(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 37 213 B4** 2007.08.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **102 37 213.6**
(22) Anmeldetag: **14.08.2002**
(43) Offenlegungstag: **15.04.2004**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **02.08.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***B22F 9/08*** (2006.01)
C04B 35/622 (2006.01)
B22F 9/06 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

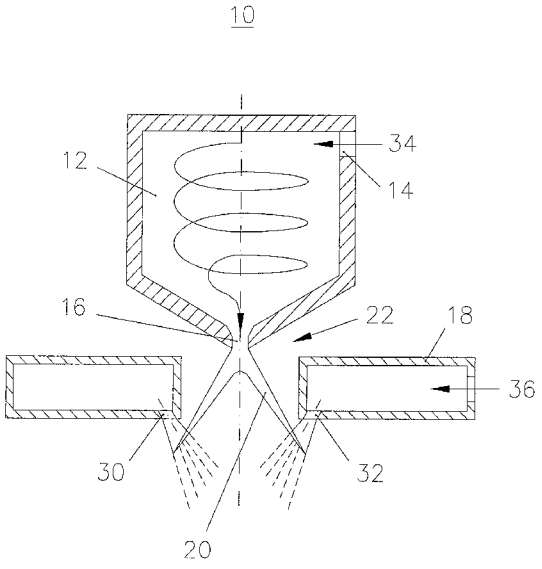
(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(72) Erfinder:
Uhlenwinkel, Volker, Dr., 28359 Bremen, DE; Vladimirovich, Lagutkin Stanislav, Novouralsk, Sverdlovsk, RU; Sheikhalliev, Sheikhali, Dr., Novouralks, Sverdlovsk, RU; Evers, Stefan, 27753 Delmenhorst, DE; Achelis, Lydia, 28199 Bremen, DE; Lehmann, Rainer, 27356 Rotenburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 43 40 102 C2
DE 35 05 661 C2
DE 198 22 203 A1
DE 694 15 531 T2
DE 19 64 584
"Single Fluid Atomization of Liquid Metals". Proc. Advances in Powder Metallurgy & Particulate Materials, 1995, May 14.-17., Seattle, USA;

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Metallpulver und keramischem Pulver**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen von Metallpulver und keramischem Pulver, wobei eine Metall- bzw. Keramikschmelze durch Führen durch einen Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber unter Druck in einen Hohlkegel-Schmelzefilm überführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkegel-Schmelzefilm mittels eines Zerstäubungsfluids zerstäubt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 14.

[0002] Für die Herstellung von Metallpulvern existiert eine große Anzahl von unterschiedlichen Verfahren. Die Verfahren können in Einstoff- und Zweistoffzerstäubungsverfahren unterteilt werden. Bei der Zweistoffzerstäubung wird ein zweites Medium (Gas oder Flüssigkeit) für die Zerstäubung benötigt.

[0003] Aus J.J. Dunkley, Sh. M. Sheikaliev: "Single Fluid Atomization of Liquid Metals" Proc. Advances in Powder Metallurgy & Particulate Materials 1995, May 14.–17., Seattle, USA, ist ein Verfahren zum Herstellen von Metallpulver mittels Einstoffzerstäubung bekannt. Allgemein weist die Einstoffzerstäubung den Vorteil eines geringen Verbrauchs eines zweiten Mediums (Gas oder Flüssigkeit) auf. Es lassen sich jedoch damit nur relativ große Partikelgrößen erzielen.

[0004] Aus der DE 43 40 102 C2 ist eine Einrichtung zum Zerstäuben von Metallschmelzen, insbesondere zur Herstellung von Metallpulver oder Metallgegenständen, bekannt, mit der ein Metallschmelzestrom mittels eines Zerstäubungsfluids zerstäubt wird.

[0005] Aus der DE 35 05 661 C2 ergibt sich ein Verfahren zum Herstellen von Metallpulver mittels einer Zweistoffzerstäubung. Dazu wird ein geschlossener Zerstäuber (close coupled atomizer) eingesetzt. Genauer gesagt wird ein Schmelzestrahl zerstäubt, der aus einer zylindrischen Öffnung austritt. Es wird die Entstehung eines Hohlkegel-Schmelzefilms durch einen Gasstrom, das heißt durch eine Gaszerstäubung beschrieben. Allgemein weist die Zweistoffzerstäubung den Vorteil auf, daß damit geringere Partikelgrößen erzielbar sind. Dem steht jedoch der Nachteil eines hohen Verbrauches an einem zweiten Medium (Gas oder Flüssigkeit) gegenüber.

[0006] Die DE 1 964 584 offenbart ein Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Metallpulvern, bei denen ein Zerstäubungsfluid einer Düsenkammer so zugeführt wird, daß es bei Austritt aus der Düse einen Rotationswirbel erzeugt, in den ein Metallschmelzestrahl eingesogen wird.

[0007] Die DE 694 15 531 T2 beschreibt ein Verfahren zum Zerstäuben eines Metallschmelzestroms bzw. -strahls mittels eines Zerstäubungsfluids. Ein Strom eines flüssigen Metalls wird in eine Kammer geleitet, wo er durch Fluidstrahlen, die auf den Strom aus geschmolzenem Metall gerichtet sind, dispergiert wird.

[0008] Die DE 198 22 203 A1 betrifft eine Zerstäuberdüse, insbesondere zur Zerstäubung von fluiden Brennstoffen.

[0009] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, das Verfahren und die Vorrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, daß damit eine geringe Partikelgröße bei geringerem Gasverbrauch ermöglicht wird.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, daß der Hohlkegel-Schmelzefilm mittels eines Zerstäubungsfluids zerstäubt wird. Ein keramisches Pulver kann z. B. Glaspulver sein.

[0011] Weiterhin wird diese Aufgabe bei der Vorrichtung der eingangs genannten Art durch eine zum Zerstäuben eines von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber erzeugten Hohlkegel-Schmelzefilms angeordnete, mit einer Zerstäubungsfluidquelle verbindbare Zerstäubungsfluid-Düseneinrichtung gelöst.

[0012] Bei dem Verfahren kann vorgesehen sein, daß der Hohlkegel-Schmelzefilm rotationssymmetrisch ist.

[0013] Weiterhin kann vorgesehen sein, daß das Zerstäubungsfluid eine Flüssigkeit ist.

[0014] Günstigerweise ist das Zerstäubungsfluid ein Gas.

[0015] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, daß das Zerstäubungsfluid in einer von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber stromabwärts beabstandeten und zur mittleren Austrittsrichtung der Metall- bzw. Keramikschmelze senkrechten Ebene über einen zu dem Hohlkegel-Schmelzefilm konzentrischen äußeren Kreis vollumfänglich oder an diskreten Stellen unter einem Anstellwinkel α zugeführt wird.

[0016] Vorteilhafterweise beträgt der Betrag des Anstellwinkels α näherungsweise Null Grad. Grundsätzlich gilt, daß der Anstellwinkel α möglichst gering ist, da bei zu großem Anstellwinkel α starke Wirbelbildungen möglich sind.

[0017] Es kann auch vorgesehen sein, daß der Anstellwinkel α negativ ist.

[0018] Vorteilhafterweise wird das Verfahren unter einem Überdruck in einer Sprühkammer durchgeführt. Dadurch wird die Zerstäubung noch effektiver und kann die Abkühlung der Metall- bzw. Keramikpartikeln gezielt beeinflußt werden.

[0019] Vorteilhafterweise werden die Bedingungen für das Zusammentreffen von Hohlkegel-Schmelzefilm und Zerstäubungsfluid so gewählt, daß keine

Schmelzetropfen die Zuführung von Zerstäubungsfluid behindern. Letzteres könnte nämlich den Prozeß instabil machen und schließlich zum Abbruch desselben führen.

[0020] Vorteilhafterweise liegt der Massenstrom der Metall- bzw. Keramikschmelze im Bereich von 30 bis 300 kg/h.

[0021] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, daß der Massenstrom der Metall- bzw. Keramikschmelze 190 kg/h beträgt.

[0022] Vorteilhafterweise liegt der Druck des Zerstäubungsfluids im Bereich von 0,1 bis 100 MPa.

[0023] Insbesondere kann vorgesehen sein, daß der Druck des Zerstäubungsfluids 0,8 MPa beträgt.

[0024] Vorteilhafterweise weist der Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber eine Austrittsöffnung mit einem Durchmesser im Bereich von 1,0 bis 1,3 mm auf.

[0025] Weiterhin kann vorgesehen sein, daß die Zerstäubungsfluidquelle eine Zerstäubungsflüssigkeitsquelle ist.

[0026] Günstigerweise ist die Zerstäubungsfluidquelle eine Zerstäubungsgasquelle.

[0027] Weiterhin kann gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, daß die Zerstäubungsfluid-Düseneinrichtung einen Düsenring mit einer axialen Dicke g umfaßt, dessen Austrittsebene stromabwärts in einem Abstand a von der Austrittsebene des Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäubers angeordnet ist.

[0028] Zweckmäßigerweise ist der Düsenring konzentrisch zum Hohlkegel-Schmelzefilm angeordnet.

[0029] Günstigerweise ist der Düsenring derart angeordnet, daß ein ringförmiger Spalt zwischen selbigem und der Zerstäubungsfluid-Düseneinrichtung vorhanden ist. Durch besagten Spalt kann Gas z. B. aus einer Sprühkammer angesaugt werden.

[0030] Günstigerweise beträgt die Breite b des Spaltes mindestens 2 mm. Dadurch wird der Hohlkegel-Schmelzefilm nicht durch den Unterdruck gestört.

[0031] Alternativ kann vorgesehen sein, daß der Abstand a unterhalb von 2 mm liegt. Dann kann auf besagten ringförmigen Spalt verzichtet werden.

[0032] Günstigerweise ist der Düsenring derart gestaltet, daß seine Öffnung auf der dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber zugewandten Seite einen größeren Durchmesser d_1 als auf der von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten Seite aufweist.

[0033] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, daß die Öffnung in Axialrichtung einen dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber zugewandten ersten Bereich und einen von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten zweiten Bereich mit einem konstanten Durchmesser d_2 aufweist, wobei der Durchmesser des ersten Bereiches ausgehend vom Durchmesser d_1 zum zweiten Bereich hin in den Durchmesser d_2 übergeht.

[0034] Vorteilhafterweise beträgt der Durchmesser d_1 25 mm.

[0035] Ebenfalls vorteilhafterweise beträgt der Durchmesser d_2 20 mm.

[0036] Günstigerweise weist der Düsenring einen Ringschlitz oder mindestens zwei Austrittsbohrungen auf, der/die im von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten Bereich der Öffnung angeordnet ist/sind.

[0037] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, daß der Düsenring einen Ringschlitz oder mindestens zwei Austrittsbohrungen aufweist, der/die im von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten Bereich der Öffnung angeordnet ist/sind.

[0038] Günstigerweise sind vierundzwanzig gleichmäßig beabstandete Austrittsbohrungen vorgesehen.

[0039] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, daß die Austrittsbohrungen jeweils einen Durchmesser von 1 mm aufweisen.

[0040] Insbesondere kann vorgesehen sein, daß der Ringschlitz bzw. die Austrittsbohrungen derart gestaltet ist/sind, daß das Zerstäubungsfluid unter einem Anstellwinkel α mit einem Betrag von näherungweise Null Grad austritt.

[0041] Weiterhin kann vorgesehen sein, daß der Ringschlitz bzw. die Austrittsbohrungen derart gestaltet ist/sind, daß das Zerstäubungsfluid unter einem negativen Anstellwinkel α austritt.

[0042] Vorteilhafterweise ist eine Einrichtung zum Erzeugen eines Überdrucks in der Umgebung der Vorrichtung vorgesehen.

[0043] Günstigerweise ist der Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber derart gestaltet, daß ein Massenstrom der Metall- bzw. Keramikschmelze im Bereich von 30 bis 300 kg/h einstellbar ist.

[0044] Vorteilhafterweise beträgt der Massenstrom

der Metall- bzw. Keramikschmelze 190 kg/h.

[0045] Vorzugsweise ist die Zerstäubungsfluid-Düseneinrichtung derart gestaltet, daß der Druck des Zerstäubungsfluids im Bereich von 0,1 bis 100 MPa einstellbar ist.

[0046] Insbesondere beträgt der Druck des Zerstäubungsfluids 0,8 MPa.

[0047] Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, daß durch eine Kombination einer Einstoffzerstäubung mit einer nachgeschalteten Zweistoffzerstäubung Metallpulver und keramische Pulver mit einer deutlich geringeren mittleren Partikelgröße als mit einer Einstoffzerstäubung alleine und mit einem geringeren Verbrauch eines zweiten Mediums (Gas bzw. Flüssigkeit) als bei einer Zweistoffzerstäubung alleine gezielt herstellen lassen. Durch den geringen Verbrauch lassen sich die Herstellkosten reduzieren.

[0048] Gegenüber der Zweistoffzerstäubung alleine besteht auch der Vorteil, daß sich Partikelgrößenverteilungen mit einer geringeren Streubreite erzielen lassen, was bei der Metall- bzw. Keramikpulverherstellung von großem Interesse ist, um einen hohen Anteil des Pulvers als Produkt verkaufen zu können.

[0049] Insbesondere durch geometrische Optimierung des "Kombizerstäubers" läßt sich die Rieselfähigkeit des Metallpulvers und keramischem Pulvers gezielt beeinflussen und das Auftreten von Satellitentropfen verringern.

[0050] Außerdem können Ringdüsen mit Einzelbohrungen oder Schlitzen eingesetzt werden, wobei die Kontur der mittigen Öffnung der Ringdüse z. B. zylindrisch, konvergent-divergent (Laval-förmig) gestaltet werden kann.

[0051] Das erfindungsgemäße Verfahren weist eine hohe Betriebssicherheit gegen das Einfrieren der Metall- bzw. Keramikschmelze auf, was es für einen industriellen Einsatz besonders interessant macht.

[0052] Das erfindungsgemäße Verfahren funktioniert insbesondere auch unter einem Überdruck in einer Sprühkammer, mit dem die Zerstäubung noch effektiver und die Abkühlung der Partikeln gezielt beeinflußt werden kann. Der Überdruck stellt eine Erhöhung des Partialdruckes des umgebenden Gases dar, mittels derer die Löslichkeit des Gases in der Metall- bzw. Keramikschmelze erhöht werden kann, wodurch sich Metallpulver bzw. keramische Pulver mit erhöhten Gasgehalten herstellen lassen.

[0053] Gegenüber der Einstoffzerstäubung weist das erfindungsgemäße Verfahren auch den Vorteil auf, daß aufgrund erforderlicher geringerer Drücke Sicherheitsprobleme beseitigt bzw. gelindert werden können.

[0054] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachstehenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel anhand der schematischen Zeichnungen im einzelnen erläutert ist. Dabei zeigt:

[0055] Fig. 1 eine Vertikalschnittansicht einer Vorrichtung gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung; und

[0056] Fig. 2 Details der in der Fig. 1 gezeigten Vorrichtung.

[0057] Wie sich aus den Fig. 1 und Fig. 2 ergibt, umfaßt eine Vorrichtung **10** zum Herstellen einer Metallschmelze gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung einen Einstoff-Hohlkegel-Zerstäuber, der eine Drallkammer **12** mit einer in ihrem oberen Bereich radial außen angeordneten Eintrittsöffnung **14** für Schmelze und einer in ihrem unteren Bereich mittig angeordneten kreisförmigen Austrittsöffnung **16** für Schmelze.

[0058] Weiterhin umfaßt die Vorrichtung **10** einen Düsenring **18** mit einer axialen Dicke g, dessen Austrittsebene AR stromabwärts in einem Abstand a von der Austrittsebene AD des Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäubers angeordnet ist (siehe auch Fig. 2). Der Düsenring **18** ist konzentrisch zum Hohlkegel-Schmelzefilm **20** angeordnet, wobei ein ringförmiger Spalt **22** mit einer Breite b zwischen selbigem **18** und der kegelförmig gestalteten unteren Außenkontur der Drallkammer **12** besteht (siehe Fig. 2).

[0059] Der Düsenring **18** weist eine Öffnung **24** auf, die in Axialrichtung einen dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber zugewandten ersten Bereich **26** und einen von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten zweiten Bereich **28** mit einem konstanten Durchmesser d_2 aufweist, wobei der Durchmesser des ersten Bereiches **26** ausgehend von einem Durchmesser d_1 zum zweiten Bereich **28** hin in den Durchmesser d_2 konisch übergeht (siehe Fig. 2). Im von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten Bereich weist die Öffnung **24** vierundzwanzig Austrittsbohrungen auf, von denen nur zwei zu sehen und mit dem Bezugszeichen **30** und **32** versehen sind. Die Austrittsbohrungen weisen eine Kreisfläche $F = \pi \times d_4$ auf. Alternativ kann ein Ringschlitz mit gleichem Austrittsquerschnitt wie $n \times \pi \times F^2/4$ vorgesehen sein, wobei n die Anzahl der Austrittsbohrungen ist. Die Austrittsbohrungen sind derart gestaltet, daß ein Zerstäubungsfluid unter einem Anstellwinkel α austritt.

[0060] Wie in der Fig. 1 angedeutet, strömt eine Metallschmelze **34** durch die Eintrittsöffnung **14** in die

Drallkammer **12** und führt sie in der Drallkammer eine Rotationsbewegung aus. Die kontinuierlich nachfolgende Metallschmelze sorgt dafür, daß die Metallschmelze aus der Austrittsöffnung **16** herausgedrückt wird und unter dem Einfluß der Zentrifugalkräfte als rotationssymmetrischer Hohlkegel-Schmelzefilm **20** austritt. Die Dicke des Hohlkegel-Schmelzefilms **20** nimmt mit der Lauflänge ab. Ein Zerstäubungsfluid (Gas oder Flüssigkeit) **36** verläßt den Düsenring **18** über die Austrittsbohrungen (lediglich **30** und **32** gekennzeichnet) mit hoher Geschwindigkeit und trifft auf den Hohlkegel-Schmelzefilm **20**, der durch die Einwirkung des auftreffenden Zerstäubungsfluides zerstäubt wird. Der Druck im Düsenring **18** kann verändert werden und stellt einen wesentlichen Parameter für das Zerstäubungsergebnis dar. Durch Erhöhung des Zerstäubungsfluiddruckes im Düsenring **18** läßt sich der mittlere Partikeldurchmesser verringern.

[0061] Die nachfolgenden Beispiele wurden mit folgenden Parametern durchgeführt:
Durchmesser d_3 der Austrittsöffnung **16**: zwischen 1,0 und 1,3 mm
d_1: 25 mm
d_2: 20 mm
Durchmesser d_4 der Austrittsbohrungen **30**, **32**: 1 mm
α: Null Grad.

Beispiele

[0062] Besondere Ausführungsformen des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung wurden erfolgreich für reines Zinn und einige Zinn- und Kupferlegierungen Sn61Pb39, Sn62Pb36Ag2, CUSn15P5Ni4 getestet (die Zahlen hinter den Elementen sind die Gewichtsprozente).

Beispiel 1

[0063] Bei der Zerstäubung von reinem Zinn wurde der Düsenring **18** mit einem Druck von 0,4 MPa betrieben. Der Massenstrom der Zinnschmelze betrug 189 kg/h. Als Zerstäubungsfluid wurde Stickstoff verwendet. Das Zinnpulver hatte einen Massenmedian von 98 µm bei einer geometrischen Standardabweichung von nur 1,58, während bei der Zweistoffzerstäubung alleine die geometrischen Standardabweichungen oberhalb von 2,0 liegen. Der spezifische Zerstäubungsgasverbrauch betrug nur 45 Normkubikmeter pro kg Zinnschmelze.

Beispiel 2

[0064] Der Massenmedian des Zinnpulvers kann einfach durch die Erhöhung des Zerstäubungsgasdruckes im Düsenring **18** verringert werden. Durch Erhöhung des Zerstäubungsgasdruckes von 0,4 auf 0,8 MPa und Beibehalten aller anderen Parameter Parameter wie in Beispiel 1 wurde nämlich ein Massenmedian von 54 µm erhalten, wobei außerdem auch noch die Standardabweichung auf 1,52 verringert werden konnte. Allerdings erhöhte sich dadurch der spezifische Zerstäubungsgasverbrauch auf 80 Normkubikmeter pro kg Zinnschmelze.

Beispiel 3

[0065] Die Legierung CuSn15P5Ni4 wurde mit einem Zerstäubungsgasdruck von 1 MPa zerstäubt. Es wurden ein Massenmedian von 106 µm und eine geometrische Standardabweichung von 1,7 erreicht. Der spezifische Zerstäubungsgasverbrauch betrug 0,34 Normkubikmeter pro kg Zinnschmelze.

[0066] Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

10	Vorrichtung
12	Drallkammer
14	Eintrittsöffnung
16	Austrittsöffnung
18	Düsenring
20	Hohlkegel-Schmelzefilm
22	Spalt
24	Öffnung
26	erster Bereich
28	zweiter Bereich
30, 32	Austrittsbohrungen
34	Metallschmelze
36	Zerstäubungsfluid
a	Abstand
b	Breite
$\mathbf{d_1}$	Durchmesser
$\mathbf{d_2}$	Durchmesser
$\mathbf{d_3}$	Durchmesser
$\mathbf{d_4}$	Durchmesser
g	Dicke
AD	Austrittsebene
AR	Austrittsebene

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Metallpulver und keramischem Pulver, wobei eine Metall- bzw. Keramikschmelze durch Führen durch einen Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber unter Druck in einen Hohlkegel-Schmelzefilm überführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Hohlkegel-Schmelzefilm mittels eines Zerstäubungsfluids zerstäubt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkegel-Schmelzefilm rotationssymmetrisch ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungsfluid eine Flüssigkeit ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungsfluid ein Gas ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungsfluid in einer von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber stromabwärts beabstandeten und zur mittleren Austrittsrichtung der Metall- bzw. Keramikschmelze senkrechten Ebene über einen zu dem Hohlkegel-Schmelzefilm konzentrischen äußeren Kreis vollumfänglich oder an diskreten Stellen unter einem Anstellwinkel α zugeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Betrag des Anstellwinkels α näherungsweise Null Grad beträgt.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Anstellwinkel α negativ ist.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es unter einem Überdruck in einer Sprühkammer durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bedingungen für das Zusammentreffen von Hohlkegel-Schmelzefilm und Zerstäubungsfluid so gewählt werden, daß keine Schmelzetropfen die Zuführung von Zerstäubungsfluid behindern.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Massenstrom der Metall- bzw. Keramikschmelze im Bereich von 30 bis 300 kg/h liegt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Massenstrom der Metall- bzw. Keramikschmelze 190 kg/h beträgt.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck des Zerstäubungsfluids im Bereich von 0,1 bis 100 MPa liegt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck des Zerstäubungsfluids 0,8 MPa beträgt.

14. Vorrichtung (**10**) zum Herstellen von Metallpulver und keramischem Pulver, mit einem mit einer Metall- oder Keramikschmelzequelle verbindbaren Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber, gekennzeichnet durch eine zum Zerstäuben eines von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber erzeugten Hohlkegel-Schmelzefilms (**20**) angeordnete, mit einer Zerstäubungsfluidquelle verbindbare Zerstäubungsfluid-Düseneinrichtung.

15. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber eine Austrittsöffnung (**16**) mit einem Durchmesser d_3 im Bereich von 1,0 bis 1,3 mm aufweist.

16. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubungsfluidquelle eine Zerstäubungsflüssigkeitsquelle ist.

17. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubungsfluidquelle eine Zerstäubungsgasquelle ist.

18. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubungsfluid-Düseneinrichtung einen Düsenring (**18**) mit einer axialen Dicke g umfaßt, dessen Austrittsebene AR stromabwärts in einem Abstand a von der Austrittsebene AD des Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäubers angeordnet ist.

19. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenring (**18**) konzentrisch zum Hohlkegel-Schmelzefilm (**20**) angeordnet ist.

20. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenring (**18**) derart angeordnet ist, daß ein ringförmiger Spalt (**22**) zwischen selbigem (**18**) und der Zerstäubungsfluid-Düseneinrichtung vorhanden ist.

21. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite b des Spaltes (**22**) mindestens 2 mm beträgt.

22. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand a unterhalb von 2 mm liegt.

23. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenring (**18**) derartig gestaltet ist, daß seine Öffnung (**24**) auf der dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber zugewandten Seite einen größeren Durchmesser d_1 als auf der von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten Seite aufweist.

24. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (**24**) in Axialrichtung einen dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber zugewandten ersten Bereich (**26**) und einen von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten

zweiten Bereich (**28**) mit einem konstanten Durchmesser d_2 aufweist, wobei der Durchmesser des ersten Bereiches (**26**) ausgehend vom Durchmesser d_1 zum zweiten Bereich (**28**) hin in den Durchmesser d_2 übergeht.

25. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser d_1 25 mm beträgt.

26. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser d_2 20 mm beträgt.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenring (**18**) eine Laval-artig gestaltete Öffnung aufweist.

28. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenring (**18**) einen Ringschlitz oder mindestens zwei Austrittsbohrungen (**30**, **32**) aufweist, der/die im von dem Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber abgewandten Bereich der Öffnung (**24**) angeordnet ist/sind.

29. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß vierundzwanzig gleichmäßig beabstandete Austrittsbohrungen vorgesehen sind.

30. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsbohrungen jeweils einen Durchmesser d_4 von 1 mm aufweisen.

31. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringschlitz bzw. die Austrittsbohrungen (**30**, **32**) derart gestaltet ist/sind, daß das Zerstäubungsfluid unter einem Anstellwinkel α mit einem Betrag von näherungweise Null Grad austritt.

32. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 28 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringschlitz bzw. die Austrittsbohrungen (**30**, **32**) derart gestaltet ist/sind, daß das Zerstäubungsfluid unter einem negativen Anstellwinkel austritt.

33. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 14 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Erzeugen eines Überdrucks in der Umgebung der Vorrichtung vorgesehen ist.

34. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 14 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß der Einstoff-Hohlkegel-Druckzerstäuber derart gestaltet ist, daß ein Massenstrom der Metall- bzw. Keramikschmelze im Bereich von 30 bis 300 kg/h einstellbar ist.

35. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß der Massenstrom der Metall- bzw. Keramikschmelze 190 kg/h beträgt.

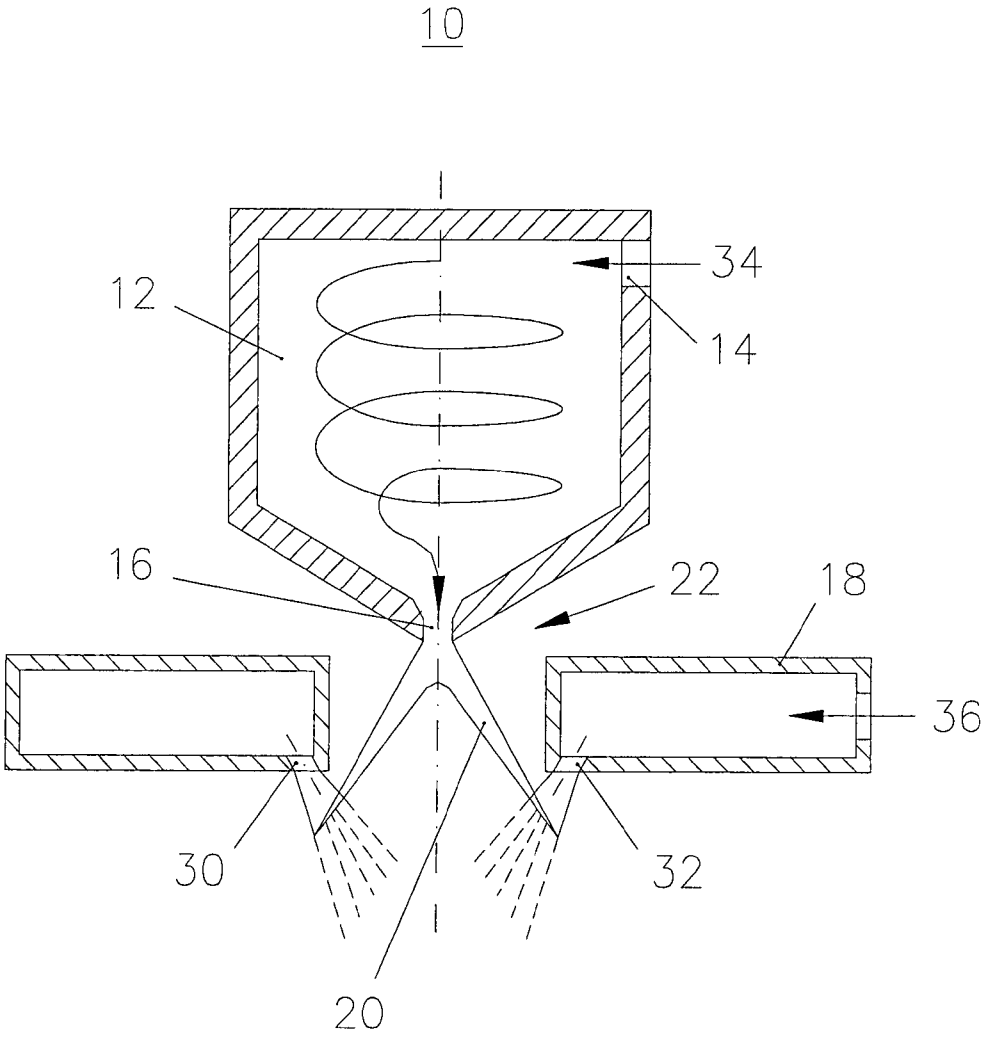
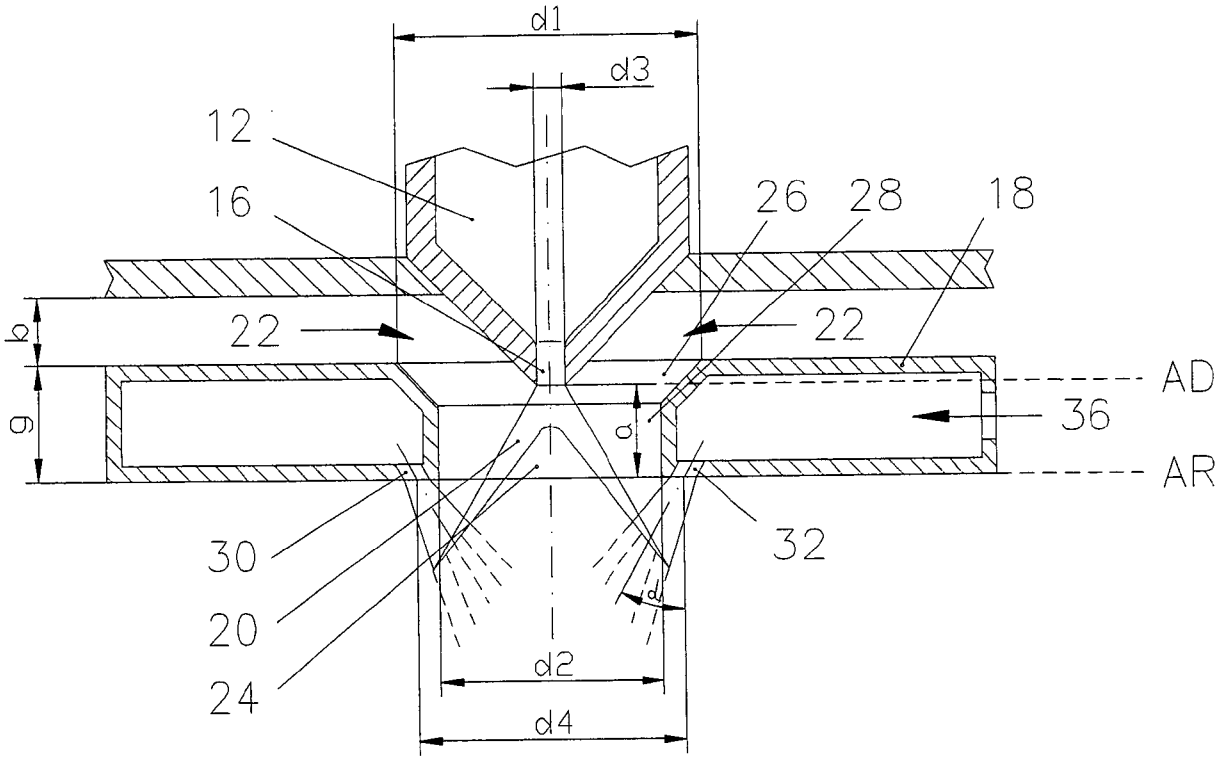
36. Vorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 14 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubungsfluid-Düseneinrichtung derart gestaltet ist, daß der Druck des Zerstäubungsfluids im Bereich von 0,1 bis 100 MPa einstellbar ist.

37. Vorrichtung (**10**) nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck des Zerstäubungsfluids 0,8 MPa beträgt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Figur 1



Figur 2