

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 156 760
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 85730029.7

(51) Int. Cl.⁴: **B 22 F 3/00**
B 22 F 9/08, B 22 D 23/00
//C23C4/12

(22) Anmeldetag: 27.02.85

(30) Priorität: 12.03.84 DE 3409366

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.10.85 Patentblatt 85/40

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(71) Anmelder: **MANNESMANN Aktiengesellschaft**
Mannesmannufer 2
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

(72) Erfinder: **Wessel, Otto, Dipl.-Ing.**
Am Finkenacker 53
D-4100 Duisburg 25(DE)

(74) Vertreter: **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing. et al,**
Herbertstrasse 22
D-1000 Berlin 33(DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines warmarbeitswerkzeuges.

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines Warmarbeitswerkzeuges, bei dem eine Schmelze aus Stahl- oder Sonderlegierungen auf Ni- oder CO-Basis mittels eines Gases zerstäubt und die Schmelzpartikel in einer Form aufgefangen werden.

Um die Herstellung eines Warmarbeitswerkzeuges mit einer relativen Dichte von 70–90% aus einer zerstäubten Metallschmelze zu erlauben, wird vorgeschlagen, daß die Zerstäubungsbedingungen so eingestellt werden, daß die beim Zerstäuben entstandenen Schmelzpartikel beim Auftreffen auf die Form bzw. auf die in der Form bereits angesammelten Schmelzenpartikel eine teigige Konsistenz aufweisen, daß der Zerstäubungsdüse während des Zerstäubungsvorganges zusätzlich Hartstoffe zugeführt werden und daß das Werkzeug einer Reaktionsglühung unterzogen wird. Für die Vorrichtung ist eine Möglichkeit zur Veränderung des Abstandes zwischen Form und Düse vorgesehen.

ER 0 156 760 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Warmarbeitswerkzeuges gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

5 Die Herstellung von porenfreien oder fast porenfreien Vorformlingen durch Zerstäuben einer Metallschmelze und sofortiges Auffangen der Tropfen in einer Form ist bereits bekannt. Beispielsweise wird ein solches Verfahren in der DE-OS 25 37 103 beschrieben. Die relative Dichte dieser Vorformlinge soll mindestens 90 %, normalerweise 95 - 99 % betragen. Das bedeutet,
10 daß die noch vorhandenen Poren miteinander nicht mehr verbunden sind. Dies ist wichtig, weil die Teile im warmen Zustand durch Schmieden, Pressen oder Strangpressen weiter verarbeitet werden sollen und das Eindringen von Sauerstoff in die Poren zu einer unerwünschten inneren Oxidation führen würde mit der Folge einer
15 Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften.

Weiterhin ist es allgemeiner Stand der Technik, poröse Fertigteile oder Halbzeuge, die einer Wärmebehandlung in einem Reaktionsgas oder im Vakuum unterworfen werden sollen, nach pulvermetallurgischen Verfahren herzustellen. Dieser Weg erfordert
20 mindestens folgende Schritte: Herstellen des Pulvers, Verdichtung des Pulvers, Sintern des Formkörpers. Insbesondere bei der Herstellung großer Teile ist das Verdichten mit hohem apparativen Aufwand verbunden.

25 Ferner ist es bekannt, dem Metallpulver vor dem Pressen Hartstoffe (z.B. Al_2O_3) zuzusetzen, um verschleißfeste Formkörper herzustellen. Nachteilig ist dabei häufig ein starker Verschleiß der Preßwerkzeuge.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, ein vereinfachtes Verfahren, das die Herstellung eines Warmarbeitswerkzeuges mit einer relativen Dichte von 70 - 90 % aus einer zerstäubten Metallschmelze erlaubt, und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens anzugeben.

5 Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäß dem Patentanspruch 1. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 - 10 angegebenen. Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist im Anspruch 11 gekennzeichnet. Bevorzugte Ausführungen dieser Vorrichtung gehen aus den Ansprüchen 12 - 14 hervor.

10 Mit der Erfindung lassen sich große poröse Wammarbeitswerkzeuge unmittelbar durch Zerstäuben einer Metallschmelze und Auffangen der Schmelzenpartikel in einer Form herstellen. Dabei sind die Verfahrensparameter, d.h. insbesondere die Überhitzung der Schmelze, der Schmelzendurchfluß pro Zeiteinheit (der durch den Durchmesser des Schmelzenstrahls bestimmt wird), die Menge, Temperatur und Geschwindigkeit des Zerstäubungsgases und der Abstand
15 der Form von der Zerstäubungsdüse so zu wählen, daß die Schmelzenpartikel beim Auftreffen auf die unter der Zerstäubungsdüse befindliche Form bzw. auf die in der Form bereits angesammelten Schmelzenpartikel bereits soweit abgekühlt sind, daß sie eine teigige Konsistenz aufweisen. Unter "teigig" wird hierbei ein
20 Zustand verstanden, bei dem die Partikel unter leichtem Druck noch verformbar sind, d.h. daß die Partikel bereits völlig durcherstarrt sein oder aber noch einen flüssigen Kern haben können, der allerdings so klein sein muß, daß der ihn umgebende Hüllkörper beim Auftreffen auf die Form nicht mehr zerplatzt.
25 Dies ist erforderlich, damit das hergestellte Werkzeug eine relative Dichte von 70 - 90 %, vorzugsweise 80 - 85 % aufweist. Außerdem sollen die Schmelzenpartikel noch genügend Wärmeenergie besitzen, um miteinander zu verschweissen (sintern).

30 Die Einstellung der Partikelkonsistenz unterscheidet sich grundlegend von derjenigen zur Erzeugung von Metallpulver, bei der ein fester Partikelcharakter erforderlich ist und die Partikel möglichst wenig Wärmeenergie besitzen sollen, um ein Zusammenbacken zu verhindern.

Umgekehrt werden bei einem Verfahren entsprechend der DE-OS 25 37 103 besonders weiche Partikel erzeugt, damit sich eine möglichst hohe relative Dichte einstellt; d.h. die auf der Oberfläche der in der Form angesammelten Teilchenanhäufung entstandenen Vertiefungen und Unebenheiten müssen dabei durch die nachfolgenden Partikel weitestgehend aufgefüllt werden, damit keine miteinander verbundenen Poren entstehen.

Nach der Erfindung wird also bei der Zerstäubung der Schmelze eine Verfahrensparameter-Kombination eingestellt, die nach dem Stand der Technik in jedem Fall zu vermeiden war.

Eine geeignete Parameter-Kombination läßt sich z.B. dadurch ermitteln, daß in Versuchen der Abstand zwischen Form und Zerstäubungsdüse bei sonst konstanten Bedingungen variiert wird. Dabei ist zu beachten, daß in der Tendenz eine höhere Überhitzung der Schmelze, eine Erhöhung der Schmelzendurchflußmenge pro Zeiteinheit, eine Erhöhung der Gastemperatur und eine Verminderung der Menge des pro Zeiteinheit zugeführten Zerstäubungsgases unter sonst jeweils konstanten Bedingungen zu einer weicheren Partikelkonsistenz führen wird, also zu einer höheren relativen Dichte.

Die relative Dichte von höchstens 90 %, vorzugsweise 80 - 85 %, gewährleistet einen porösen Formkörper, dessen Poren weitestgehend miteinander in Verbindung stehen. Das ermöglicht es, den Formkörper, für dessen Gestaltgebung kein Preßvorgang erforderlich war, einer Reaktionsglühbehandlung zu unterziehen, bei der die angestrebten Reaktionen (z.B. Entkohlung, Oxidation, Reduktion, Aufstickung usw.) nicht nur in einem in der Tiefe eng begrenzten Oberflächenbereich, sondern wegen der offenen Porenstruktur durchgängig oder zumindest in großen Teilen seines Volumens stattfinden. Dadurch lassen sich mit durchgehender Tiefenwirkung gewünschte Werkstoffeigenschaften (z.B. Warmfestigkeit) einstellen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht auch die Herstellung von Werkzeugen mit gezielt unterschiedlichen Eigenschaften innerhalb des Formkörpervolumens. Dies ist z.B. dadurch möglich, daß während des Zerstäubungsvorganges zeitlich gesteuert Hartstoffe (z.B. Karbide, Nitride, Oxide usw.) der Zerstäubungsdüse
5 zugeführt und mit dem Strom der Schmelzenpartikel in den Formkörper eingebracht werden.

Dadurch läßt sich erreichen, daß nur bestimmte Zonen mit Hartstoffen durchsetzt sind. Beispielsweise können so bei einem verschleißfesten Körper die Volumen-
10 teile, die zur Aufnahme von Befestigungselementen dienen und daher noch mechanisch zu bearbeiten sind (z.B. Gewindebohrungen), von Hartstoffen freigehalten werden, um die spätere Bearbeitung nicht zu erschweren. Es ist selbstverständlich auch möglich, den gesamten Formkörper gleichmäßig mit Hartstoffen zu durchsetzen.
15

In manchen Fällen kann es vorteilhaft sein, die Entstehung von Hartstoffen beim Zerstäuben der Metallschmelze und/oder während einer Reaktionsglühbehandlung (d.h. im Formkörper selbst) zu bewirken. Hierzu können der Schmelze vor dem Zerstäuben ein oder auch mehrere Metalle (z.B. Al, Ti, Nb) zulegiert werden, die mit dem bei der Zerstäubung und/oder der Reaktionsglühung verwendeten Gas (z.B. Stickstoff, Kohlendioxid, Sauerstoffanteil der
20 Luft usw.) reagieren können und dabei Hartstoffe (z.B. Al_2O_3) bilden. Für die Glühbehandlung sollte der Formkörper eine relative Dichte von etwa 80 - 85 % aufweisen.
25

Um eine Reaktion z.B. mit dem Sauerstoff der Luft auszu-schließen, wird die Zerstäubung der Metallschmelze und das Auffangen in der Form vorteilhaft in einem von der äußeren Atmosphäre abgeschlossenen Behälter vorgenommen.
30

- Als Zerstäubungsgas können dann inerte Gase wie Argon oder auch Stickstoff verwendet werden. Sind die Anforderungen an den Reinheitsgrad der inerten Atmosphäre nicht zu groß und kann z.B. Stickstoff als Zerstäubungsgas verwendet werden, dann bietet es sich an, die Zerstäubung in einem offenen Behälter vorzunehmen, wobei eine weitgehende Abschirmung der äußeren Atmosphäre durch die Spülwirkung des ständig bei der Zerstäubung neu dem Behälter zugeführten Stickstoffs erzielt wird.
- Die Einstellung unterschiedlicher Werkstoffeigenschaften innerhalb des Werkzeuges läßt sich auch dadurch realisieren, daß der Abstand der Auffangform von der Zerstäubungsdüse im Zeitablauf verändert wird, so daß im Formkörper Schichten unterschiedlicher Dichte, also auch unterschiedlicher Porosität entstehen. Dies hat z.B. auch Einfluß auf eine sich ggf. anschließende Reaktionsglühbehandlung. Eine hohe Dichte ist in der Regel dort erwünscht, wo Befestigungselemente am Werkzeug angebracht werden sollen.
- Eine gleichmäßige oder auch gezielt ungleichmäßige Füllung der Form, ggf. in Verbindung mit einer Änderung des Abstandes der Form von der Düse, läßt sich durch Bewegen der Form unter der Düse in etwa horizontalen Richtungen bewirken. Im Prinzip wäre es auch möglich, umgekehrt die Strahlrichtung der Düse so zu verändern, daß die Auftreffzone der Schmelzenpartikel in einem gewünschten Bereich der Form liegt. Auf diese Weise kann, eventuell auch in Verbindung mit einer zeitlich dosierten Hartstoffzugabe, ein Werkzeug mit stark unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften innerhalb des Formkörpervolumens erzeugt werden.
- Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Werkzeuge sind im Regelfall direkt als Fertigteile verwendbar oder müssen nur noch einer vergleichsweise einfachen mechanischen Bearbeitung (z.B. Sitzflächen, Bohrung) unterzogen werden. In manchen Fällen ist es jedoch wichtig, die offene Porenstruktur des Formkörpers wieder weitgehend zu beseitigen.

Dies kann durch Verdichten (z.B. durch Schmieden oder Strangpressen) oder auch durch Tränken in einem die Poren ausfüllenden Medium geschehen.

- 5 Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist einen Schmelzenbehälter auf, in dessen Boden eine Ausgießöffnung angebracht ist, unterhalb deren eine vorzugsweise ringförmige Zerstäubungsdüse koaxial zur Ausgießöffnung angebracht ist.
- 10 Diese Düse weist einen Anschluß für das Zerstäubungsgas auf. In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, eine andere Querschnittsform der Düse (z.B. rechteckig) zu wählen, um z.B. einen im Querschnitt schmalen aber länglichen Sprühstrahl zu erzeugen,
- 15 der in der Länge etwa mit der Länge oder Breite der Form übereinstimmt. Die Form zum Auffangen der Schmelzenpartikel ist unterhalb der Düse auswechselbar auf einer Aufnahmevorrichtung angeordnet, die höhenverstellbar (z.B. mittels Motorantrieb) ist, um den Abstand zur Düse variieren zu können. Besonders vorteilhaft ist es, die Aufnahmevorrichtung unter der Düse schwenkbar oder verfahrbar zu gestalten, um die Auftreffzone des Sprühstrahles innerhalb der Form beliebig verändern zu können (z.B. mittels Motorantrieb). Weiterhin vorteilhaft ist es, die Düse
- 20 und die Aufnahmevorrichtung mit der Form in einem an den Schmelzenbehälter dicht anschließenden Zerstäubungsbehälter anzuordnen, der von der äußeren Atmosphäre abgeschlossen ist und einen Auslaß für die Abführung des Zerstäubungsgases aufweist. Da die Kühlung der durch die Zerstäubung entstandenen Schmelzenpartikel bis zur Erstarrung in erster Linie durch Wärmeabstrahlung und
- 25 weniger durch Wärmeabgabe an das Zerstäubungsgas erfolgt, kann es auch vorteilhaft sein, zur Beeinflussung der Erstarrungsbedingungen den Zerstäubungsbehälter mit einer zusätzlichen Kühlung in oder an seiner Wandung zu versehen.
- 30

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Beispiels näher erläutert.

5 Es soll ein Formkörper hergestellt werden, der als Warmarbeitswerkzeug starkem Verschleiß ausgesetzt ist. Das Teil hat etwa die Abmessungen 420 mm x 120 mm x 40 mm. Eine Stahlform mit den entsprechenden Innenmaßen ist in einem geschlossenen Behälter unter Luftabschluß beweglich unter einer Zerstäubungsdüse montiert. Der Abstand der Form von der ringförmigen Düse (Durchmesser 80 mm) beträgt 600 mm.

10 Er wurde in Versuchen so ermittelt, daß die Dichte des Formkörpers etwa 6,3 g/cm beträgt, was bei dem verwendeten CrNi-Stahl einer relativen Dichte von etwa 80 % entspricht. Gleichzeitig mit dem Strahl der ca. 1540 °C warmen Stahlschmelze wird im Saugbereich der Düse kontinuierlich als Hartstoff ein feinkörniges Oxid (Al_2O_3) in einer Menge zugeführt, die etwa einem Anteil von 5 % der Stahlschmelze entspricht. Die Schmelze strömt mit etwa 0,5 kg/sek durch die Düse. Als Zerstäubungsgas wird 15 Raumtemperatur aufweisender Stickstoff verwendet. Während der Zerstäubung wird die Form so unter dem Strahl der Schmelzenteilikel bewegt, daß sich eine gleichmäßige Füllung der Form ergibt. Wenn der Formkörper eine Höhe von etwa 30 mm erreicht hat, wird die Zufuhr des Hartstoffes unterbrochen und der Abstand von der Düse verringert. Dadurch stellt sich im Oberteil 20 des Formkörpers eine entsprechend höhere Dichte von etwa 90 % ein. Nach dem Füllen der Form - Formkörpergewicht etwa 12,7 kg - wird auch der Schmelzenstrahl unterbrochen. Der Formkörper bleibt noch bis etwa 400 °C unter Sauerstoffabschluß. Dann wird er in einen geschlossenen Ofen umgepackt und zuerst unter Vakuum 25 geglüht und später unter vermindertem Stickstoffdruck (kleiner 1 bar) zur Erzielung eines warmfesten Gefüges aufgestickt. Anschließend erfolgt die mechanische Bearbeitung der nicht mit Hartstoff beladenen Auflagefläche, z.B. Planen, Bohren, Gewinde- 30 schneiden.

Mannesmann Aktiengesellschaft
Mannesmannufer 2

4000 Düsseldorf 1

Fall-Nr.: 23381

- 1 -

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Warmarbeitswerkzeuges

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines Warmarbeitswerkzeuges, bei dem eine Schmelze aus Stahl oder Sonderlegierungen auf Ni- oder Co-Basis mittels eines Gases zerstäubt und die Schmelzenpartikel in einer Form aufgefangen werden,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß zur Erzielung einer relativen Dichte im Werkzeug von 70 - 90 % die Zerstäubungsbedingungen (Überhitzung der Schmelze, Durchflußmenge der Schmelze pro Zeiteinheit, Gasmenge, -geschwindigkeit, -temperatur, -Entfernung der Form von der Zerstäubungsdüse)
10 so eingestellt werden, daß die beim Zerstäuben entstandenen Schmelzenpartikel beim Auftreffen auf die Form bzw. auf die in der Form bereits angesammelten Schmelzenpartikel eine teigige Konsistenz aufweisen, daß der Zerstäubungsdüse während des Zerstäubungsvorganges zusätzlich Hartstoffe zugeführt werden und daß
15 das Werkzeug einer Reaktionsglühung unterzogen wird.

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 der Mengenstrom der zugesetzten Hartstoffe zeitlich variiert
20 wird.

3. 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 der Schmelze vor dem Zerstäuben mindestens ein Metall
zugesezt wird, das mit dem Gas bei der Reaktionsglühung
einen Hartstoff bildet.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß der Schmelze vor dem Zerstäuben mindestens ein Metall zuge-
setzt wird, das mit dem Zerstäubungsgas reagiert und dabei einen
Hartstoff bildet.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß die Zerstäubung in einem geschlossenen Behälter durchgeführt
wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

daß als Zerstäubungsgas Argon oder Stickstoff verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Abstand zwischen der Zerstäubungsdüse und der Auffang-
form während der Zerstäubung zur Erzeugung zonenweise unter-
5 schiedlicher Dichten im Werkzeug variiert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Auftreffzone der Schmelzenpartikel innerhalb der Form
10 im Zeitablauf verändert wird.
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit
einer unter der Ausgießöffnung eines Schmelzenbehälters be-
festigten Zerstäubungsdüse, die an eine regelbare Gaszuleitung
15 angeschlossen ist, und einer unterhalb der Düse auswechselbar
angeordneten Form,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Vorrichtung zur Veränderung des Abstandes zwischen Form
und Düse vorgesehen ist.
20
10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Form auf einer unter der Düse verfahrbaren Trägervor-
richtung montiert ist.
25
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Düse und die Form in einem von der äußeren Atmosphäre
abgeschlossenen Behälter angeordnet sind.
30
12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Wandung des Behälters mit einem Kühlsystem versehen
ist.