

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 87110429.5

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **B 22 F 3/14**  
**C 22 C 1/10**

22 Anmeldetag: 18.07.87

30 Priorität: 21.07.86 DE 3624622

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
 03.02.88 Patentblatt 88/5

84 Benannte Vertragsstaaten:  
 AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL

71 Anmelder: **Schmiedewerke Krupp-Klöckner GmbH**  
**Alleestrasse 70**  
**D-4630 Bochum 1(DE)**

72 Erfinder: **Feichtinger, Heinrich K., Prof. Dr.-Ing.**  
**Eichholzstrasse 16**  
**CH-8706 Feldmeilen(CH)**

72 Erfinder: **Speidel, Markus O., Prof. Dr.**  
**Sellersgrabeweg 6**  
**CH-5413 Birmenstorf(CH)**

74 Vertreter: **Patentanwaltsbüro Cohausz & Florack**  
**Postfach 14 01 47**  
**D-4000 Düsseldorf 1(DE)**

54 **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung metallischer Werkstoffe durch isostatisches Heißpressen von Metallpulver.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen metallischer Werkstoffe durch isostatisches Heißpressen von Metallpulver oder Metallpulvergemischen (Pulver) mit hohen, insbesondere über 1% liegenden Gehalten an Gasen, die durch Beaufschlagen des Pulvers mit unter Druck stehendem Gas (Reaktionsgas) bei höherer Temperatur in das Pulver eingebracht werden. Kennzeichen der Erfindung ist, daß

a) das Pulver nach dem an sich bekannten Einfüllen in eine Kapsel mit dem Reaktionsgas, insbesondere Stickstoff, beaufschlagt wird, während

b) gleichzeitig ein Prozeßgas, z.B. Argon-Stickstoff-Gemisch, auf die Kapsel unter Wärmezufuhr von außen unter Druck einwirkt, wobei

c) simultan mit der Steigerung des Druckes des Prozeßgases eine annähernd gleiche Drucksteigerung des Reaktionsgases vorgenommen wird,

d) der Druck so weit gesteigert wird, bis im Zwischenkornvolumen (Poren) des Pulvers eine unter den dort herrschenden Temperaturbedingungen für das Erreichen des gewünschten Legierungsgehaltes ausreichende Menge Gas eingeschlossen ist, daß dann

e) die weitere Zufuhr von Reaktionsgas beendet wird und f) der Druck des Prozeßgases außerhalb der Kapsel und die Temperatur auf eine für das isostatische Heißpressen notwendige Höhe gebracht werden.

Die Erfindung umfaßt ferner eine Vorrichtung, bestehend aus einem Druckgefäß 3 mit Heizelement(en) 4 und einer Prozeßgas-Zuleitung 5 sowie einer im Druckraum 7 befindlichen, mit Pulver gefüllten Kapsel 2, an die eine Reaktionsgas-Zuleitung 6 angeschlossen ist.

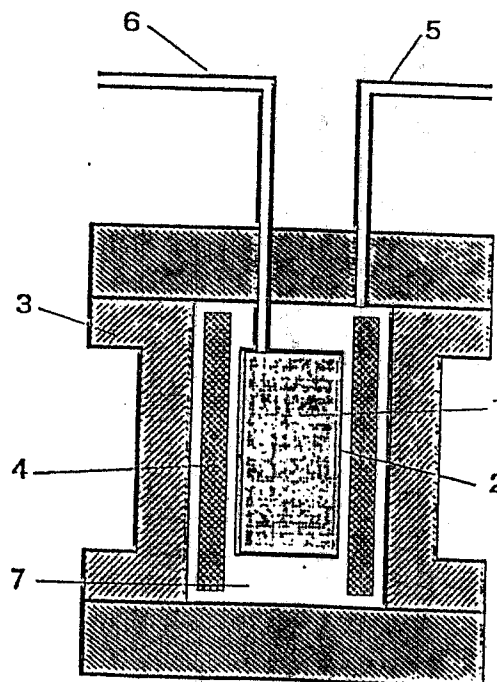


Fig. 1

1

WE/my 86/803EP  
17. Juli 1987

5 Schmiedewerke Krupp-Klöckner GmbH  
Alleestraße 70  
4630 Bochum

10

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung metallischer  
Werkstoffe durch isostatisches Heißpressen von Metallpulver

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung  
metallischer Werkstoffe durch isostatisches Heißpressen  
von Metallpulver oder Metallpulvergemischen,  
zusammenfassend als "Metallpulver" bezeichnet, mit hohen,  
20 insbesondere über 1 % liegenden Gehalten an Gasen oder  
Dämpfen, insbesondere Stickstoff, die durch Beaufschlagen des  
Metallpulvers mit unter Druck stehendem Reaktionsgas  
bei höherer Temperatur in den Werkstoff eingebracht werden.  
Die Erfindung umfaßt gleichfalls eine Vorrichtung zur  
25 Durchführung dieses Verfahrens.

Es ist bekannt, daß zum Beispiel das Einbringen großer  
Stickstoffmengen in Stahllegierungen in manchen Fällen zu  
einer entscheidenden Verbesserung der Werkstoffeigen-  
30 schaften führen kann. Dabei kann dieser Stickstoffgehalt  
in manchen Fällen auf Zwischengitterplätzen in Lösung  
vorliegen, wobei man durch Zulegieren von Elementen, wie

- 1 Chrom oder Mangan, welche die Stickstofflöslichkeit  
erhöhen, größere Mengen an Stickstoff in die Matrix  
einbringen kann. Die günstige Wirkung des Stickstoffs  
erfolgt in solchen Fällen über den Mechanismus der  
5 Mischkristallhärtung, ähnlich wie dies auch durch  
Kohlenstoff bewirkt wird. Dabei muß keine Abnahme der  
Zähigkeit in Kauf genommen werden. Ein Beispiel eines  
solchen Werkstoffs ist ein Stahl mit 18% Chrom und 18%  
10 Mangan, der bei Stickstoffgehalten bis zu 1% zu einem  
Werkstoff führt, welcher infolge seiner kombinierten  
Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften ideal für die  
Herstellung von Kappenringen ist. (Alle vorstehend und  
nachfolgend gemachten %-Angaben sind, sofern nichts anders  
angegeben ist, Gewichtsprozent).
- 15 Neben der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften zeigt  
sich in vielen Fällen auch eine günstige Beeinflussung des  
Korrosionsverhaltens, insbesondere der Beständigkeit gegen  
Spannungsrißkorrosion.
- 20 Stickstoff ist ein Substitutionselement und kann andere  
Legierungselemente, zum Beispiel Nickel, teilweise  
ersetzen. Stickstoff ist ein Austenit-stabilisierendes  
Element.
- 25 Neben der Lösung von Stickstoff auf Zwischengitterplätzen  
kann es bei Vorliegen einer bestimmten gelösten  
Stickstoffmenge im Verein mit Nitrid-bildenden Elementen,  
wie Chrom, Vanadium, Niob, Zirkonium, auch zur Ausscheidung  
30 von Nitridphasen kommen, welche die mechanischen  
Eigenschaften über den Mechanismus der Ausscheidungshärtung  
günstig beeinflussen. Dabei kann sich diese Wirkung beim  
Vorliegen hochtemperaturstabiler Nitride auch im höheren  
Temperaturbereich auf eine Verbesserung des Kriechwider-  
35 stands auswirken.

1 Die Herstellung hochgestickter Stähle kann auf schmelz-  
metallurgischem Weg erfolgen. Dabei können Stähle, deren  
Stickstoffgehalt so niedrig ist, daß es während der  
Erstarrung nicht zur Blasenbildung kommt, auch mit  
5 konventionellen Schmelzaggregaten, wie dem Elektro-  
lichtbogenofen oder dem Induktionsofen, erschmolzen werden.  
Der Stickstoff wird in Form einer stickstoffhaltigen  
Ferrolegierung, wie Ferrochrom oder Ferromangan, zugegeben.  
Derartige spezielle Ferrolegierungen sind allerdings sehr  
10 teuer. Daher ist dieser schmelzmetallurgische Weg zur  
Herstellung aufgestickter Stähle verhältnismäßig  
kostenaufwendig.

Höhere Stickstoffgehalte lassen sich nur in die Schmelze  
15 einbringen, wenn über dem Metallschmelzbad ein hoher  
Gasdruck aufrechterhalten wird. So werden zum Beispiel in  
einer Druck-Elektroschlackenumschmelzanlage Stahlblöcke  
mit einem Gewicht von 14 t unter einem Gasdruck von bis  
42 bar umgeschmolzen. Dabei geht man meist von einer  
20 Umschmelzelektrode aus, die schon einen möglichst hohen  
Stickstoffgehalt besitzt. Die weitere Aufstickung erfolgt  
durch laufende Zugabe einer entsprechenden Metallnitrid-  
menge, zum Beispiel Siliziumnitrid, in die Schlacke. Nach  
Zersetzung des Nitrids kommt es zu einer Aufnahme des  
25 Stickstoffs durch das Metallbad.

Neben dem verfahrenstechnischen Aufwand, der mit der  
Erzeugung einer geeigneten Elektrode für den Elektro-  
schlackenumschmelzprozeß und mit der genau kontrollierten  
30 Druckerzeugung verbunden ist, entsteht bei diesem  
Umschmelzprozeß ein Primärgefüge, das entsprechend den dem  
Elektroschlackenumschmelzprozeß immanenten Vorteilen zwar  
eine besonders hohe Qualität hat, das jedoch trotzdem noch  
gewisse Nachteile in bezug auf Inhomogenitäten hat, wie dies  
35 allen schmelzmetallurgischen Prozessen in bezug auf Mikro-  
und Makroseigerungen, auf Lunker, Poren und andere Fehler

7 eigen ist. Darüber hinaus können die endgültigen  
Werkstoffeigenschaften eventuell nur durch eine thermo-  
mechanische Nachbehandlung erzielt werden, und die  
endgültige Form ist zum Beispiel bei Kappenringen nur durch  
5 eine umfangreiche spanende Bearbeitung erzielbar.

Werkstoffe mit hohem Stickstoffgehalt können auch auf  
pulvermetallurgischem Weg, zum Beispiel durch isostatisches  
Heißpressen, erzeugt werden. Dieses Verfahren ist  
10 beispielsweise beschrieben in "Encyclopedia of Materials  
Science and Engineering", vol.3, 1986, Seite 2186. Das zu  
pressende Metallpulver wird in eine verformbare Kapsel  
eingefüllt, die Luft wird aus der Kapsel abgesaugt, die  
Kapsel mit Inhalt wird auf erhöhte Temperatur erwärmt, und  
15 gleichzeitig wird über ein geeignetes Medium, insbesondere  
Gas, allseits ein Druck auf die Kapsel und das in ihr  
befindliche Metallpulver ausgeübt. Bei diesem isostatischen  
Heißpressen erfolgt eine Verdichtung des Pulvers zu einem  
kompakten Körper, wobei durch die erhöhte Temperatur ein  
20 Sintervorgang mit Festkörperdiffusion, zum Teil auch in  
Anwesenheit flüssiger Phase, stattfindet.

In der CH-PS 486 563 ist ein Verfahren zur Herstellung  
eines hitzebeständigen Werkstoffs beschrieben, bei dem ein  
25 Pulvergemisch, bestehend aus einer Komponente A (Eisen,  
Kobalt oder Nickel) mit einer Komponente B (Nitrid oder  
Nitridgemisch) sowie einer Komponente C (reaktionsfähige  
Aluminiumverbindung) einem Drucksinterprozeß ausgesetzt  
wird. Die Pulverkomponenten müssen dabei in feiner und  
30 homogener Verteilung vorliegen. Es wird bevorzugt, wenn  
die einzelnen Komponenten in einem Kornspektrum von  
1 - 10 µm vorliegen. Die entstehenden Metallkeramik-  
Werkstoffe sind hart, fest und beständig gegen Chemikalien,  
thermoschockbeständig und hochtemperaturbeständig.

35 In der EP-OS 165 732 wird ein Verfahren zur Herstellung

11 von mit Titannitrid dispersionsverfestigten Körpern  
beschrieben, bei dem ein im wesentlichen aus einem  
Titan-haltigen ferritischen oder austenitischen Stahl  
bestehendes Pulver, bevorzugt mit 20% Chrom und 25% Nickel,  
5 zuerst in einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre vorgesintert  
wird, so daß ein Körper mit ausreichender Festigkeit  
entsteht, der jedoch für die nachfolgende Nitrierbehandlung  
gasdurchlässig ist. Anschließend wird der vorgesinterte  
Körper mit einem Wasserstoff-Stickstoff-Gemisch im  
10 Temperaturbereich von 1000 - 1150 ° C durchströmt, bis  
sich der gewünschte Nitridgehalt eingestellt hat. Die so  
hergestellten Körper können anschließend entweder einer  
nachfolgenden Verdichtungsbehandlung durch Walzen oder  
Schmieden unterworfen werden, oder es kann durch Mahlen ein  
15 nitriertes Pulver hergestellt werden, welches mit den  
bekannten Methoden der Pulvermetallurgie weiterverarbeitbar  
ist.

Die US-PS 4 140 527 beschreibt die pulvermetallurgische  
20 Herstellung von stickstoffhaltigen Werkzeugstählen mit  
folgender Zusammensetzung: mindestens 0,4% Stickstoff,  
1,6 - 15% Vanadium, Kohlenstoff + Stickstoff = 1/5 des  
Gehalts an Vanadium einschließlich einer zusätzlichen Menge  
von mindestens 0,2 - 0,5% sowie wahlweise bis 15% Chrom,  
25 bis 10% Molybdän, bis 20% Wolfram und bis 15% Kobalt  
einzeln oder zu mehreren. Gemäß einem Ausführungsbeispiel  
wird ein durch Zerstäuben einer Schmelze erzeugtes  
Metallpulver in einen Stahlbehälter abgefüllt und  
aufeinanderfolgend entgast und nitriert. Dabei wird das  
30 Pulver bei 1150° C während zwei Stunden einem nicht näher  
bezeichneten Stickstoffdruck ausgesetzt. Der im Pulver  
resultierende Stickstoffgehalt ergibt sich als Funktion  
der Behandlungstemperatur, des Stickstoffdrucks, der  
Nitrierdauer und des Stoffübergangskoeffizienten. Ein  
35 derart aufgesticktes Pulver wurde anschließend bei  
2000 bar und 1100° C während zwei Stunden isostatisch

1 heißgepreßt.

Die US-PS 4 140 527 sieht zwar vor, das Metallpulver zum  
Beispiel durch Aufsticken bei höherer Temperatur über einen  
5 längeren Zeitraum von einer stickstoffhaltigen Atmosphäre  
durchströmen zu lassen, jedoch ist der endgültige  
Stickstoffgehalt das Ergebnis eines komplexen Zusammen-  
spiels von Druck, Temperatur und Zeit und ist daher nur mit  
Schwierigkeiten genau einzustellen. Darüber hinaus ist die  
10 Aufstickung des Pulvers ein gesonderter Verfahrensschritt,  
verbunden mit erheblichem Aufwand, wobei insbesondere wegen  
des vorgesehenen niedrigen Stickstoffdrucks die  
Aufstickungszeit sehr lang ist. Insbesondere ist aber wegen  
des niedrigen Stickstoffgesamtdrucks der im Gleichgewicht  
15 maximal erzielbare Stickstoffgehalt auf Werte von nur  
maximal 1% beschränkt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung  
die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum isostatischen  
20 Heißpressen von Metallpulvern, insbesondere Stahlpulvern  
zu schaffen, mit dem in einfacher Weise Werkstücke mit  
hohen Gasgehalten bis über 1% herstellbar sind.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1  
25 angegebenen Maßnahmen. Der wesentliche Unterschied zwischen  
dem erfindungsgemäßen Verfahren und dem aus der US-PS  
4 140 527 bekannten besteht darin, daß der Druck des  
Reaktionsgases und des Prozeßgases gleichermaßen gesteigert  
wird. Dadurch gelingt es, einen sehr hohen Reaktionsgas-  
druck aufzubauen als Voraussetzung für das Einbringen hoher  
30 Gasgehalte in das Metallpulver. Ohne entsprechende Erhöhung  
des Prozeßgasdrucks als Gegendruck wären solche  
Reaktionsgas- drücke nicht erzielbar, die Kapsel würde  
vorher gesprengt.

35 Nach dem Einbringen einer dem Gasdruck entsprechenden hohen

1. Reaktionsgasmenge in das Zwischenkornvolumen des Metallpulvers und dem Abschalten der weiteren Zufuhr von Reaktionsgas in die Kapsel werden der Druck des Prozeßgases und die Temperatur so weit gesteigert, bis die Bedingungen für das isostatische Heißpressen eingestellt sind. Bei diesen Bedingungen diffundiert das Reaktionsgas aus den Poren in den sich durch die Kompaktierung bildenden Körper und lagert sich in ihm entweder in fester Lösung oder in Form von Ausscheidungen insbesondere Metallnitriden oder -carbonitriden, ein.

Zweckmäßigerweise wird der Prozeß so gesteuert, daß sich ein kontinuierlicher Ablauf einstellt, d.h. daß Drücke und Temperatur fortlaufend bis zum Erreichen der Höchstwerte gesteigert werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Prozeßgas ein Gemisch aus einem in Pulver nicht löslichen Gas und dem vorgesehenen Reaktionsgas, dessen Volumenanteil so gewählt wird, daß es unter den während der Sinterphase herrschenden Bedingungen annähernd im Gleichgewicht steht zu dem Gasgehalt der Metallphase. Es kann dann nämlich erreicht werden, daß es im Randbereich des Preßlings durch Diffusion nicht zu unterschiedlichen Gaskonzentrationen kommen kann. Bei fehlendem Gleichgewicht würde sich nämlich durch die Kapsel hindurch eine Diffusion ergeben, die entweder zu einer Verarmung oder zu einer Anreicherung an Reaktionsgas mindestens im Randbereich des Preßlings führen würde.

Die Bedingungen (Temperatur und Druck) beim isostatischen Heißpressen und die Zusammensetzung des Metallpulvers können so gewählt werden, daß das in den Werkstoff eingebrachte Gas in fester Lösung bleibt. Durch Mischkristallhärtung werden in an sich bekannter Weise dann sowohl die mechanischen Eigenschaften, wie Festigkeit und Zähigkeit, als auch die

- 1 chemischen Eigenschaften, wie Spannungsrißkorrosionsbeständigkeit, in günstiger Weise beeinflusst.

5 Das Metallpulver kann jedoch auch mit Elementen legiert sein, die mit dem Reaktionsgas, insbesondere Stickstoff, Verbindungen (Nitride) eingehen, die dann im Werkstoff als fein verteilte Ausscheidungen vorliegen. Durch feinteilige Ausscheidung von Sondernitriden wird insbesondere die Hochtemperaturstabilität von Stahllegierungen bewirkt.

10

Als Prozeßgas eignet sich vor allem ein Gemisch aus Argon und Stickstoff.

15 Die Vorrichtung zur Durchführung des beanspruchten Verfahrens ist gekennzeichnet durch ein Druckgefäß mit Heizelement(en) und einer Prozeßgas-Zuleitung sowie einer im Druckraum befindlichen, mit Metallpulver gefüllten Kapsel, an die eine Reaktionsgas-Zuleitung angeschlossen ist.

20

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens können in folgender Weise zusammengefaßt werden:

25 - Grundsätzliche Vorteile des pulvermetallurgischen Weges gegenüber schmelzmetallurgischen Verfahren, d.h. Gleichmäßigkeit von Zusammensetzung und Gefüge, was eine Gleichmäßigkeit der mechanischen Eigenschaften in verschiedenen Beanspruchungsrichtungen sowie an verschiedenen Stellen des hergestellten Werkstoffs ergibt, werden übernommen,

30

- genaue Dosierbarkeit des Stickstoffgehaltes, welcher nicht über eine thermodynamische Beziehung eingemessen wird, sondern das Resultat einer exakt durchführbaren Druck- und Temperaturmessung ist,

35

- 7 - Möglichkeit der Erzielung von höchsten Gasgehalten, welche mit den heutigen Methoden der Schmelzmetallurgie gar nicht herstellbar sind,
- 5 - Möglichkeit der Herstellung von Halbzeug, welches weitgehend schon der Endform des zu erzielenden Werkstoffkörpers entspricht,
- Ersatz der teuren Stickstofflegierungen, z.B. in Form
- 10 von hochaufgestickten Ferrolegierungen und Metallnitriden durch verhältnismäßig billiges Stickstoffgas.

Anhand eines Beispiels wird die Erfindung näher erläutert.

15 Beispiel

Ein feinkörniges Pulver, welches in seiner Zusammensetzung dem korrosionsbeständigen und nichtmagnetisierbaren Kappenringstahl X10CrMn1818 entspricht, wird unter den üblichen Vorsichtsmaßnahmen, wie Schutz vor Oxidation etc.,

20 in eine für den nachfolgenden Sinterprozeß geeignete Stahlkapsel eingefüllt, wobei es anschließend eventuell noch einer Vakuumbehandlung unterworfen wird. Das verwendete Metallpulver besitzt entsprechend seiner Schüttdichte ein Zwischenkornvolumen von 30 Vol-%.

25

Entsprechend Fig.1 wird die mit dem Pulvergemisch 1 gefüllte Kapsel 2 in einen Druckbehälter 3 mit Heizofen 4 zum isostatischen Heißpressen eingebracht. Dabei ist die Kapsel 2 mittels einer durch die Außenwandung führenden

30 Leitung 6 mit einem nicht dargestellten Behälter verbunden, um im Inneren der Kapsel den gewünschten Stickstoffdruck (Reaktionsgas) einzustellen. Über eine weitere Leitung 5 kann das aus einem weiteren, ebenfalls nicht dargestellten Reservoir stammende und für den Verdichtungsprozeß nötige

35 Prozeßgas in den Autoklaven eingelassen werden. Im vorliegenden Fall besteht das Prozeßgas aus Argon mit einer

# 1 Beimischung von 3 Vol-% Stickstoff.

In einer ersten Phase wird nun der Druck des Reaktionsgases in Form von in der Kapsel 2 simultan mit dem Druck des Argon-Stickstoff-Gasgemisches (Prozeßgas) im Autoklav erhöht, so daß die dünnwandige Kapsel 2 praktisch keinerlei Krafteinwirkungen erleidet. In Funktion der in Kapsel 2 herrschenden Temperatur und unter Annahme der ungefähren Gültigkeit des idealen Gasgesetzes wird der Druck nun solange erhöht, bis die im Zwischenvolumen befindliche gasförmige Stickstoffmenge der im endgültigen Werkstoff angestrebten Stickstoffmenge entspricht, wobei dieser Stickstoffdruck in folgender Weise errechnet werden kann:

$$p = \%N \cdot \frac{(100 - \%Por)}{\%Por} \cdot d_{Pu} \cdot \frac{p_o \cdot T}{T_o} \cdot \frac{V_{mol}}{2 \cdot A_N \cdot 100}$$

Dabei bedeuten:

|    |           |   |                                                |
|----|-----------|---|------------------------------------------------|
|    | $p$       | = | Stickstoff-Fülldruck ( N/m <sup>2</sup> )      |
|    | $\%N$     | = | gewünschter Stickstoffgehalt in m-%            |
| 20 | $\%Por$   | = | Porositätsanteil der Pulverschüttung           |
|    | $d_{Pu}$  | = | Dichte des Metallpulvers ( kg/m <sup>3</sup> ) |
|    | $p_o$     | = | Standarddruck ( N/m <sup>2</sup> )             |
|    | $T_o$     | = | Standardtemperatur ( K )                       |
|    | $T$       | = | Temperatur beim Einfüllen ( K )                |
|    | $V_{mol}$ | = | Molvolumen ( m <sup>3</sup> )                  |
| 25 | $A_N$     | = | Atomgewicht von Stickstoff. ( kg )             |

In der vorliegenden Legierung ist bei Raumtemperatur und dem Zwischenkornanteil von 30 Vol-% zur Erzielung eines Endstickstoffgehaltes von 3% ein Stickstoffdruck von ca. 465 bar nötig.

Nach Abschluß des Füllprozesses wird die Gaszuleitung zur Kapsel 2 unterbrochen, und das Prozeßgasgemisch, bestehend

7 aus 3 Vol-% Stickstoff und 97 Vol-% Argon wird nun auf einen  
Enddruck von 2000 bar erhöht. Dabei wird die Temperatur  
gleichzeitig auf 1250° C gesteigert. Unter diesen  
Bedingungen liegt die Konzentration von 3 Vol-% im Prozeßgas  
5 im Gleichgewicht mit den 3% Stickstoff im Pulver.  
Infolgedessen kommt es zu keiner Veränderung der  
Randkonzentration in bezug auf den Stickstoffgehalt. Diese  
Sinterbedingungen werden während 2 h beibehalten,  
anschließend wird ein Abkühlungsprogramm, gefolgt von einem  
10 Druckentspannungsprogramm, durchlaufen.

Die beim obigen Prozeß eingesetzte Kapsel 2 kann dabei  
schon weitgehend die Form eines Ringes haben, welcher der  
Form des herzustellenden Kappenringes ähnlich ist, so daß  
15 ein Minimum an spanabhebenden Nachbearbeitungsgängen  
entsteht.

20

25

30

35

32

17. Juli 1987  
WE/my 86/803EP

30

Patentansprüche

32

30

12

10

2

1

1. Verfahren zur Herstellung metallischer Werkstoffe durch isostatisches Heißpressen von Metallpulver mit hohen Gehalten an Gasen, durch Beaufschlagen des Metallpulvers mit unter Druck stehendem Reaktionsgas bei höherer Temperatur in das Metallpulver eingebracht werden, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
- a) das Metallpulver nach dem an sich bekannten Einfüllen in eine Kapsel mit dem Reaktionsgas beaufschlagt wird, während
- b) gleichzeitig ein Prozeßgas auf die Kapsel unter Wärmezufuhr von außen unter Druck einwirkt, wobei
- c) gleichzeitig mit der Steigerung des Druckes des Prozeßgases eine annähernd gleiche Drucksteigerung des Reaktionsgases vorgenommen wird,
- d) der Druck so weit gesteigert wird, bis im Zwischenkornvolumen des Metallpulvers eine unter den dort herrschenden Temperaturbedingungen für das Erreichen des gewünschten Legierungsgehaltes ausreichende Menge Reaktionsgas eingeschlossen ist, daß dann

32

e) die weitere Zufuhr von Reaktionsgas beendet wird und

f) der Druck des Prozeßgases außerhalb der Kapsel und die Temperatur auf eine für das isostatische Heißpressen notwendige Höhe gebracht werden.

30

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Prozeßgas ein Gemisch aus einem im Metallpulver nicht löslichen Gas und dem vorgesehenen Reaktionsgas ist, wobei der Volumenanteil des Reaktionsgases im Gemisch so gewählt wird, daß es unter den während der heißisostatischen Sinterphase herrschenden Druck- und Temperaturbedingungen annähernd im Gleichgewicht steht zu dem Gasgehalt der Metallphase.

32

30

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Metallpulver mit Elementen legiert ist, die mit dem Reaktionsgas Verbindungen eingehen, die im Werkstoff als feinverteilte Ausscheidungen vorliegen.

12

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zur Herstellung von Erzeugnissen aus Stahlpulver,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Stickstoff als Reaktionsgas verwendet wird.

10

5. Verfahren nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Prozeßgas ein Gemisch aus Argon und Stickstoff ist.

2

J

- 11 6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem  
der Ansprüche 1 bis 5,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein Druckgefäß  
5 (3) mit Heizelement(en) (4) und einer Prozeßgas-Zu-  
leitung (5) sowie einer im Druckraum (7) befindlichen  
mit Metallpulver (1) gefüllten Kapsel (2), an die eine  
Reaktionsgas-Zuleitung (6) angeschlossen ist.

10

15

20

25

30

35

1/1

0255005

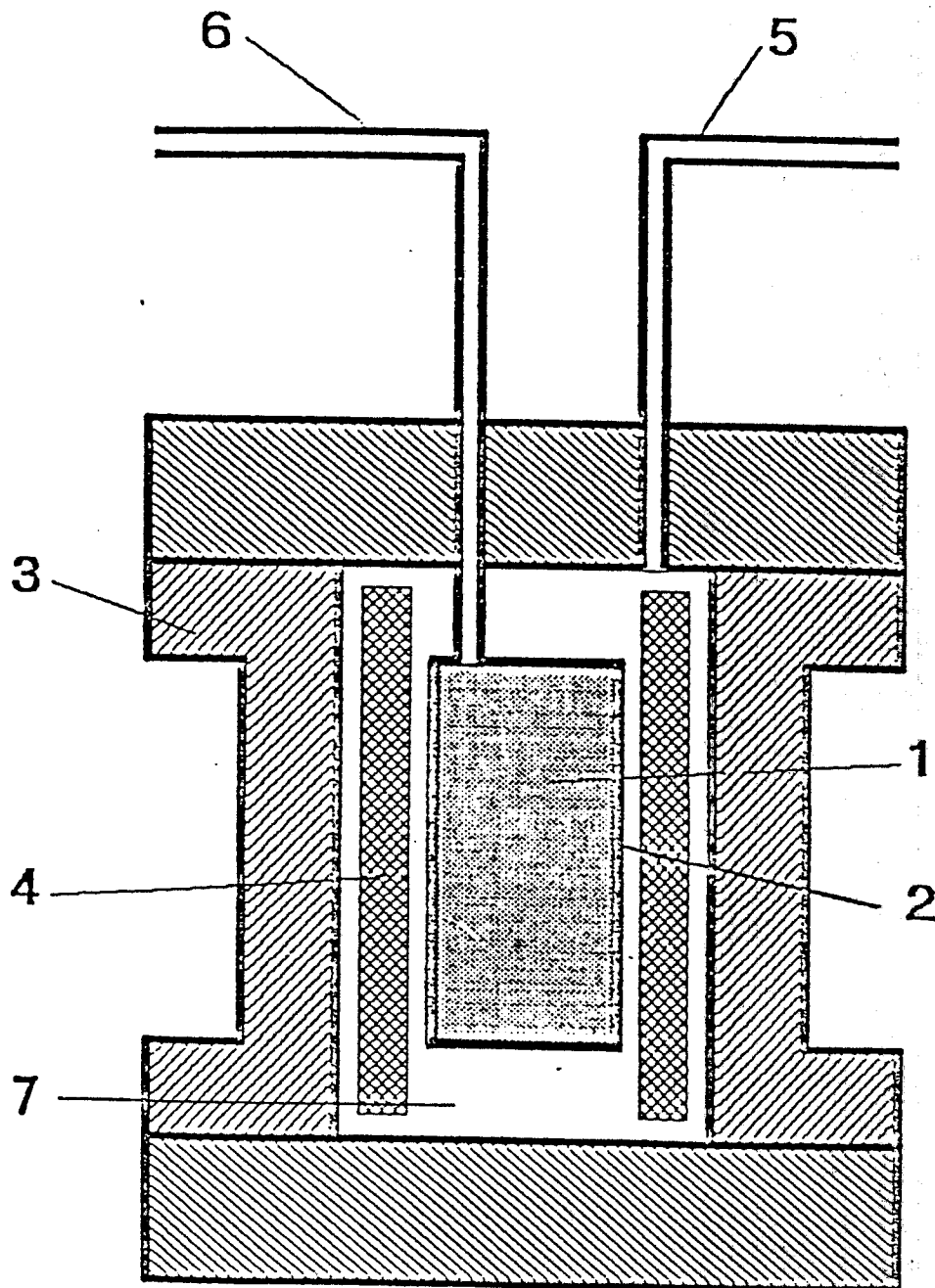


Fig. 1