



EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift :
06.03.91 Patentblatt 91/10

Int. Cl.⁵ : **B22F 9/08, B22F 3/00**

Anmeldenummer : **88115595.6**

Anmeldetag : **22.09.88**

Verfahren und Vorrichtung zum Zerstäuben mindestens eines Strahls eines flüssigen Stoffs, vorzugsweise geschmolzenen Metalls.

Priorität : **22.09.87 DE 3731866**
22.10.87 DE 3735787

Veröffentlichungstag der Anmeldung :
29.03.89 Patentblatt 89/13

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
06.03.91 Patentblatt 91/10

Benannte Vertragsstaaten :
AT CH DE FR GB IT LI NL

Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 124 023
DE-A- 2 537 103
DE-A- 2 656 330

Patentinhaber : **BRANSON ULTRASCHALL**
Niederlassung der EMERSON
TECHNOLOGIES GMBH & CO.
Waldstrasse 53-55
W-6057 Dietzenbach (DE)

Erfinder : **Bauckhage, Klaus, Prof. Dr.-Ing.**
Beim kleinen Tagwerk 15
W-2800 Bremen (DE)
Erfinder : **Kunert, Norbert**
Besanstrasse 107
W-2820 Bremen 71 (DE)
Erfinder : **Schreckenberger, Peter, Dipl.-Ing.**
Brünyweg 10
W-2800 Bremen (DE)
Erfinder : **Vetters, Hermann, Dr. Phil.**
Alter Kirchweg 21A
W-2820 Bremen 77 (DE)

Vertreter : **Hauck, Hans, Dipl.-Ing. et al**
Mozartstrasse 23
W-8000 München 2 (DE)

EP 0 308 933 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Zerstäuben mindestens eines Strahls eines flüssigen Stoffs, insbesondere geschmolzenen Metalls nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren unter erwendung der Vorrichtung nach Anspruch 4.

Verfahren und Vorrichtungen zum Zerstäuben flüssiger Stoffe bzw. geschmolzenen Metalls sind grundsätzlich bekannt. In zunehmendem Maße finden solche Verfahren auch auf dem Werkstoffsektor zur Herstellung bestimmter Werkstoffe, insbesondere solcher mit spezifischen Eigenschaften Verwendung. Das Zerstäuben des aus einem Tiegel austretenden Strahls mit bis auf Temperaturen oberhalb des Liquiduspunktes erhitzten Metallpartikeln, also der Schmelze, erfolgt dabei durch ein stehendes Ultraschallfeld, das zwischen einem Schwinger und einem (nicht aktiven) Reflector gebildet wird, (DE-26 5633002). Nachteilig hieran ist die begrenzte Ultraschall-Leistung. Das führt dazu, daß bekannte Vorrichtungen und Verfahren zum Ultraschall-Zerstäuben geschmolzener Metalle bisher nur in geringem Umfange eingesetzt worden sind, und zwar meist das Laborstadium nicht überschritten haben. Auch im Zusammenhang mit anderen Einsatzzwecken, beispielsweise beim Zerstäuben von Flüssigkeitsstrahlen mit Ultraschall, hat sich die nur begrenzt verfügbare Ultraschall-Leistung als Hemmnis für eine gewerbsmäßige Anwendung herausgestellt.

Des weiteren führt die geringe Ultraschall-Leistung beim Zerstäuben von flüssigen Metallen dazu, daß die damit gleichzeitig einhergehende Abkühlung der Schmelze auf Temperaturen unterhalb des Soliduspunktes nicht rasch genug erfolgen kann. Das hat ein unkontrolliertes Abkühlen der zerstäubten Teilpartikelchen und damit verbundenen ungünstigen Korngrößen und -eigenschaften zur Folge.

Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, wodurch eine erhöhte Zerstäubungsleistung und beim Zerstäuben von flüssigem Metall eine bessere Abschreckung der zerstäubten Metallpartikel gewährleistet ist und mit einem Verfahren zusätzlich die Zerstäubungsleistung zu steigern.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Durch die Verwendung mindestens zweier aktiver Schwinger, also eines Schwingerpaares, entsteht ein besonders energiereiches Ultraschallfeld. Zur weiteren Leistungssteigerung können weitere Schwingerpaare vorgesehen werden, die zweckmäßigerweise gleiche Daten sowie auch superpositionsfähige Parameter hinsichtlich Leistung, Frequenz sowie Amplitude der Schwinger aufweisen und derart angeordnet sind,

daß ihr stehendes Ultraschallfeld einen oder auch mehrere gemeinsame Druck Knotenbereiche aufweist. Durch Hindurchleiten des im Tiegel erzeugten Schmelzstrahls durch diesen Druck Knotenbereich findet die Zerstäubung dort statt, wo eine Superposition der Ultraschallfelder erfolgt, das heißt die größte Engergiedichte vorhanden ist. Verglichen zu herkömmlichen Vorrichtungen ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung einen erheblich größeren Durchfluß an zu zerstäubender Schmelzmasse und einem damit verbundenen wirtschaftlicheren Einsatz. Gleichzeitig wird durch die Superposition mehrerer Ultraschallfelder trotz eines erhöhten Durchsatzes zu zerstäubender Schmelze auch noch eine geforderte Schnellabschreckung zur Bildung eines Feinstgefüges erreicht. Auch wird durch die Verwendung zweier aktiver Schwinger ein Ankleben zerstäubter Partikel an die Schwingerfläche wirksam vermieden.

Nach einer besonder vorteilhaften Weiterbildung der Vorrichtung ist vorgesehen, die Ultraschallschwinger in ihrer Lage derart gemeinsam zu verändern, daß die (horizontale) Schwingerachse beliebige Neigungen erhält. Damit ist es möglich, die zerstäubten Partikel aus einer vertikalen Bahn gezielt abzulenken. Es ist so ein Kompaktieren komplexer Werkstücke vorteilhaft durchführbar.

Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung ist dem Austritt der Schmelze aus dem Tiegel eine Düse nachgeordnet, die vorzugsweise lavalldüsenartig ausgebildet ist.

Die Schwinger sind dabei derart der Düse zugeordnet, daß der knotenbereich der superpositionierten Ultraschallfelder gegenüber dem engsten Querschnitt der Düse geringfügig zum Tiegel hin versetzt ist. Dadurch erfolgt nicht nur eine Beschleunigung der Stoffe durch die Zerstäubung im Knotenbereich der Ultraschallfelder, sondern zusätzlich auch eine Richtungszuweisung durch die sich nach dem Knotenbereich noch verengende Düse.

Schließlich wird vorgeschlagen, der Düse einen (Druck-)Behälter nachzuordnen. Weiterhin kann der Druckbehälter genutzt werden zur Aufnahme einer Auftragsfläche bzw. Auftragform zur Kompaktierung der zerstäubten und abgeschreckten Mikro-Metallpartikel. Alternativ kann auch die gesamte Vorrichtung in einem Druckbehälter untergebracht sein. Dies hat insbesondere eine Druckentlastung im Tiegel zur Folge. Eine solche Vorrichtung eignet sich besonders auch zur Durchführung des eingangs geschilderten Verfahrens, weil dadurch sowohl im Bereich der Düse als auch im Bereich des Druckbehälters in einfacher Weise eine Verdichtung des gasförmigen Trägermediums für die Ultraschallwelle möglich ist. Die Engergiedichte im zur Zerstäubung dienenden Ultraschall-Knotenbereich wird somit durch eine Kombination mehrerer energiesteigernder Maßnahmen, nämlich die Superposition mehrerer Ultraschallfelder und die Erhöhung der Energieübertragung im

verdichteten Medium optimal gestaltet.

Aus der durch das erfindungsgemäße Verfahren erhöhten zerstäubungsleistung resultiert darüber hinaus eine bessere Abschreckung der zerstäubten Metallpartikel, da diese durch das energiereichere Ultraschallfeld einen Größeren Impuls erhalten, der zu einem vergrößerten "Schlupf" der Metallpartikel im druckbeaufschlagten Medium, in der die Zerstäubung stattfindet, führt. Hierdurch wird verhindert, daß sich um die Metallpartikel herum jeweils ein Schleier angewärmten Gases bildet; vielmehr können die Metallpartikel aufgrund ihrer Beaufschlagung durch einen höheren Impuls in ständigen Kontakt mit frischem, noch nicht vorgewärmten Umgebungsgas gebracht werden.

Des weiteren wird vorgeschlagen, das druckbeaufschlagte gasförmige Medium auf eine Temperatur unterhalb des Liquiduspunktes der Metallpartikel abzukühlen, vorzugsweise auf Temperaturen bis minimal -200°C. , wodurch Abkühlraten von $> 10^7\text{K/s}$ erreicht werden können. Diese Maßnahme führt ohne einen nennenswerten zusätzlichen Aufwand zu einer Schnellabschreckung.

Des weiteren wird verfahrensgemäß vorgeschlagen, die zerstäubten Metallpartikel zur Bildung eines Halbzeuges oder eines gewünschten Formteiles unmittelbar nach dem Abschrecken und Zerstäuben zu kompaktieren. Hierdurch werden die abgeschreckten Metallpartikel unter Ausnutzung ihrer superplastischen Eigenschaften vorzugsweise druckunterstützt auf eine entsprechende Unterlage "aufgeschossen", wobei eine Verschweißung der einzelnen Metallpartikel erfolgt. Das Kompaktieren wird zweckmäßigerweise dann vorgenommen, wenn die zerstäubten Metallpartikel eine feste Phase erlangt haben und soweit abgekühlt sind, daß einerseits eine Gefügeumwandlung nicht mehr stattfindet und andererseits die Metallpartikel noch warm genug zum Verschweißen sind.

Der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren unter Zuhilfenahme der vorstehend beschriebenen Vorrichtung entstehende Werkstoff verfügt über besonders günstige Eigenschaften, da hierdurch ein besonders homogenes kristallines bzw. amorphes Gefüge mit globularen Körnern, die $< 0,1\text{ }\mu\text{m}$ sein können, entsteht. Ein solches Material verfügt über superplastische Eigenschaften, die eine isotrope Verformbarkeit ermöglichen. Das schnelle Abkühlen führt auch zu einer Einbindung der Verunreinigungen in die aus den zerstäubten Metallpartikel entstehenden globularen Mikrokörnern.

Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

In diesen Zeigen:

Fig 1 einen vereinfacht dargestellten Vertikalschnitt durch die Vorrichtung,

Fig. 2 einen unteren Abschnitt eines Druckbehäl-

ters mit einem darin angeordneten Formenträger, Fig. 3 einen horizontalen Querschnitt III-III durch die Vorrichtung gemäß der Fig. 1 im Bereich zweier Schwinger,

Fig. 4 einen teilweisen vertikalschnitt gemäß der Fig. 1 durch eine zweite Ausführungsform der Vorrichtung, und

Fig. 5 einen teilweise dargestellten Vertikalschnitt gemäß der Fig. 1 durch ein drittes Ausführungsbeispiel der Vorrichtung.

Die hier gezeigte Vorrichtung dient zur Zerstäubung eines Strahls flüssigen Metalls für die Herstellung eines metallischen Pulvers, von Werkzeugen, Halbzeugen und Fertigteilen.

Wie insbesondere aus der Fig. 1 entnehmbar, setzt sich die Vorrichtung zusammen aus einem Tiegel 10, einer sich daran anschließenden Düse 11 und im vorliegenden Ausführungsbeispiel zwei Ultraschallschwingern 12 sowie einem letzteren nachgeordneten Druckbehälter 13.

Der Tiegel 10 am oberen Bereich der Vorrichtung ist hier flaschenförmig ausgebildet mit einer nach unten weisenden, sich verjüngenden Austrittsöffnung 14. Gefüllt ist der Tiegel 10 im vorliegenden Falle bis zum Pegelstand 15 mit dem zu schmelzenden und verdüsenden Rohmaterial aus pulver- bzw. körnchenförmigem metallischen Granulat 16. Durch eine in der Fig 1 punktstrichliniert dargestellte Heizspirale 17 um den Tiegel 10 erfolgt ein Schmelzen des darin enthaltenen Granulats 16 auf eine Temperatur oberhalb des Liquiduspunktes.

Die mittig in bezug auf eine aufrechte Längsmittelachse 18 der vorrichtung angeordnete Austrittsöffnung 14 des Tiegels 10 mündet in einen aufrechten Eintrittstrichter 19 der Düse 11. Diese ist hier etwa lavalldüsenartig ausgebildet, verfügt nämlich über einen oberen längs eines umlaufenden Bogens sich verjüngenden Beschleunigungsabschnitt 20, einen sich daran anschließenden Verjüngungsabschnitt 21 und einen unteren kegeltumpffartigen Austrittsabschnitt 22.

Im oberen Bereich des Beschleunigungsabschnitts 20 mündet von der Seite her ein Gaszufuhrkanal, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel als radial umlaufender Ringkanal 23 ausgebildet ist. Durch diesen ist ein gasförmiges Prozeßmedium, vorzugsweise ein auf eine Temperatur unterhalb der Raumtemperatur abgekühltes Inert- oder Reaktionsgas, unter Druck der Vorrichtung zuführbar.

Dem mittleren Verjüngungsabschnitt 21 der Düse 11 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel die beiden Ultraschallschwinger 12 gegenüberliegend angeordnet, und zwar derart, daß sie auf einer gemeinsamen, horizontalen Schwingerachse 24 liegen, die die Längsmittelachse 18 der Vorrichtung schneidet. Die Ultraschallschwinger 12 sind mit ihren vorderen Abschnitten durch entsprechende Durchführungsöffnungen 25 in den Verjüngungsabschnitt

21 der Düse eingeführt. Dazu sind die Durchführungsöffnungen 25 mit jeweils einem Korrespondierenden, umlaufenden Kragen 26 versehen. Die Fixierung der Ultraschallschwinger 12 erfolgt separat in geeigneter, nicht dargestellter Weise außerhalb der vorderen Köpfe der Ultraschallschwinger 12, und zwar schwingungsmäßig entkoppelt.

Die Relativlage der Schwingerachse 24 in bezug auf die einzelnen Abschnitte der Düse 11 ist hier derart getroffen, daß sich die Schwingerachse 24 etwa im Verjägungsabschnitt 21 befindet, also etwa im Endbereich des Beschleunigungsabschnitts 20.

Die beiden Ultraschallschwinger 12 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel gleich ausgebildet, verfügen insbesondere über gleiche Leistungen, Frequenzen und Amplituden, erzeugen nämlich gleiche, einander überlagerte Ultraschallfelder 27 von etwa 20 KHz bei einer Schwingerleistung von 250 bis zu 3000 W. Im gezeigten Ausführungsbeispiel haben die beiden Ultraschallschwinger 12 einen Abstand von sechs Viertelwellen, wobei sie drei Drucknotenbereiche 28 bzw. 29 bilden, von denen der mittlere, auf der Schwingerachse 24 und der Längsmittelachse 18 liegende Knotenbereich 29 zur Zerstäubung des aus dem Tiegel 10 austretenden Strahls der zu zerstäubenden Schmelze dient.

Wie weiterhin der Fig 1 entnommen werden kann, verfügt die Düse 11 an ihrem unteren Rand über einen kreisringförmigen Flansch 30, an den der Druckbehälter 13 mit einem korrespondierenden Anschlußflansch 31 befestigbar ist, vorzugsweise lösbar durch nicht dargestellte Schrauben.

Der Druckbehälter kann im einfachsten Falle – wie gezeigt – aus einem zylindrischen Mantel 32 und einem ebenen, horizontalen Boden 33 bestehen. In diesem Falle kann der Boden 33 zur Aufnahme einer in der Fig 1 gezeigten Trägerplatte 34 dienen, auf die die zerstäubten Metallpartikel aufbringbar sind, und zwar vorzugsweise zum Kompaktieren.

Die Fig. 2 zeigt eine auf dem Boden 33 des Druckbehälters 13 angeordnete Negativform 35. Dadurch können im Druckbehälter bereits fertige Werkstücke beliebiger Gestalt durch Kompaktieren im superplastischen Zustand der Metallpartikel hergestellt werden. Vorzugsweise lassen sich so rotationssymmetrische Teile herstellen. Damit diese eine nahezu gleichmäßige Wandstärke erhalten, kann die Negativform 35 im Druckbehälter 13 um ihre (senkrechte) Rotationsachse durch einen geeigneten Antrieb kontinuierlich gedreht werden.

Alternativ ist es auch denkbar, abweichend vom gezeigten Ausführungsbeispiel den Druckbehälter so groß auszubilden, daß in diesem der Tiegel 10 mit der Düse 11 und den Ultraschallschwingern 12 vollständig eingesetzt werden kann, beispielsweise hängend unter einem den Druckbehälter verschließenden Deckel. Diese alternative Ausbildung des Druckbehälters ist in der Fig. 1 strichpunktirt angedeutet.

Die Fig. 3 zeigt eine alternative Anordnung einer Vielzahl von Ultraschallschwinger 12, derart, daß zur weiteren Leistungssteigerung mehrere Schwingerpaare aus einander gegenüberliegenden Ultraschallschwingern 12 vorgesehen sind. Dementsprechend sind in der Fig 3 dem Schwingerpaar aus den beiden Ultraschallschwingern 12 drei weitere strichpunktirt dargestellte Schwingerpaare zugeordnet, deren Schwingerachsen 24 in einer gemeinsamen horizontalen Ebene liegen zur Erzeugung weiterer Ultraschallfelder, die allesamt im (mittigen) Knotenbereich 29 auf der Längsmittelachse 18 der Vorrichtung liegen.

Die gezeigte Vorrichtung ermöglicht eine besonders hohe Zerstäubungsleistung und hohe Abschreckraten, indem durch mehrere Ultraschallschwinger 12, die jeweils ein gleiches Ultraschallfeld 27 erzeugen, eine hohe Energiedichte im Knotenbereich 29 entsteht und darüber hinaus die Ultraschallwelle 27 durch ein verdichtetes gasförmiges Medium mit hohen Energieübertragungseigenschaften hindurchgeleitet wird. Es ist aber auch möglich, eine Verbesserung der Zerstäubungsleistung bekannter Vorrichtungen bzw. Verfahren dieser Art schon dadurch zu erreichen, daß entweder (wie beim Stand der Technik) mit nur einem Ultraschallschwinger die Zerstäubung in einem unter Druck stehenden gasförmigen Medium, also im Druckbehälter 13 erfolgt, oder mit einer Mehrzahl von Ultraschallschwingern in einem unter (normalen) atmosphärischen Druck stehenden gasförmigen Medium das Zerstäuben des geschmolzenen Metalls erfolgt. In diesem Fall kann der Druckbehälter 13 oder der strichpunktirt dargestellte Druckbehälter entfallen.

Die in der Fig 1 gezeigte Vorrichtung arbeitet wie folgt: Das im Tiegel 10 durch die Heizspirale 17 erhitzte Granulat oder dergleichen aus metallischem Werkstoff gelangt durch die Öffnung 14 des Tiegels 10 in Form eines flüssigen Strahls in den Beschleunigungsabschnitt 20 der Düse 11, wo es vor Erreichen des Verjägungsabschnitts 21 im Knotenbereich 29 durch die Ultraschallwelle 27 zerstäubt wird. Die durch das Zerstäuben erfolgende, Beschleunigung der Metallpartikel bewirkt einen "Schlupf" desselben im gasförmigen Medium. Das hat eine Schnellabschreckung der zerstäubten Metallpartikel zur Folge. Die Schnellabschreckung wird erfindungsgemäß dadurch noch erhöht, daß zum einen das Zerstäuben in einem verdichteten gasförmigen Medium stattfindet, wodurch eine höhere Energie von der Ultraschallwelle 27 aufbringbar ist und zum anderen der Düse 11 durch den Ringkanal 23 mit Überdruck Inertgas (Stickstoff) oder Reaktionsgas (Wasserstoff) zuführbar ist, welches bis auf -200°C abgekühlt sein kann.

Die in der vorstehend beschriebenen Weise zerstäubten und schnell abgeschreckten Metallpartikel verfügen über sehr kleine, überwiegend globulare Körner ($< 0,1 \mu\text{m}$), die soweit abgekühlt sind, daß

keine Gefügeumwandlung mehr stattfindet, aber unter Ausnutzung der superplastischen Eigenschaften eine Verschweißung der Körner erfolgt, wenn diese kompaktiert werden, also auf die Trägerplatte 34 oder die Negativform 35 auf dem Boden 33 des Druckbehälters 13 druckunterstützt aufgebracht werden.

Die Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung, welches sich von demjenigen der Fig. 1 bis 3 dadurch unterscheidet, daß die Ultraschallschwinger 12 lageveränderlich der Düse 11 zugeordnet sind. Dazu sind die Ultraschallschwinger gleichermaßen, aber in entgegengesetzten Richtungen derart gegenüber der Düse 11 bzw. mit einem Teil derselben in ihrer Lage veränderlich, daß die Schwingerachse 24 aus der (normalen) Horizontalen herausschwenkbar ist. Dadurch lassen sich die zerstäubten Metallpartikel nach Erreichen des Knotenbereichs 29 gegenüber der Längsmittelachse 18 ablenken in eine aus der Vertikalen abweichende Richtung. Der von den zerstäubten Metallpartikeln gebildete Kegel mit Ursprung im Knotenpunkt 29 ist damit als Ganzes aus der Längsmittelachse 18 herausschwenkbar.

Darüber hinaus ist es denkbar, die Ultraschallschwinger 12 bei gleichbleibendem Abstand in Richtung längs zur Schwingerachse 24 zu verschieben, wodurch der Knotenbereich 29 sich exakt mit der Längsmittelachse 18 zur Deckung bringen läßt, bzw. bei einem von der Längsmittelachse 18 abweichenden Knotenbereich 29 mit dem aus dem Tiegel 10 austretenden Strahl flüssigen Metalls wieder zur Deckung bringen läßt. Auch sind so Abweichungen der Lage des Knotenbereichs 29 zwischen den Ultraschallschwingern 12 so ausgleichbar, daß der Knotenbereich 29 wiederum vom Strahl getroffen wird.

Bei dieser Vorrichtung sind die Ultraschallschwinger 12 ganz oder teilweise in einem als Faltenbalg 36 ausgebildeten Abschnitt der Düse 11 angeordnet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist nur der obere Hälfte der Ultraschallschwinger 12 der Faltenbalg 36 zugeordnet, so daß dieser den Beschleunigungsabschnitt 20 bzw. den Verjägungsabschnitt 21 der Düse 11 bildet. Die untere Hälfte der Ultraschallschwinger 12 ist einem festen Abschnitt der Düse 11, nämlich etwa dem Austrittsabschnitt 22 zugeordnet, der zusammen mit den Ultraschallschwingern 12 Verschenkbar ist.

Schließlich zeigt die Fig. 5 ein drittes Ausführungsbeispiel der Vorrichtung. Diese weicht dadurch von den vorstehenden Ausführungsbeispielen der Vorrichtung ab, daß drei vorzugsweise in einer gemeinsamen vertikalen Ebene nebeneinanderliegende Tiegel 10 der Düse 11 zugeordnet sind. Der Abstand dieser drei Tiegel 10 ist derart gewählt, daß die drei aus denselben austretenden Strahlen geschmolzenen Metalls auf jeweils einen der drei Druck Knotenbereiche 28 bzw. 29 des Ultraschallfeld-

des 27 gerichtet sind. Diese Vorrichtung ermöglicht eine besonders hohe Zerstäubungsleistung, in dem sämtliche Druck Knotenbereiche 28 und 29 des Ultraschallfeldes 27 zur Zerstäubung der Strahlen flüssigen Metalls dienen.

Die Arbeitsweisen dieser alternativen Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß der Fig. 1 sind prinzipiell mit der weiter oben beschriebenen Arbeitsweise der in der Fig. 1 gezeigten Vorrichtung vergleichbar.

Ansprüche

1. Vorrichtung zum Zerstäuben mindestens eines Strahls eines flüssigen Stoffs insbesondere geschmolzenen Metalls, in einem stehenden Ultraschallfeld mit einem Tiegel zum Schmelzen des zu zerstäubenden Stoffs, dadurch gekennzeichnet, daß zwei auf einer gemeinsamen Schwingerachse (24) einander mit Abstand gegenüberliegende aktive Ultraschallschwinger (12) zum Erzeugen des stehenden Ultraschallfeldes vorgesehen sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide Ultraschallschwinger (12) über die gleichen Kenngrößen, insbesondere die gleiche Leistung verfügen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallschwinger (12) derart relativ zum Tiegel (10) angeordnet sind, daß das von den Ultraschallschwingern (12) erzeugte stehende Ultraschallfeld (27) sowohl rechtwinklig als auch unter einem einstellbaren Winkel zur Längsmittelachse (18) der Vorrichtung verläuft.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Austrittsöffnung (14) der Schmelze aus dem Tiegel (10) eine an eine Gaszufuhrleitung angeschlossene Düse (11) angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich des engsten Querschnitts der Düse (11) die Ultraschallschwinger (12) angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse (11) lavaldüsenartig ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszufuhrleitung über einen Ringkanal (23) in die Düse (11) mündet.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Tiegel (10) von dem Ringkanal (23) umgeben ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Düse (11) ein Druckbehälter (13) nachgeordnet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens die Ultraschallschwinger (12), die Düse (11) und der Tiegel (10)

innerhalb des Druckbehälters (13) angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß im Druckbehälter (13) Einrichtungen zum Formen der zerstäubten Metallpartikel angeordnet sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Paare von jeweils auf einer gemeinsamen Schwingerachse mit Abstand gegenüberliegende angeordnete aktive Ultraschallschwinger (12) vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Paare gegenüberliegender Ultraschallschwinger (12) ein festgelegtes Ultraschallfeld (27) bilden, in dem sich ein oder mehrere Druckknotenbereiche (28, 29) ausbilden, wobei sich die Schwingerachsen in einem gemeinsamen Druckknotenbereich (23) kreuzen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils mindestens einem Druckknotenbereich (28, 29) mindestens ein Tiegel (10) und eine Düse (11) zum gleichzeitigen Zerstäuben mehrerer Strahlen zugeordnet sind.

15. Verfahren unter Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Inertgas oder ein Reaktionsgas unter Druck durch die Düse zugeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas auf eine Temperatur unterhalb des Liquiduspunktes des zu zerstäubenden Metalls zu dessen Schnellabschreckung gebracht wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar nach dem Zerstäuben die Stoffpartikel in dem zur Zerstäubung dienenden verdichteten Gas kompaktiert werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Kompaktieren unter Ausnutzung der superplastischen Eigenschaften der Metallpartikel durchgeführt wird.

Claims

1. An apparatus for pulverizing at least a jet of liquid material, in particular molten metal in a standing ultrasonic field including a container for melting the material to be pulverized, characterized in that a pair of active ultrasonic actuators (12) is provided opposite each other in a distance on a common oscillator axis (24) for generating said standing ultrasonic field.

2. The apparatus of claim 1, characterized in that both ultrasonic actuators (12) have identical characteristics, in particular identical power capacity.

3. The apparatus of claim 1 or 2, characterized in that said ultrasonic actuators (12) are mounted with respect to said container (10) such that the standing ultrasonic field (27) generated by said ultrasonic actuators (12) intersects the central longitudinal axis

(18) of the apparatus under an adjustable angle including an angle of 90°.

4. The apparatus of one of claims 1 to 3, characterized in that a nozzle (11) connected to a gas supply conduit is provided within the discharge opening (14) of the molten material in the container (10).

5. The apparatus of claim 4, characterized in that said ultrasonic actuators (12) are provided within the smallest cross-sectional area of said nozzle (11).

6. The apparatus of claim 4 or 5, characterized in that said nozzle (11) is shaped as a Laval nozzle.

7. The apparatus of one of claims 4 to 6, characterized in that said gas supply conduit opens into said nozzle (11) through an annular passage (23).

8. The apparatus of claim 7, characterized in that said container (10) is enclosed by said annular passage (23).

9. The apparatus of one of claims 4 to 8, characterized in that a pressure container (13) is provided downstream of said nozzle (11).

10. The apparatus of claim 9, characterized in that at least the ultrasonic actuators (12), the nozzle (11) and the container (10) are provided within said pressure container (13).

11. The apparatus of claim 9 or 10, characterized in that means for depositing the pulverized metal particles are provided within the pressure container (13).

12. The apparatus of one of claims 1 to 11, characterized in that a plurality of pairs of active ultrasonic actuators (12) is provided each pair opposite each other in a distance and on a common oscillator axis.

13. The apparatus of claim 12, characterized in that said pairs of oppositely disposed ultrasonic actuators (12) define a predetermined ultrasonic field (27) including one or a plurality of pressure nodal areas (28, 29), wherein the oscillator axes intersect each other in a common pressure nodal area (23).

14. The apparatus of claim 12 or 13, characterized in that at least a container (10) and a nozzle (11) for simultaneously pulverizing a plurality of jets are provided each for at least a pressure nodal area (28, 29).

15. A method to be performed with the apparatus according to one of claims 4 to 14, characterized in that a pressurized inert gas or reaction gas is supplied through the nozzle.

16. The method of claim 15, characterized in that the gas is brought to a temperature below the liquid point of the metal to be pulverized to allow a rapid quenching thereof.

17. The method of claim 15 or 16, characterized in that immediately after pulverizing the particles are compacted in the pressurized gas supplied for pulverizing.

18. The method of claim 17, characterized in that the compacting step is performed in utilizing the superplastic characteristics of the metal particles.

Revendications

1. Dispositif d'atomisation d'au moins un jet d'une matière liquide, en particulier de métal fondu, dans un champ stationnaire d'ultrasons, comportant un creuset pour la fusion de la matière à pulvériser, caractérisé en ce que deux émetteurs d'ultrasons actifs (12), destinés à engendrer le champ stationnaire d'ultrasons, sont prévus sur un axe commun d'émetteurs (24) en étant situés à distance l'un de l'autre.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux émetteurs d'ultrasons (12) possèdent les mêmes caractéristiques, en particulier la même puissance.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les émetteurs d'ultrasons (12) sont disposés par rapport au creuset (10) de telle manière que le champ stationnaire d'ultrasons (27) engendré par les émetteurs d'ultrasons (12) forme un angle droit aussi bien qu'un angle réglable par rapport à l'axe central longitudinale (18) du dispositif.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'un ajutage (11) raccordé à une conduite d'amenée de gaz est disposé dans la zone de l'orifice de sortie (14) du bain hors du creuset (10).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les émetteurs d'ultrasons (12) sont disposés dans la zone de la section transversale la plus étroite de l'ajutage (11).

6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que l'ajutage (11) est constitué en forme d'ajutage de Laval.

7. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que la conduite d'amenée de gaz débouche dans l'ajutage (11) par un canal annulaire (23).

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le creuset (10) est entouré par le canal annulaire (23).

9. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que l'ajutage (11) est disposé en aval d'un réservoir sous pression (13).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'au moins les émetteurs d'ultrasons (12), l'ajutage (11) et le creuset (10) sont situés à l'intérieur du réservoir sous pression (13).

11. Dispositif selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que des installations de formage de particules métalliques pulvérisées sont disposées dans le réservoir sous pression (13).

12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il est prévu plusieurs paires d'émetteurs d'ultrasons actifs (12) disposés respectivement à distance l'un de l'autre sur un axe d'oscillation commun.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que toutes les paires d'émetteurs d'ultrasons opposés (12) constituent un champ stationnaire

d'ultrasons (27) dans lequel s'établissent une ou plusieurs zones (28, 29) de noeuds de pression, les axes d'émetteurs se croisant dans une zone commune (23) de noeuds de pression.

14. Dispositif selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce qu'au moins un creuset (10) et un ajutage (11) sont respectivement associés au moins à une zone (28, 29) de noeuds de pression en vue de la pulvérisation simultanée de plusieurs jets.

15. Procédé utilisant le dispositif selon l'une des revendications 4 à 14, caractérisé en ce qu'un gaz inerte ou un gaz de réaction est amené sous pression à travers l'ajutage.

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le gaz est amené à une température inférieure au point de liquidus du métal à pulvériser en vue d'une trempe rapide de ce dernier.

17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que les particules de matière sont compactées immédiatement après la pulvérisation dans le gaz comprimé servant à la pulvérisation.

18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le compactage est effectué en utilisant les propriétés superplastiques des particules métalliques.

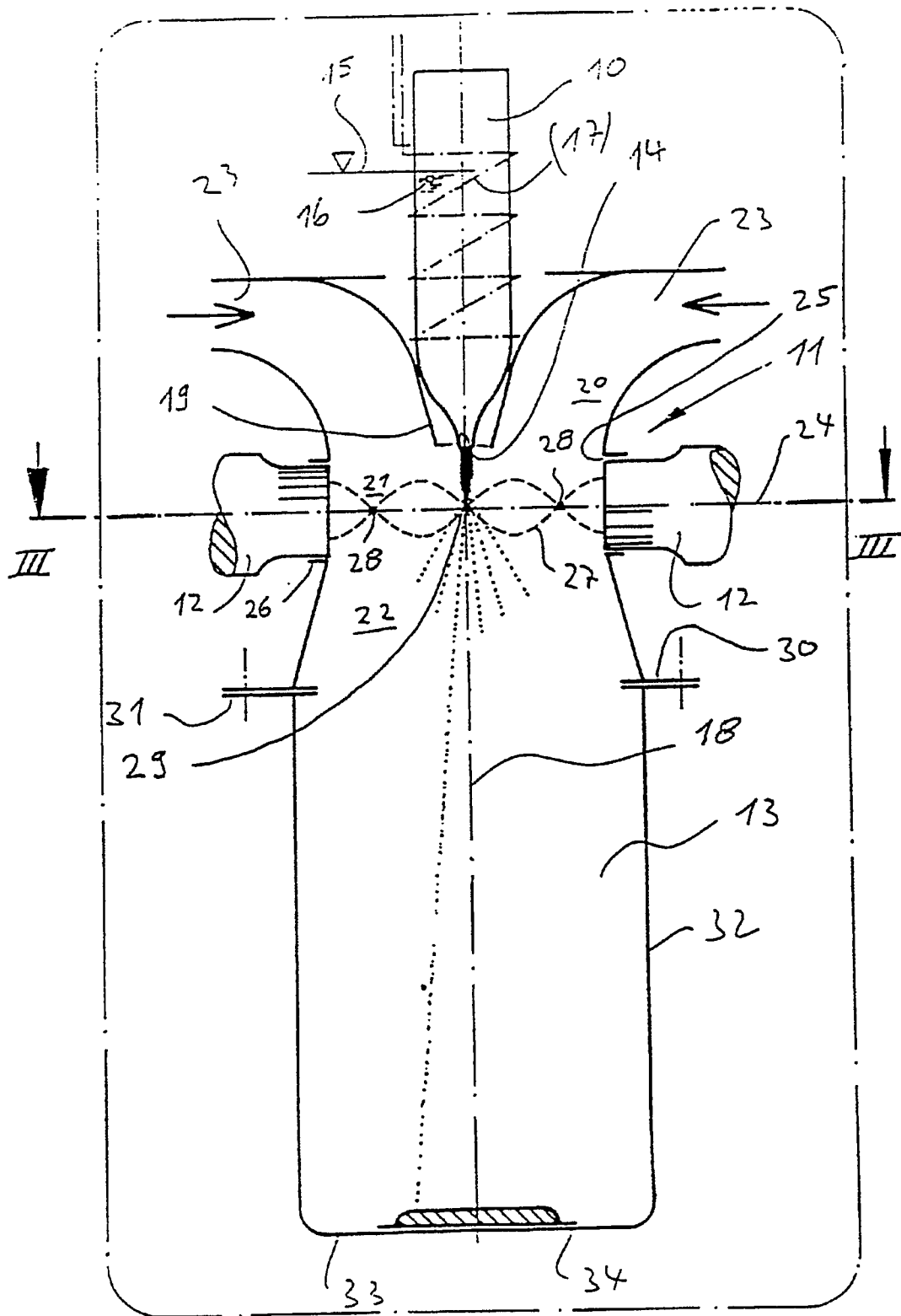
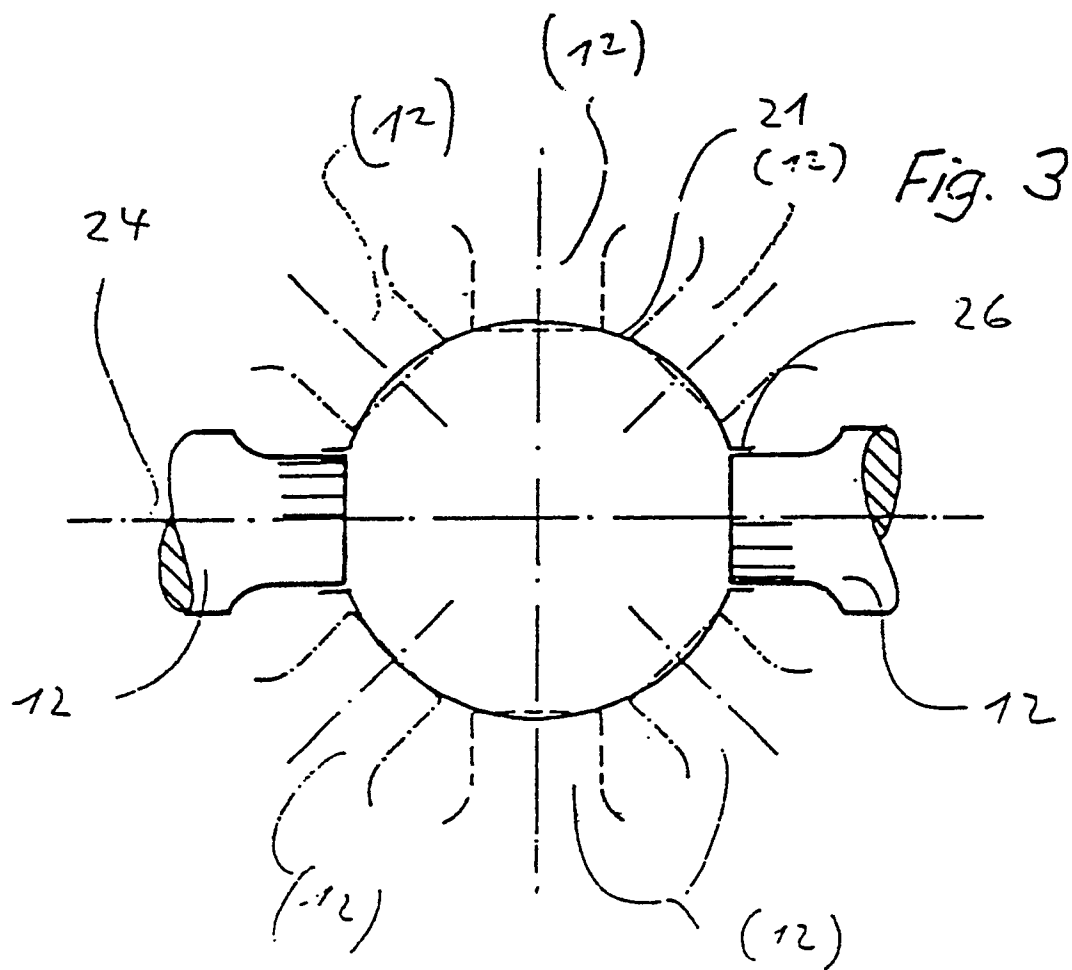
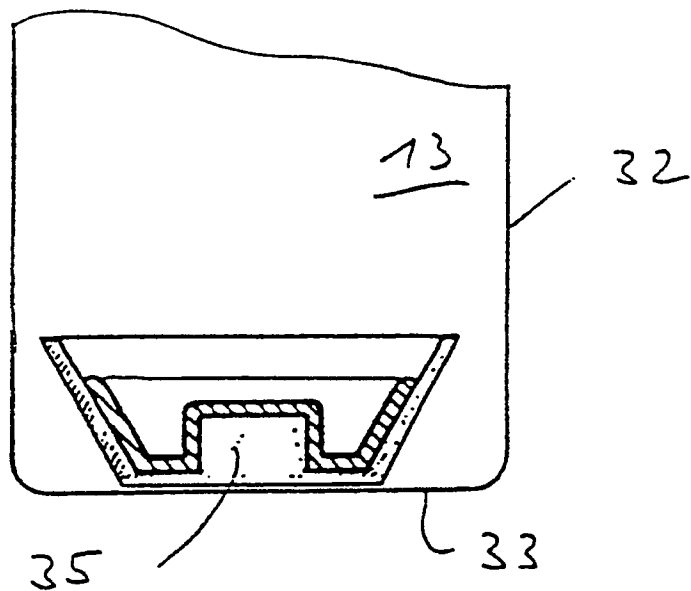


Fig. 1

Fig. 2



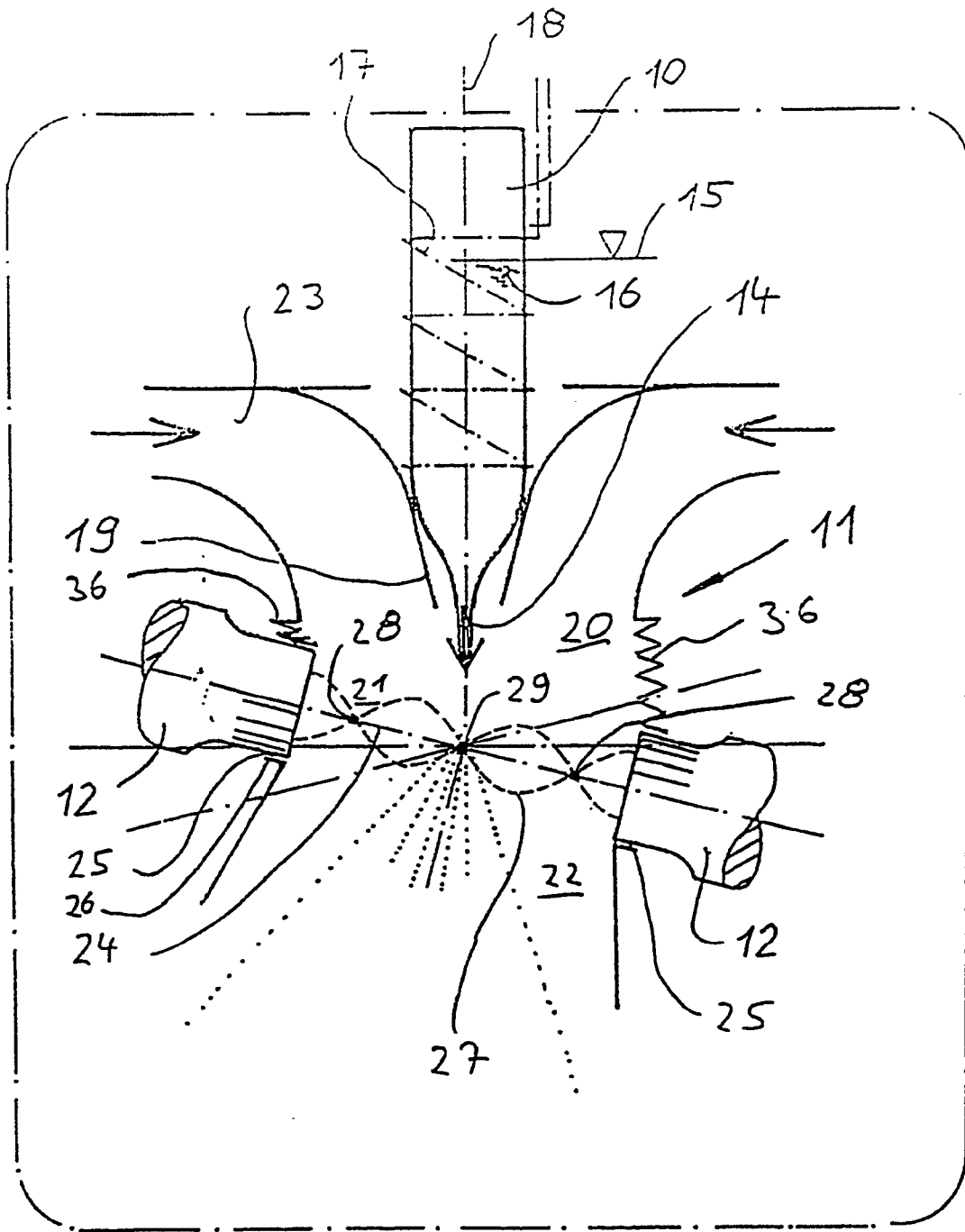


Fig. 4

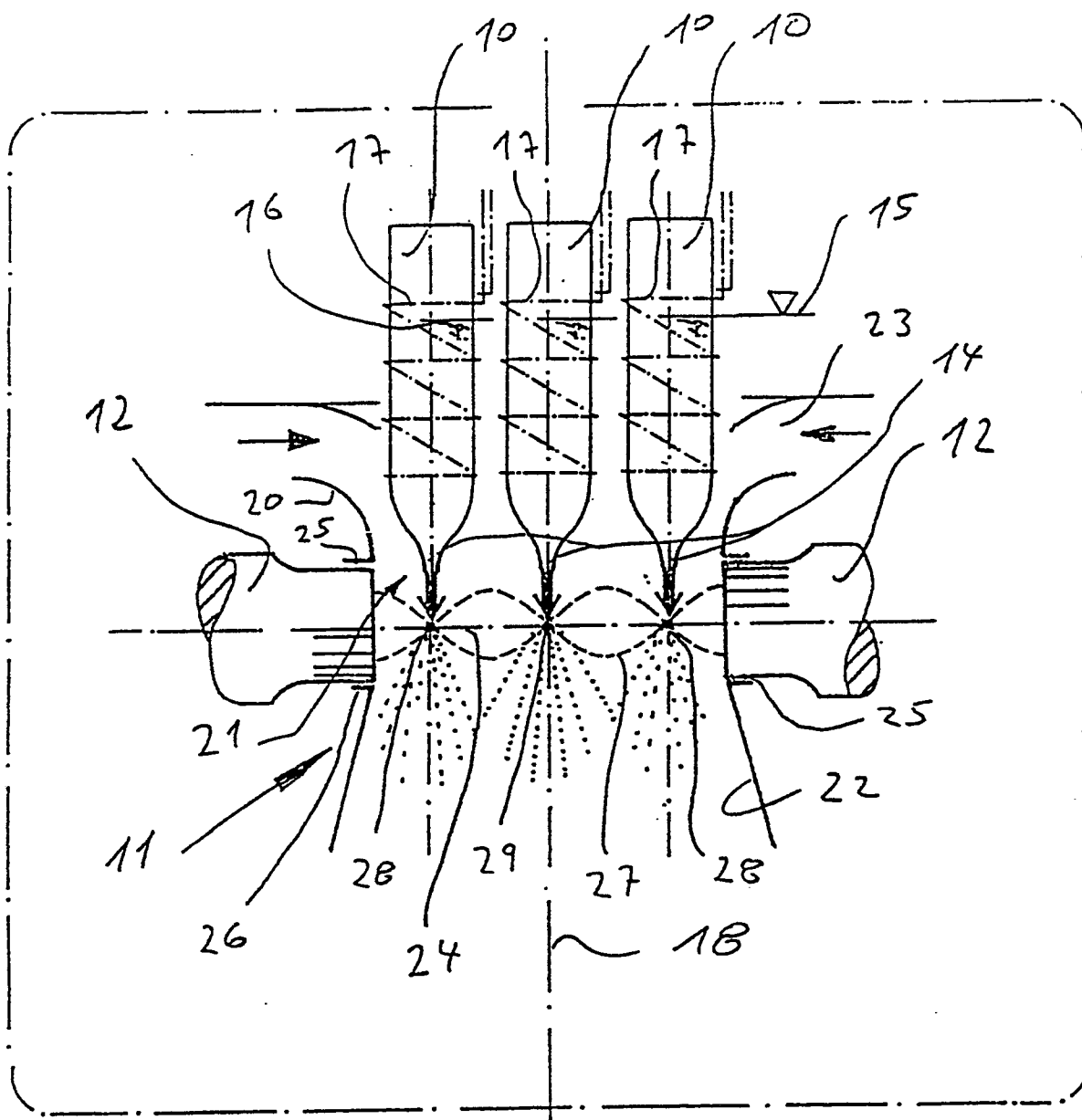


Fig. 5