorteilhaft, wenn solche Hohlkörper ohne umfangreiches Nachbearbeiten erhalten werden könnten.

**[0012]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ein verbessertes, zumindest alternatives, Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern aus amorphem Metall bereitzustellen. Damit verbunden ist die Aufgabe einen verbesserten, zumindest alternativen, Hohlkörper aus amorphem Metall bereitzustellen.

**[0013]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wurde durch das Verfahren gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 und durch den Hohlkörper gemäß dem unabhängigen Anspruch 13 gelöst.

**[0014]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall. Das Verfahren umfasst die Schritte:

- a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,
- b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,
- c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform, wobei die Gussform einen Innenkern umfasst, wobei zumindest ein Teilbereich der Mantelfläche des Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist, und wobei das Abtrennelement nicht an dem Innenkern befestigt ist,
- d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,
- e) Entfernen des Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.

**[0015]** Ein "Hohlkörper" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein Körper, der mindestens einen Hohlräum, bevorzugt in Form einer Bohrung, eines Konturlochs oder eines Durchstoßes aufweist.

**[0016]** Ein "amorphes Metall" im Sinne dieser Erfindung ist ein Metall, welches einen amorphen Anteil von mehr als 90%, bevorzugt von mehr als 95%, besonders bevorzugt von mehr 98%, aufweist. Der kristalline Anteil kann über DSC bestimmt werden als ein Verhältnis von maximaler Kristallisationsenthalpie (bestimmt durch Kristallisation einer vollständig amorphen Referenzprobe) und der tatsächlichen Kristallisationsenthalpie in der Probe.

**[0017]** Unter der "Kavität" der Gussform ist der Hohlräum der Gussform zu verstehen, der durch das geschmolzene Metall gefüllt werden kann. Die Kavität der Gussform wird vorgegeben durch die Gussform, den Innenkern und das Abtrennelement, welches zumindest einen Teilbereich der Mantelfläche des Innenkerns umschließt, ohne daran befestigt zu sein. Der Innenkern und das Abtrennelement geben die Form und Maße des Hohlräums des Hohlkörpers vor.

**[0018]** "Nicht befestigt" bedeutet im Zusammenhang des Schritt c), dass das Abtrennelement und der Innenkern nicht durch ein Befestigungselement verbunden sind, nicht formschlüssig verbunden sind und/oder zwischen dem Abtrenn- und dem Innenkern keine chemische Bindung ausgebildet ist. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Abtrennelement lose befestigt. Zum Beispiel kann das Abtrennelement zum Innenkern einen Spielraum im Bereich von 0.05 mm bis 1 mm, bevorzugt im Bereich von 0.1 mm bis 0.5 mm aufweisen (bei einer Temp. von 20°C).

**[0019]** Die Erfinder haben überraschenderweise festgestellt, dass das unbefestigte Anbringen eines Abtrennelements auf einem Werkzeugkern, die Entformung eines gegossenen Hohlkörpers aus amorphem Metall deutlich vereinfacht. Durch die Anordnung des Abtrennelements auf der Mantelfläche des Innenkerns kommt es zu einer verringerten oder gar keiner Spannung und/oder Kontakt zwischen dem amorphen Metall und dem Innenkern. Spannung und/oder Kontakt besteht hauptsächlich zwischen dem amorphen Metall und dem Abtrennelement. Bei der Entformung des Hohlkörpers aus der Gussform kann daher der Innenkern ohne besonderen Kraftaufwand aus der Aussparung des Hohlkörpers herausgezogen oder gedrückt werden. Das Abtrennelement verbleibt auf der Innenseite bzw. Innenwand des Hohlkörpers und kann anschließend entfernt werden.

**[0020]** Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt so eine deutliche verbesserte Entformung des Hohlkörpers vom Werkzeug, speziell des Hohlräums des Hohlkörpers vom Innenkern. Dadurch kann ein Hohlkörper mit einer qualitativ hochwertigen Innenoberfläche hergestellt werden. Ferner kann im erfindungsgemäßen Verfahren bei der Gestaltung des Werkzeugkerns oder des Abtrennelements auf die Verwendung einer Entformungsschräge verzichtet werden, ohne dass dies zu nennenswerten Schäden am hergestellten Hohlkörper beim Entformen führt. Der Verzicht auf Entformungsschrägen am Werkzeugkern führt wiederum zu mehr Freiheitsgraden in der Gestaltung des Hohlkörpers, insbesondere in der Gestaltung des Hohlräums des Hohlkörpers. Zum Beispiel kann ein längeres Rohr aus amorphem Metall gegossen werden. Es kann ein Rohr gegossen werden, das einen konstanten Innendurchmesser und/oder auf der Innenseite keine Entformungsschräge aufweist. Die Materialoberfläche des Hohlräums des Hohlkörpers, z.B. des Rohrs, kann außerdem verbessert werden, da der Innenraum weniger oder gar nicht nachbearbeitet werden muss. Auf diese Weise kann die Effizienz des Herstellverfahrens erhöht und/oder Teile des Ausgangsmaterials des amorphen Metalls eingespart werden.

**[0021]** Außerdem ermöglicht die Verwendung des Abtrennelements die Herstellung des Hohlkörpers aus amorphem Metall bei geringerem Vorheizen des Werkzeugs, zum Beispiel auf eine Werkzeugtemperatur von unter 150°C. In Abwesenheit des Abtrennelements könnte bei so schwach vorgeheiztem Werkzeug das erstarrte amorphe Metall auf dem Innenkern brechen. Eine ver-

ringerte Werkzeugtemperatur ist auch vorteilhaft für die rasche Abkühlung der Schmelze zum amorphen Metall. Eine hohe Werkzeugtemperatur (wie sie ohne Abtrenn- element nötig wäre) würde zu einem verlangsamten Ab- kühlen führen, was wiederum eine unerwünschte Aus- kristallisation des Metalls fördern könnte. Außerdem treten bei niedrigeren Werkzeugtemperaturen weniger Un- dichtigkeiten und/oder Spannungen im Werkzeug auf.

**[0022]** Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft einen Hohlkörper aus amorphen Metall, wobei der Hohlraum des Hohlkörpers eine Länge im Be- reich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 30 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 20 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm aufweist.

**[0023]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmög- lichkeiten des erfindungsgemäßen Verfahrens und des er- findungsgemäßen Hohlkörpers aus amorphen Metall sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

## DAS VERFAHREN

**[0024]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphen Metall. Das Verfahren umfasst die Schritte:

- a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,
- b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,
- c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform, wobei die Gussform einen Innenkern umfasst, wobei zumindest ein Teilbereich der Mantelfläche des Innenkerns durch ein Abtrennelement um- schlossen ist, und wobei das Abtrennelement nicht an dem Innenkern befestigt ist,
- d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphen Metall zu erhalten,
- e) Entfernen des Innenkerns und des Abtrennele- ments vom Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphen Metall zu erhalten.

**[0025]** Das Verfahren umfasst einen Schritt a): Bereit- stellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeig- net ist amorphes Metall herzustellen.

**[0026]** Metallische Zusammensetzungen, die geeig- net sind amorphe Metalle herzustellen, sind dem Fach- mann hinlänglich bekannt. Solche metallischen Zusam- mensetzungen sind zum Beispiel im Kapitel 1 aus "Bulk Metallic Glasses - An Overview", Springer, 2009, be- schrieben.

**[0027]** Die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) kann eine Zusammensetzung aus mindestens drei Elementen, bevorzugt aus mindestens drei Metallen, sein. Bevorzugt ist, dass die mindestens drei Elemente eine Differenz des Atomradius von mehr als 10%, bevor- zugt mehr als 12%, aufweisen. In einer bevorzugten Aus-

führungsform werden die mindestens drei Elemente aus- gewählt aus der Gruppe bestehend aus Eisen, Palladi- um, Platin, Zinn, Silicium, Gallium, Kobalt, Zirkonium, Kupfer, Aluminium, Hafnium, Nickel, Niob und Titan, 5 noch bevorzugter bestehend aus Zirkonium, Kupfer, Alu- minium, Hafnium, Nickel, Niob und Titan.

**[0028]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegen- den Erfindung, ist die metallische Zusammensetzung ge- mäß Schritt a) eine zirkoniumbasierte Legierung, welche 10 bevorzugt mehrere Elemente umfasst, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Aluminium, Hafnium, Nickel, Niob und Titan. Eine "zirkoniumbasierte Legierung" ist eine Legierung, die mindestens 40 Gew.%, bevorzugt 60 Gew.%, an Zirkonium aufweist.

**[0029]** In einer besonders bevorzugten Ausführungs- form, umfasst oder besteht die metallische Zusam- mensetzung gemäß Schritt a) aus 58 bis 77 Gew. % Zirkoni- um, 0 bis 3 Gew. % Hafnium, 20 bis 30 Gew. % Kupfer, 2 15 bis 6 Gew. % Aluminium, und 1 bis 3 Gew. % Niob.

**[0030]** In einer anderen besonders bevorzugten Aus- führungsform, umfasst oder besteht die metallische Zu- sammensetzung gemäß Schritt a) aus 54 bis 76 Gew. % Zirkonium, 2 bis 5 Gew. % Titan, 12 bis 20 Gew. % Kupfer, 2 20 bis 6 Gew. % Aluminium, und 8 bis 15 Gew. % Nickel.

**[0031]** Dabei wird bevorzugt, dass die Summe der che- mischen Elemente 100% ergibt. Als Rest ist dann Zirko- nium enthalten. Übliche Verunreinigungen können in der Legierung enthalten sein.

**[0032]** Gemäß einer anderen Ausführungsform der 30 vorliegenden Erfindung, ist die metallische Zusam- mensetzung gemäß Schritt a) eine kupferbasierte Legierung, welche bevorzugt mehrere Elemente umfasst, die aus- gewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Zirkonium, Nickel, Zinn, Silicium und Titan. Eine "kupferbasierte Le- gierung" ist eine Legierung, die mindestens 40 Gew.%, bevorzugt 60 Gew.%, an Kupfer aufweist. Geeignete kupferbasierte Legierungen sind zum Beispiel in EP 3444370 A1 beschrieben.

**[0033]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegen- 40 den Erfindung, weist die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) eine Differenz zwischen der Kristallisa- tionstemperatur  $T_x$  und der Glassübergangstemperatur  $T_g$  von mindestens 30°C, bevorzugt von mindestens 40°C, bevorzugter von mindestens 50°C, und am bevor- zugtesten im Bereich von 50 bis 80°C, auf. Gemäß einer

weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 45 weist die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) eine Differenz zwischen der Kristallisationstemperatur  $T_x$  und der Glassübergangstemperatur  $T_g$  im Bereich von 30 bis 150°C, bevorzugt im Bereich von 40 bis 120°C, und am bevorzugtesten im Bereich von 50 bis 80°C, auf.

**[0034]** Die Zusammensetzung gemäß Schritt a) kann 50 ferner eine Liquidustemperatur  $T_L$  im Bereich von 700 bis 1200°C, bevorzugt im Bereich von 750 bis 1000°C, aufweisen. Die Solidustemperatur der Zusammenset- zung gemäß Schritt a) kann im Bereich von 600 bis 1000°C, bevorzugt im Bereich von 700 bis 950°C liegen.

**[0035]** Das Verfahren umfasst außerdem einen Schritt

b): Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten.

**[0036]** Schritt b) ist nicht auf eine bestimmte Schmelzvorrichtung, Hitzequelle oder Schmelzparameter beschränkt. Vielmehr wird der Fachmann eine geeignete Vorrichtung und Hitzequelle sowie die Parameter des Schmelzvorgangs nach seinen Bedürfnissen und im Hinblick auf die verwendete metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) auswählen.

**[0037]** Die Schmelze kann zum Beispiel in Schritt b) hergestellt werden, in dem die Zusammensetzung gemäß Schritt a) durch Hochfrequenzinduktionserwärmung, Bogenentladung, Elektronenstrahl-Bestrahlung, Laserstrahl-Bestrahlung oder Infrarot-Bestrahlung erhitzt oder geschmolzen wird. Bevorzugt wird Hochfrequenzinduktionserwärmung in Schritt b) angewandt.

**[0038]** Bevorzugt wird in Schritt b) unter Verwendung einer Schutzgasatmosphäre gearbeitet, um eine Oxidation der metallischen Schmelze durch Sauerstoff zu vermeiden. Die Schutzgasatmosphäre kann bis zum Abkühlen der Schmelze in Schritt d) aufrechterhalten werden. Ein geeignetes Schutzgas ist zum Beispiel Argon. Vor dem Einbringen des Schutzgases kann die Atmosphäre evakuiert werden.

**[0039]** Ferner umfasst das erfindungsgemäße Verfahren einen Schritt c): Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform,

wobei die Gussform einen Innenkern umfasst, wobei zumindest ein Teilbereich der Mantelfläche des Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist, und wobei das Abtrennelement nicht an dem Innenkern befestigt ist.

**[0040]** Der Innenkern weist eine Mantelfläche auf. Die "Mantelfläche" ist die gesamte Fläche des formgebenden Teils des Kerns ausgenommen der Grundfläche des Kerns. Der "formgebende Teil" des Innenkerns bezieht sich auf den Teil des Kerns der zur Formung des Hohlraums des Hohlkörpers verwendet wird. Nicht zum formgebenden Teils des Kerns gehört der Teilbereich oder die Teilfläche des Kerns, der/die zum Beispiel lediglich ins Werkzeug eingepasst ist oder direkt daran angrenzt, ohne das dadurch eine formgebende Funktion erreicht wird.

**[0041]** Der Innenkern kann prinzipiell jede Form aufweisen, die zur Gestaltung eines Werkzeuginnenkerns geeignet ist. Der Innenkern kann die Form eines Zylinders, eines dreieckigen Prismas, eines Quaders, einer Scheibe oder eine abgestufte Pyramidalstruktur aufweisen. Bevorzugt weist der Innenkern die Form eines Zylinders oder eines Quaders auf.

**[0042]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Innenkern ein zylindrischer Innenkern. Der zylindrische Innenkern kann die Form eines elliptischen Zylinders, eines Kreiszylinders oder eines eckigen Zylinders aufweisen. Es ist bevorzugt, dass

der Innenkern die Form eines Kreiszylinders aufweist. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der zylindrische Innenkern ein gerader kreiszylindrischer Innenkern.

**[0043]** Die Anordnung des Innenkerns in der Gussform in Schritt c) kann der gewünschten Form des gegossenen Hohlkörpers angepasst werden. Der Innenkern kann so angeordnet werden, dass eine Bohrung, eine innere Kontur oder ein Durchstoß des Formstücks geformt werden.

**[0044]** Ferner kann der Innenkern eine Entformungsschräge aufweisen. Entformungsschrägen sind dem Fachmann bekannt. Eine Entformungsschräge ist eine Schräge, die einer Oberfläche zugefügt wird, welche parallel zu Entformungsrichtung des Formstücks angeordnet ist. Eine Entformungsschräge wird einem Formstück zugefügt, um die Entformung zu erleichtern. Je nach Form des Formstücks kann eine Entformungsschräge einen Winkel im Bereich von 0.1 bis 10°. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der Innenkern eine Entformungsschräge kleiner als 0.2° auf.

**[0045]** Es ist jedoch nicht notwendig, dass der Innenkern eine Entformungsschräge aufweist. Dies ist einer der Vorteile der vorliegenden Erfindung. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der Innenkern keine Entformungsschrägen auf. In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der Innenkern einen konstanten Durchmesser auf. In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der zylindrische Innenkern keine Entformungsschräge auf. In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der zylindrische Innenkern einen konstanten Durchmesser auf.

**[0046]** Der Innenkern kann einen Durchmesser im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweisen, und/oder eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, noch bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweisen.

**[0047]** Die hier definierten Maße wie Länge und Durchmesser des Innenkerns beziehen sich immer auf den formgebenden Teil des Innenkerns.

**[0048]** Der Innenkern kann auch zwei oder mehr verschiedene Durchmesser in abgestufter Form aufweisen. Es sind auch Hinterschneidungen im Außendurchmesser des Innenkerns möglich. Für einen solchen Fall kann der Fachmann das Werkzeug entsprechend anpassen.

**[0049]** Der Innenkern kann bevorzugt einen konstanten Durchmesser im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweisen, und/oder der Kern kann eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, noch bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweisen. Der Innenkern kann besonders bevorzugt eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, be-

vorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, noch bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweisen.

**[0050]** Der zylindrische Innenkern kann besonders bevorzugt einen konstanten Durchmesser im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweisen, und/oder der Kern kann eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, und bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweisen. Der zylindrische Innenkern ist bevorzugt ein kreiszylindrischer Innenkern, wobei der Kreiszylinder einen konstanten Durchmesser im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweist, und/oder wobei der Kern eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, und noch bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweist.

**[0051]** Der Innenkern kann aus jedem Material gefertigt sein, das für die Verwendung in einer Metallgussform geeignet ist. Zum Beispiel kann der Innenkern aus Stahl sein.

**[0052]** Der Innenkern kann Teil eines Schiebers sein. Schieber sind dem Fachmann bekannt.

**[0053]** Die Form des Abtrennelements ist so an die Form des Innenkerns angepasst, dass zumindest ein Teil der Mantelfläche des Innenkerns umschlossen ist. Ist der Innenkern zum Beispiel in Form eines Kreiszylinders ausgestaltet, so kann das Abtrennlement in Form eines Hohlzylinders ausgestaltet sein. Ist der Innenkern in Form eines eckigen Zylinders ausgestaltet, so kann das Abtrennlement in Form eines Eckzylinders ausgestaltet sein usw. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Abtrennlement in seiner Form an die Form des zylindrischen Innenkerns angepasst. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Abtrennlement die Form eines geraden Hohlzylinders auf.

**[0054]** Besonders bevorzugt hat das Abtrennlement die Form einer Hülse. Ganz besonders bevorzugt ist das Abtrennlement eine Kupferhülse.

**[0055]** Das Abtrennlement kann eine Wandstärke im Bereich von 0.5 bis 5 mm, bevorzugt im Bereich von 1 bis 3 mm, aufweisen, und/oder eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, noch bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweisen. Das Abtrennlement kann die Form eines geraden Hohlzylinders aufweisen, wobei der Hohlzylinder eine Wandstärke im Bereich von 0.5 bis 5 mm, bevorzugt im Bereich von 1 bis 3 mm, aufweist, und/oder wobei der Hohlzylinder eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, noch bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweist.

**[0056]** Der Innendurchmesser des Abtrennlements ist bevorzugt an den Durchmesser des Innenkerns an-

gepasst.

**[0057]** Das Abtrennlement kann eine Entformungsschräge aufweisen. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der Innenkern eine Entformungsschräge kleiner als 0.2° auf. Eine solche Ausgestaltung des Abtrennlements ist jedoch nicht notwendig. Dies ist einer der Vorteile der vorliegenden Erfindung. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Abtrennlement keine Entformungsschräge auf. In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Abtrennlement einen konstanten Außendurchmesser auf. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist weder das Abtrennlement noch der Innenkern eine Entformungsschräge auf.

**[0058]** Das Abtrennlement umschließt in Schritt c) mindestens einen Teilbereich der Mantelfläche des Innenkerns. In einer bevorzugten Ausführungsform umschließt das Abtrennlement in Schritt c) die gesamte Mantelfläche des Innenkerns. Wird zum Beispiel ein zylindrischer Innenkern verwendet kann ein Abtrennlement eingesetzt werden, dass die gesamte zylindrische Mantelfläche des Innenkerns umschließt. Es ist auch möglich, dass das Abtrennlement den gesamten formgebenden Teil des Innenkerns umschließt.

**[0059]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Abtrennlement so ausgestaltet und auf der Mantelfläche des Innenkerns so angeordnet, dass die Schmelze in Schritt c) nicht mit der Mantelfläche des Innenkerns in Kontakt kommt. Es ist auch möglich, dass das Abtrennlement so ausgestaltet und auf dem Innenkern so angeordnet, dass die Schmelze in Schritt c) nicht mit dem Innenkern in Kontakt kommt.

**[0060]** Das Material des Abtrennlements ist nicht auf ein bestimmtes Material beschränkt.

**[0061]** Das Abtrennlement kann ein nicht-metallisches Material umfassen oder aus diesem bestehen. Zum Beispiel kann das Abtrennlement Graphit umfassen oder daraus bestehen.

**[0062]** Das Abtrennlement kann ein Metall oder eine Legierung umfassen, oder aus dieser bestehen. In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Abtrennlement, bevorzugt besteht aus, ein Metall oder eine Legierung. Bevorzugte Metalle oder Legierungen sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Kupferlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, unlegiertem und niedriglegiertem Stahl, Zink und Zinklegierungen. Besonders bevorzugt umfasst das Abtrennlement, oder besteht das Abtrennlement aus, Kupfer oder einer Kupferlegierung. Der Fachmann ist mit den Begriffen "unlegierter" und "niedriglegierter Stahl" vertraut. Ein niedriglegierter Stahl kann zum Beispiel ein Stahl sein, bei dem die Summe der Legierungselemente 6.0 Gew.-% nicht überschreitet.

**[0063]** Das Material des Abtrennlements kann eine bestimmte Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Ein Material mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit ist dabei besonders geeignet, um das rasche Abkühlen der Schmelze unterhalb der Glasübergangstemperatur Tg zu erleichtern.

Bevorzugt umfasst oder besteht das Abtrennelement aus einem Material, das eine Wärmeleitfähigkeit K von größer als 100 W/mK, bevorzugt größer als 200 W/mK, und bevorzugter im Bereich von 200 bis 450 W/mK, aufweist.

**[0064]** Das Material des Abtrennelements kann auch einen bestimmten thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Bevorzugt umfasst oder besteht das Abtrennelement aus einem Material, das einen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  (bei 20°C) von größer als  $10 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ , bevorzugt größer als  $15 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ , und bevorzugter im Bereich von  $15 \cdot 10^{-6}/\text{K}$  bis  $40 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ , aufweist.

**[0065]** Das Material des Abtrennelements kann einen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  (bei 20°C) kleiner oder gleich dem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten des Innenkerns aufweisen. Das Material des Abtrennelements kann verglichen mit den Material des Innenkerns einen unterschiedlichen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  (bei 20°C) aufweisen. Das Abtrennelement und der Innenkern können eine thermische Fehlpassung oder *thermal misfit* bilden, welcher das Entformen erleichtert.

**[0066]** Die Erfinder haben gefunden, dass die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten dazu führen können, dass nach dem Abkühlen der Werkzeugkomponenten eine geringere Spannung zwischen dem Abtrenn- und dem Innenkern herrscht. Anders ausgedrückt kann der gegossene Hohlkörper inklusive der Hülse in Folge der Abkühlung vom Innenkern abschrumpfen. So wird das Entformen des Hohlkörpers aus der Gussform weiter erleichtert, da noch weniger Kraft nötig ist, um den Innenkern aus der Aussparung des Hohlkörpers zu entfernen.

**[0067]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Verfahren vor Schritt b) oder c) einen Schritt, in dem das Abtrennelement auf den Innenkern geschoben wird. Anschließend kann der Innenkern mit dem angebrachten Abtrennelement in der Gussform angeordnet werden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird in diesem Schritt ein hohlzylindrisches Abtrennelement auf einen zylindrischen Innenkern geschoben.

**[0068]** Die Kavität der Gussform in Schritt c) gibt die Form des gegossenen Hohlkörpers vor. Die Kavität kann eine Form aufweisen, die geeignet ist einen Hohlkörper mit einem Hohlräum zugießen, wobei der Hohlräum eine Bohrung, eine innere Kontur oder ein Durchstoß ist. Bevorzugt weist die Kavität eine Form auf, die geeignet ist ein Rohr zu gießen.

**[0069]** Der Fachmann wird die Form und die Ausmaße der Kavität durch Wahl des Innenkerns, des Abtrennelement und der Gussform so gestalten, dass ein Hohlkörper aus amorphem Metall mit einer gewünschten Form erhältlich ist.

**[0070]** Die Kavität der Gussform weist bevorzugt eine hohlzylindrische Form auf. Die Kavität weist bevorzugt die Form eines Rohres auf. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Kavität der Gussform in Schritt c)

hohlzylindrisch und weist eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugten Bereich von 6 bis 10 cm, auf, und/oder

5 wobei die Kavität der Gussform in Schritt c) hohlzylindrisch ist und eine Breite im Bereich von 0.5 bis 20 mm, bevorzugt im Bereich von 0.5 bis 10 mm, und bevorzugter im Bereich von 0.5 bis 5 mm, aufweist. Die "Breite" der Kavität bezieht sich auf den zu füllenden Hohlräum und nicht auf die Gesamtbreite des Hohlzylinders.

**[0071]** Die Gussform kann auch mehrere Kavitäten, wie sie hier beschrieben sind, aufweisen, um in einem Schritt mehrere Hohlkörper zu gießen.

**[0072]** Bevor die Schmelze in Schritt c) in die Gussform 15 eingebracht wird, kann die Gussform, der Innenkern und/oder das Abtrennelement in Schritt c) auf eine bestimmte Temperatur vorgeheizt werden. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Gussform, der Innenkern und/oder das Abtrennelement vor dem Einbringen der Schmelze in Schritt c) eine Temperatur im Bereich von 20 bis 300°C, bevorzugt im Bereich von 20 bis 200°C, und am bevorzugten im Bereich von 50 bis 140°C, auf.

**[0073]** Abbildung 1 zeigt beispielhaft den Querschnitt 25 eines zylindrischen Innenkerns (3) dessen gesamte formgebende Mantelfläche mit einem hohlzylindrischen Abtrennelement (2) umschlossen ist, wobei das Abtrennelement mit dem abgekühlten amorphen Metall (1) umgeben ist. Bevorzugt ist der Innenkern aus Stahl, das 30 Abtrennelement aus Kupfer und das amorphe Metall ein Rohr basierend auf einer Zirkonium- oder Kupferlegierung.

**[0074]** Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst einen Schritt d): Abkühlen der Schmelze in der Gussform, 35 um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten.

**[0075]** Die Gussform weist eine deutlich niedrigere Temperatur als die Schmelze auf. Daher kann es für das Abkühlen der Schmelze zu einem amorphen Metall ausreichen die Schmelze in die Kavität der Gussform einzubringen.

**[0076]** Es ist aber auch möglich die Gussform nach 40 Einbringen der Schmelze durch ein Kühlsystem aktiv zu kühlen. Das Kühlsystem kann eine Kühlflüssigkeit wie zum Beispiel Wasser oder ein Flüssiggas verwenden. Kühlsysteme zur Kühlung einer Gussform sind dem Fachmann bekannt.

**[0077]** Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst einen Schritt e): Entfernen des Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen 50 Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.

**[0078]** In Schritt e) kann der Innenkern aus dem Formstück nach Schritt d) entfernt werden, indem der Innenkern aus dem Formstück herausgezogen oder aus dem Formstück gepresst wird. Bevorzugt wird der Innenkern aus dem Formstück gepresst. Bevorzugt wird der zylindrische Innenkern aus dem Formstück gepresst. Der Kern kann nach dem Entnehmen des Formstücks aus der Gussform oder vor dem Entnehmen aus der Guss-

form entfernt werden.

**[0079]** Nach dem der Innenkern entfernt ist, verbleibt das Abtrennelement auf der Innenseite des Hohlkörpers. Das Abtrennelement kann anschließend mechanisch entfernt werden. Zum Beispiel kann das Abtrennelement aus dem Hohlraum des Hohlkörpers herausgedreht werden.

**[0080]** Um das Entfernen des Abtrennelements zu erleichtern kann das Abtrennelement chemisch behandelt werden, zum Beispiel durch einen Ätzschritt. Eine chemische Behandlung durch Ätzen kann zum Beispiel durchgeführt werden bei einem Abtrennelement, dass Kupfer oder eine Kupferlegierung umfasst, oder daraus besteht. Es ist auch möglich, das Abtrennelement vor dem Entfernen einzuschneiden, um die Spannung zwischen Abtrennelement und Hohlkörper zu verringern.

**[0081]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst Schritt e) die Schritte

- e1) Entfernen des Innenkerns aus dem Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphen Metall zu erhalten, welcher auf seiner Innenseite das Abtrennelement aufweist,
- e2) Entfernen des Abtrennelements von der Innenseite des Hohlkörpers.

**[0082]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst Schritt e) die Schritte

- e1) Entfernen des Innenkerns aus dem Formstück nach Schritt d) bevor oder nach dem das Formstück aus der Gussform entnommen wurde, um einen Hohlkörper aus amorphen Metall zu erhalten, welcher auf seiner Innenseite das Abtrennelement aufweist,
- e2) Entfernen des Abtrennelements von der Innenseite des Hohlkörpers.

**[0083]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren ein Metallspritzgussverfahren. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren ein Metallspritzgussverfahren zur Herstellung amorpher Metalle. Metallspritzgussverfahren sind prinzipiell bekannt. Metallspritzgussverfahren zur Herstellung amorpher Metalle weisen bekannte Unterschiede zu konventionellen Metallspritzgussverfahren auf. Zum Beispiel wird im Metallspritzgussverfahren kein Binder eingesetzt und somit fällt auch der Schritt des Entbindern weg.

**[0084]** Das Verfahren kann zum Beispiel ein Metallspritzgussverfahren zur Herstellung amorpher Metalle sein, welches mittels einer *Engel Victory 120 Amorphous Metal Moulding* Maschine der Firma Engel durchgeführt wird.

**[0085]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren ein Metallspritzgussverfahren,

wobei in Schritt b) die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) in einem Schmelzherd geschmolzen wird und die Schmelze anschließend in eine Einspritzkammer überführt wird, und wobei in Schritt c) die Schmelze unter Druck aus der Einspritzkammer über einen Kanal in die Kavität der Gussform eingespritzt wird, so dass die Kavität vollständig gefüllt ist.

5 **[0086]** Außerdem kann das erfindungsgemäße Verfahren weitere im Stand der Technik bekannte Verfahrensschritte umfassen, wie zum Beispiel einen Schritt zur Wärmebehandlung des Hohlkörpers und/oder einen Schritt zum Putzen des Hohlkörpers.

10 **[0087]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist bevorzugt so ausgestaltet, dass ein Rohr hergestellt wird. Dem Fachmann ist bekannt welche Formen des Innenkerns, der Gussform und der Kavität hierzu notwendig sind.

#### 20 Weitere bevorzugte Ausführungsformen

**[0088]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall die Schritte:

- 25 a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,
- b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,
- c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform,
- wobei die Gussform einen Innenkern umfasst,
- wobei der Innenkern eine Länge im Bereich im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm aufweist,
- wobei die gesamte Mantelfläche des Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist,
- wobei das Abtrennelement nicht an dem Innenkern befestigt ist, und
- wobei weder das Abtrennelement noch der Innenkern eine Entformungsschräge aufweist,
- d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,
- e) Entfernen des Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.

40 **[0089]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall die Schritte:

- 45 a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,
- b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt

a), um eine Schmelze zu erhalten,  
 c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform,  
 wobei die Gussform einen Innenkern umfasst,  
 wobei der formgebende Teil des Innenkerns eine 5 Länge im Bereich im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm aufweist,  
 wobei die gesamte Mantelfläche des formgebenden 10 Teils des zylindrischen Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist,  
 wobei das Abtrennelement nicht an dem Innenkern befestigt ist,  
 wobei das Abtrennelement aus Kupfer oder einer 15 Kupferlegierung besteht und  
 wobei weder das Abtrennelement noch der Innenkern eine Entformungsschräge aufweist,  
 d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,  
 e) Entfernen des Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen 20 Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.

**[0090]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren ein Metallspritzgussverfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall, welches die Schritte umfasst: 25  
 a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,  
 b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,  
 c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine 30 Kavität einer Gussform,  
 wobei die Gussform einen Innenkern umfasst,  
 wobei die gesamte Mantelfläche des Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist,  
 wobei das Abtrennelement aus Kupfer oder einer 35 Kupferlegierung besteht, und  
 wobei das Abtrennelement nicht an dem Innenkern befestigt ist,  
 d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,  
 e) Entfernen des Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen 40 Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.  
 45

**[0091]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren ein Metallspritzgussverfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall, welches die Schritte umfasst: 50  
 a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,  
 b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,  
 c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine 55 Kavität einer Gussform,

Kavität einer Gussform,  
 wobei die Gussform einen zylindrischen Innenkern umfasst,  
 wobei die gesamte Mantelfläche des zylindrischen Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist,  
 wobei das Abtrennelement aus Kupfer oder einer Kupferlegierung besteht, und  
 wobei das Abtrennelement nicht an dem zylindrischen Innenkern befestigt ist,  
 d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,  
 e) Entfernen des zylindrischen Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.

**[0092]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren ein Metallspritzgussverfahren zur Herstellung eines Rohrs aus amorphem Metall, welches die Schritte umfasst:

a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,  
 b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,  
 c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform,  
 wobei die Gussform einen zylindrischen Innenkern umfasst,  
 wobei der zylindrische Innenkern aus Stahl besteht,  
 wobei die gesamte Mantelfläche des zylindrischen Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist,  
 wobei das Abtrennelement aus Kupfer oder einer Kupferlegierung besteht, und  
 wobei das Abtrennelement nicht an dem zylindrischen Innenkern befestigt ist,  
 d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,  
 e1) Entfernen des Innenkerns aus dem Formstück nach Schritt d) bevor oder nach dem das Formstück aus der Gussform entnommen wurde, um ein Rohr aus amorphem Metall zu erhalten, welches auf seiner Innenseite das Abtrennelement aufweist,  
 e2) Entfernen des Abtrennelements von der Innenseite des Rohrs.

**[0093]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren ein Metallspritzgussverfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall, welches die Schritte umfasst:

a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,  
 b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,  
 c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform,

wobei die Gussform einen zylindrischen Innenkern umfasst,  
 wobei zumindest ein Teilbereich der Mantelfläche des zylindrischen Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist, so dass die Schmelze nicht mit der Mantelfläche des Innenkerns in Kontakt kommen kann,  
 wobei das Abtrennelement aus Kupfer oder einer Kupferlegierung besteht, und  
 wobei das Abtrennelement nicht an dem zylindrischen Innenkern befestigt ist,  
 d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,  
 e) Entfernen des zylindrischen Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.

**[0094]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren ein Metallspritzgussverfahren zur Herstellung eines Rohrs aus amorphem Metall, welches die Schritte umfasst:

a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,  
 b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,  
 c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform,  
 wobei die Gussform einen zylindrischen Innenkern umfasst,  
 wobei der zylindrische Innenkern aus Stahl besteht,  
 wobei zumindest ein Teilbereich der Mantelfläche des zylindrischen Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist, so dass die Schmelze nicht mit der Mantelfläche des Innenkerns in Kontakt kommen kann,  
 wobei das Abtrennelement aus Kupfer oder einer Kupferlegierung besteht, und  
 wobei das Abtrennelement nicht an dem zylindrischen Innenkern befestigt ist,  
 d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,  
 e1) Entfernen des Innenkerns aus dem Formstück nach Schritt d) bevor oder nach dem das Formstück aus der Gussform entnommen wurde, um ein Rohr aus amorphem Metall zu erhalten, welches auf seiner Innenseite das Abtrennelement aufweist,  
 e2) Entfernen des Abtrennelements von der Innenseite des Rohrs.

## DER HOHLKÖRPER AUS AMORPHEM METALL

**[0095]** Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft einen Hohlkörper aus amorphem Metall, wobei der Hohlraum des Hohlkörpers eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm aufweist.

**[0096]** Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft einen Hohlkörper aus amorphem Metall, der nach

dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlich ist. Ferner betrifft ein Aspekt der vorliegenden Erfindung einen Hohlkörper aus amorphem Metall, der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhalten wurde.

- 5 **[0097]** Die Erfinder haben überraschenderweise gefunden, dass durch das erfindungsgemäße Verfahren aufgrund der einfachen Entformung und/oder der verbesserten Prozessparameter ein Hohlkörper aus amorphem Metall mit verbesserter Qualität zugänglich ist, insbesondere mit verbesserter Qualität der inneren Oberfläche des Hohlkörpers. Außerdem haben die Erfinder gefunden, dass durch das erfindungsgemäße Verfahren Hohlkörper aus amorphem Metall erhalten werden können, deren Formgebung bisher nicht möglich war.
- 10 **[0098]** Bevorzugt weist der Hohlraum des Hohlkörpers eine Länge im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, auf.
- 15 **[0099]** Bevorzugt weist der Hohlraum des Hohlkörpers keine Entformungsschräge auf. Bevorzugt weist der Hohlraum des Hohlkörpers eine Länge im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, auf, wobei der Hohlraum keine Entformungsschräge aufweist.
- 20 **[0100]** Der Hohlraum kann zum Beispiel eine Länge von 6 bis 10 cm und keine Entformungsschräge aufweisen.
- 25 **[0101]** Der Hohlraum des Hohlkörpers kann einen Innendurchmesser im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, und am bevorzugtesten im Bereich von 5 bis 20 mm, aufweisen. Es ist auch möglich, dass der Hohlraum zwei oder mehr verschiedene Innendurchmesser in abgestufter Form aufweist.
- 30 **[0102]** Es ist jedoch bevorzugt, dass der Hohlraum des Hohlkörpers einen konstanten Innendurchmesser aufweist. Besonders bevorzugt weist der Hohlraum eine zylindrische Form auf. Noch bevorzugter weist der Hohlraum des Hohlkörpers eine zylindrische Form auf, wobei der Hohlraum einen konstanten Innendurchmesser hat.
- 35 **[0103]** Der Hohlkörper ist nicht auf eine bestimmte Form beschränkt. Insbesondere ist der Hohlkörper nicht bezüglich seiner äußeren Form beschränkt. Die äußere Form kann wie auch die Kavität der Gussform nach den eigenen Wünschen und Bedürfnissen des Fachmanns gestaltet werden.
- 40 **[0104]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Hohlkörper ein Hohlzylinder, bevorzugt ein Hohlkreiszylinder. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Hohlkörper ein Rohr. Der Hohlraum des Rohrs weist bevorzugt keine Entformungsschräge auf.
- 45 **[0105]** Bevorzugt ist der Hohlkörper ein Rohr, wobei das Rohr eine Länge aufweist im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, und/oder

wobei das Rohr eine Wandstärke aufweist im Bereich von 0.5 bis 20 mm, bevorzugt im Bereich von 0.5 bis 10 mm, bevorzugter im Bereich von 0.5 bis 5 mm, und am bevorzugtesten im Bereich von 0.5 bis 3 mm, und/oder

wobei das Rohr einen konstanten Innendurchmesser aufweist im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweisen, und am bevorzugtesten im Bereich von 5 bis 20 mm.

**[0106]** Bevorzugt ist der Hohlkörper ein Rohr, wobei das Rohr eine Länge aufweist im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, und wobei das Rohr einen konstanten Innendurchmesser aufweist im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweisen, und am bevorzugtesten im Bereich von 5 bis 20 mm.

**[0107]** Das Rohr kann zum Beispiel eine Länge von 6 bis 10 cm und einen konstanten Innendurchmesser von 5 bis 20 mm aufweisen.

**[0108]** Bevorzugt ist der Hohlkörper ein Rohr, wobei das Rohr eine Länge aufweist im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, und

wobei das Rohr eine Wandstärke aufweist im Bereich von 0.5 bis 20 mm, bevorzugt im Bereich von 0.5 bis 10 mm, bevorzugter im Bereich von 0.5 bis 5 mm, und am bevorzugtesten im Bereich von 0.5 bis 3 mm, und

wobei das Rohr einen konstanten Innendurchmesser aufweist im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweisen, und am bevorzugtesten im Bereich von 5 bis 20 mm.

**[0109]** Das Rohr kann zum Beispiel eine Länge im Bereich von 6 bis 10 cm, eine Wandstärke im Bereich von 0.5 bis 3 mm, und einen konstanten Innendurchmesser im Bereich von 5 bis 20 mm aufweisen.

**[0110]** Der Hohlkörper kann eine metallische Zusammensetzung aus mindestens drei Metallen umfassen. Bevorzugt ist, dass die mindestens drei Metalle eine Differenz des Atomradius von mehr als 10%, bevorzugt mehr als 12%, aufweisen. In einer bevorzugten Ausführungsform werden die mindestens drei Metalle ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Eisen, Palladium, Platin, Zinn, Silicium, Gallium, Kobalt, Zirkonium, Kupfer, Aluminium, Hafnium, Nickel, Niob und Titan, noch bevorzugter bestehend aus Zirkonium, Kupfer, Aluminium, Hafnium, Nickel, Niob und Titan.

**[0111]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst der Hohlkörper oder besteht der

Hohlkörper aus einer zirkoniumbasierten Legierung, welche bevorzugt mehrere Elemente umfasst, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Aluminium, Hafnium, Nickel, Niob und Titan.

**[0112]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Hohlkörper oder besteht der Hohlkörper aus einer kupferbasierten Legierung, welche bevorzugt mehrere Elemente umfasst, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Zirkonium, Nickel, Zinn, Silicium und Titan.

**[0113]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst oder besteht der Hohlkörper aus 58 bis 77 Gew.% Zirkonium, 0 bis 3 Gew.% Hafnium, 20 bis 30 Gew.% Kupfer, 2 bis 6 Gew.% Aluminium, und 1 bis 3 Gew.% Niob. In einer anderen besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst oder besteht der Hohlkörper aus 54 bis 76 Gew.% Zirkonium, 2 bis 5 Gew.% Titan, 12 bis 20 Gew.% Kupfer, 2 bis 6 Gew.% Aluminium, und 8 bis 15 Gew.% Nickel. Dabei wird bevorzugt, dass die Summe der chemischen Elemente 100% ergibt. Als Rest ist dann Zirkonium enthalten. Übliche Verunreinigungen können in der Legierung enthalten sein. Bevorzugt ist der Hohlkörper ein Rohr, wobei das Rohr eine Länge aufweist im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, und

wobei das Rohr einen konstanten Innendurchmesser aufweist im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweisen, und am bevorzugtesten im Bereich von 5 bis 20 mm, und wobei das Rohr aus einer zirkoniumbasierten Legierungen oder aus einer kupferbasierten Legierung besteht.

## AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

### 1) Material

**[0114]** Abtrennelement:  
Hülse, Kupfer, Außerdurchmesser 15 mm, Wanddicke 1 mm

**[0115]** Metallische Zusammensetzung zur Herstellung des amorphen Metalls:  
Legierung VIT105 Zr<sub>52.5</sub>T<sub>15</sub>Cu<sub>17.9</sub>Ni<sub>14.6</sub>Al<sub>10</sub>

**[0116]** Werkzeug:  
Werkzeug umfasst zwei Hälften, die geöffnet werden können; Innenkern kann entnommen werden; Werkzeugmaterial (inkl. Kern): Stahllegierung

**[0117]** Maschine zum Spritzgießen des amorphen Metalls:  
Engel VC120 AMM

### 55 2) Verfahren

**[0118]** Das Verfahren wurde wie folgt ausgeführt:

- a) Innenkern wurde mit Entformungsmittel (Graphit) eingesprührt;
- b) Kupferhülse wurde über Innenkern geschoben; die Hülse hatte ca. 0,2 mm Spiel;
- c) Innenkern mit Kupferhülse wurde in Werkzeug angeordnet;
- d) Werkzeug wurde auf eine Temperatur im Bereich von 50 bis 140°C vortemperiert;
- e) Geschlossenes Werkzeug wurde evakuiert auf einen Druck im Bereich von 0,1 bis 0,05 mBar;
- f) Vorlegierung wurde aufgeheizt mit Induktionsspule ca. 20 s bis ca. 1100°C;
- g) Schmelze wurde in Kavität eingespritzt;
- h) Werkzeug wurde gekühlt (aktive Werkzeugkühlung, ca. 5 s)
- i) Werkstück inkl. Innenkern wurde entnommen (bei ca. 80°C Temp. des Werkstücks)
- j) Stahlkern wurde entfernt durch Auspressen, die Kupferhülse wurde erst mit Dremel geschlitzt und anschließend entnommen.

**[0119]** Abbildung 2 zeigt einen Teil eines Rohrs aus amorphem Metall mit einer Kupferhülse im Hohlraum des Rohres.

**[0120]** Abbildung 3 zeigt einen Teil eines Rohrs aus amorphem Metall mit einer angeschlitzten und teilweise herausgedrückten Kupferhülse.

**[0121]** Ein Vergleichsversuch wurde durchgeführt mit einem Innenkern aus Stahl ohne Verwendung einer Kupferhülse. Hier wurde der Stahlkern direkt mit der Schmelze umspritzt bei einer Werkzeugtemperatur von ca. 200°C. Das gegossene Rohr wies Risse auf und der Kern konnte nur aufgrund der Schäden am Rohr entfernt werden.

#### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- a) Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen,
- b) Schmelzen der Zusammensetzung gemäß Schritt a), um eine Schmelze zu erhalten,
- c) Einbringen der Schmelze nach Schritt b) in eine Kavität einer Gussform, wobei die Gussform einen Innenkern umfasst, wobei zumindest ein Teilbereich der Mantelfläche des Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist, und wobei das Abtrennelement nicht an dem Innenkern befestigt ist,
- d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um ein Formstück aus amorphem Metall zu erhalten,

- 5 e) Entfernen des Innenkerns und des Abtrennelements vom Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.
- 10 2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Abtrennelement ein Metall oder eine Legierung umfasst, und bevorzugt aus einem Metall oder einer Legierung besteht.
- 15 3. Das Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei das Metall oder die Legierung ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Kupferlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, unlegiertem und niedriglegiertem Stahl, Zink und Zinklegierungen, und bevorzugt aus der Gruppe bestehend aus Kupfer und Kupferlegierungen.
- 20 4. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Verfahren vor Schritt b) oder c) einen Schritt umfasst, in dem das Abtrennelement auf den Innenkern geschoben wird.
- 25 5. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Abtrennelement in Schritt c) die gesamte Mantelfläche des Innenkerns umschließt.
- 30 6. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Innenkern und/oder das Abtrennelement keine Entformungsschräge aufweist.
- 35 7. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Schritt e) die Schritte umfasst:
  - e1) Entfernen des Innenkerns aus dem Formstück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus amorphen Metall zu erhalten, welcher auf der Innenseite das Abtrennelement aufweist,
  - e2) Entfernen des Abtrennelements von der Innenseite des Hohlkörpers.
- 40 8. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Innenkern einen Durchmesser im Bereich von 5 bis 100 mm, bevorzugt im Bereich von 5 bis 50 mm, noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 25 mm, aufweist, und/oder wobei der Innenkern eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, noch bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweist.
- 45 9. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Innenkern ein zylindrischer Innenkern, bevorzugt ein kreiszylindrischer Innenkern, und noch bevorzugter ein gerader kreiszylindrischer Innenkern, ist, und das Abtrennelement ein hohlzylindrisches Abtrenn-
- 50
- 55

element, bevorzugt ein kreishohlzylindrisches Abtrennelement, noch bevorzugter ein gerades kreishohlzylindrisches Abtrennelement ist.

10. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) eine zirkoniumbasierte Legierung ist, welche bevorzugt mehrere Elemente umfasst, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Kupfer, Aluminium, Hafnium, Nickel, Niob und Titan, oder wobei die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) eine kupferbasierte Legierung ist, welche bevorzugt mehrere Elemente umfasst, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Zirkonium, Nickel, Zinn, Silicium und Titan. 5
11. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Verfahren ein Metallspritzgussverfahren ist. 10
12. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Gussform, der Innenkern und/oder das Abtrennelement vor dem Einbringen der Schmelze in Schritt c) eine Temperatur im Bereich von 20 bis 300°C, bevorzugt im Bereich von 20 bis 200°C, und am bevorzugtesten im Bereich von 50 bis 140°C, aufweisen. 15
13. Ein Hohlkörper aus amorphem Metall, wobei der Hohlraum des Hohlkörpers eine Länge im Bereich von 1 bis 40 cm, bevorzugt im Bereich von 2 bis 20 cm, bevorzugter im Bereich von 4 bis 15 cm, und am bevorzugtesten im Bereich von 6 bis 10 cm, aufweist. 20
14. Der Hohlkörper gemäß Anspruch 13, wobei der Hohlkörper ein Rohr ist. 25
15. Der Hohlkörper gemäß Anspruch 13 oder 14, wobei der Hohlraum des Hohlkörpers einen konstanten Innendurchmesser aufweist, oder wobei der Hohlraum des Hohlkörpers keine Entformungsschräge aufweist. 30

35

45

50

55

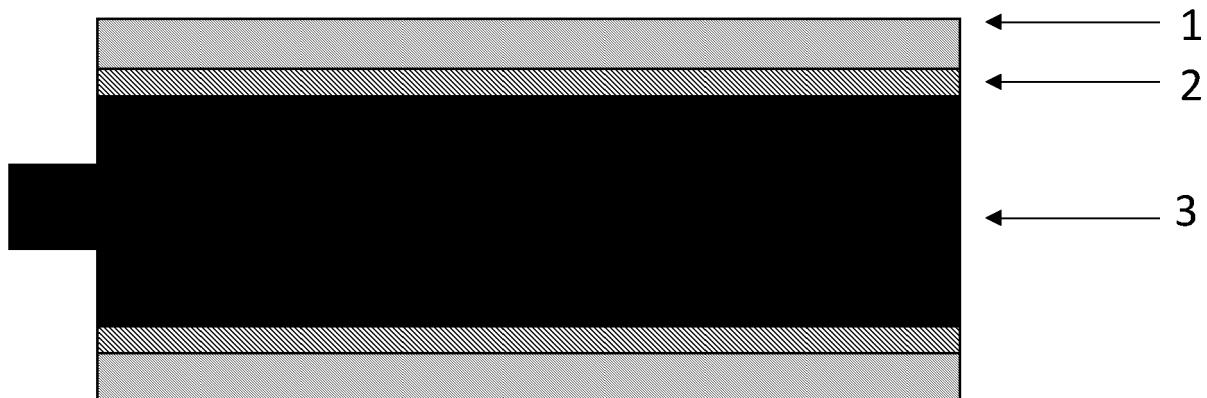


Abbildung 1



Abbildung 2



Abbildung 3



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 20 17 0051

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	JP 2010 284681 A (OLYMPUS CORP) 24. Dezember 2010 (2010-12-24) * Absätze [0006], [0030], [0091], [0093], [0095]; Anspruch 3; Abbildungen 3a, 4a-d *	1-15	INV. B22C9/24 B22D17/22 C22C1/00 C22C43/00 C22C45/00 C22C45/10
15 X	----- US 6 044 893 A (TANIGUCHI TAKESHI [JP] ET AL) 4. April 2000 (2000-04-04) * Anspruch 1; Abbildung 6 * * Spalte 12; Zeilen 34-44 *	13-15	
20 X	----- JP 2008 100264 A (UNIV TOHOKU; BMG KK; NIPPON SOZAI KK) 1. Mai 2008 (2008-05-01) * Absätze [0027], [0030]; Abbildung 2 *	13-15	
25			
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35			B22C B22D C22C
40			
45			
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 25. August 2020	Prüfer Momeni, Mohammad
	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 Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 17 0051

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-08-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	JP 2010284681 A	24-12-2010	JP	5307640 B2	02-10-2013
			JP	2010284681 A	24-12-2010
15	-----				
	US 6044893 A	04-04-2000	CN	1202402 A	23-12-1998
			DE	69806843 T2	13-03-2003
			EP	0875318 A1	04-11-1998
			HK	1016114 A1	22-11-2002
			JP	3808167 B2	09-08-2006
20			JP	H10296424 A	10-11-1998
			KR	19980086714 A	05-12-1998
			TW	503793 U	21-09-2002
			US	6044893 A	04-04-2000
			US	6189600 B1	20-02-2001
25	-----				
	JP 2008100264 A	01-05-2008	KEINE		
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 3444370 A1 **[0032]**

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- Bulk Metallic Glasses - An Overview. Springer, 2009  
**[0026]**