



(11) **EP 1 765 536 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.03.2009 Patentblatt 2009/12

(51) Int Cl.:
B22F 9/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05748361.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2005/000214

(22) Anmeldetag: **16.06.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/123305 (29.12.2005 Gazette 2005/52)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON ERZEUGNISSEN AUS METALL**

METHOD FOR PRODUCING METAL PRODUCTS

PROCEDE DE FABRICATION DE PRODUITS EN METAL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(74) Vertreter: **Dungler, Karin et al**
c/o Patentanwälte
Dipl.-Ing. Manfred Beer und
Dipl.-Ing. Reinhard Hehenberger
Lindengasse 8
1070 Wien (AT)

(30) Priorität: **17.06.2004 AT 10282004**
02.08.2004 AT 13222004

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.03.2007 Patentblatt 2007/13

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 102 101 **US-A- 3 775 156**
US-A- 4 822 267

(73) Patentinhaber: **Schulz, Gunther**
38642 Goslar (DE)

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 011, Nr. 191 (M-600), 19. Juni 1987 (1987-06-19) -& JP 62 017103 A (TANAKA KIKINZOKU KOGYO KK), 26. Januar 1987 (1987-01-26)**

(72) Erfinder:
• **RIMMER, Karl**
A-9231 Köstenberg (AT)
• **SCHULZ, Gunther**
38642 Goslar (DE)

EP 1 765 536 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Erzeugnissen aus Metall, wie Folien, Beschichtungen und Formteilen, wie Bolzen, Rohren oder Blechen, aus Metall in Form von Halbzeug, bei dem das Metall des Halbzeuges geschmolzen und zerstäubt und schließlich wieder verfestigt wird, wobei das Metall berührungslos geschmolzen und das geschmolzene Metall in einer Gasdüse zu einem Sprühstrahl zerstäubt wird, indem der Gasdüse wenigstens ein Gasstrom zugeführt wird.

[0002] Die werkstofftechnischen Eigenschaften reaktiver Metalle, wie Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal, Chrom, Molybdän, Wolfram, Rhenium und ihrer Legierungen sowie von Superlegierungen (Legierungen auf Basis von Nickel oder Kobalt), werden entscheidend durch ihre Reinheit, insbesondere durch die Abwesenheit von Oxiden und keramischen Verunreinigungen bestimmt. Wegen der hohen Schmelzpunkte der genannten Metalle und Legierungen und der mechanischen Eigenschaften derselben sind Umformverfahren und Verfahren zur spanabhebenden Formgebung sehr aufwändig.

[0003] Aus der US 6,043,451 A ist ein Verfahren zum Plasmabeschichten von Bauteilen und zum Sprühkompaktieren von Folien aus Nickel-Titan-Legierungen bekannt. Das Metall wird bei dem aus der US 6,043,451 A bekannten Verfahren einem Plasmabrenner als Pulver oder Draht zugeführt. Das Herstellen von Pulver und Draht ist sehr aufwändig und teuer und erfordert mindestens eine Fertigungsstufe ausgehend von (großformatigem) Halbzeug. Bei pulverförmigem Metall besteht wegen der großen Oberfläche überdies erhöhte Gefahr der Aufnahme von Sauerstoff.

[0004] Nachteilig bei dem aus der US 6,043,451 A bekannten Verfahren ist die durch die Radialsymmetrie des Plasmabrenners bedingte Ausbildung eines kegelförmigen sprühstrahles aus geschmolzenem Metall, wodurch breitere Folien oder Beschichtungen nur durch Überlappen mehrerer Sprühkegel bzw. mehrmaliges Besprühen mit demselben Sprühkegel erzeugt werden können. Die so erzeugten Schichten haben ein ungewünschtes, inhomogenes oberflächenprofil (vgl. Fig. 2a). Die Produktionsleistung ist mit nur 3 kg/h (50g/min) sehr klein und somit für das Erzeugen dickerer Folien oder Beschichtungen oder von Halbzeugen, wie Bolzen, Rohren oder Blechen, wenig geeignet.

[0005] Das Zerstäuben von Flüssigkeiten durch Gasverdüsung ist bekannt.

[0006] Beispielsweise ist aus der DE 197 58 111 A ein Verfahren zum Herstellen von Metallpulver bekannt. Bei diesen bekannten Verfahren tritt die Metallschmelze in Form eines Films aus einer Düse mit schlitzförmiger Austrittsöffnung aus. Der Film wird von einer laminaren Gasströmung in einer Laval-Gasdüse stabilisiert und anschließend fein zerstäubt. Die Produktivität des Düsen-systems kann durch Verlängern des Düsen-schlitzes

ohne nachteilige Auswirkungen auf die Pulverqualität beliebig verändert werden. Beim Schmelzen in Behältern besteht jedoch grundsätzlich die Gefahr der Verunreinigung des erhaltenen Metallpulvers durch Werkstoffe der Behälter.

[0007] Das berührungslose Aufschmelzen von Metallen ist aus der US-A-4 822 267, der DE 41 02 101 A1 oder der JP 62 017103 A bekannt.

[0008] Aus der DE 41 02 101 A ist ein Verfahren bekannt, bei dem Metalle in Form einer vertikal angeordneten Stange mit radial-symmetrischem Querschnitt unter inerter Atmosphäre durch Induktion am unteren Ende abgeschmolzen werden. Die Schmelze tropft unter dem Einfluss der Schwerkraft und des elektromagnetischen Drucks (resultierend aus der Induktionsspule) ab. Die Tropfen werden dann durch einen aus einer Ring-spalt-düse austretenden Gasstrom zu einem relativ groben Pulver mit einer mittleren Korngröße von etwa 50µm mit breiter Korngrößenverteilung zerstäubt. Die Metallstange wird während des Abschmelzens um ihre Längsachse gedreht und entsprechend dem Verzehr in die Induktionsspule nachgeführt. Dazu ist ein aufwändiger Antrieb erforderlich. Der Gasverbrauch je Kilogramm Metallpulver ist hoch. Feine Pulver mit einer Korngröße unter 30µm können nur mit geringer Ausbeute hergestellt werden. Die Gesamtproduktivität des aus der DE 41 02 101 A bekannten Verfahrens ist mit etwa 20kg/Stunde gering und kann nicht ohne Qualitätseinbußen des Pulvers erhöht werden.

[0009] Ein Verfahren zum Herstellen von Metallverbunden ist des Weiteren aus der US-A-3 775 156 bekannt.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Gattung bereit zu stellen, mit dem ein direktes überführen von Metall, das beispielsweise als kommerziell erhältliches Halbzeug vorliegt, in Metallfolien, Oberflächenbeschichtungen oder andersformatige Erzeugnisse (Halbzeuge) mit hohler Produktivität kostengünstig und ohne die Gefahr des Einbringens von Verunreinigungen möglich ist.

[0011] Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren, welches die Merkmale vom Anspruch 1 aufweist.

[0012] Vorteilhafte und bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird Metall in Form eines handelsüblich erhältlichen Halbzeuges, das beispielsweise die Form eines Quaders hat, berührungslos aufgeschmolzen und zu einem linearen, insbesondere keilförmigen, Sprühstrahl verdüst. Dieser Sprühstrahl wird benützt, um das gewünschte Erzeugnis aus Metall zu erzeugen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können verschiedene Erzeugnisse aus Metall hergestellt werden. In jedem Fall ist gewährleistet, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Verunreinigungen des Metalls ausgeschlossen oder doch weitestgehend verhindert sind. Mit dem erfindungsgemäßen Ver-

fahren können Erzeugnisse aus Metall hergestellt werden, indem beispielsweise Oberflächen beschichtet oder Halbzeuge, wie Folien, Bleche oder Bolzen, hergestellt werden.

[0014] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird das Metall des Halbzeuges geschmolzen, zerstäubt, auf einen Träger gesprüht und auf dem Träger verfestigt. Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise auch zum Beschichten von Werkstücken angewendet werden.

[0015] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann Halbzeug, z.B. ein Bolzen, des Metalls, das eine im wesentlichen rechteckige Querschnittsform aufweist, induktiv an der Oberfläche seiner beiden Längsseiten seiner Stirnseite geschmolzen werden. Die abschmelzende Stirnseite befindet sich innerhalb der laminaren Gasströmung einer linearen Düse. Die beiden Hälften der linearen Venturi-Düse bestehen bevorzugt aus einem nicht an das Magnetfeld der Induktionsheizung ankoppelnden Werkstoff.

[0016] In einer Ausführungsform der Erfindung sind in die Venturi-Halbdüse Rohre aus Metall, vorzugsweise Kupfer, eingelassen, welche als Leiter für den induktiven Erregerstrom bei gleichzeitiger Kühlung durch ein Kühlfluid, beispielsweise Wasser, dienen. Die Rohre sind beispielsweise jeweils an den Enden der Venturi-Halbdüse über weitere Rohre miteinander verbunden.

[0017] Bei dieser Ausführungsform streichen die Gasströme über die schmelzende Oberfläche des beispielsweise in Form eines Bolzens zugeführten Halbzeuges und fördern die Schmelze in Form zwei sehr dünner Filme zur Bolzenspitze. Hier vereinigen sich beide Filme und der entstehende Schmelzefilm wird von der laminaren Gasströmung weiter stabilisiert, beschleunigt und schließlich zu feinen Tröpfchen zerstäubt.

[0018] Bei der Erfindung muss der Flüssigkeits-(schmelze-)film nicht mit einer nach unten gerichteten Bewegung aus der Düse austreten. Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet unabhängig von der Lage, also nicht nur vertikal nach oben, sondern auch horizontal oder vertikal nach unten, sowie in jeder anderen Ausrichtung.

[0019] Die Führung des Flüssigkeitsfilmes, insbesondere des Films aus Metallschmelze, durch die Gasströmung ist stärker als die auf die Schmelze wirkende Schwerkraft. Die Unabhängigkeit der Lage der Zerstäubungsdüse gibt dem Konstrukteur von Düsungsanlagen gemäß der Erfindung gestalterische Freiheitsgrade, die in einer Verringerung der Bauhöhe der Anlage genutzt werden können.

[0020] In einer Ausführungsform wird das erfindungsgemäße Verfahren in einem Behälter ausgeführt, wobei in einer Ausführungsform ein praktisch kontinuierliches Erzeugen von Metallprodukten möglich ist, indem an das durch Abschmelzen nahezu aufgebrauchte Halbzeug ein neues Halbzeug angeschlossen, z.B. durch wenigstens eine Schweißnaht, verbunden wird. Durch wiederholtes Einschleusen und Anschweißen weiterer Halbzeuge, insbesondere Halbzeug in Form von Metallstangen,

kann der eigentliche Verdünnungsprozess kontinuierlich und kostengünstig ausgeführt werden.

[0021] Weitere Einzelheiten und Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. Es zeigt Fig. 1 schematisch eine Anordnung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens, Fig. 2 eine andere Anordnung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens, Fig. 3a eine Beschichtung, wie sie nach dem Stand der Technik (US 6,043,451 A) erhältlich ist und Fig. 3b eine Beschichtung, wie sie beim Anwenden des erfindungsgemäßen Verfahrens herstellbar ist.

[0022] Die in Fig. 1 gezeigte Anordnung ist eine beispielsweise Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Herstellen einer Folie aus Metall. Diese Anordnung besteht aus einer länglichen (linearen) Gasdüse 1, in der wassergekühlte Kupferrohre 2 angeordnet sind. Die Kupferrohre 2 dienen dazu, ein induktives Magnetfeld zu erzeugen. Das zu verarbeitende Halbzeug 3 aus Metall mit im wesentlichen rechteckigem Querschnitt wird in die langgestreckte Eingangsöffnung der Gasdüse 1 eingeführt und unter Wirkung des induktiven Magnetfeldes berührungslos an seinen Längsseiten geschmolzen.

[0023] Eine durch eine nicht näher gezeigte Einrichtung auf die langgestreckte Mündung der Gasdüse 1 gerichtete Gasströmung 4, die bevorzugt symmetrisch ist, also von beiden Seiten des Halbzeuges 3 in die Gasdüse 1 gerichtet wird, nimmt das geschmolzene Metall mit und fördert es unter Ausbildung eines dünnen Filmes 5 durch die Mündung der Gasdüse 1. Die bei der Erfindung verwendete Gasdüse 1 kann als Laval-Düse oder als Venturi-Düse ausgebildet sein. Nach dem Durchtritt durch die engste Stelle der Gasdüse 1 (langgestreckte Mündung derselben) wird der Film 5 aus Metallschmelze zu einem linearen keilförmigen, im wesentlichen zeltförmigen Sprühstrahl 6 zerstäubt. Der Sprühstrahl 6 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel auf ein endloses und gekühltes Metallband 7 als Träger gerichtet.

[0024] Die Tröpfchen geschmolzenen Metalls sind zum Zeitpunkt des Auftreffens auf das Metallband 7 flüssig oder noch wenigstens teilweise flüssig und erstarren zu einer Metallfolie 8 mit homogener Oberfläche (ausgenommen die beiden Ränder). Die Metallfolie 8 kann nach ihrem vollständigen Erstarren, das durch erzwungenes Abkühlen unterstützt werden kann, und Ablösen vom Metallband 7 zu einer Folienrolle 9 aufgewickelt werden.

[0025] Durch Anpassen der Länge des Sprühstrahles 6 an die gesamte (ganze) Breite der Oberfläche des Trägers 7, z. B. des endlosen Metallbandes 7 oder des Halbzeuges - mit Ausnahme der beiden Ränder - kann Metall in gleichmäßiger Dicke auf den Träger 7 aufgebracht werden.

[0026] Fig. 3a zeigt das Sprühergebnis mit einer konventionellen Runddüse (vgl. US 6,043,451 A), bei dem mehrere Metallraupen 1 bis 4 nebeneinander gesprüht werden. Fig. 3b zeigt eine Metallfolie 8, die mit dem er-

findungsgemäßen Verfahren hergestellt worden ist, bei dem in einem einzigen Sprühvorgang eine gleichmäßig dicke Metallschicht (Folie 8) entsteht.

[0027] Die Produktivität des Verfahrens der Erfindung läßt sich über die Länge des Sprühstrahls sowie über die Abschmelzheizleistung der Induktionsheizung beliebig einstellen.

[0028] Das als Rohmaterial bevorzugt in Form von Halbzeug zugefügte Metall wird in einem Arbeitsgang in das gewünschte Endprodukt übergeführt, kommt daher nur mit dem Verdüsungsgas in Berührung und kann, wenn die Reinheit der Gasatmosphäre hoch genug ist, ohne Zunahme an Verunreinigungen in das Erzeugnis aus Metall übergeführt werden.

[0029] Bei dem erfindungsgemäß Verfahren wird in einer Ausführungsform reaktives Metall oder Legierung durch Sprühkompaktieren thermisch verdichtet, wobei das Ausgangsmaterial in Form von Halbzeug berührungsfrei, insbesondere induktiv geschmolzen und zu einem linearen, keilförmigen Sprühstrahl zerstäubt wird. Die Teilchen des Sprühstrahls werden beispielsweise auf einem Substrat zu einem Erzeugnis sprühkompaktiert oder als Oberflächenbeschichtung auf ein Bauteil aufgebracht.

[0030] Mit dem erfindungsgemäß Verfahren können beliebige Metalle, insbesondere reaktive Metalle, wie Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal, Chrom, Molybdän, Wolfram, Rhenium oder eine Legierung auf Basis dieser Metalle, verarbeitet werden.

[0031] Insbesondere ist das erfindungsgemäße Verfahren für das Verarbeiten einer Nickel-Titan-Legierung oder einer Superlegierung auf Basis von Nickel oder Kobalt geeignet.

[0032] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das zu verarbeitende Halbzeug ein Verbundwerkstoff aus hochschmelzenden Phasen und niedrigschmelzender Bindematrix. Die hochschmelzende Phase kann ein Carbid sein.

[0033] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können unter anderem Erzeugnisse in Form von Folien, Blechen, Rohren oder Bolzen hergestellt werden.

[0034] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, dass sich die Reinheit des Erzeugnisses nur geringfügig von der Reinheit des Ausgangsmaterials (Halbzeug) unterscheidet.

[0035] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren besteht die Möglichkeit, die Produktivität je Längeneinheit des Sprühstrahls über die zugeführte Heizleistung (induktive Heizung) stufenlos zu regeln.

[0036] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren besteht auch die Möglichkeit, nacheinander mehrere langgestreckte Sprühstrahlen auf ein und dasselbe Substrat zu sprühen, um eine höhere Schichtdicke zu erzielen.

[0037] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zusätzlich zu dem Sprühstrahl aus geschmolzenem Metall in Form von Tröpfchen über eine weitere Düse Dispersoide gezielt eingebracht. Solche Dispersoide können beispielsweise sein: Silizium-

carbid, Wolframcarbid, Korund (Al_2O_3) oder Zirkoniumoxid. Zweck des Zusatzes solcher Dispersoide und anderer Zusatzstoffe, die auch flüchtig sein können, ist es, die Eigenschaften des Verfahrensproduktes in die gewünschte Richtung zu beeinflussen.

[0038] Um das Ablösen des Erzeugnisses vom Träger 7 (Substrat) zu vereinfachen, kann auf das Substrat vor dem Sprühkompaktieren ein Trennmittel aufgebracht werden.

[0039] Das erfindungsgemäße Verfahren kann wie nachstehend an einem Beispiel beschrieben ausgeführt werden.

[0040] In einem gasdichten, argongefüllten Behälter, der sich auf gleichem Druck wie die Behälterumgebung befindet, wird eine Stange aus Titan mit rechteckigem Querschnitt (Ausgangsabmessung: Breite 50 mm, Dicke 40 mm, Länge 3000 mm) tiegfelfrei mit einer Induktionsfrequenz von 350 kHz abgeschmolzen und mit 5 kg/min verdüst. Wenn die erste Stange auf eine Länge von 500 mm abgeschmolzen ist, wird eine neue Stange, nachdem sie die Vorschleusenkammer mit Inertisierung und Druckausgleich passiert hat, an das der Verdüsung abgewandte Ende der ersten Stange herangeführt, und die beiden Stangen werden an ihren beiden dem Abschmelzaggregat abgewandten Seiten linear mittels Laserstrahl ohne Zusatzwerkstoff miteinander verschweißt. Die Nahtstelle hält beide Stangen zusammen, bis sie schließlich selbst die Abschmelzzone erreicht und mitaufgeschmolzen wird. Durch wiederholtes Einschleusen und Anschweißen einer neuen Metallstange kann der eigentliche Verdüsungprozess kontinuierlich und kostengünstig durchgeführt werden. Bei einem Gasdruck von 30 bar in der Rohrleitung vor der linearen Gasdüse wird ein Pulver mit einer mittleren Korngröße von 9,0 μm erhalten.

[0041] Eine hierzu beispielsweise geeignete Vorrichtung ist in Fig. 2 dargestellt. Diese Vorrichtung besitzt eine lineare Gasdüse 10 mit interner Zuführung des primären Verdüsungsgases 13. In die lineare Gasdüse 10 ist eine Induktionsspule 12 integriert. Aus der linearen Gasdüse 10 tritt, wie in Fig. 2 schematisch angedeutet, primäres Verdüsungsgas 13 aus und zwar im gezeigten Ausführungsbeispiel symmetrisch, sodass zwei Ströme primären Verdüsungsgases 13 vorliegen.

[0042] Des Weiteren ist in der linearen Gasdüse 10 eine sekundäre Gasströmung 14 vorgesehen, welche an dem von der Metallstange 15 mit rechteckigem Querschnitt abschmelzenden Metall einen Schmelzefilm 21 bildet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird die abschmelzende Metallstange 15 durch drehangetriebene Führungsrollen 18 zur Gasdüse 10 hin vorgeschoben.

[0043] Die primären Gastströme 13 werden durch das primär innerhalb der Gasdüse 10 zugeführte Verdüsungsgas erzeugt. Die primären Gasströme 13 erzeugen einen lokalen Unterdruck, durch den Gas angesaugt wird, das die als Stützgas dienenden sekundären Gasströme 14 bildet.

[0044] Die gesamte Anordnung ist in einem Gehäuse

19 untergebracht, das mit einem Inertgas, insbesondere Argon, gefüllt ist, wobei sich das Gas in dem Gehäuse 19 auf gleichem Druck wie die Behälterumgebung befindet.

[0045] Die Metallstange 15 kann beispielsweise eine Stange aus Titan sein. Unter der Einwirkung der primären Verdüsungsgasströme 13 wird aus dem Schmelzefilm 21 ein Sprühstrahl aus Metalltröpfchen 22 gebildet. Diese Tröpfchen geschmolzenen Metalls 22. können, wie anhand von Fig. 1 und 2b beschrieben, sprühkompaktiert werden.

[0046] Um ein quasi kontinuierliches Arbeiten zu ermöglichen, kann beim erfindungsgemäßen Verfahren, so wie in Fig. 2 angedeutet, an den abschmelzenden Metallstab 15 ein weiterer Metallstab mit rechteckigem Querschnitt angefügt werden, indem er mit dem Metallstab 15 durch zwei Schweißnähte 17, die insbesondere parallel zur Zeichenebene der Fig. 2 ausgerichtet sind, verbunden wird. Der nachgeführte Metallstab 16 wird ebenfalls durch drehangetriebene Führungsrollen 18 geführt. Im Anschluss an die lineare Gasdüse 10 ist noch ein Behälter 25 vorgesehen, in dem sich das in Tröpfchen zerteilte, geschmolzene Metall (Metalltröpfchen bzw. Pulverpartikel 22) zu einem Metallpulver verfestigen.

[0047] Zusammenfassend kann ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wie folgt dargestellt werden:

[0048] Zum Herstellen von Erzeugnissen aus Metall, wie Pulvern, Folien, Beschichtungen, und Formteilen, wie Bolzen, Rohren oder Blechen aus Metall in Form von Halbzeug 15, wird das Metall des Halbzeuges 15 durch ein induktives Magnetfeld 12 geschmolzen, zerstäubt und in einer Kammer 25 zu einem Pulver erstarren gelassen oder auf einen Träger gesprüht und auf dem Träger verfestigt. Das geschmolzene Metall wird in einer Gasdüse 10, die entweder als Laval-Düse oder als Venturi-Düse ausgebildet ist, als Film 21, der durch Gasströme 14 stabilisiert wird, zugeführt und dann durch weitere Gasströme 13 zerstäubt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Erzeugnissen aus Metall, wie Folien, Beschichtungen und Formteilen, wie Bolzen, Rohren oder Blechen, aus Metall in Form von Halbzeug, bei dem das Metall des Halbzeuges geschmolzen und zerstäubt und schließlich wieder verfestigt wird, wobei das Metall berührungslos geschmolzen und das geschmolzene Metall in einer Gasdüse zu einem Sprühstrahl zerstäubt wird, indem der Gasdüse wenigstens ein Gasstrom zugeführte wird, wobei das geschmolzene Metall in Form des Sprühstrahls auf einem Träger verfestigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall induktiv geschmolzen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall in Form von Blöcken zugeführte wird, die im Bereich ihrer Seiten angeschmolzen werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasdüse zwei Gasströme von gegenüberliegenden Seiten zugeführt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das geschmolzene Metall zu einem langgestreckten Sprühstrahl zerstäubt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das verfestigte Metall vom Träger als Metallfolie entfernt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das verfestigte Metall auf dem Träger eine auf diesem verbleibende Beschichtung bildet.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sprühkompaktieren von Metall wiederholt wird, um höhere Schichtdicken des Erzeugnisses zu erzielen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das geschmolzen Metall zu einem langgestreckten Sprühstrahl, der über eine Breite, die wenigstens so groß ist wie die Breite des herzustellenden erzeugnisses zerstäubt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das geschmolzene Metall in einer länglichen Gasdüse zu einem Sprühstrahl zerstäubt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Nickel-Titan-Legierung verarbeitet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Metall aus der Gruppe bestehend aus Eisen, Kupfer, Aluminium, Zink, Zinn, Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal, Chrom, Molybden, Wolfram, Rhenium oder eine Legierung auf Basis von wenigstens zwei dieser Metalle verarbeitet wird.
13. verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu verarbeitende Metall eine superlegierung auf Basis von Nickel oder Kobalt ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu verarbeitende Metall ein Verbundwerkstoff aus einer hochschmelzenden Phase und einer niedrighschmelzenden Bindematrix ist.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hochschmelzende Phase ein Carbid, Oxid oder Nitrid ist.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich zu dem Sprühstrahl aus geschmolzenem Metall in Form von Tröpfchen aus einer weiteren Düse Dispersoide eingebracht werden.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Dispersoide Carbide, Oxide und/oder Nitride eingebracht werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Herstellen von Halbzeug, vor dem Sprühkompaktieren auf den Träger ein Trennmittel aufgebracht wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Halbzeug aus Metall in Form von Stäben, insbesondere quaderförmigen Stäben, zugeführt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Halbzeug, noch bevor es aufgebraucht ist, ein weiteres Halbzeug angeschlossen und mit dem nahezu aufgebrauchten Halbzeug verbunden wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbzeuge miteinander durch Schweißen verbunden werden.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall in einem mit Schutzgas gefüllten Gehäuse der Gasdüse zugeführt wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** das geschmolzene Metall durch sekundäre Gasströme im Bereich vor und in der Gasdüse zu einem Film aus Metallschmelze geformt wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Film aus Metallschmelze durch zwei bezüglich der Gasdüse symmetrische sekundäre Gasströme gebildet und stabilisiert wird.
25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Film aus Metallschmelze

durch primäre Gasströme nach dem Durchtritt durch die Gasdüse zerstäubt wird.

5 Claims

1. Method for producing products made of metal, such as foils, coatings and moulded parts, such as bolts, pipes or metal sheets, from metal in the form of semifinished items, in which the metal of the semifinished item is melted and atomised and finally solidified again, the metal being melted without contact and the molten metal being atomised in a gas nozzle to form a spray jet, in that at least one gas flow is supplied to the gas nozzle, the molten metal in the form of the spray jet being solidified on a carrier.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the metal is melted inductively.
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the metal is supplied in the form of blocks which are melted off the region of the sides thereof.
4. Method according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** two gas flows are supplied to the gas nozzle from opposite sides.
5. Method according to one of the claims 1 to 4, **characterised in that** the molten metal is atomised to form an elongated spray jet.
6. Method according to one of the claims 1 to 5, **characterised in that** the solidified metal is removed from the carrier as a metal foil.
7. Method according to one of the claims 1 to 6, **characterised in that** the solidified metal on the carrier forms a coating which remains on the latter.
8. Method according one of the claims 1 to 7, **characterised in that** the spray compaction of metal is repeated in order to achieve higher layer thicknesses of the product.
9. Method according to one of the claims 1 to 8, **characterised in that** the molten metal is atomised to form an elongated spray jet which, across one width, is at least as large as the width of the product to be produced.
10. Method according to claim 9, **characterised in that** the molten metal is atomised in an oblong gas nozzle to form a spray jet.
11. Method according to one of the claims 1 to 10, **characterised in that** a nickel-titanium alloy is processed.

12. Method according to one of the claims 1 to 11, **characterised in that** at least one metal from the group comprising iron, copper, aluminium, zinc, tin, titanium, zirconium, hafnium, vanadium, niobium, tantalum, chromium, molybdenum, tungsten, rhenium or an alloy based on at least two of these metals is processed. 5
13. Method according to one of the claims 1 to 9, **characterised in that** the metal to be processed is a superalloy based on nickel or cobalt. 10
14. Method according to one of the claims 1 to 13, **characterised in that** the processing metal is a composite material made of a high-melting phase and a low-melting binder matrix. 15
15. Method according to claim 14, **characterised in that** the high-melting phase is a carbide, oxide or nitride. 20
16. Method according to one of the claims 1 to 15, **characterised in that**, in addition to the spray jet made of molten metal, in the form of droplets, dispersoids are introduced from a further nozzle. 25
17. Method according to claim 16, **characterised in that** carbides, oxides and/or nitrides are introduced as dispersoids.
18. Method according to one of the claims 1 to 17, **characterised in that**, during the production of a semi-finished item, prior to the spray compaction, a separating agent is applied on the carrier. 30
19. Method according to one of the claims 1 to 18, **characterised in that** the semifinished item made of metal is supplied in the form of rods, in particular cuboid rods. 35
20. Method according to one of the claims 1 to 19, **characterised in that**, even before said semifinished item is consumed, a further semifinished item is added to it and connected to the nearly consumed semifinished item. 40
21. Method according to claim 20, **characterised in that** the semifinished items are connected to each other by welding. 45
22. Method according to one of the claims 1 to 21, **characterised in that** the metal is supplied to the gas nozzle in a housing which is filled with inert gas. 50
23. Method according to one of the claims 1 to 22, **characterised in that** the molten metal is formed into a film made of metal melt by means of secondary gas flows in the region in front of and in the gas nozzle. 55

24. Method according to claim 23, **characterised in that** the film made of metal melt is formed and stabilised by means of two secondary gas flows which are symmetrical relative to the gas nozzle.

25. Method according to claim 23 or 24, **characterised in that** the film made of metal melt is atomised by means of primary gas flows after passage through the gas nozzle.

Revendications

1. Procédé de fabrication de produits en métal, tels que des feuilles, des revêtements et des pièces formées, telles que des boulons, des tubes ou des plaques, en métal sous la forme de demi-produit, dans lequel le métal du demi-produit est mis en fusion et est atomisé et, enfin, est à nouveau consolidé, le métal étant mis en fusion sans contact et le métal en fusion étant atomisé dans une tuyère à gaz pour former un jet de pulvérisation, du fait qu'au moins un flux de gaz est acheminé vers la tuyère à gaz, le métal en fusion sous forme de jet de pulvérisation étant consolidé sur un support. 25
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le métal est mis en fusion par voie inductive.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le métal est acheminé sous forme de blocs, qui sont mis en fusion dans la zone de leurs côtés. 30
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** deux flux de gaz émanant de côtés opposés sont acheminés vers la tuyère à gaz. 35
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le métal en fusion est atomisé pour former un jet de pulvérisation allongé. 40
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le métal consolidé est retiré du support sous la forme d'une feuille métallique. 45
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le métal consolidé sur le support forme un revêtement destiné à rester sur celui-ci. 50
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le compactage du jet de métal est répété pour obtenir de plus grandes épaisseurs de couche du produit. 55

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le métal en fusion est atomisé pour former un jet de pulvérisation allongé qui, sur une largeur, est au moins aussi grand que la largeur du produit à réaliser. 5
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le métal en fusion est atomisé dans une tuyère à gaz longitudinale pour former un jet de pulvérisation.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** l'alliage traité est un alliage de nickel et titane.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** l'on traite au moins un métal choisi dans le groupe formé par le fer, le cuivre, l'aluminium, le zinc, l'étain, le titane, le zirconium, le hafnium, le vanadium, le niobium, le tantale, le chrome, le molybdène, le tungstène, le rhénium ou un alliage basé sur au moins deux de ces métaux. 20
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le métal à traiter est un superalliage à base de nickel ou de cobalt. 25
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** le métal à traiter est un matériau composite formé par une phase à point de fusion élevé et une matrice de liaison à bas point de fusion. 30
15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la phase à point de fusion élevé est un carbure, un oxyde ou un nitrure. 35
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que**, en plus du jet de pulvérisation formé par un métal en fusion, des dispersoïdes sont introduits sous forme de gouttelettes projetées par une autre tuyère. 40
17. Procédé selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** les dispersoïdes ajoutés sont des carbures, des oxydes et/ou des nitrures. 45
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que**, lors de la réalisation d'un demi-produit, un agent de séparation est déposé sur le support avant le compactage du jet. 50
19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce que** le demi-produit en métal est acheminé sous forme de barres, en particulier des barres parallélépipédiques. 55
20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, **caractérisé en ce que**, encore avant l'épuisement du demi-produit, un autre demi-produit est raccordé à ce dernier et est relié au demi-produit pratiquement épuisé.
21. Procédé selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** les demi-produits sont assemblés entre eux par soudage.
22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, **caractérisé en ce que** le métal est acheminé vers la tuyère à gaz dans un boîtier rempli de gaz de protection. -
23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, **caractérisé en ce que** le métal en fusion, dans la zone en amont de la tuyère à gaz ou à l'intérieur de celle-ci, est formé par des flux de gaz secondaires en un film constitué d'un métal en fusion.
24. Procédé selon la revendication 23, **caractérisé en ce que** le film constitué d'un métal en fusion est formé et stabilisé par deux flux de gaz secondaires, symétriques par rapport à la tuyère à gaz.
25. Procédé selon la revendication 23 ou 24, **caractérisé en ce que** le film constitué d'un métal en fusion est atomisé par des flux de gaz primaires après le passage à travers la tuyère à gaz.

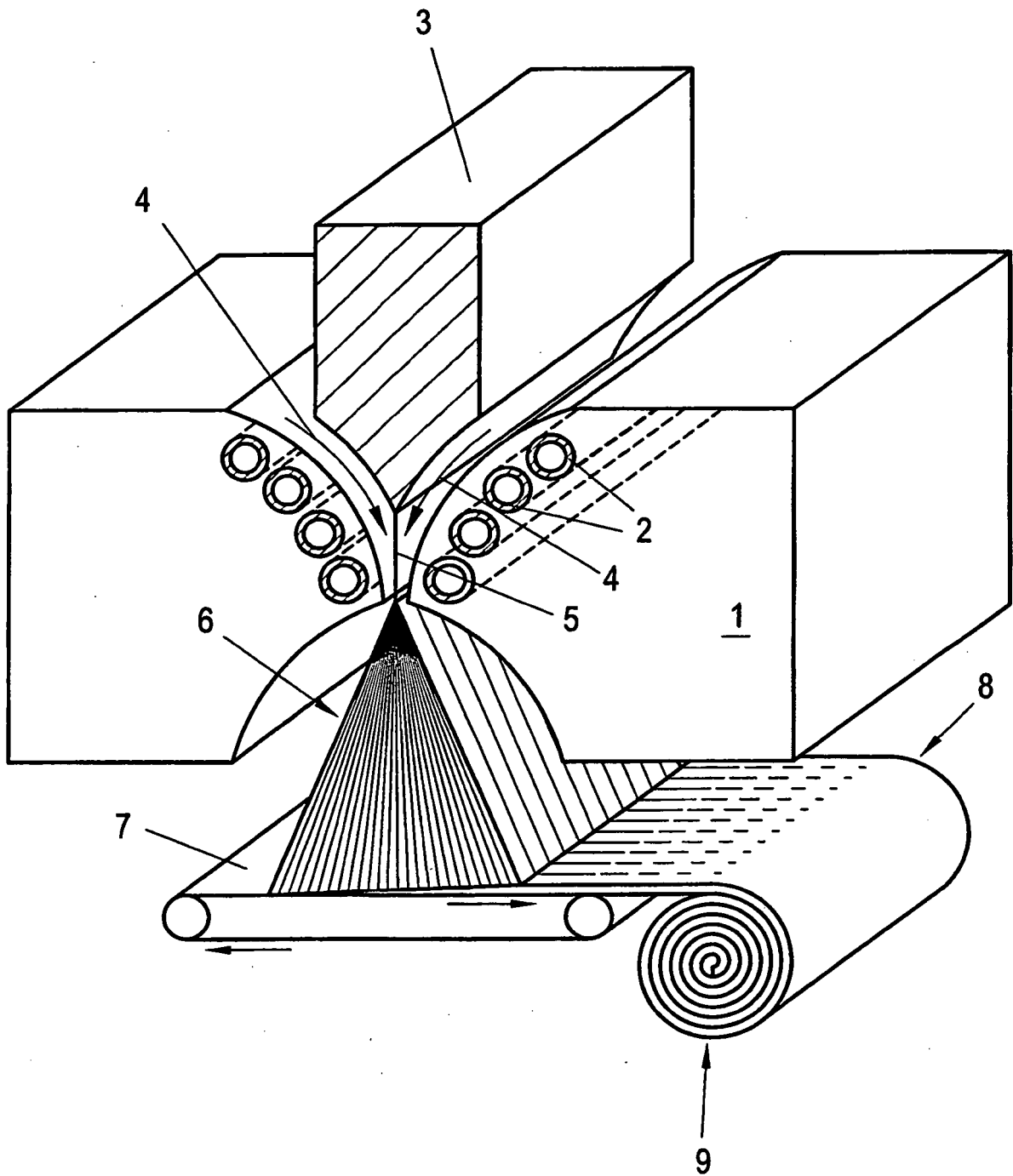


Fig. 1

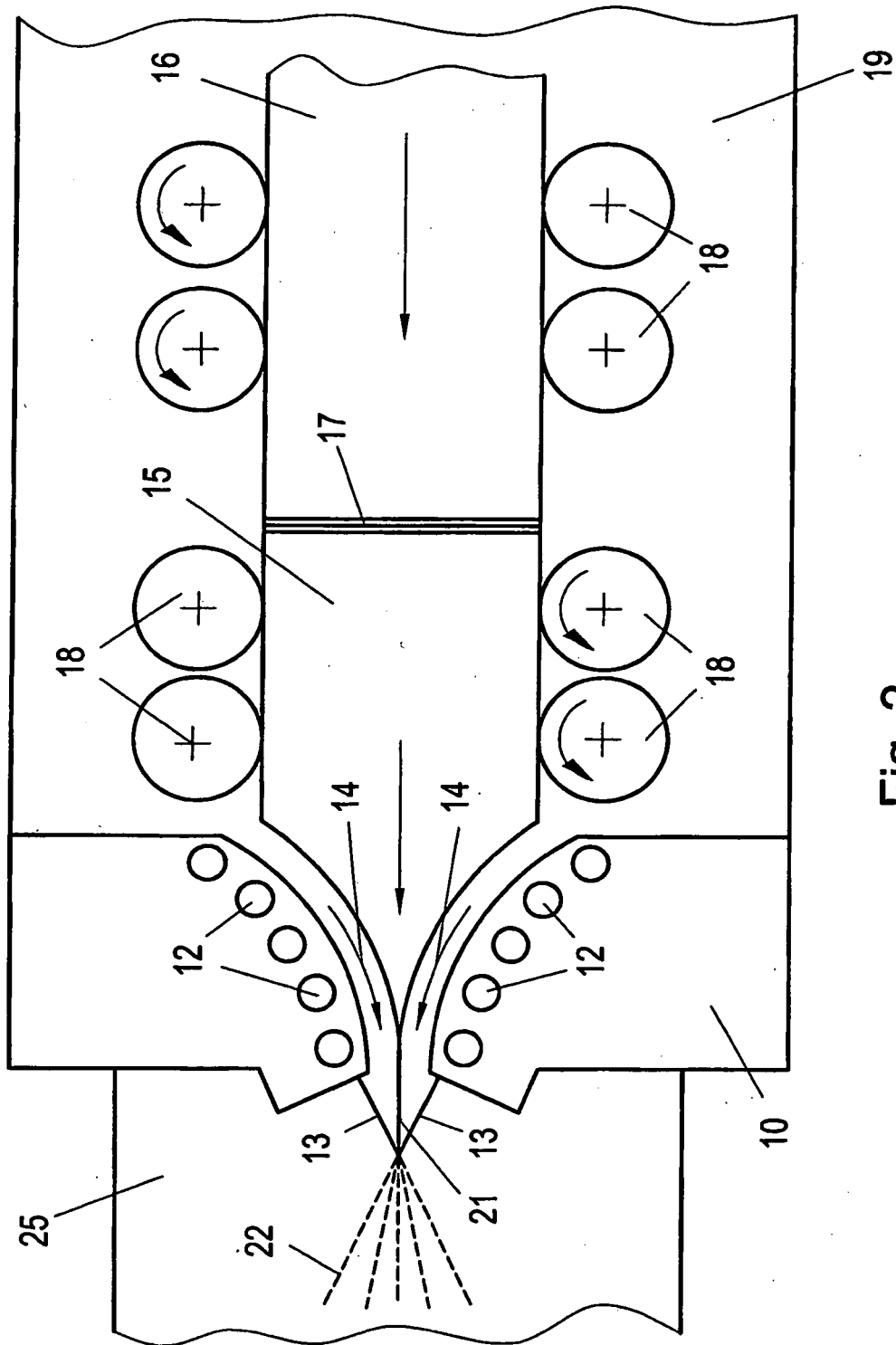


Fig. 2

Fig. 3a

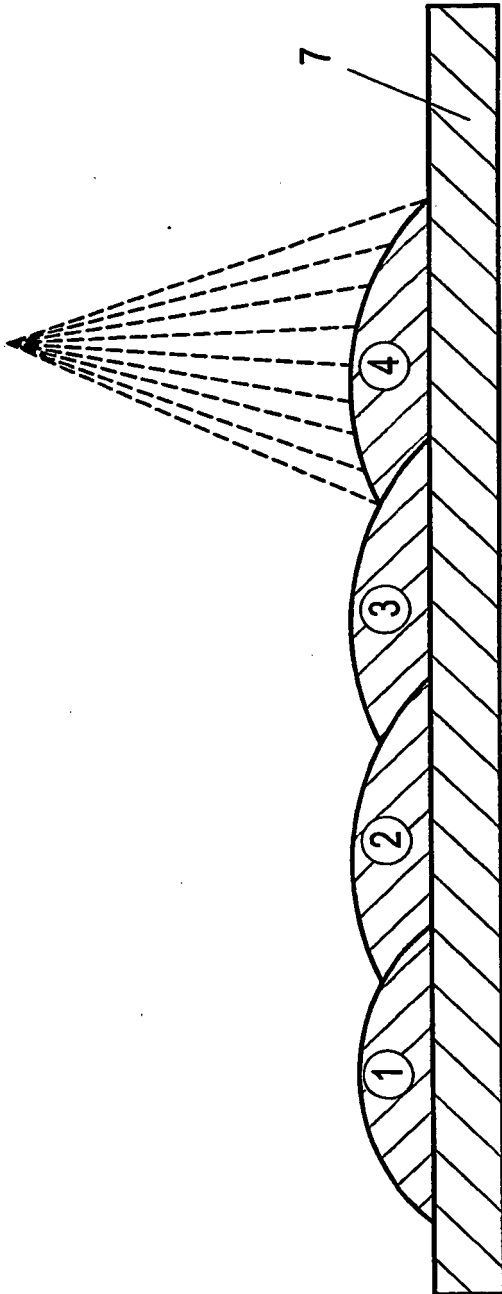
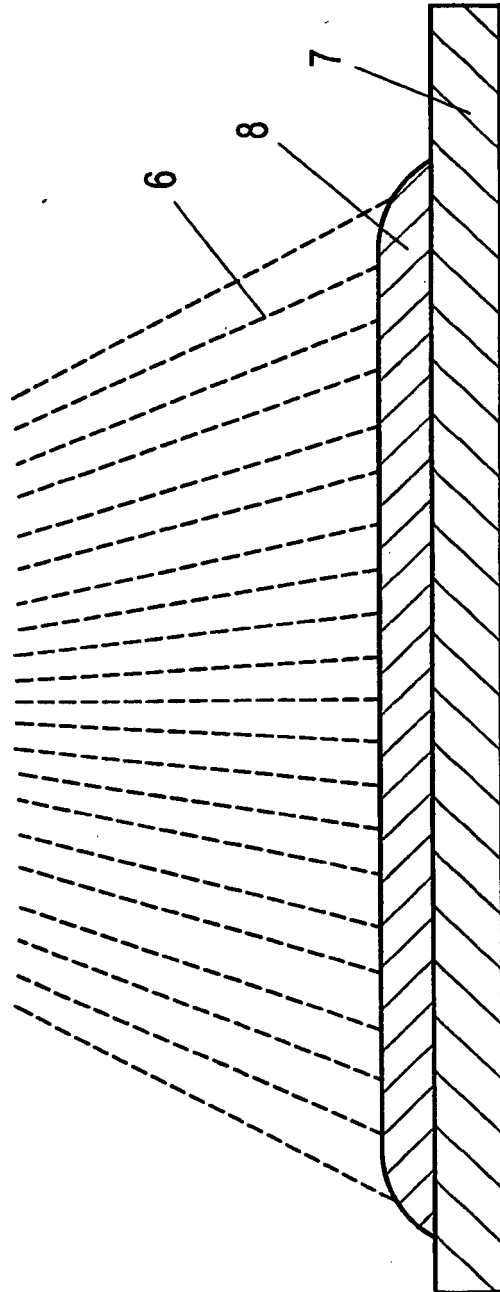


Fig. 3b



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6043451 A [0003] [0003] [0004] [0021] [0026]
- DE 19758111 A [0006]
- US 4822267 A [0007]
- DE 4102101 A1 [0007]
- JP 62017103 A [0007]
- DE 4102101 A [0008] [0008]
- US 3775156 A [0009]