



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
 BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① **CH 677 530 A5**

⑤ Int. Cl.⁵: **F 42 B 1/028**
F 42 B 1/032
B 22 F 3/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
 Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑲ Gesuchsnummer: 4264/88

⑳ Anmeldungsdatum: 17.11.1988

㉔ Patent erteilt: 31.05.1991

④ Patentschrift
 veröffentlicht: 31.05.1991

⑦ Inhaber:
 Schweizerische Eidgenossenschaft, Eidg.
 Munitionsfabrik Thun der Gruppe für
 Rüstungsdienste, Thun

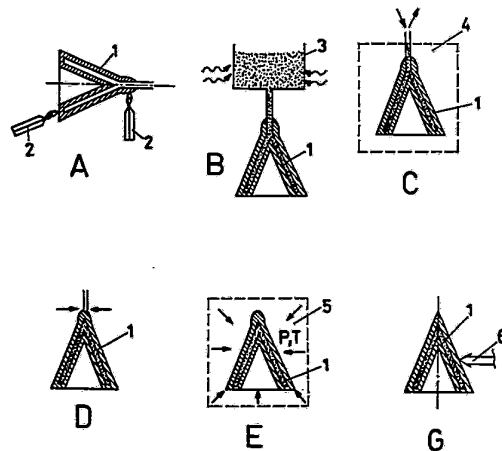
⑦ Erfinder:
 Nguyen, Cu Hai, Uetendorf

⑦ Vertreter:
 PPS Polyvalent Patent Service AG, Baden 2

⑤4 **Hohlladung mit einer metallischen Auskleidung, Verfahren und Vorrichtung zu deren Herstellung.**

⑤7 Konventionelle Hohlladungen sind ungeeignet, um eine Panzerung zu durchdringen, welche aus mehreren Schichten unterschiedlicher Dichte aufgebaut sind. Es wird nun eine Hohlladung zur Durchdringung einer solchen Panzerung vorgestellt, deren metallische Auskleidung eine dreidimensionale Isotropie aufweist und deren Dichte wenigstens annähernd der Kristalldichte des Metalles entspricht, und damit bei der Detonation einen inkohärenten pulverförmigen Hohlladungsstrahl bildet.

Das zugehörige Herstellungsverfahren der metallischen Auskleidung umfasst die Atomisierung des Metalls, das Mischen des resultierenden Metallpulvers in einer breiten Korngrößenverteilung, das Einfüllen (B) des Metallpulvers in einen doppelwandigen duktilen Behälter (1) mit allseitig wenigstens annähernd gleicher Wandstärke, eine Wasserstoffspülung (C) des eingefüllten Metallpulvers, das Verschliessen (D) und die gasdichte Verkapselung des doppelwandigen Behälters (1), eine heissisostatische Pressung (E) des Behälters (1) und das Entfernen (G) des verkapselten Behälters (1) vom Pressling.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Hohlladung zur Durchdringung einer, aus einer homogenen Hohlladungsstrahl ablenkenden Schichten aufgebauten Panzerung, bestehend aus einem Munitionskörper mit einer in den Sprengstoff form-schlüssig eingelegten, rotationssymmetrischen, duktilen, metallischen Auskleidung, ein Verfahren zur Herstellung dieser Auskleidung und eine Vorrichtung zur Durchführung des Herstellungsverfahrens.

Hohlladungen werden seit langer Zeit gegen Panzer eingesetzt, was zur Entwicklung von verschiedenartigsten Abwehrmassnahmen zur Folge hatte. Insbesondere wurden die Panzerungen schichtartig aus den verschiedensten Materialien unterschiedlichster Dichte und Härte aufgebaut, so dass der homogene Hohlladungsstrahl abgelenkt wurde.

In der Folge sind Hohlladungen mit einer Auskleidung aus einer Pseudo-Legierung von Wolfram und Kupfer entwickelt worden (FR-A-2 530 800). Diese Auskleidung wird pulvermetallurgisch durch Sintern von Wolframpulver mit einer Korngrösse kleiner als 50 µm und Kupferpulver hergestellt, wobei der Anteil an Wolfram 80 Gew.-% beträgt. Derartige Auskleidungen weisen als Folge des Sinterprozesses eine relativ geringe Dichte auf und zeigen insbesondere bei schichtartig aufgebauten Panzerungen ein geringes Eindringvermögen, obwohl ihre Ablenkung geringer ist.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Hohlladung zu schaffen, die eine hohe Eindringwirkung in Panzerungen zeigt, welche konventionelle Hohlladungsstrahle ablenken und/oder stören.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die metallische Auskleidung der Hohlladung eine dreidimensionale Isotropie aufweist und wobei deren Dichte wenigstens annähernd der Kristalldichte des Metalls entspricht.

Gleichzeitig hat die Erfindung die Aufgabe, ein Herstellungsverfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, die eine wirtschaftliche Herstellung der metallischen Auskleidung der erfindungsgemässen Hohlladung ermöglichen.

Das Herstellungsverfahren der metallischen Auskleidung ist charakterisiert durch die folgenden Merkmale:

- es wird wenigstens ein Metall in einem Luft- oder Inertgasstrom atomisiert,
- das resultierende Metallpulver wird gemischt,
- das derart vorbereitete Metallpulver wird in den Zwischenraum eines rotationssymmetrischen, doppelwandigen, duktilen Behälters mit allseitig wenigstens annähernd gleicher Wandstärke eingefüllt,
- das eingefüllte Metallpulver und der Zwischenraum des doppelwandigen Behälters werden mit Wasserstoff gespült und/oder reduziert,
- der doppelwandige Behälter wird verschlossen und gasdicht verkapselt,
- der verkapselte Behälter wird allseitig mit Gasdruck beaufschlagt und gleichzeitig erhitzt, so dass eine heissisostatische Pressung resultiert, und

– der verkapselte Behälter wird vom Pressling entfernt.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Herstellungsverfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der doppelwandige Behälter aus einem Konstruktionsstahl, aus einem Leichtmetall oder aus einem Quarzglas besteht, und eine allseitige Wandstärke von 0,8 bis 3,0 mm aufweist.

Aufgrund der dreidimensionalen Isotropie besitzt die Auskleidung der erfindungsgemässen Hohlladung eine texturfreie, kristallinische Struktur, welche mehr als 98% der maximal möglichen Dichte, der Kristalldichte, erreicht.

Die erfindungsgemässe Hohlladung hat dadurch den enormen Vorteil, dass nach der Detonation der Hohlladungsstrahl pulverisiert in die Panzerung eindringt, d.h. dass er keine Kohärenz aufweist, und dadurch von einer schichtartig aufgebauten Panzerung nicht abgelenkt wird. Die Dichte des Strahls ist hoch; es können zudem Materialien verwendet werden, die nicht legierbar oder einem Sinterprozess nicht zugänglich sind.

Das erfindungsgemässe Herstellungsverfahren für die metallischen Auskleidungen von Hohlladungen hat ferner den grossen Vorteil, dass eine form- und massgenaue Fertigung mit einem wesentlich geringeren Materialaufwand als bei den herkömmlichen Verfahren erreicht wird. Die erfindungsgemässe Herstellung ist dadurch auch wirtschaftlicher und weniger arbeitsintensiv. Es hat sich dabei bewährt, den doppelwandigen Behälter beim Einfüllen des Metallpulvers zu rütteln, damit eine homogene und kompakte Schüttung ohne Gas- oder Luft einschüsse im Zwischenraum erhalten wird. Der verkapselte Metallbehälter wird danach durch ein grobes Abdrehen entfernt. Jedoch kann dies auch mit einem Laserschneidgerät vorgenommen werden.

Die entnommene Auskleidung weist eine sehr hohe Form- und Massgenauigkeit (engl. near net shaping) auf und bedarf daher nur einer geringen, meist spanabhebenden Nacharbeitung zu deren Einbau in den Munitionskörper.

Das Verfahren gemäss Anspruch 3 bewirkt eine besonders homogene, isotrope Struktur des Presslings.

Das Herstellungsverfahren gemäss den Ansprüchen 4 bis 7 hat sich in der Praxis bei metallischen Auskleidungen aus Kupfer, Tantal, Wolfram und Uran bewährt.

Es versteht sich jedoch, dass auch Mischungen der obengenannten Metallpulver für das erfindungsgemässe Herstellungsverfahren verwendet werden können. Die Verfahrensparameter richten sich dann hauptsächlich nach dem Metall mit dem grössten Anteil im Metallpulver.

Die Materialauswahl für den doppelwandigen Behälter gemäss Anspruch 8 ist besonders geeignet für die heissisostatische Pressung mit hohen Gasdrücken und Temperaturen.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung. Dort wird die Erfindung anhand in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Verfah-

rensschritte zur Herstellung einer rotationssymmetrischen, duktilen metallischen Auskleidung,

Fig. 2 einen doppelwandigen, kegelförmigen Behälter mit oben angeordnetem Einfüllstutzen, und

Fig. 3 einen doppelwandigen, kegelförmigen Behälter mit unten angeordnetem Einfüllstutzen.

In Fig. 1 sind die einzelnen Verfahrensschritte des Herstellungsverfahrens für eine rotationssymmetrische, metallische Auskleidung schematisch dargestellt, und mit Grossbuchstaben bezeichnet:

A: Ein doppelwandiger Behälter 1 wird durch konventionelle Blechverarbeitung hergestellt, wie durch Biegen und mit einem Schweißgerät 2. Weitere Einzelheiten des doppelwandigen Behälters 1 folgen aus der nachstehenden Beschreibung zu den Fig. 2 und 3.

B: Ein Metallpulver, beispielsweise aus Kupfer, mit einer flachen, breiten Verteilung von Korngrößen zwischen 10 μm und 200 μm wird von einem Füllbehälter 3 in den doppelwandigen Behälter 1 geschüttet, währenddessen der Füllbehälter 3 gerührt wird (durch Pfeile angedeutet). Damit wird eine möglichst hohe Füllichte erreicht. Die üblichen Lieferungen von Metallpulvern weisen normalerweise nicht die gewünschte Korngrößenverteilung auf, so dass eine Mischung von mehreren Pulverlieferungen notwendig ist. Gegebenenfalls sind gewisse Pulverchargen vorher zu sieben, da erfahrungsgemäss eine Korngrösse von 200 μm nicht überschritten werden darf.

Die verwendeten Metallpulver werden durch ein an sich bekanntes Atomisieren in einem Luft- oder Inertgasstrom erzeugt. Dadurch können die Oberflächen der Pulverkörner leicht oxidieren oder es kann Luft oder Inertgas vom Pulver eingeschlossen werden. Oxid- und Gaseinschlüsse sind jedoch für das einwandfreie Funktionieren eines Munitionssprengkörpers mit aus dem Metallpulver hergestellten, duktilen metallischen Auskleidungen unerwünscht. – Eine Reduktion oder Pulverreinigung bei oxidierbaren Metallen ist daher unumgänglich.

C: Das oxidierte Metallpulver wird in dem gefüllten doppelwandigen Behälter 1 durch Wasserstoffspülung (angedeutet durch Pfeile) in einem Ofen 4 während einer Stunde bei 400°C gereinigt, d.h. reduziert.

D: Der doppelwandige Behälter 1 wird unmittelbar darauf hermetisch verschlossen (Querpfeile), was eine weitere Oxidation oder sonstige Verschmutzung des Metallpulvers verhindert. Dazu wird das Füllrohr des doppelwandigen Behälters verpresst, abgeschnitten und zugeschweisst.

E: Der verschlossene doppelwandige Behälter 1 wird in einem Autoklaven 5 nach dem heissisostatischen Pressverfahren (HIP) behandelt (Einzelheiten dazu sind aus dem Artikel von P.E. Price und S.P. Kohler «Hot Isostatic Pressing of Metal Powders», Metals Handbook, Powder Metallurgy, Ed. 9. Vol. 7 (6/1984), S. 419 ff., Metals Park ASM zu entnehmen). Der Autoklav 5 ist vom Typ Graphitofen der Fa. J. Dieffenbacher GmbH & Co. mit einer Druckbeständigkeit von 350 MPa und einer Temperaturbeständigkeit von 3000°C.

F: Es sind der Druck und die Temperatur während der einzelnen Verfahrensschritte der heissisostatischen Pressung dargestellt, wobei die Druckkurve (p , t) ausgezogen und die Temperaturkurve (T , t) strichliert gezeichnet ist. Von Punkt α bei normalem Druck (p_0) und normaler Temperatur (T_0) wird mit einer Evakuierung des Autoklavs 5 angefangen (Zeitpunkt t_0), bis Punkt β , (Zeitpunkt t_1), wo ein Unterdruck p_1 von 10 Pa erreicht ist. Dann wird der Autoklav 5 mit Argon gefüllt bis zum Druck p_2 von 30 MPa (Punkt γ ; Zeitpunkt t_2). Von diesem Punkt an wird die Temperatur von T_0 (Umgebungstemperatur $\approx 20^\circ\text{C}$) erhöht auf eine Temperatur T_1 , die je nach Wahl des Metalles einzustellen ist (Punkt δ ; Zeitpunkt t_3). Die HIP-Temperatur T_1 liegt meistens zwischen der Rekristallisationstemperatur, die angenähert die Hälfte der Schmelztemperatur beträgt, und der Schmelztemperatur des Metalles. Für Kupfer liegt T_1 zwischen 650°C und 1050°C, bevorzugt bei 800°C. Für Tantal liegt T_1 zwischen 1700°C und 2980°C, bevorzugt bei 2200°C, für Wolfram zwischen 1000°C und 1800°C, bevorzugt bei 1430°C, und für Uran zwischen 600°C und 1120°C, bevorzugt bei 850°C. Eine zu niedrige HIP-Temperatur führt zu einer unerwünschten Porosität des Werkstückes; eine zu hohe HIP-Temperatur verursacht ein unerwünschtes Wachstum von Kristalliten.

Bei diesem Temperaturanstieg erhöht sich der Druck im Autoklav 5 durch die Ausdehnung des Gases (Gesetz von Boyle-Gay-Lussac) auf einen Druck p_3 , der mindestens 100 MPa und höchstens 320 MPa betragen soll. Bevorzugt wird ein Druck p_3 von 130 MPa eingestellt. Um die Fertigungskosten gering zu halten, werden möglichst viele Werkstücke (gefüllte doppelwandige Behälter 1) gleichzeitig in dem Autoklav 5 heissisostatisch gepresst.

Während einer gewissen Zeit (t_4-t_3), die zwischen 1 und 6 Stunden beträgt, bevorzugt etwa 3 Std., wird die Temperatur T_1 und der Druck p_3 konstant gehalten (Punkt ϵ) und nachher wird wieder auf Umgebungstemperatur T_0 abgekühlt und auf den normalen Druck p_0 reduziert (Punkt θ). Die Abkühlung der in den Behältern 1 befindlichen Werkstücke soll langsam erfolgen, um allotropische Umwandlungen, insbesondere martensitische der Schweißnähte, zu vermeiden. Diese führen sonst zu Verhärtungen und Versprödungen, was die nachfolgenden Drehoperationen erschweren und die Isotropie der hergestellten Auskleidung beeinträchtigen würde.

G: Nach dem heissisostatischen Pressen wird der doppelwandige Behälter 1 sowie das Übermass des Werkstückes in zwei Drehoperationen entfernt. Die erste ist ein grobes Abschuppen, wozu der Behälter 1 mit seiner Innenwand pneumatisch auf einer Drehbank eingespannt wird. Die Aussenfläche wird dann mit einem Drehstuhl 6 grob abgedreht, bis die äussere Behälterwand vollständig entfernt ist. Die äussere, abgeschuppte Oberfläche des Werkstückes wird sodann eingespannt und die innere Behälterwand grob abgedreht, bis sie ebenfalls entfernt ist. Die zweite Drehoperation ist ein feines Schlichten der Oberflächen des Werk-

stückes. Dies ist sehr sorgfältig durchzuführen, um keine Strukturveränderungen des heissisostatisch gepressten Metalles zu bewirken. Das Entfernen des Behälters kann jedoch auch mit einem Laserschneider durchgeföhrt werden.

Die derart hergestellte Auskleidung für eine Hohlladung besitzt eine texturfreie, kristallinische Struktur und ist praktisch isotrop, d.h. es besitzt in jeder beliebigen Richtung dieselben physikalischen Eigenschaften.

In den Fig. 2 und 3 sind für dieselben Teile dieselben Bezugsziffern verwendet.

In Fig. 2 ist nun der doppelwandige Behälter 1 ausführlicher dargestellt. Der Behälter 1 besteht aus einer metallischen Innenkegelwand 7', einer metallischen Aussenkegelwand 7'' und einem Einfüllstutzen 8. Der untere Rand der Innenkegelwand 7' ist nach aussen umgebördelt und über einer unteren Schweissnaht 9 mit der Aussenkegelwand 7'' verschweisst. Der Einfüllstutzen 8 steht auf einer Öffnung 10 an der Spitze der Aussenkegelwand 7'' und ist über einer oberen Schweissnaht 11 daran angeschweisst.

Der Behälter 1 ist entweder aus einer Leichtmetalllegierung aus Al und Mn, Al und Mg, oder Al, Mg und Si für einen HIP-Temperaturbereich bis 600°C, oder aus einem handelsüblichen Konstruktionsstahl, d.h. mit weniger als 2% Kohlenstoff, für einen HIP-Temperaturbereich von 600°C bis 1500°C, oder dann aus einem hochschmelzenden Quarzglas für einen HIP-Temperaturbereich von 1500°C bis 3000°C hergestellt. Die Dicke der Kegelwände 7' und 7'' und des Einfüllstutzens 8 ist jeweils dieselbe und beträgt zwischen 0,8 mm und 3,0 mm. Die Wandstärke ist so gewählt, dass sie einerseits dick genug ist, um den hohen Druck der heissisostatischen Pressung zu verkraften und andererseits genügend dünn, um ohne Brüche oder Verwerfungen die Verdichtung des Metallpulvers überstehen zu können. Um eine möglichst homogene Druckverteilung (Isostatik) zu erreichen, ist der Zwischenraum 12 zwischen den Kegelwänden 7' und 7'' möglichst klein zu halten. Die Breite des Zwischenraumes 12 ist zudem abhängig vom Material des doppelwandigen Behälters 1, vom zu komprimierenden eingefüllten Metallpulver 13 und von dessen Schüttdichte; sie beträgt z.B. für Konstruktionsstahl und Kupferpulver 2,0 mm, und für Quarzglas und Wolframpulver 3,0 mm, entsprechend einer Wandstärke von 1,2 mm des heissisostatisch gepressten Werkstückes.

Während des heissisostatischen Pressverfahrens werden die Kegelwände 7' und 7'' im mittleren Bereich am stärksten verformt, da die Endbereiche durch die Schweissnähte 9 und 11 fixiert sind und somit die Breite des Zwischenraumes 12 dort kaum verringert werden wird. Zudem ist eine geometrieabhängige Sicherheitsmarge vorgesehen, die eine bei dem heissisostatischen Pressen auftretende Verformung der Kegelwände 7' und 7'' ausgleichen wird. Es wird sich ebenfalls der Öffnungswinkel des doppelwandigen Behälters 1 leicht öffnen, d.h. um etwa 1°. Diese Verformung kann durch eine zusätzliche Verbreiterung des Zwischenraumes 12 oder –

was zu bevorzugen ist – durch eine Verringerung des Öffnungswinkels berücksichtigt werden.

Die Füllhöhe 14 des einzufüllenden Metallpulvers 13 wird empirisch bestimmt:

- 5 – das Metallpulver 13 darf bei der Wasserstoffspülung nicht aus dem eigentlichen doppelwandigen Behälter 1 hinausgeblasen werden, und
- es soll genügend verdichtetes Metallpulver bei den Extremitäten (Schweissnähte 9 und 11) vorhanden sein, damit das Werkstück nach dem heissisostatischen Pressen an diesen Stellen nicht porös wird.

In Fig. 3 ist ein doppelwandiger Behälter 1 mit einem Einfüllstutzen 8 am unteren Ende dargestellt. Dies ist dann von Vorteil, wenn eine einwandfreie Schüttung und Verdichtung an den Extremitäten des Behälters 1, wie hier an der Kegelspitze, verlangt wird. Während der Schüttung wird der Behälter 1 z.B. durch Ultraschall gerüttelt, so dass eine hohe Verdichtung des eingefüllten Metallpulvers 13 im gesamten Behälter 1 erreicht wird.

Bei dem vorbeschriebenen Herstellungsverfahren ist es besonders wichtig, dass der rotations-symmetrische Behälter 1 für sich bei der heissisostatischen Pressung so wenig wie nur möglich zusammengedrückt wird. Dieses Erfordernis kann erreicht werden mit einem einseitig geschlossenen Behälter, wie der obigen Kegelform oder einer einseitig geschlossenen Zylinderform.

Die derart hergestellten kegelförmigen Auskleidungen sind in einen Munitionskörper formschlüssig eingelegt und bilden mit diesem eine Hohlladung, deren Hohlladungsstrahl inhomogen ist. Solche Hohlladungen sind nun besonders geeignet um Panzerungen zu durchdringen, die aus Schichten unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften und Verhalten aufgebaut sind.

40 Patentansprüche

1. Hohlladung zur Durchdringung einer, aus einen homogenen Hohlladungsstrahl ablenkenden Schichten aufgebauten Panzerung, bestehend aus einem Munitionskörper mit einer in den Sprengstoff formschlüssig eingelegten, rotationssymmetrischen, duktilen, metallischen Auskleidung, dadurch gekennzeichnet, dass die metallische Auskleidung eine dreidimensionale Isotropie aufweist und wobei deren Dichte wenigstens annähernd der Kristalldichte des Metalls entspricht.

2. Verfahren zur Herstellung der metallischen Auskleidung der Hohlladung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- 55 – wenigstens ein Metall in einem Luft- oder Inertgasstrom atomisiert wird,
- das resultierende Metallpulver (13) gemischt wird,
- dieses Metallpulver (13) in den Zwischenraum eines rotationssymmetrischen, doppelwandigen, duktilen Behälters (1) mit allseitig wenigstens annähernd gleicher Wandstärke eingefüllt wird (B),
- 60 – das eingefüllte Metallpulver (13) und der Zwischenraum des doppelwandigen Behälters (1) mit Wasserstoff gespült und/oder reduziert werden (C),
- 65

- der doppelwandige Behälter (1) verschlossen und gasdicht verkapselt wird (D),
- der verkapselte Behälter (1) allseitig mit Gasdruck beaufschlagt und gleichzeitig erhitzt wird, so dass eine heissisostatische Pressung resultiert (E), und 5
- der verkapselte Behälter (1) vom Pressling entfernt wird (G).

3. Verfahren zur Herstellung der metallischen Auskleidung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der doppelwandige Behälter (1) mit einem Gasdruck von mindestens 100 MPa beaufschlagt und auf eine Temperatur annähernd zwischen der Rekristallisationstemperatur und der Schmelztemperatur des zu verarbeitenden Metalles erhitzt wird. 10 15

4. Verfahren zur Herstellung der metallischen Auskleidung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Kupfer atomisiert wird, und dass der doppelwandige Behälter (1) mit einem Gasdruck zwischen 100 MPa und 320 MPa, bevorzugt bei 130 MPa, beaufschlagt und auf eine Temperatur zwischen 550°C und 1050°C, vorzugsweise bei 800°C, erhitzt wird während einer Zeitdauer von 1 h bis 6 h, bevorzugt 3 h. 20

5. Verfahren zur Herstellung der metallischen Auskleidung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Tantal atomisiert wird, und dass der doppelwandige Behälter (1) mit einem Gasdruck zwischen 100 MPa und 320 MPa, bevorzugt bei 130 MPa, beaufschlagt und auf eine Temperatur zwischen 1700°C und 2980°C, vorzugsweise bei 2200°C, erhitzt wird während einer Zeitdauer von 1 h bis 6 h, bevorzugt 3 h. 25 30

6. Verfahren zur Herstellung der metallischen Auskleidung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Wolfram atomisiert wird, und dass der doppelwandige Behälter mit einem Gasdruck zwischen 100 MPa und 320 MPa, bevorzugt bei 130 MPa, beaufschlagt und auf eine Temperatur zwischen 1000°C und 1800°C, vorzugsweise bei 1430°C, erhitzt wird während einer Zeitdauer von 1 h bis 6 h, bevorzugt 3 h. 35 40

7. Verfahren zur Herstellung der metallischen Auskleidung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Uran atomisiert wird, und dass der doppelwandige Behälter (1) mit einem Gasdruck zwischen 100 MPa und 320 MPa, bevorzugt bei 130 MPa, beaufschlagt und auf eine Temperatur zwischen 600°C und 1120°C, vorzugsweise bei 850°C, erhitzt wird während einer Zeitdauer von 1 h bis 6 h, bevorzugt 3 h. 45 50

8. Vorrichtung zur Durchführung des Herstellungsverfahrens nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der doppelwandige Behälter (1) aus einem Konstruktionsstahl, aus einem Leichtmetall oder aus einem Quarzglas besteht, und eine allseitige Wandstärke von 0,8 bis 3,0 mm aufweist. 55

60

65

5

FIG.1

