

(19)



(11)

EP 3 895 827 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.10.2021 Patentblatt 2021/42

(51) Int Cl.:
B22C 9/24 (2006.01) **B22D 17/22** (2006.01)
C22C 1/00 (2006.01) **C22C 43/00** (2006.01)
C22C 45/00 (2006.01) **C22C 45/10** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20170051.5**

(22) Anmeldetag: **17.04.2020**

(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 amorphem Metall, insbesondere ein Rohr aus amorphem Metall.

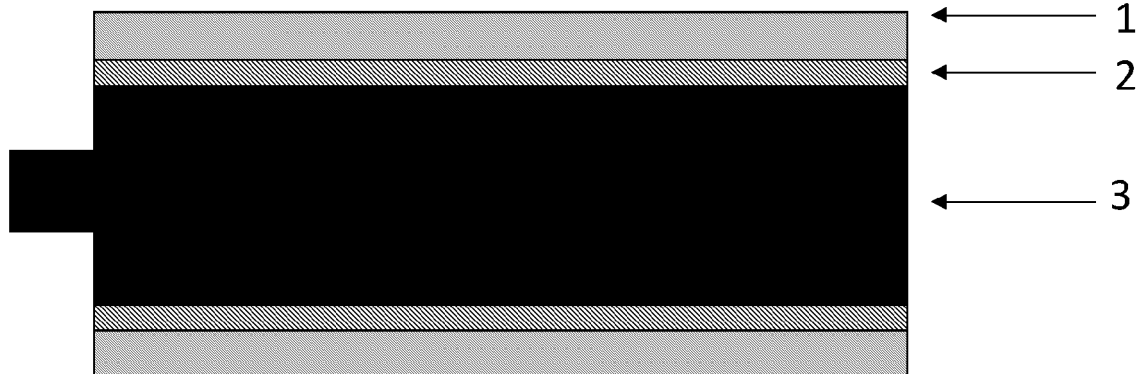


Abbildung 1

EP 3 895 827 A1

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 befüllt 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 amorphen Metall bei Verwendung eines schrägen Innenkerns oder Schiebers nur mit sehr kurzen Längen gefertigt werden. Ferner kann auch die Verwendung einer Formschräge 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 reibungslose 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 beispielsweise 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, herzustellen 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 Hohlraum, 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 als 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 Hohlraum der Gussform zu verstehen, der durch das geschmolzene Metall befüllt 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 Hohlraums 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 Hohlraums 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 Entformungsschragen am Werkzeugkern führt wiederum zu mehr Freiheitsgraden in der Gestaltung des Hohlkörpers, insbesondere in der Gestaltung des Hohlraums 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 Hohlraums 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 Abtrennelement nötig wäre) würde zu einem verlangsamten Abkühlen führen, was wiederum eine unerwünschte Auskristallisation des Metalls fördern könnte. Außerdem treten bei niedrigeren Werkzeugtemperaturen weniger Undichtigkeiten und/oder Spannungen im Werkzeug auf.

[0022] 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, 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 Ausgestaltungsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Verfahrens und des erfindungsgemäßen Hohlkörpers aus amorphem Metall sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

DAS VERFAHREN

[0024] 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.

[0025] Das Verfahren umfasst einen Schritt a): Bereitstellen einer metallischen Zusammensetzung, die geeignet ist amorphes Metall herzustellen.

[0026] Metallische Zusammensetzungen, die geeignet sind amorphe Metalle herzustellen, sind dem Fachmann hinlänglich bekannt. Solche metallischen Zusammensetzungen sind zum Beispiel im Kapitel 1 aus "Bulk Metallic Glasses - An Overview", Springer, 2009, beschrieben.

[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%, bevorzugt mehr als 12%, aufweisen. In einer bevorzugten Aus-

führungsform werden die mindestens drei Elemente 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.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ist die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) eine zirkoniumbasierte Legierung, welche 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 Ausführungsform, umfasst oder besteht die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) 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.

[0030] In einer anderen besonders bevorzugten Ausführungsform, umfasst oder besteht die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) 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.

[0031] 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.

[0032] Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ist die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) eine kupferbasierte Legierung, welche bevorzugt mehrere Elemente umfasst, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Zirkonium, Nickel, Zinn, Silicium und Titan. Eine "kupferbasierte Legierung" 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 vorliegenden Erfindung, weist die metallische Zusammensetzung gemäß Schritt a) eine Differenz zwischen der Kristallisationstemperatur T_x und der Glassübergangstemperatur T_g von mindestens 30°C, bevorzugt von mindestens 40°C, bevorzugter von mindestens 50°C, und am bevorzugtesten im Bereich von 50 bis 80°C, auf. Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, 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 ferner eine Liquidustemperatur T_L im Bereich von 700 bis 1200°C, bevorzugt im Bereich von 750 bis 1000°C, aufweisen. Die Solidustemperatur der Zusammensetzung 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 Entformungsschräge 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 Hinterschnidungen 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 Abtrennelement in Form eines Hohlzylinders ausgestaltet sein. Ist der Innenkern in Form eines eckigen Zylinders ausgestaltet, so kann das Abtrennelement in Form eines Eckzylinders ausgestaltet sein usw. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Abtrennelement in seiner Form an die Form des zylindrischen Innenkerns angepasst. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Abtrennelement die Form eines geraden Hohlzylinders auf.

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

[0055] Das Abtrennelement 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 Abtrennelement 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 Abtrennelements ist bevorzugt an den Durchmesser des Innenkerns an-

gepasst.

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

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

[0059] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Abtrennelement 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 Abtrennelement 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 Abtrennelements ist nicht auf ein bestimmtes Material beschränkt.

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

[0062] Das Abtrennelement kann ein Metall oder eine Legierung umfassen, oder aus dieser bestehen. In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Abtrennelement, 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 Abtrennelement, oder besteht das Abtrennelement 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 Abtrennelements kann eine bestimmte Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Ein Material mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit ist dabei besonders geeignet, um das rasche Abkühlen der Schmelze unterhalb der Glasübergangstemperatur T_g 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 α (bei 20°C) von größer als $10 \cdot 10^{-6}/K$, bevorzugt größer als $15 \cdot 10^{-6}/K$, und bevorzugter im Bereich von $15 \cdot 10^{-6}/K$ bis $40 \cdot 10^{-6}/K$, aufweist.

[0065] Das Material des Abtrennelements kann einen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten α (bei 20°C) kleiner oder gleich dem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten des Innenkerns aufweisen. Das Material des Abtrennelements kann verglichen mit dem Material des Innenkerns einen unterschiedlichen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten α (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 Hohlraum zuzugießen, wobei der Hohlraum 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 Hohlraum 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 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 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 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, 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 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 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.

[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.

[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:

- 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, bevorzugt 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.

[0089] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Hohlkörpers aus amorphem Metall 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 der formgebende Teil des Innenkerns 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,
 wobei die gesamte Mantelfläche des formgebenden 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 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 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:

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 die gesamte Mantelfläche des Innenkerns durch ein Abtrennelement umschlossen ist,
 wobei das Abtrennelement aus Kupfer oder einer 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 Hohlkörper aus amorphem Metall zu erhalten.

[0091] 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 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.

[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.

[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.

[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. Der Hohlraum kann zum Beispiel eine Länge von 6 bis 10 cm und keine Entformungsschräge aufweisen.

[0100] 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.

[0101] 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.

[0102] Der Hohlraum des Hohlkörpers kann eine Bohrung, eine innere Kontur oder ein Durchstoß sein.

[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.

[0104] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Hohlkörper ein Hohlzylinder, bevorzugt ein Hohlkreiszy-
50 linder. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Hohlkörper ein Rohr. Der Hohlraum des Rohrs weist bevorzugt keine Entformungsschräge auf.

[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.

5 **[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.

10 **[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
15 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
20 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
25 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,
30 und wobei das Rohr aus einer zirkoniumbasierten Legierungen oder aus einer kupferbasierten Legierung besteht.

AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

1) Material

40 **[0114]** Abtrennelement:

Hülse, Kupfer, Außerdurchmesser 15 mm, Wanddicke 1 mm

[0115] Metallische Zusammensetzung zur Herstellung des amorphen Metalls:

45 Legierung VIT105 $Zr_{52.5}T_{15}Cu_{17.9}Ni_{14.6}Al_{10}$

[0116] Werkzeug:

Werkzeug umfasst zwei Hälften, die geöffnet werden können; Innenkern kann entnommen werden; Werkzeugmaterial (inkl. Kern): Stahllegierung
50

[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) eingespritzt;
- 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 Induktionsspu-
le ca. 20 s bis ca. 1100°C;
- g) Schmelze wurde in Kavität eingespritzt;
- h) Werkzeug wurde gekühlt (aktive Werkzeugküh-
lung, 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 Zusammen-
setzung, die geeignet ist amorphes Metall her-
zustellen,
- 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 Mantelflä-
che des Innenkerns durch ein Abtrennelement
umschlossen ist, und
wobei das Abtrennelement nicht an dem Innen-
kern befestigt ist,
- d) Abkühlen der Schmelze in der Gussform, um
ein Formstück aus amorphem Metall zu erhal-
ten,

- e) Entfernen des Innenkerns und des Abtrenn-
elements vom Formstück nach Schritt d), um
einen Hohlkörper aus amorphem Metall zu er-
halten.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Ab-
trennelement ein Metall oder eine Legierung um-
fasst, und bevorzugt aus einem Metall oder einer
Legierung besteht.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei das Metall
oder die Legierung ausgewählt ist aus der Gruppe
bestehend aus Kupfer, Kupferlegierungen, Alumini-
um, Aluminiumlegierungen, unlegiertem und nied-
riglegiertem Stahl, Zink und Zinklegierungen, und
bevorzugt aus der Gruppe bestehend aus Kupfer
und Kupferlegierungen.

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.

5. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis
4, wobei das Abtrennelement in Schritt c) die gesam-
te Mantelfläche des Innenkerns umschließt.

6. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis
5, wobei der Innenkern und/oder das Abtrennele-
ment keine Entformungsschräge aufweist.

7. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis
6, wobei der Schritt e) die Schritte umfasst:

- e1) Entfernen des Innenkerns aus dem Form-
stück nach Schritt d), um einen Hohlkörper aus
amorphem Metall zu erhalten, welcher auf der
Innenseite das Abtrennelement aufweist,
- e2) Entfernen des Abtrennelements von der In-
nenseite des Hohlkörpers.

8. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis
7, wobei der Innenkern einen Durchmesser im Be-
reich 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.

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 In-
nenkern, ist, und
das Abtrennelement ein hohlzylindrisches Abtrenn-

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
10
15
11. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Verfahren ein Metallspritzgussverfahren ist.

20
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.

25
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.

30
35
14. Der Hohlkörper gemäß Anspruch 13, wobei der Hohlkörper ein Rohr ist.
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.

40
45
50
55

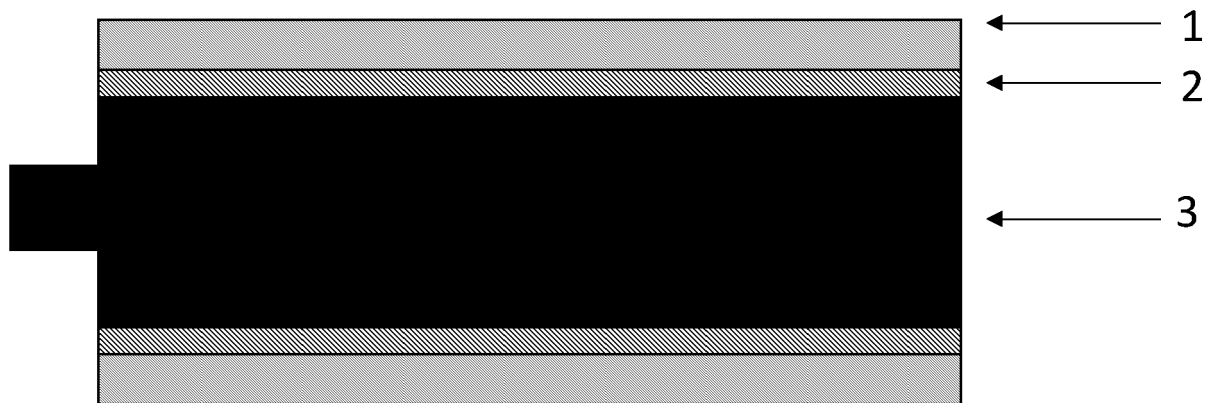


Abbildung 1



Abbildung 2



Abbildung 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 17 0051

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
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
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	
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	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B22C B22D C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
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 : mündliche 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 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 Patentdokumente 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 Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	JP 2010284681 A	24-12-2010	JP 5307640 B2 JP 2010284681 A	02-10-2013 24-12-2010
15	US 6044893 A	04-04-2000	CN 1202402 A DE 69806843 T2 EP 0875318 A1 HK 1016114 A1 JP 3808167 B2 JP H10296424 A KR 19980086714 A TW 503793 U US 6044893 A US 6189600 B1	23-12-1998 13-03-2003 04-11-1998 22-11-2002 09-08-2006 10-11-1998 05-12-1998 21-09-2002 04-04-2000 20-02-2001
20				
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]