



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag: **26.07.2000 Patentblatt 2000/30** (51) Int Cl.7: **B22F 9/08**

(21) Anmeldenummer: **00890013.6**

(22) Anmeldetag: **18.01.2000**

<p>(84) Benannte Vertragsstaaten: AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE Benannte Erstreckungsstaaten: AL LT LV MK RO SI</p> <p>(30) Priorität: 19.01.1999 AT 7099</p> <p>(71) Anmelder: BÖHLER Edelstahl GmbH A-8605 Kapfenberg (AT)</p>	<p>(72) Erfinder: Tornberg, Claes 8605 Kapfenberg (AT)</p> <p>(74) Vertreter: Wildhack, Helmut, Dr. Dipl.-Ing. et al Patentanwälte Wildhack-Jellinek, Landstrasser Hauptstrasse 50 1030 Wien (AT)</p>
--	---

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Metallpulver durch Gasverdüsung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Metallpulver aus dergleichen Schmelzen.
 Um einen hohen Anteil an Pulverteilchen mit geringem Kommdurchmesser und eine hohe Schüttdichte des Metallpulvers zu erstellen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß der aus dem Schmelzendüsenkörper (D) im

wesentlichen vertikal austretende Schmelzenstrom (S) durch mindestens drei Gasstrahlen (1,2,3) mit jeweils verschiedenen Richtungen beaufschlagt wird, wobei die Gasstrahlen in der Wirkfolge jeweils auf den eingebrachten Schmelzenstrom S auf den durch den jeweils vorgeordneten Gasstrahl in der Richtung eingestellten und geformten Schmelzenstrom (FS) mit einem Winkel zwischen 5° und 170° ausgerichtet sind.

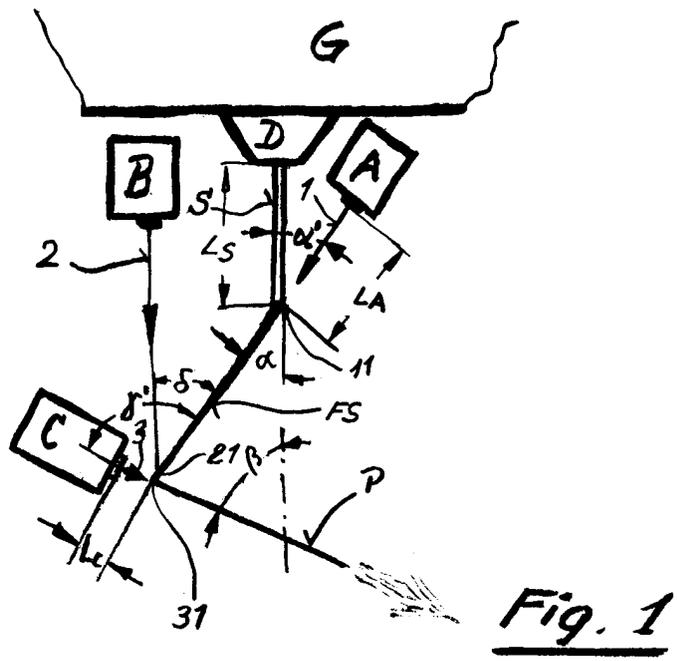


Fig. 1

EP 1 022 078 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Metallpulver aus dergleichen Schmelzen, wobei ein aus einem Düsenkörper eines metallurgischen Gefäßes austretender Schmelzenstrom in einer Verdüsungskammer durch Gasstrahlen in Tröpfchen zerteilt und diese zu im wesentlichen kugelförmigen Pulverkörnern erstarren gelassen werden.

[0002] Weiters umfaßt die Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung von Metallpulver aus dergleichen Schmelzen bestehend im wesentlichen aus einer Verdüsungskammer, in welche aus einem metallurgischen Gefäß mittels eines Schmelzendüsenkörpers ein Metallschmelzenstrom einleitbar bzw. eintragbar ist, einer in dieser Kammer eintrageitig angeordneten Desintegrationseinheit, mit Gasdüsen zur Beaufschlagung des Schmelzenstromes durch Gasstrahlen zu dessen Zerteilung zu Tröpfchen, einem austrageitig vorgesehenen Erstarrungsraum zur Kühlung der Tröpfchen und Ausbildung von Pulverkörnern, sowie nachgeordnete Pulververarbeitungseinrichtungen.

[0003] Gasverdüstete Metallpulver werden in der Werkstoff- und Oberflächentechnik auf Grund der steigenden Güteanforderungen an die Erzeugnisse in zunehmendem Maße verwendet. Die Art der Verwendung bestimmt dabei eine vorteilhafte Pulverkorngröße und eine dergleichen Korngrößenverteilung, das ist der jeweilige Anteil an Pulverkörnern mit einem bestimmten Durchmesser in einem Durchmesserbereich. Für ein Flamm-
spritzen zur Oberflächenbeschichtung von Gegenständen ist beispielsweise eine Verwendung eines sogenannten Monokorn-Pulvers verfahrenstechnisch günstig und wirtschaftlich. Bei einer Herstellung heißisostatisch aus Metallpulver gepreßten Teilen hingegen soll dieses Pulver vorteilhaft eine hohe Schüttdichte besitzen und somit eine entsprechende Korngrößenverteilung aufweisen.

[0004] Eine Herstellung von gasverdüstem Metallpulver erfolgt im wesentlichen derart, daß ein flüssiger Metallstrom mit Gas, vorzugsweise Inertgas oder Edelgas, welches eine hohe Strömungsgeschwindigkeit bzw. Bewegungsenergie aufweist, beaufschlagt wird. Die Gasbeaufschlagung bewirkt ein Zerteilen des Metallstromes in feine Tröpfchen, welche in der Folge sphäroidisch zu Körnern erstarren. Neben der Temperatur, der Viskosität und der Oberflächenspannung des flüssigen Metalles ist insbesondere die Beschleunigung der Schmelze durch den Gasstrahl bzw. sind die dabei wirkenden Kräfte (Powder Production and Spray Forming, Advances in Powder Metallurgy & Particulate Materials- 1992, Volume 1, Metal Powder Industries Federation, Princeton, N.J., Page 137 - 150, Particle size prediction in an atomization system; Claes Tomberg) für die Größe und die Größenverteilung der gebildeten Pulverkörner maßgebend.

[0005] Wird ein frei fallender Metallstrom in einer Verdüsungskammer mit mindestens einem Gasstrahl be-

aufschlagt, was ein betriebssicheres Verfahren darstellen kann, so ist die erreichbare Pulverkorngröße betreffend den Hauptteil der Fraktion nach unten begrenzt, weil im Bereich zwischen der Gasdüse und dem Metallstrom ein hoher Anteil der Gasstrahlenergie abgebaut wird. Durch Aussieben der Grobanteile kann zwar zur Steigerung der Güte des Erzeugnisses die gewünschte Korngröße des Metallpulvers eingestellt werden, jedoch ist damit ein geringes Ausbringen bzw. eine niedrige Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung verbunden.

[0006] Um die Güte der aus oder mit Metallpulver hergestellten Erzeugnisse und insbesondere die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, war es seit langem Ziel, ein Verfahren zu finden, welches es ermöglicht, ein sphäroidisches metallisches Pulver mit großem Feinkomanteil und mit hohem Ausbringen zu erstellen.

[0007] Erfolgt eine Zerteilung des vergleichsweise dicken Schmelzenstromes nicht unmittelbar, sondern wird dieser vorerst ausgeflacht, so ist die Wirkung des das Flüssigmetall beaufschlagenden Gasstrahles intensiviert und es werden feinere Tröpfchen gebildet, die vor der Erstarrung auf Grund der Oberflächenspannung eine kugelige Form annehmen. Die Durchmesserverkleinerung der Pulverpartikel ist, wie vorher dargelegt, wesentlich davon abhängig, wie hoch die Schmelze beschleunigt wird.

[0008] Es sind Gasverdüungsverfahren für Metallschmelzen bekannt, bei welchen das Flüssigmetall unmittelbar nach dessen Austritt aus dem Düsenkörper des metallurgischen Gefäßes mit einem oder mehreren Gasstrahlen aus direkt am Austritt angeordneten Düsen zerteilt wird. Weil dabei das Gas einerseits am Austritt eine hohe Geschwindigkeit besitzt, andererseits der hohen Temperatureinwirkung wegen sich rasch ausdehnt und in Richtung der Strahlmitte an Wirkung verliert, wird eine äußerst breite Metallpulverfraktion mit Grob- und Feinanteilen gebildet.

[0009] Um obigen Nachteil zu vermeiden, wurde gemäß US 2 968 062 vorgeschlagen, eine Einrichtung mit einer sich nach außen erweiternden Schmelzendüse zu verwenden und konzentrisch um diese Düse den Gaszuführungskanal kegelförmig auszubilden. Der Gasstrahl bewirkt dabei zentrisch einen Unterdruck, der die Schmelze zum Rand der sich erweiternden Austrittsöffnung fließen läßt, wo dieser dünne Schmelzenfilm vom Gasstrahl erfaßt und wirksam zerteilt und beschleunigt wird. Mit derartigen Vorrichtungen können zwar sehr feinkörnige Pulver hergestellt werden, nachteilig ist jedoch deren Störanfälligkeit und die geringe verarbeitbare Schmelzengröße.

[0010] Zur Verbesserung der Funktionssicherheit der Verdüsungseinrichtung erfolgte gemäß US 4 272 563 der Vorschlag, den Schmelzenstrom aus dem Schmelzendüsenkörper freifallend austreten zu lassen und nach einer Fallstrecke mit Gasstrahlen zu beaufschlagen. Trotz des Einsatzes von Düsen, die Gasstrahlen mit Überschallgeschwindigkeit bilden, konnte damit keine für die Ausformung von Pulverkörnern mit geringem

Durchmesser ausreichende Beschleunigung der Schmelze erreicht werden.

[0011] Es wurde schon versucht, geringe Düsenabstände anzuwenden, um die Beschleunigungswirkung des auf den freifallenden Metallstrom gerichteten Gasstrahlen zu erhöhen. Im Bereich der Düse werden jedoch durch den Sog des austretenden Gasstrahles bzw. auf Grund der Ejektorwirkung Gaswirbelströme induziert, die bei geringem Düsenabstand vom Zerteilungsort des Metallstromes Tröpfchen mitführen bzw. rückführen können, welche sich letztlich am Düsenkörper anlegen und destabilisierend auf das Verfahren wirken. Aus diesen Gründen ist ein Mindest-Düsenabstand vorzusehen, wodurch jedoch die Wirksamkeit des Gasstrahles im Hinblick auf eine Schmelzenzerteilung zu kleinen Tröpfchen überproportional verringert wird. Beispielsweise reduziert sich bei einem Gasstrom, der mit Überschallgeschwindigkeit aus einer Lavaldüse austritt, in einem Abstand von 30mal den Düsendurchmesser, dessen Kraftwirkung auf ca. die Hälfte.

[0012] Aus der SE-AS- 421758 ist eine Vorrichtung zur Metallpulverherstellung bekannt geworden, in welcher zur Zerteilung des Schmelzenstromes in der Verdüsungskammer zwei Gasstrahlen zur Anwendung kommen. Dabei erfolgt eine Beaufschlagung des freifallenden eingebrachten Schmelzenstromes durch einen ersten Gasstrahl mit einem Winkel von ca. 20°, welcher zu einem Aufbrechen und Ablenken des Stromes führt, wonach dieser vertikal von einem zweiten Gasstrahl mit hoher Intensität zu Metalltröpfchen zerteilt wird. Bei dieser Vorgangsweise ist zwar ein Anhaften von Metalltröpfchen an den Gasdüsentteilen vermieden, der große Abstand der zweiten Düse vom Zerteilungsort der Schmelze bewirkt jedoch eine breite Korngrößenverteilung mit geringen Anteilen an feinem Pulver.

[0013] Ein Verfahren zur Beaufschlagung eines vertikalen Metallstromes durch einen horizontalen Gasstrahl wurde gemäß US- 4 282 903 vorgeschlagen, wobei ein vorteilhaft geringer Düsenabstand Anwendung findet. Zur Verhinderung des Anhaftens von Metalltröpfchen an dem Düsenkörper wird dabei ein Hilfsgasstrahl im Düsenbereich, schräg auf den Zerteilungsort gerichtet, ausgebildet. Die Zerteilung des kompakten Schmelzenstromes erfolgt dabei fast ausschließlich mittels des horizontal gerichteten Hauptgasstrahles, so daß das Ausbringen an feinkörnigem Pulver gering ist.

[0014] Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Metallpulver durch Beaufschlagung eines Schmelzenstromes mit horizontalen Gasstrahlen ist in der WO 89/05197 offenbart. Diesem Verfahren entsprechend werden zwei flache, mit der Schmalseite im wesentlichen senkrecht ausgerichtete Gasstrahlen im spitzen Winkel zueinander ausgerichtet und der Schmelzenstrom im Bereich des Aufeinandertreffens der Strahlen derart eingeleitet, daß vorerst der Oberflächenbereich und in der Folge die weiteren Teilbereiche des Metallstromes von den Gasstrahlen beaufschlagt werden. Durch den vergrößerten Zerteilungsbereich bzw. durch

die Längserstreckung, in der die Zerteilung des Flüssigmetalles erfolgt, ist die spezifische Kraftereinwirkung auf das Flüssigmetall groß, die Energie der Gasstrahlen jedoch durch die Schallgeschwindigkeitsgrenze beschränkt. Ein derartig hergestelltes Metallpulver besitzt einen engen Korndurchmesserbereich, die feinen und groben Partikel sind nur in geringer Menge vertreten, so daß dieses in Richtung Monokorn ausgebildete Pulver für einige Anwendungen, der geringen Schüttdichte wegen, Nachteile aufweist.

[0015] Alle wirtschaftlichen Verfahren zur Herstellung von Metallpulver aus Schmelzen und die dafür verwendbaren Einrichtungen haben die Nachteile gemeinsam, daß der Feinpulveranteil zu gering und/oder die Korngrößenverteilung ungünstig für eine ökonomische Weiterverarbeitung zu hochwertigen Erzeugnissen ist bzw. sind.

[0016] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen und setzt sich zum Ziel, ein Herstellverfahren für Metallpulver aus Schmelzen anzugeben, mit welchem bei hohem Feinanteil und Vermeidungen ungünstiger Grobpartikel eine in Grenzen gewünschte breite Korngrößenverteilung des Pulvers wirtschaftlich erreichbar ist. Weiters ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zu schaffen, mit welcher in günstiger Weise Metallpulver in einer Fraktion bzw. mit einer Korngrößenverteilung herstellbar ist, mit welcher dieses, beispielsweise eine hohe Schüttdichte aufweisend, gegebenenfalls durch heißisostatisches Pressen (HIPen), zu besonders hochwertigen Erzeugnissen weiterverarbeitet werden kann.

[0017] Dieses Ziel ist bei einem gattungsgemäßen Verfahren dadurch erreichbar, daß der aus dem Schmelzendüsenkörper im wesentlichen vertikal austretende Schmelzenstrom durch mindestens drei aufeinander folgende Gasstrahlen mit jeweils verschiedenen Richtungen zumindest teilweise beaufschlagt wird,

[0018] Bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, daß die Desintegrationseinheit mindestens drei Gasdüsenkörper aufweist, deren Gasstrahlen in einer Wirkfolge jeweils auf den eingebrachten Schmelzenstrom und auf den durch den jeweils vorgeordneten Gasstrahl in eine Richtung eingestellten und geformten Schmelzenstrom mit einem Winkel zwischen 5° und 170 ° ausrichtbar sind.

[0019] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, daß das Flüssigmetall bei seiner Zerteilung in Tröpfchen eine hohe Beschleunigung erfährt, weil einerseits dessen Masse bezogen auf die Fläche, die letztlich durch den Gasstrahl beaufschlagt wird, gering ist und andererseits die Beaufschlagung durch einen, einen geringen Düsenabstand aufweisenden, also eine hohe Kraftwirkung ausübenden Gasstrahl erfolgt. Dabei ist jedoch erfindungswesentlich, daß der Schmelzenstrom vor der hochenergetischen Zerteilung in kleine Tröpfchen durch mindestens zwei vorgeordnete, jeweils richtungsungleiche Gasstrahlen aufbereitet wird, wobei in einem ersten Schritt

eine Erhöhung der Angriffsfläche und einem zweiten Schritt eine Konditionierung der bewegten Schmelze erfolgen. Sind synergetisch die Masse der Schmelze bezogen auf die Angriffsfläche klein und die Kraft des Gasstrahles groß, so ist die Beschleunigung hoch und es werden Partikel mit einem kleinen Durchmesser gebildet. Wissenschaftlich ausgedrückt besteht folgender Zusammenhang: Die Partikelgröße ist annähernd gleich dem Wert aus der Quadratwurzel einer Konstanten gebrochen durch die Beschleunigung.

[0020] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der aus dem Schmelzendüsenkörper austretende Schmelzenstrom mittels mindestens eines ersten Gasstrahles in seiner Strömungsrichtung umgelenkt und gebreitet bzw. gedünnt und/oder zerteilt wird, worauf mindestens ein, eine gleiche Richtungskomponente aufweisender, schräg auftreffender zweiter Gasstrahl den gebreiteten und/oder geteilten Flach-Schmelzenstrom in seiner Form aufbereitet sowie eine Sogbarriere für die Düse(n) mindestens eines nachgeordneten dritten Gasstrahles aufbaut, welcher dritte Gasstrahl schräg bis teilweise gegengerichtet zum aufbereiteten Flach-Schmelzenstrom als Hochgeschwindigkeitsgasstrahl ausgebildet wird und eine Feinaufteilung bzw. Zerstäubung des Flüssigstrahles zu Tröpfchen bewerkstelligt, welche Stahltröpfchen nachfolgend erstarren gelassen werden. Bei einem durch den ersten Gasstrahl bewirkten Umlenken und Breiten des kompakten Schmelzenstromes kann auftreffseitig eine weitgehend flache Form des Metallstromes erstellt werden, wobei die Anströmgeschwindigkeit und der Anströmwinkel des Gasstrahles von der Dicke und von der Stabilität bzw. von der Länge des freifallenden Schmelzenstromes sowie der gewünschten Dünnung bzw. Breitung abhängen. Der Anströmseite gegenüberliegend entsteht oft eine für eine letztliche Zerteilung des Flachstromes ungünstige Oberflächenform mit losgerissenen Metallpartikeln. Erfindungsgemäß wird diese, eine ungünstige Oberflächenform aufweisende Seite des Flachstromes mittels eines nachgeordneten zweiten, schräg auftreffenden Gasstrahles beaufschlagt und damit der Strom für eine wirkungsvolle Zerteilung zu Metalltröpfchen eingerichtet. Mit diesem Gasstrahl ist auch eine Sogbarriere aufbaubar, wodurch als weiterer Vorteil keine flüssigen Partikel zum letztwirksamen Lavaldüsenkörper gelangen können, so daß diesbezüglich die Betriebssicherheit der Vorrichtung nicht beeinträchtigt ist. Es ist weiters wichtig, daß der Hochgeschwindigkeitsstrahl schräg auf den Flachschmelzenstrom gerichtet wird, weil sich dadurch eine große Kraftwirkung im Hinblick auf eine feine Zerteilung zu Metalltröpfchen ergibt. Je größer die Schräge zum Flachstrom, die bis zum teilweisen Gegengerichtetsein des Gasstrahles reichen kann, ausgebildet ist, desto höher wird die Beschleunigung des Metalles und letztlich der Feinkornanteil des Metallpulvers sein.

[0021] Sowohl für einen hohen Feinkornanteil im Pulver als auch zur Vermeidung der Bildung von Großpar-

tikeln, die ausgeschieden werden müssen, ist von besonderem Vorteil, wenn der Schmelzenstrom mit einem Durchmesser von 2,0 mm bis 15,0 mm mittels mindestens eines ersten Gasstrahles in seiner Strömungsrichtung um einen Winkel α zwischen 5° und 85° vorzugsweise zwischen 15° und 30° , umgelenkt und im wesentlichen sektorförmig zu einem Schmelzen-Flachstrom gebreitet wird. Eine Umlenkung des Schmelzenstromes um weniger als 5° ist ungünstig, weil diese sprunghaft eine Vergrößerung der Bildungslänge des Flachstromes erfordert, die jedoch durch den Temperaturverlust begrenzt ist. Eine besonders effiziente Flachstrombildung des Flüssigmetalles, wobei diese vorteilhaft sektorförmig erfolgt, wird bei einer Umlenkung desselben mit einem Winkel zwischen 15° und 30° erreicht, wobei größere Umlenkungen als 45° eine nachteilige Zerlegung des Stromes durch den Gasstrahl bewirken können.

[0022] Im Hinblick auf einen hohen Feinkornanteil Metallpulvers, aber auch einer günstigen Korngrößenverteilung wegen, ist es von großem Vorteil, wenn der sektorförmige Schmelzen-Flachstrom nach Erreichen einer durch den ersten Gasstrahl bewirkten Breite von mindestens 5mal, vorzugsweise mindestens 10mal, die freifallende Schmelzenstrombreite bzw.-dicke durch mindestens einen dritten Gasstrahl, der als Hochgeschwindigkeitsgasstrahl ausgebildet ist, mit einem Winkel γ zwischen 25° und 150° , vorzugsweise zwischen 60° und 90° , umgelenkt und in einen Tröpfchenstrom zerstäubt oder zerteilt wird. Ist der Schmelzenstrom geringer als 5mal die ursprüngliche Schmelzenstromdicke gebreitet, so ist dessen Kompaktheit groß und der erstellbare Feinpulveranteil vergleichsweise gering. Eine Breitung von größer als 10mal den Schmelzenstromdurchmesser erbringt besonders gute Voraussetzungen für eine Zerteilung in Tröpfchen mit hohem Feinanteil, insbesondere wenn der diese bewirkende Hochgeschwindigkeitsgasstrahl mit einem Winkel zwischen 60° und 90° den Schmelzenflachstrom umlenkt. Größere Umlenkwinkel bis 150° erhöhen den Feinkornanteil und bewirken eine Tendenz zur Monokornbildung.

[0023] Zur Aufbereitung des Metallstromes, aber insbesondere auch zur Ausbildung einer wirksamen Sogbarriere ist es günstig, wenn der Schmelzen-Flachstrom von oder im Bereich der Umlenkung oder Zerstäubung durch den dritten Hochgeschwindigkeitsstrahl durch einen, eine gleiche Richtungskomponente aufweisenden zweiten Gasstrahl, jedoch mit einem Winkel δ zwischen 5° und 85° , vorzugsweise zwischen 15° und 30° , zu diesem Schmelzenstrom beaufschlagt und aufbereitet wird, wodurch Schmelzentröpfchen führende Sogwirbel des Hochgeschwindigkeitsgasstrahles verhindert werden. Durch geringere Strahlwinkel δ als 5° sind Sogwirbel des Hochgeschwindigkeitsgasstrahles nicht vollkommen verhinderbar, wodurch die Gefahr einer Metallablagerung am Düsenkörper und eine Instabilität des Verfahrens gegeben sind. Größere Beaufschlagungswinkel des zweiten Gasstrahles als 85° können den Me-

tallstrom vor dessen Zerstäubung nachteilig deformieren und die Relativgeschwindigkeit zwischen Metallstrom und dem dritten Gasstrahl und somit die Beschleunigung des Metalles nachteilig verringern.

[0024] Die mit der gattungsgemäßen Vorrichtung erzielbaren Vorteile der Erfindung sind im wesentlichen darin zu sehen, daß durch eine Anordnung von mindestens drei Gasdüsenkörpern in einer Desintegrations-einheit der Schmelzenstrom in drei Bereichen durch Gasstrahlen jeweils beaufschlagbar und dadurch ausformbar sowie bearbeitbar ist, wobei der Winkel der Gasstrahlen auf den Schmelzenstrom günstigerweise jeweils zwischen 5° bis 170° liegt.

[0025] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der erste Gasdüsenkörper derart angeordnet, daß der durch diesen gebildete erste Gasstrahl, eine gleiche Richtungskomponente aufweisend, mit dem Winkel α' zwischen 5° und 85° , vorzugsweise mit einem Winkel α' zwischen 15° und 30° auf den Schmelzenstrom gerichtet ist und daß die Länge des freifallenden Schmelzenstromes gleich dem Längenmaß: Abstand der Gasdüse vom Auftreffpunkt des Gasstrahles auf den Schmelzenstrom, vermehrt oder vermindert um einen Wert, der höchstens das 10-fache des Durchmessers des Schmelzenstromes beträgt, ist. Dabei ist der Winkel der Ausrichtung des Gasstrahles auf den Schmelzenstrom für eine Dünnung und sektorförmige Breitung desselben wichtig, wobei die Länge des freifallenden Schmelzenstromes für dessen Stabilität bei der Umlenkung und der Umformung in einen Flachstrom sowie die dabei erreichbare Form von großer Bedeutung sind.

[0026] Um besonders bevorzugte Zerstäubungsbedingungen für das Flüssigmetall erstellen zu können, ist es wichtig, wenn der zweite Düsenkörper derart angeordnet ist, daß der in der Wirkfolge zweite Gasstrahl auf den durch den vorgeordneten ersten Gasstrahl gebreiteten und gedünnten Flachschmelzenstrom mit einer gleichen Strömungsrichtungskomponente mit einem Winkel δ zwischen 5° und 85° , vorzugsweise mit einem Winkel δ zwischen 15° und 30° gerichtet ist und daß der Auftreffpunkt dieses zweiten Gasstrahles im Bereich des oder vor dem Umlenk-, Auftreff oder Zerstäubungspunkt des nachgeordneten dritten Gasstrahles liegt. Der Winkel zwischen zweitem Gasstrahl und Flachschmelzenstrom sowie dessen Auftreffpunkt auf dem Schmelzenstrom sind von zweifacher Bedeutung. Einerseits ist dabei die Kondition des unmittelbar nachfolgend der Zerteilung unterworfenen Flachstromes günstig einstellbar, andererseits hat eine Unterbindung einer Ausbildung von Sogwirbeln durch Ejektorwirkung der Hochgeschwindigkeitsdüse wirkungsvoll zu erfolgen. Die erfindungsgemäße Wahl der Winkelbereiche, insbesondere im bevorzugten Ausmaß, erfüllt diese Anforderungen.

[0027] Wenn gemäß einer besonders günstigen Ausgestaltungform der dritte Düsenkörper derart angeordnet ist, daß ein als Hochgeschwindigkeitsgasstrahl ausgebildeter dritter bzw. in der Wirkfolge letzter Gasstrahl

mit einem Winkel γ' zwischen 25° und 150° , vorzugsweise von größer als 60° auf den Flachschmelzenstrom gerichtet ist und daß der Abstand zwischen der(den) Gasdüse(n) und dem Umlenk-, Auftreff oder Zerstäubungspunkt geringer ist als der 20-fache Wert des Gasdüsendurchmessers, wird eine hohe Leistungsfähigkeit der Einrichtung mit vorzüglicher Pulvergüte erreicht, weil für eine Zerteilung des Metalles in Tröpfchen eine hohe Kraftwirkung bzw. Beschleunigung einsetzbar ist. Dabei steigt die Kraftwirkung bzw. Beschleunigung mit größer werdendem Winkel, womit insgesamt feinere Pulverfraktionen erstellbar sind.

[0028] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn zumindest der dritte bzw. in der Wirkfolge der letzte Düsenkörper zur Erstellung mindestens eines Überschall-Gasstrahles ausgebildet ist.

[0029] In der Weiterbildung der Erfindung können günstige Zerteilungsbedingungen für den Flachschmelzenstrom geschaffen werden, wenn dem letzten zur Ausbildung eines Hochgeschwindigkeitsgasstrahles nutzbaren Gasdüsenkörper mehr als zwei Gasdüsenkörper zur Erstellung von auf den Schmelzenstrom einrichtbaren Gasstrahlen vorgeordnet sind.

[0030] Vorteilhaft gute Einstellmöglichkeiten für eine gewünschte Metallpulverfraktion sind gegeben, wenn die Gasstrahlen jeweils in deren Richtung und deren Intensität einstellbar sind.

[0031] Wenn, gemäß einer weiteren Variante als günstig vorgesehen, zumindest ein Gasstrahl als Flachstrahl oder Vielfachstrahl durch die Anordnung von mehreren nebeneinander und/oder insbesondere zwischenliegend übereinander positionierte Düsen ausgebildet ist, kann die verfügbare Gasstrahlbreite zur Beaufschlagung des Schmelzenstromes vergrößert sein.

[0032] Letztlich kann es auch von Vorteil sein, wenn die durch die Gasstrahlen bestimmte Ebene von der Vertikalen abweichend ist.

[0033] Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert.

[0034] Es zeigen

Fig. 1 eine Desintegrationseinheit schematisch

Fig. 2a einen Verlauf eines Schmelzenstromes bei einer Beaufschlagung desselben durch Gasstrahlen schematisch in Ansicht

Fig. 2b einen Verlauf des Schmelzenstromes von Fig. 2a in einer um 90° gedrehten Ansicht.

[0035] In Fig. 1 ist schematisch eine Desintegrationseinheit mit drei Düsen im Eintragungsbereich einer Verdüsungskammer schematisch dargestellt. Aus einem metallurgischen Gefäß G erfolgt mittels eines Schmelzendüsenkörpers D ein Eintrag von Metall unter Formung eines Schmelzenstromes S, der über eine Wegstrecke L_S im wesentlichen senkrecht freifallend ausgebildet ist. Durch eine erste Gasdüse A wird ein erster Gasstrahl 1 gebildet, der in einem Abstand L_A den

Schmelzenstrom S im Bereich 11 mit einer gleichen Richtungskomponente, jedoch mit einem Winkel α' beaufschlagt. Durch diese Beaufschlagung mit einem ersten Gasstrahl 1 erfolgen im Bereich des Auftreffpunktes 11 beginnend eine Umlenkung bzw. eine Fließrichtungsänderung des kompakten Schmelzenstromes S und dessen Dünnung und Breitung unter Ausformung eines Flachschnmelzenstromes FS.

[0036] Mittels einer Düse B wird ein zweiter Gasstrahl 2 erstellt, welcher den Metallschmelzenstrom FS nach einer Breitenstrecke desselben in einem Auftreffpunkt 21 mit einer gleichen Richtungskomponente, jedoch mit einem Winkel δ beaufschlagt.

[0037] Eine Gasdüse C, die vorzugsweise als Lavaldüse ausgebildet ist, erstellt einen Gasstrahl 3, welcher den Flachschnmelzenstrom FS in einem Abstand L_C zur Düse C in einem Umlenk-, Auftreff- oder Zerstäubungspunkt 31 unter einem Winkel γ' beaufschlagt und in der Folge dessen Zerteilung in einen Metallpartikelstrom P bewirkt. Die Beaufschlagung des Flachschnmelzenstromes FS durch den Gasstrahl 3 kann schräg bis teilweise gegengerichtet erfolgen.

[0038] Es können auch mehr als drei unterschiedlich ausgerichtete Gasstrahlen und/oder mehrere Gasstrahlen in einer jeweils vorgesehenen Richtung erfindungsgemäß vorgesehen sein.

[0039] Fig. 2a und 2b zeigen einen Schmelzenstrom S jeweils in Ansicht aus zwei um 90° versetzten Richtungen (Aufriß und Kreuzriß) schematisch. Aus einem Schmelzendüsenkörper D erfolgt im wesentlichen vertikal ein Eintrag eines Schmelzenstromes S in eine Desintegrationseinheit einer Verdüsungskammer. Der Schmelzenstrom S mit einem Durchmesser S_1 wird nach einer Freifallstrecke in einem Auftreffpunkt 11 von einem Gasstrahl 1 beaufschlagt und dadurch, wie aus Fig. 2b zu ersehen ist, mit einem Winkel α umgelenkt und gedünnt sowie, wie in Fig. 2a dargestellt ist, zu einem Flachstrom FS gebreitet. Nach einem Erlangen einer Breite S_2 erfolgt eine Beaufschlagung des Flachschnmelzenstromes FS durch einen Hochleistungsgasstrahl 3 in einem Umlenk-, Auftreff- oder Zerstäubungspunkt 31, welcher Strahl eine Ausbildung eines Metallpartikelstromes P bewirkt. Im Bereich des Zerstäubungspunktes 31 oder vorgeordnet wird der Flachschnmelzenstrom FS mit einem Gasstrahl 2, der in einem Punkt 21 am Flachstrom FS auftrifft, beaufschlagt und geformt, wobei auch eine Strömungsrichtungsänderung des Metallstromes bewirkt werden kann.

[0040] Erfindungsgemäß kann es auch möglich sein, daß durch mindestens drei Gasstrahlen, die eine richtungsgleiche Komponente aufweisen, ein Schmelzenstrom in einer Folge beaufschlagt und zu einem Metallpartikelstrom zerteilt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Metallpulver aus der-

gleichen Schmelzen, wobei ein aus einem Düsenkörper eines metallurgischen Gefäßes (G) austretender Schmelzenstrom in einer Verdüsungskammer durch Gasstrahlen in Tröpfchen zerteilt und diese zu im wesentlichen kugelförmigen Pulverkörnern erstarren gelassen werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß der aus dem Schmelzendüsenkörper (D) im wesentlichen vertikal austretende Schmelzenstrom (S) durch mindestens drei aufeinander folgende Gasstrahlen (1,2,3) mit jeweils verschiedenen Richtungen zumindest teilweise beaufschlagt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der aus dem Schmelzendüsenkörper (D) austretende Schmelzenstrom (S) mittels mindestens eines ersten Gasstrahles (1) in seiner Strömungsrichtung umgelenkt und gebreitet bzw. gedünnt und/oder geteilt wird, worauf mindestens ein, eine gleiche Richtungskomponente aufweisender, schräg auftreffender zweiter Gasstrahl (2) den gebreiteten und/oder geteilten Flach-Schmelzenstrom (FS) in seiner Form aufbereitet sowie eine Sogbarriere für die Düse(n) (C) mindestens eines nachgeordneten dritten Gasstrahles (3) aufbaut, welcher dritte Gasstrahl (3) schräg bis teilweise gegengerichtet zum aufbereiteten Flach-Schmelzenstrom (FS) als Hochgeschwindigkeitsgasstrahl ausgebildet wird und eine Feinaufteilung bzw. Zerstäubung des Flüssigstahles zu Tröpfchen (P) bewerkstelligt, welche Stahltröpfchen nachfolgend erstarren gelassen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schmelzenstrom (S) mit einem Durchmesser (S_1) von 2,0 mm bis 15,0 mm mittels mindestens eines ersten Gasstrahles (1) in seiner Strömungsrichtung um einem Winkel (α) zwischen 5° und 85° , vorzugsweise zwischen 15° und 30° , umgelenkt und im wesentlichen sektorförmig zu einem Schmelzen-Flachstrom (FS) gebreitet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der sektorförmige Schmelzen-Flachstrom (FS) nach Erreichen einer durch den ersten Gasstrahl (1) bewirkten Breite (S_2) von mindestens 5mal, vorzugsweise mindestens 10mal, die freifallende Schmelzenstrombreite- bzw. Dicke (S_1) durch mindestens einen dritten Gasstrahl (3), der als Hochgeschwindigkeitsgasstrahl ausgebildet ist, mit einem Winkel (γ) zwischen 25° und 150° , vorzugsweise zwischen 60° und 90° , umgelenkt und in einen Tröpfchenstrom (P) zerstäubt oder zerteilt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schmelzen-

Flachstrom (FS) vor oder im Bereich (31) der Umlenkung oder Zerstäubung durch den dritten Hochgeschwindigkeitsstrahl (3) durch einen, eine gleiche Richtungskomponente aufweisenden Gasstrahl (2), jedoch mit einem Winkel (δ) zwischen 5° und 85°, vorzugsweise zwischen 15° und 30°, zu diesem beaufschlagt und aufbereitet wird, wodurch Schmelzentropfen föhrende Sogwirbel des Hochgeschwindigkeitsgasstrahles (3) verhindert werden.

6. Vorrichtung zur Herstellung von Metallpulver aus dergleichen Schmelzen bestehend im wesentlichen aus einer Verdüsungskammer, in welche aus einem metallurgischen Gefäß (G) mittels eines Schmelzendüsenkörpers (D) ein Metallschmelzenstrom (S) einleitbar bzw. eintragbar ist, einer in dieser Kammer eintragungseitig angeordneten Desintegrationseinheit, mit Gasdüsen zur Beaufschlagung des Schmelzenstromes (S) durch Gasstrahlen zu dessen Zerteilung zu Tröpfchen, einem austragseitig vorgesehenen Erstarrungsraum zur Kühlung der Tröpfchen und Ausbildung von Pulverkörnern, sowie nachgeordnete Pulververarbeitungseinrichtungen, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß der vorgeordneten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Desintegrationseinheit mindestens drei Gasdüsenkörper (A,B,C) aufweist, deren Gasstrahlen (1,2,3) in einer Wirkfolge jeweils auf den eingebrachten Schmelzenstrom (S) und auf den durch den jeweils vorgeordneten Gasstrahl in eine Richtung eingestellten und geformten Schmelzenstrom (FS) mit einem Winkel zwischen 5° und 170° ausgerichtet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Gasdüsenkörper (A) derart angeordnet ist, daß der erste Gasstrahl (1) eine gleiche Richtungskomponente aufweisend mit einem Winkel (α') zwischen 5 und 85°, vorzugsweise mit einem Winkel (α') zwischen 15 und 30° auf den Schmelzenstrom (S) gerichtet ist und daß die Länge (L_S) des freifallenden Schmelzenstromes (S) gleich dem Längenmaß: Abstand (L_A) der Gasdüse (A) vom Auftreffpunkt (11) des Gasstrahles (1) auf den Schmelzenstrom (S) vermehrt oder vermindert um einen Wert, der höchstens das 10-fache des Durchmessers (D1) des Schmelzenstromes beträgt, ist.

$$L_S = (L_A \pm 10 \times S_1)$$

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zweite Düsenkörper (B) derart angeordnet ist, daß der in der Wirkfolge zweite Gasstrahl (2) auf den durch den vorgeordneten ersten Gasstrahl (1) gebreiteten und gedünnten

Flachschmelzenstrom (FS) mit einer gleichen Strömungskomponente mit einem Winkel (δ) zwischen 5° und 85°, vorzugsweise mit einem Winkel (δ) zwischen 15° und 30° gerichtet ist und daß der Auftreffpunkt (21) dieses zweiten Gasstrahles (2) im Bereich des oder vor dem Umlenk-, Auftreff oder Zerstäubungspunkt (31) des nachgeordneten dritten Gasstrahles (3) liegt.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der dritte Düsenkörper (C) derart angeordnet ist, daß ein als Hochgeschwindigkeitsgasstrahl ausgebildeter dritter bzw. in der Wirkfolge letzter Gasstrahl (3) mit einem Winkel (γ) zwischen 25° und 150°, vorzugsweise von größer 60° auf den Flachschmelzenstrom (FS) gerichtet ist und daß der Abstand (L_C) zwischen der (den) Gasdüse(n) (C) und dem Umlenk-, Auftreff oder Zerstäubungspunkt (31) geringer ist als der 20-fache Wert des Gasdüsendurchmessers.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest der dritte, bzw. in der Wirkfolge der letzte Düsenkörper (C) zur Erstellung mindestens eines Überschall-Gasstrahles (3) ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem letzten, zur Ausbildung eines Hochgeschwindigkeitsgasstrahles (3) nutzbaren Gasdüsenkörper (C) mehr als zwei Gasdüsenkörper, zur Erstellung von auf den Schmelzenstrom (S, FS) einrichtbaren Gasstrahlen vorgeordnet sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gasstrahlen jeweils in deren Richtung und deren Intensität einstellbar sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest ein Gasstrahl als Flachstrahl oder als Vielfachstrahl, durch die Anordnung von mehreren neben und/oder insbesondere zwischenliegend übereinander positionierten Düsen, ausgebildet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die durch die Gasstrahlen bestimmte Ebene von der Vertikalen abweichend ist.

