(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 082 670 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.11.2022 Patentblatt 2022/44

(21) Anmeldenummer: **21170580.1**

(22) Anmeldetag: **27.04.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B05B 7/00 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B05B 7/224

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Grillo-Werke AG**
47169 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
- **Prenger, Frank**
47169 Duisburg (DE)
- **Hof, Stefan**
47169 Duisburg (DE)
- **Jantze, Raphael**
46145 Oberhausen (DE)

(74) Vertreter: **dompatent von Kreisler Selting Werner - Partnerschaft von Patent- und Rechtsanwälten mbB**
Deichmannhaus am Dom
Bahnhofsvorplatz 1
50667 Köln (DE)

(54) VORRICHTUNG ZUM THERMISCHEN BESCHICHTEN MITTELS DRAHTLICHTBOGENSPRITZEN

(57) Lichtbogendrahtbrenner (2) und Verfahren zum thermischen Beschichten von Oberflächen mittels Drahtlichtbogen, mit einem Metalldrahts (3) mit einem stromlinienförmigen Querschnitt.

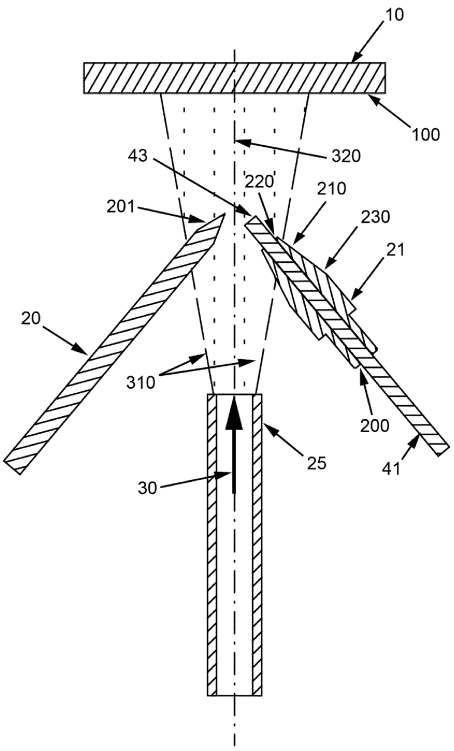


Fig. 1

EP 4 082 670 A1

Beschreibung

[0001] Beim Drahtlichtbogenspritzen wird ein elektrisch leitender drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff mit Hilfe eines elektrischen Entladungsprozesses vom festen in den flüssigen Zustand überführt und anschließend auf eine Substratoberfläche aufgetragen.

[0002] Das Verfahren des Drahtlichtbogenspritzens beruht darauf, dass üblicherweise zwei kreisrunde drahtförmige elektrisch leitende Spritzwerkstoffe in Form eines Metalldrahtes mittels einer Vorschubeinrichtung mit einem konstanten Vorschub aufeinander zugeführt werden. Drahtlichtbogenverfahren, bei denen nur ein Draht verwendet wird, sind ebenfalls bekannt. Die Drähte sind mit einer Stromquelle leitend verbunden, an der eine Spannung von üblicherweise 12 bis 50 V anliegt. Bei hinreichend geringem Abstand der beiden Drahtenden wird ein Lichtbogen gezündet, der als Energiequelle zum Aufschmelzen des Drahtzusatzwerkstoffes dient. Mit Hilfe eines Gasstromes (Druckluft oder ein technisches Gas) wird die Schmelze von den Drahtenden gelöst und beschleunigt diese in Form eines Partikelstroms auf ein zu beschichtendes Bauteil.

[0003] Konventionelle Drahtlichtbogenspritzanlagen erzielen Abschmelzleistungen von ca. 5 - 200 kg/h bei Partikelgeschwindigkeiten von ca. 150 m/s. Im Lichtbogen werden dabei Temperaturen von über 5000K erreicht. Die Schichtdicken, die mit diesem Verfahren erzeugt werden können, liegen zwischen 50 pm und 20 mm.

[0004] Das Drahtlichtbogenspritzen wird, unter anderem, zum Korrosionsschutz von Stahlstrukturen und Aluminiumrohren für Wärmetauscher, zum Verschleißschutz und zur Reparatur von Bauteilen und zur Herstellung lötfähiger Schichten auf Kondensatoren verwendet.

[0005] Ein Hauptproblem beim Drahtlichtbogenspritzen sind Wirbelablösungen der Zerstäubergasströmung am bzw. hinter den Drahtquerschnitten. Diese Wirbelgebiete zirkulieren kontinuierlich in den sogenannten Totgebieten der Drähte und beeinflussen maßgeblich das Abschmelzverhalten (Tropfengröße) und die Lichtbogensäule (Interaktion Plasma-Gas), mit der Folge, dass aufgeschmolzene Spritzpartikel im Bereich der Drahtenden auf den wirbeiförmigen Bahnen verweilen. In dieser Zeit wird der Werkstoff infolge des Luftsauerstoffs der Umgebungs- bzw. Druckluft oxidiert. Durch das kontinuierliche Abschmelzen des Drahtes vergrößert sich die rezirkulierende Menge der schmelzflüssigen Partikel, mit dem Resultat einer ungleichmäßigen Zerstäubung. Der sich um die Drahtenden ausbreitende Spritzstrahl baut eine sogenannte "Karmansche Wirbelstraße" auf. Diese hat zur Folge, dass sich der partikelbeladene Spritzstrahl extrem aufweitet (divergiert). Durch die hohe Divergenz gelangt ein Teil der Partikel in langsame Außenbereiche der Zerstäubergasströmung. Die erhöhte Oxidation, die ungleichmäßigen Wärmeinhalte und Geschwindigkeiten der Partikel im Spritzstrahl führen zu einer verminderten Haftung der Partikel auf dem zu beschichtendem Bauteil. Der sogenannte Auftragswirkungsgrad kann, je nach Drahtzusatzwerkstoff, ca. 50% bis 60% vermindert sein, d.h. 50 bis 60% des abgeschmolzenen Drahtwerkstoffes bleibt nicht auf dem zu beschichtetem Bauteil haften und wird in Form von Stäuben der Umgebung zugeführt. Neben den umwelt- und arbeitssicherheitstechnischen Aspekten ist auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens verbesserungswürdig.

[0006] Hinsichtlich der Spritzschicht führen diese Effekte auch zu einer verminderten Qualität. Dies äußert sich in Form von verminderter Haftung der Spritzschicht zum Substrat, hohe Porosität, hoher Oxidanteil und viele nur teilweise aufgeschmolzene Partikel in der Spritzschicht.

[0007] Ausgehend von dem vorbezeichnetem Stand der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Vorrichtung sowie ein verbessertes Verfahren und einen verbesserten Metalldraht zum Beschichten von Werkstücken mittels Drahtlichtbogenspritzen bereit zu stellen, bei welchen die vorgenannten Nachteile des Standes der Technik reduziert werden können.

[0008] Gemäß einem ersten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zum thermischen Beschichten mittels Drahtlichtbogen. Die Vorrichtung umfasst mindestens ein erstes Kontaktrohr, mindestens eine Gegenelektrode mit einer Elektrodenspitze und eine Zerstäubergasdüse. Das mindestens eine erste Kontaktrohr weist einen Innenkanal für die Zuführung eines ersten stromlinienförmigen Metalldrahtes bevorzugt gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung und eine Kontaktrohrspitze mit Austrittsöffnung für den ersten Metalldraht auf. An den mindestens einen über das erste Kontaktrohr zugeführten ersten Metalldraht und die mindestens eine Gegenelektrode ist eine Spannung zur Ausbildung eines elektrischen Lichtbogens zum Aufschmelzen des mindestens einen Metalldrahts anlegbar, wobei aus der Zerstäubergasdüse ein Zerstäubergas zum Austragen aufgeschmolzener Metalltropfen entlang einer Strömungsachse ausstoßbar ist. Das mindestens eine erste Kontaktrohr und die mindestens eine Gegenelektrode sind mit in Ausstoßrichtung des Zerstäubergases aufeinander zulaufenden Spitzen angeordnet. Die Außenfläche des mindestens einen ersten Kontaktrohrs weist einen stromlinienförmigen Querschnitt auf und/oder die Querschnittsflächen des Innenkanals des mindestens einen ersten Kontaktrohrs sind zumindest abschnittsweise an den stromlinienförmigen Querschnitt des zugeführten ersten Metalldrahts angepasst.

[0009] Durch die Vorsehung der Merkmale, wonach es vorgesehen ist, dass die Querschnittsflächen des Innenkanals des mindestens einen ersten Kontaktrohrs zumindest abschnittsweise an den stromlinienförmigen Querschnitt des zugeführten ersten Metalldrahts angepasst sind, wird es ermöglicht, insbesondere die Winkellage der Querschnittsfläche des ersten Metalldrahts in Umfangsrichtung der Drahtlängsachse gegenüber einer

Strömungsmittelachse der Zerstäubergasströmung auszurichten. Die Außenfläche des mindestens einen ersten Kontaktrohrs kann zumindest abschnittsweise eine stromlinienförmige Querschnittsfläche aufweisen. Die stromlinienförmigen Querschnitte der Außenfläche des mindestens einen ersten Kontaktrohrs sowie der stromlinienförmige Querschnitt des mindestens einen ersten zugeführten Metalldrahts können dabei derart in dem Strom des Zerstäubergases positioniert werden, dass diese einen möglichst geringen Strömungswiderstand im Hinblick auf das ausgestoßene Zerstäubergas aufweisen und damit dem zugeführten Zerstäubergas einen deutlich geringeren Strömungswiderstand bieten als dies bei runden Querschnittsflächen von aus dem Stand der Technik bekannten Metalldrähten und Außenflächen der Kontaktrohre bekannt ist. Aufgrund des strömungsoptimierten Querschnittes wird der Fluidstrom des Zerstäubergases möglichst gering beeinflusst, derart, dass beispielsweise entstehende Wirbelstraßen vermieden werden können, wodurch die ausgetragenen aufgeschmolzenen Metalltropfen ein verbessertes Austragungsbild entlang der Strömungsachse aufweisen.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform kann es vorgesehen werden, dass das mindestens eine erste Kontaktrohr und die mindestens eine Gegenelektrode spiegelsymmetrisch zu einer Ebene durch eine Strömungsmittelachse der Zerstäubergasströmung angeordnet werden.

[0011] Weiterhin kann es vorgesehen werden, dass die mindestens eine Gegenelektrode in Form eines zweiten Kontaktrohres ausgeführt ist, wobei das mindestens eine zweite Kontaktrohr jeweils einen Innenkanal zur Zuführung eines zweiten Metalldrahts mit einem stromlinienförmigen Querschnitt bevorzugt gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung und eine Kontaktrohrspitze mit Austrittsöffnung für den zweiten Metalldraht aufweist. Das mindestens eine erste und zweite Kontaktrohr sind mit in Ausstoßrichtung des Zerstäubergases aufeinander zulaufenden Spitzen angeordnet. Die Außenfläche des mindestens einen zweiten Kontaktrohrs weist zumindest abschnittsweise einen stromlinienförmigen Querschnitt auf und/oder die Querschnittsfläche des Innenkanals des mindestens einen ersten Kontaktrohrs sind zumindest abschnittsweise an den stromlinienförmigen Querschnitt des zugeführten zweiten Metalldrahts angepasst.

[0012] Erfindungsgemäß wird/werden der mindestens eine erste und/oder der mindestens eine zweite Metalldraht kontinuierlich über ein jeweiliges Kontaktrohr in den Bereich der Kontaktrohrspitze zugeführt. Für die kontinuierliche Zufuhr können erfindungsgemäß Vorschubeinrichtungen vorgesehen werden, welche mittels Antriebselementen den mindestens einen ersten und/oder zweiten Metalldraht fördern. Die Metalldrähte liegen dabei üblicherweise als Endlosdrähte vor, welche insbesondere auf Spulen oder auch als Ringgelege in Fässern bereitgestellt werden. Erfindungsgemäß können beispielsweise Vortriebs- bzw. Fördergeschwindigkeiten im Bereich von 0,5 bis 30 Meter/Minute je nach Materialart und Drahtstärke des Metalldrahtes gewählt werden. Der zwischen dem mindestens einem ersten Kontaktrohr und der mindestens einen Gegenelektrode oder dem mindestens einem zweiten Kontaktrohr ausgebildete elektrische Lichtbogen führt die zum Aufschmelzen des zugeführten mindestens einen ersten und/oder zweiten Metalldrahtes Energie zu. Die Metalldrähte sind dabei aus dem Material gebildet, welches zur Beschichtung genutzt werden soll. Der Lichtbogen dient als Energiequelle für das Aufschmelzen des mindestens einen ersten und/oder zweiten Metalldrahtes. Der mindestens eine Metalldraht wird dabei lediglich im Bereich des aus dem mindestens einen ersten und/oder zweiten Kontaktrohres aufgeschmolzen. Der aufgeschmolzene mindestens eine erste und/oder zweite Metalldraht wird mittels eines Zerstäubergasstromes in Form von flüssigen Metalltropfen vereinzelt und gegen die zu beschichtende Oberfläche beschleunigt. Bei dem Auftreten des Metalltropfens auf die zu beschichtende Oberfläche verlieren die Metalltropfen schlagartig ihre Bewegungsenergie und geben ihre Wärmeenergie ab, und zwar derart, dass die Metalltropfen auf der Oberfläche abgeschieden werden und eine Schicht auf der Oberfläche des zu beschichtenden Werkstücks aus dem Material des mindestes einen ersten und/oder zweiten Metalldrahtes bilden.

[0013] Es kann vorgesehen sein, dass das mindestens eine erste und zweite Kontaktrohr spiegelsymmetrisch zu einer Ebene durch eine Strömungsmittelachse des Zerstäubergasstroms angeordnet sind.

[0014] Durch die Vorsehung der Merkmale, wonach es vorgesehen ist, dass die Querschnittsflächen des Innenkanals des mindestens einen zweiten Kontaktrohres und/oder die Außenfläche des mindestens einen zweiten Kontaktrohrs einen stromlinienförmigen Querschnitt aufweist, wird es ermöglicht, insbesondere die Winkellage der Querschnittsfläche des zweiten Metalldrahts in Umfangsrichtung der Drahtlängsachse gegenüber der Strömungsmittelachse auszurichten.

[0015] Die Kontaktrohrspitze kann bevorzugt als Körper mit einer strömungsoptimierten bzw. stromlinienförmigen Außenform ausgebildet werden. Die Kontaktrohrspitze weist eine Längsachse sowie einen entlang der Längsachse verlaufenden Innenkanal zur Führung und für die Ausrichtung des zugeführten Metalldrahts auf. Der zugeführte Metalldraht kann in einer definierten Raumlage und insbesondere mit einer definierten Ausrichtung in Umfangsrichtung der Drahtlängsachse aus der Kontaktrohrspitze über die Kontaktrohröffnung in den Zerstäubergasstrom zugeführt werden. Die Drahtlängsachse wird dabei in einen definierten Winkel relativ zu der Strömungsmittelachse der Zerstäuberachse mittels der Kontaktrohrspitze positioniert.

[0016] Es kann vorgesehen werden, dass das mindestens eine erste und/oder zweite Kontaktrohr zumindest zweiteilig aus der Kontaktrohrspitze und einem anschließenden Kontaktrohrkanal ausgebildet ist, wobei die Kontaktrohrspitze austauschbar ausgeführt ist.

[0017] In einer alternativen Ausführungsform kann es ebenfalls vorgesehen werden, das gesamte Kontaktrohr und damit den Bereich der Kontaktrohrspitze und den anschließenden Kontaktrohrkanal einteilig zu fertigen. Insbesondere können additive Fertigungsmethoden zur Ausbildung des einteiligen Kontaktrohres genutzt werden.

[0018] Weiterhin kann die einteilige Ausführungsform der Kontaktrohrspitze und des Kontaktrohrkanals derart ausgeführt werden, dass zur Vereinfachung der Fertigung des Kontaktrohres entlang der Längsachse dieses mehrteilig beispielsweise aus einer Unter- und einer Oberschale ausgebildet wird, wobei der Innenkanal zur Zuführung des Metalldrahtes anteilig aus der Ober- und Unterschale des Kontaktrohres gebildet wird.

[0019] Besonders bevorzugt kann es vorgesehen werden, dass die Kontaktrohrspitze gegenüber dem Kontaktrohrkanal in Umfangsrichtung der Drahtlängsachse drehbar ausgestaltet ist, wobei die Winkellage der Kontaktrohrspitze gegenüber dem Kontaktrohrkanal festlegbar ist. Durch die beschriebene Festlegbarkeit der Winkellage der Kontaktrohrspitze wird es ermöglicht, eine Feinjustierung der Winkellage in Drahtumfangsrichtung des zugeführten Metalldrahtes vorzunehmen, um somit die Umströmung des Metalldrahtes und der Kontaktrohrspitze gegenüber dem Zerstäubergas vornehmen zu können. In der vorbezeichneten Ausführungsform wird der Innenkanal zumindest im Bereich der Kontaktrohrspitze an das stromlinienförmige Profil des zugeführten Metalldrahtes angepasst.

[0020] Weiterhin kann es vorgesehen werden, dass die Vorrichtung weiterhin mindestens eine Vorschubeinrichtung für den mindestens einen ersten und/oder zweiten Metalldraht umfasst, wobei die mindestens eine Vorschubeinrichtung an den Aussenquerschnitt und die Außenform des zugeführten Metalldrahts angepasst insbesondere stromlinienförmige Antriebselemente aufweist.

[0021] Zusätzlich kann es vorgesehen werden, dass das mindestens eine Kontaktrohr zumindest anteilig aus einem elektrisch leitfähigen Material gebildet ist und das Innenrohr zumindest abschnittsweise an dem zugeführten ersten oder zweiten Metalldraht zur Ausbildung einer elektrisch leitfähigen Verbindung anliegt.

[0022] Es kann weiterhin vorgesehen werden, das mindestens eine erste und/oder zweite Kontaktrohr zumindest anteilig aus einem elektrisch nicht-leitfähigen Material auszubilden, insbesondere können dabei die Kontaktrohrspitzen aus einem wärmebeständigen Keramikmaterial ausgeführt werden.

[0023] Zur Sicherstellung einer ausreichenden Stromzuleitung bzw. Stromabgabe an den zugeführten Metalldraht können bevorzugt Stromübertragungselemente, wie insbesondere Stromführungsschienen, im Bereich des Innenkanals des ersten und/oder zweiten Kontaktrohrs vorgesehen werden. Die Stromübertragungselemente können dabei gegenüber dem Innenkanal des ersten und/oder zweiten Kontaktrohrs federnd angeordnet werden, um beispielsweise ein Anliegen der Stromführungselemente an den zugeführten Metalldraht zu gewährleisten.

[0024] Es kann weiterhin vorgesehen werden, eine Drahtführungseinrichtung, insbesondere in Form eines Drahtführungsschlauches, vorzusehen, wobei die Drahtführungseinrichtung mindestens ein Drahtleitelement aufweist, welches einen an die Außenkontur des zugeführten Metalldrahts angepassten Führungskanal zur Durchleitung und Ausrichtung des zuzuführenden ersten und/oder zweiten Metalldrahts umfasst.

[0025] Die Gegenelektrode kann als feststehende Elektrode ausgeführt werden, welche besonders bevorzugt als Wolframnadel ausgebildet ist.

[0026] Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung einen Metalldraht zum thermischen Beschichten, umfassend eine Drahtlängsachse und eine zu der Drahtlängsachse orthogonal verlaufende Querschnittsfläche, wobei die Querschnittsfläche durch eine Stromlinienform gebildet ist. Als Stromlinienform wird eine Form verstanden, welche einen geringen Strömungswiderstand aufweist.

[0027] Die Grundform der Querschnittsfläche kann durch die Menge der Ovale ausgenommen dem Vollkreis gebildet werden, wobei der Rand der Querschnittsfläche zumindest abschnittsweise konkave Einbuchtungen aufweisen kann.

[0028] Die Querschnittsfläche kann bevorzugt eine erste Symmetrieachse umfassen, wobei die Abmessung der Querschnittsfläche entlang der ersten Symmetrieachse als Länge a bezeichnet wird und wobei die Querschnittsfläche bevorzugt eine zweite Symmetrieachse umfasst, welche zu der ersten Symmetrieachse orthogonal verläuft und die Abmessung der Querschnittsfläche entlang der zweiten Symmetrieachse als Länge b bezeichnet wird.

[0029] Die Länge a kann im Bereich zwischen 1,0 mm und 8,0 mm, bevorzugt im Bereich von 2,4 mm bis 8,0 mm, liegen.

[0030] Das Längenverhältnis a/b kann im Bereich von 0,3 bis 0,95, bevorzugt im Bereich von 0,5 bis 0,9, liegen.

[0031] Das thermische Beschichten mittels Drahtbogenspritzen ist besonders geeignet zur Herstellung von Zink-Beschichtungen auf Oberflächen. Zink kann besonders gut mittels Drahtbogenspritzen verarbeitet werden. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Metalldraht daher als wesentlichen Anteil Zink sowie dessen Legierungen. Bevorzugt besteht der erfindungsgemäße Metalldraht aus Zink und/oder dessen Legierungen.

[0032] Eine bevorzugte Zinklegierung umfasst Aluminium, Kupfer, Magnesium und/oder Titan, wobei mit Zink auf 100 Gew.-% ausgeglichen wird. Weiterhin kann die Legierung gegebenenfalls Verunreinigungen in einem Anteil von 0,1 Gew.-%, vorzugsweise 0,07 Gew.-%, oder weniger aufweisen. Verunreinigungen sind dabei typische Verunreinigungen, die von den für die Legierung verwendeten Metallen stammen.

[0033] In einer bevorzugten Ausführungsform besteht der Zinkdraht aus einer Zinklegierung, welche einen Alu-

miniumgehalt von 0,01 bis 35 Gew.-% und/oder einen Kupfergehalt von 0,01 bis 15 Gew.-% und/oder einen Magnesiumgehalt von 0,01 bis 10 Gew.-% und/oder einen Titangehalt von 0,01 bis 5 Gew.-% und mit Zink auf 100 Gew.-% ausgeglichen aufweist, wobei die Legierung gegebenenfalls Verunreinigungen in einem Anteil von 0,1 Gew.-% oder weniger aufweist.

[0034] Erfindungsgemäß kann der Metalldraht somit aus einer Legierung bestehen, welche nur Aluminium und Zink oder nur Kupfer und Zink oder nur Magnesium und Zink oder nur Titan und Zink enthält. Es ist jedoch erfindungsgemäß auch möglich, dass die Legierung neben Zink zwei, drei oder alle vier ausgewählt aus der Gruppe aus Aluminium, Kupfer, Magnesium und Titan enthält.

[0035] Eine erfindungsgemäße Zinklegierung weist einen Aluminiumgehalt von 0,01 bis 35 Gew.-% und einen Kupfergehalt von 0,01 bis 15 Gew.-% und einen Magnesiumgehalt von 0,01 bis 10 Gew.-% und einen Titangehalt von 0,01 bis 5 Gew.-% und mit Zink auf 100 Gew.-% ausgeglichen auf, wobei die Legierung gegebenenfalls Verunreinigungen in einem Anteil von 0,1 Gew.-% oder weniger aufweist.

[0036] Die Zusammensetzung der Legierung als Ganzes entspricht 100 Gew.-%. Dies gilt für die zuvor sowie für die nachfolgend beschriebenen Legierungen.

[0037] Bevorzugt beträgt der Kupfergehalt von 0,01 bis 5 Gew.-%.

[0038] Der Magnesiumgehalt einer erfindungsgemäßen Legierung beträgt bevorzugt von 0,01 bis 10 Gew.-%, insbesondere von 0,01 bis 5 Gew.-%.

[0039] Der Titangehalt liegt vorzugsweise im Bereich von 0,01 bis 2,5 Gew.-%, insbesondere im Bereich vin 0,01 bis 1 Gew.-%.

[0040] Anstelle eines Metalldrahtes aus Zink oder dessen Legierungen kann erfindungsgemäß ebenso bevorzugt ein Metalldraht aus Aluminium oder dessen Legierungen eingesetzt werden. Der Metalldraht besteht insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminium-Legierung.

[0041] Bevorzugte Aluminium-Legierungen weisen neben Aluminium zumindest ein, zwei oder mehrere weitere Metalle ausgewählt aus der Gruppe, die aus Zink, Magnesium, Silizium, Titan und Indium besteht, auf. Der Anteil an Aluminium beträgt zumindest 50 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung, welches 100 Gew.-% beträgt.

[0042] Eine bevorzugte Aluminium-Legierung weist Zink in einem Anteil von 0,01 bis 50 Gew.-% auf, mit Aluminium auf 100 Gew.-% ergänzt.

[0043] Eine weiter bevorzugte Aluminium-Legierung weist Magnesium in einem Anteil von 0 bis 20 Gew.-% auf, mit Aluminium auf 100 Gew.-% ergänzt.

[0044] Eine weiter bevorzugte Aluminium-Legierung weist Silizium in einem Anteil von 0 bis 20 Gew.-% auf, mit Aluminium auf 100 Gew.-% ergänzt.

[0045] Eine weiter bevorzugte Aluminium-Legierung weist Titan in einem Anteil von 0 bis 5 Gew.-% auf, mit Aluminium auf 100 Gew.-% ergänzt.

[0046] Eine weiter bevorzugte Aluminium-Legierung weist Indium in einem Anteil von 0 bis 5 Gew.-% auf, mit Aluminium auf 100 Gew.-% ergänzt.

[0047] Erfindungsgemäß kann die Aluminium-Legierung auch zwei oder mehr Metalle in den genannten Bereichen enthalten. Auch in diesem Fall beträgt der Anteil an Aluminium zumindest 50 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung.

[0048] Besteht der Metalldraht aus einem Metall an sich, vorzugsweise aus Zink oder Aluminium, so beträgt die Reinheit des Metalls vorzugsweise 99,9%, insbesondere 99,94%, bevorzugt 99,95%, insbesondere bevorzugt 99,99%.

[0049] Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum thermischen Beschichten von Oberflächen mittels Drahtlichtbogen, umfassend die Schritte:

- Zuführung mindestens eines ersten Metalldrahtes mit einem stromlinienförmigen Querschnitt, bevorzugt gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung und gebildet aus dem Beschichtungsmaterial über mindestens ein erstes Kontaktrohr, bevorzugt mit den Merkmalen gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung,
- Erzeugen eines Lichtbogens zwischen dem mindestens einen ersten Metalldraht und mindestens einer Gegenelektrode durch Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen dem mindestens einen ersten Kontaktrohr und der mindestens einen Gegenelektrode, und
- Ausstoßen eines Zerstäubergases zum Austragen von Metalltropfen des aufgeschmolzenen mindestens einen ersten Metalldrahtes entlang einer Strömungsmittelachse auf eine zu beschichtende Oberfläche eines Werkstücks.

[0050] Bevorzugt wird die mindestens eine Gegenelektrode durch ein zweites Kontaktrohr gebildet, wobei das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt die weiteren folgenden Schritte umfasst:

- Zuführen mindestens eines zweiten Metalldrahts mit einem stromlinienförmigen Querschnitt, bevorzugt mit den Merkmalen gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung,
- gebildet aus dem Beschichtungsmaterial mindestens ein zweites Kontaktrohr, bevorzugt mit den Merkmalen gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung, und
- Erzeugen eines Lichtbogens zwischen dem mindestens einen ersten und zweiten Metalldraht durch Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen dem

mindestens einen ersten Kontaktrohr und dem mindestens einen zweiten Kontaktrohr.

[0051] Bevorzugt kann es vorgesehen werden, dass das mindestens eine Kontaktrohr und die Drahtspitzen oder nur die Drahtspitzen konzentrisch von dem Zerstäubergas umströmt werden.

[0052] Weiterhin können die Kontaktrohrspitzen in einem Winkel zur Strömungsmittelachse angeordnet werden.

[0053] Es kann vorgesehen werden, dass der Winkel zwischen der Kontaktrohrspitze und der Strömungsmittelachse einen Winkel im Bereich von 5 bis 90° beträgt.

[0054] Im Nachfolgenden werden unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren vorteilhafte beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dargestellt.

[0055] Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Ansicht einer ersten beispielhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum thermischen Beschichten mittels Drahtlichtbogen;

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer zweiten beispielhaften Ausführungsform einer Vorrichtung zum thermischen Beschichten mittels Drahtlichtbogen;

Fig. 3A eine schematische Darstellung einer ersten beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Metalldrahtes mit einem stromlinienförmigen Querschnitt;

Fig. 3B eine Detailansicht des Querschnittes des erfindungsgemäßen Metalldrahtes gemäß Figur 3A;

Fign. 4A - 4B Detailanschichten verschiedener beispielhafter Querschnitte eines erfindungsgemäßen Metalldrahtes.

[0056] In der Fig. 1 ist die schematische Gesamtansicht einer ersten beispielhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum thermischen Beschichten mittels Drahtlichtbogen dargestellt. Die erfindungsgemäße Werkzeugvorrichtung umfasst ein erstes Kontaktrohr 21, eine Gegenelektrode 20 mit einer Elektrodenspitze 201 sowie eine Zerstäubergasdüse 25. Das erste Kontaktrohr 21 weist einen Innenkanal 200 zur Zuführung eines ersten Metalldrahtes 41 mit einem stromlinienförmigen Querschnitt 44 und eine Kontaktrohrspitze 210 mit einer Austrittsöffnung 220 für den ersten Metalldraht 41 auf. An den über das eine erste Kontaktrohr 21 zugeführten ersten Metalldraht 41 und die Gegenelektrode 20 wird eine elektrische Spannung zur Ausbildung eines elektrischen Lichtbogens angelegt. Der elektrische Lichtbogen bewirkt das Aufschmelzen des zugeführten ersten Metalldrahtes 41 im Bereich der Metalldrahtspitze 43, welche aus der Austrittsöffnung 220 des ersten Kontaktrohrs 21 austritt. Die Gegenelektrode 20 ist in der dargestellten Ausführungsform beispielhaft als einteilige Wolframnadel ausgeführt. Während der Nutzung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird kontinuierlich über das erste Kontaktrohr 21 der erste Metalldraht 41 zugeführt. Der elektrische Lichtbogen zwischen der Spitze des ersten Metalldrahtes 41 und der Gegenelektrode 21 wird während der Durchführung des Beschichtungsverfahren kontinuierlich aufrechterhalten. Zur Kompensation des aufgeschmolzenen und über das Zerstäubergas ausgetragenen Materials des ersten Metalldrahtes 41 wird dieser kontinuierlich über das erste Kontaktrohr 21 zugeführt. Für die Zuführung des ersten Metalldrahtes 21 kann mindestens eine Vorschubeinrichtung vorgesehen werden, welche wiederum Antriebselemente zur Förderung des ersten Metalldrahtes 41 umfasst. Die Fördergeschwindigkeit des ersten Metalldrahtes 41 kann variiert und insbesondere an die ausgewählte Drahtstärke bzw. die Größe der Querschnittsfläche des ersten Metalldrahtes 41 angepasst werden. In analoger Weise werden auch weitere erste und/oder mindestens ein zweiter Metalldraht kontinuierlich zugeführt. Erfindungsgemäß können für Metalldrähte aus Zn Spannungen im Bereich von 15 bis 21 Volt, für Metalldrähte gebildet aus ZnAl Spannungen von 18 bis 19 Volt genutzt werden, wobei die Stromst im Bereich von 80A bis 1500 A in Abhängigkeit der Vorschubgeschwindigkeit und/oder des Drahtquerschnitts gewählt werden. Allgemein können für Metalldrähte zur Ausbildung des Lichtbogens Spannungen im Bereich von etwa 18 bis 40V erfindungsgemäß Verwendung finden.

[0057] Aus der Zerstäubergasdüse 25 wird ein Zerstäubergas 30 zum Austragen geschmolzener Metalltropfen des ersten Metalldrahtes 41 entlang der Zerstäubergasströmung 310 ausgestoßen.

[0058] Das erste Kontaktrohr 21 und die eine Gegenelektrode 20 sind mit in Ausstoßrichtung 310 des Zerstäubergases 30 aufeinander zulaufenden Spitzen 201, 210 angeordnet. Die Außenfläche 230 des ersten Kontaktrohres 21 weist in der dargestellten Ausführungsform einen stromlinienförmigen Querschnitt auf und die Querschnittsfläche 203 des Innenkanals 200 des ersten Kontaktrohres 21 weist abschnittsweise einen an den stromlinienförmigen Querschnitt zugeführten ersten Metalldraht 41 auf. Die mittels der Zerstäubergasströmung 310 des Zerstäubergases 30 ausgestoßenen flüssigen Metalltropfen des aufgeschmolzenen ersten Metalldrahts 41 werden mit dem Zerstäubergasstrom 310 gegen eine zu beschichtende Oberfläche 100 eines zu beschichtenden Werkstoffes 10 ausgestossen.

[0059] Die Fig. 2 zeigt eine zweite beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum thermischen Beschichten mittels Drahtlichtbogen.

In der dargestellten beispielhaften Ausführungsform der Fig. 2 wurde die Gegenelektrode 20 durch ein zweites Kontaktrohr 22 ersetzt, wobei das zweite Kontaktrohr 22 einen Innenkanal 200 zur Zuführung eines zweiten Metalldrahtes 42 mit einem stromlinienförmigen Querschnitt sowie wiederum eine Kontaktrohrspitze 210 mit Austrittsöffnung 220 für den zweiten Metalldraht 42 umfasst. Das erste und zweite Kontaktrohr 21 sind mit in Ausstoßrichtung 310 des Zerstäubergases 30 aufeinander zulaufenden Spitzen 210 angeordnet.

[0060] In der gezeigten Ausführungsform gemäß Fig. 2 wird die elektrische Spannung an das erste Kontaktrohr 21 sowie das zweite Kontaktrohr 22 angelegt, derart, dass der elektrische Strom auf den zugeführten ersten Metalldraht 41 und den zweiten Metalldraht 42 übertragen wird, so dass sich in der Folge zwischen den beiden Drahtspitzen 43 des ersten und zweiten Metalldrahtes 41, 42 der elektrische Lichtbogen ausbildet und im Bereich der beiden Drahtspitzen 43 der erste und zweite Metalldraht 41, 42 lokal aufgeschmolzen wird.

[0061] Die aufgeschmolzenen Metalltropfen des ersten und zweiten Metalldrahtes 41 und 42 werden durch das Ausstoßen eines Zerstäubergases 30 über die Zerstäubergasdüse 25 über den resultierenden Zerstäubergasstrom 310 gegen eine zu beschichtende Oberfläche 100 eines zu beschichtenden Werkstoffs 10 ausgestossen.

[0062] Die Fig. 3A zeigt eine schematische Ansicht eines Abschnittes eines Metalldrahts 40 mit einem stromlinienförmigen Querschnitt 44, wobei der Metalldraht 40 entlang einer Drahtlängsachse 45 verläuft. Wie dies in Fig. 3A dargestellt ist, kann der Metalldraht 40 Windungen und Biegungen entlang der Drahtlängsachse 45 aufweisen. In der Fig. 3a ist ebenfalls die Umfangsrichtung 47 der Drahtlängsachse 45 dargestellt. Der Metalldraht 40 mit stromlinienförmigem Querschnitt 44 kann je nach Verwendung den ersten Metalldraht 41 oder zweiten Metalldraht 42 bilden. Die Fig. 3B zeigt die vergrößerte Detailansicht der erfindungsgemäßen stromlinienförmigen Querschnittsfläche 44 des Metalldrahts 40 sowie den Verlauf der Drahtlängsachse 45.

[0063] Die Figuren 4A bis 4C zeigen weitere beispielhafte Ausführungsformen eines stromlinienförmigen Querschnittes 44 erfindungsgemäßer Metalldrähte 40.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum thermischen Beschichten mittels Drahtlichtbogen, umfassend:

- mindestens ein erstes Kontaktrohr (21),
- mindestens eine Gegenelektrode (20) mit einer Elektrodenspitze (201) und
- eine Zerstäubergasdüse (25),

wobei das mindestens eine erste Kontaktrohr (21) jeweils einen Innenkanal (200) zur Zuführung eines ersten Metalldrahtes (41) mit einem stromlinienförmigen Querschnitt (44) bevorzugt nach einem der Ansprüche 6 bis 10 und eine Kontaktrohrspitze (210) mit Austrittsöffnung (220) für den ersten Metalldraht (41) aufweist,
wobei an den mindestens einen, über das mindestens eine erste Kontaktrohr (21) zugeführten, ersten Metalldraht (41) und die mindestens eine Gegenelektrode (20) eine Spannung zur Ausbildung eines elektrischen Lichtbogens zum Aufschmelzen des mindestens einen ersten Metalldrahtes (41) anlegbar ist,
wobei aus der Zerstäuberdüse (25) ein Zerstäubergas (30) zum Austragen aufgeschmolzener Metalltropfen entlang der Zerstäubergasströmung (310) ausstoßbar ist,
wobei das mindestens eine erste Kontaktrohr (21) und die mindestens eine Gegenelektrode (20) mit in Ausstoßrichtung (310) des Zerstäubergases (30) aufeinander zulaufenden Spitzen (201, 210) angeordnet sind, und
wobei die Außenfläche (230) des mindestens einen ersten Kontaktrohres (21) einen stromlinienförmigen Querschnitt aufweist und/oder die Querschnittsfläche (203) des Innenkanals (200) des mindestens einen ersten Kontaktrohres (21) zumindest abschnittsweise an den stromlinienförmigen Querschnitt (44) des zugeführten ersten Metalldrahtes (41) angepasst sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mindestens eine Gegenelektrode (20) in Form eines zweiten Kontaktrohres (22) ausgeführt ist, wobei das mindestens eine zweite Kontaktrohr (22) jeweils einen Innenkanal (200) zur Zuführung eines zweiten Metalldrahtes (42) mit einem stromlinienförmigen Querschnitt (44), bevorzugt nach einem der Ansprüche 6 bis 10, und eine Kontaktrohrspitze (210) mit Austrittsöffnung (220) für den zweiten Metalldraht (42) aufweist, wobei das mindestens eine erste und zweite Kontaktrohr (21, 22) mit in Ausstoßrichtung (310) des Zerstäubergases (30) aufeinander zulaufenden Spitzen (201, 210) angeordnet sind, und wobei die Außenfläche (230) des mindestens einen zweiten Kontaktrohres (22) zumindest abschnittsweise einen stromlinienförmigen Querschnitt und/oder die Querschnittsfläche (203) des Innenkanals (200) des mindestens einen zweiten Kontaktrohres (22) zumindest abschnittsweise an den stromlinienförmigen Querschnitt (44) des zugeführten zweiten Metalldrahtes (42) angepasst sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kontaktrohrspitze (210) gegenüber dem Kontaktrohrkanal (240) in Umfangsrichtung (47) der Drahtlängsachse (45) drehbar ausgestaltet ist, wobei die Winkellage festlegbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung weiterhin mindestens eine Vorschubeinrichtung für den mindestens einen ersten und/oder zweiten Metalldraht (41, 42) umfasst, wobei die mindestens eine Vorschubeinrichtung an den Querschnitt (44) des zugeführten Metalldrahts (40) angepasste, insbesondere stromlinienförmige, Antriebselemente aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der vorausgehenden Ansprüche, weiterhin umfassend mindestens eine Drahtführungseinrichtung, insbesondere in Form eines Drahtführungsschlauches, wobei die Drahtführungseinrichtung mindestens ein Drahtleitelement aufweist, welches einen an den Querschnitt (44) des zugeführten Metalldrahtes (41, 42) angepassten Führungskanal zur Durchleitung und Ausrichtung des zuzuführenden Metalldrahtes (41, 42) umfasst.

6. Metalldraht (40) zum thermischen Beschichten, umfassend eine Drahtlängsachse (45) und eine zu der Drahtlängsachse (45) orthogonal verlaufende Querschnittsfläche (44), wobei die Querschnittsfläche (44) durch eine Stromlinienform gebildet ist.

7. Metalldraht (40) nach dem Anspruch 6, wobei die Grundform der Querschnittsfläche (44) durch die Menge der Ovale ausgenommen dem Vollkreis gebildet wird, wobei der Rand der Querschnittsfläche (44) zumindest abschnittsweise konkave Einbuchtungen aufweisen kann.

8. Metalldraht (40) nach dem Anspruch 6 oder 7, wobei die Querschnittsfläche eine erste Symmetrieachse umfasst und die Abmessung der Querschnittsfläche entlang der ersten Symmetrieachse als Länge a bezeichnet wird und wobei die Querschnittsfläche (44) bevorzugt eine zweite Symmetrieachse umfasst, welche zu der ersten Symmetrieachse orthogonal verläuft und die Abmessung der Querschnittsfläche entlang der zweiten Symmetrieachse als Länge b bezeichnet wird.

9. Metalldraht (40) nach Anspruch 8, wobei die Länge a im Bereich zwischen 1,0 mm und 8,0 mm, bevorzugt im Bereich von 2,4 mm bis 8,0 mm, liegt.

10. Metalldraht (40) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei das Längenverhältnis a/b im Bereich von 0,3 bis 0,95, bevorzugt im Bereich von 0,5 bis 0,9, liegt.

11. Verfahren zum thermischen Beschichten von Oberflächen mittels Drahtlichtbogen, umfassend die Schritte:

- Zuführen mindestens eines ersten Metalldrahts (41) mit einem stromlinienförmigen Querschnitt (44), bevorzugt nach einem der Ansprüche 6 bis 10, gebildet aus dem Beschichtungsmaterial über mindestens ein erstes Kontaktrohr (21), bevorzugt mit den Merkmalen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5;
- Erzeugen eines Lichtbogens zwischen dem mindestens einen ersten Metalldraht (41) und mindestens einer Gegenelektrode (20) durch Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen dem mindestens einen ersten Kontaktrohr (21) und der mindestens einen Gegenelektrode (20), und
- Ausstoßen eines Zerstäubergases (30) zum Austragen von Metalltropfen des aufgeschmolzenen mindestens einen Metalldrahtes (41) entlang der Ausstoßrichtung des Zerstäubergases (310) auf eine zu beschichtende Oberfläche eines Werkstücks (10).

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei mindestens eine Gegenelektrode (20) durch ein zweites Kontaktrohr (22) gebildet wird und das Verfahren weiterhin die folgenden Schritte umfasst:

- Zuführen mindestens eines zweiten Metalldrahts (42) mit einem stromlinienförmigen Querschnitt (44), bevorzugt nach einem der Ansprüche 6 bis 10, gebildet aus dem Beschichtungsmaterial über mindestens ein zweites Kontaktrohr (22), bevorzugt mit den Merkmalen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, und
- Erzeugen eines Lichtbogens zwischen dem mindestens einen ersten und zweiten Metalldraht (41, 42) durch Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen dem mindestens einen ersten Kontaktrohr (21) und dem mindestens einem zweiten Kontaktrohr (22).

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei das mindestens eine Kontaktrohr (21, 22) und die Drahtspitzen (43) oder nur die Drahtspitzen (43) konzentrisch von Zerstäubergas (30) umströmt werden.

14. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Durchführung eines Verfahrens zum thermischen Beschichten, bevorzugt nach einem der Ansprüche 11 bis 13.

15. Verwendung eines Metalldrahtes nach einem der Ansprüche 6 bis 10 zur Durchführung eines Verfahrens zum thermischen Beschichten, bevorzugt nach einem der Ansprüche 11 bis 13.

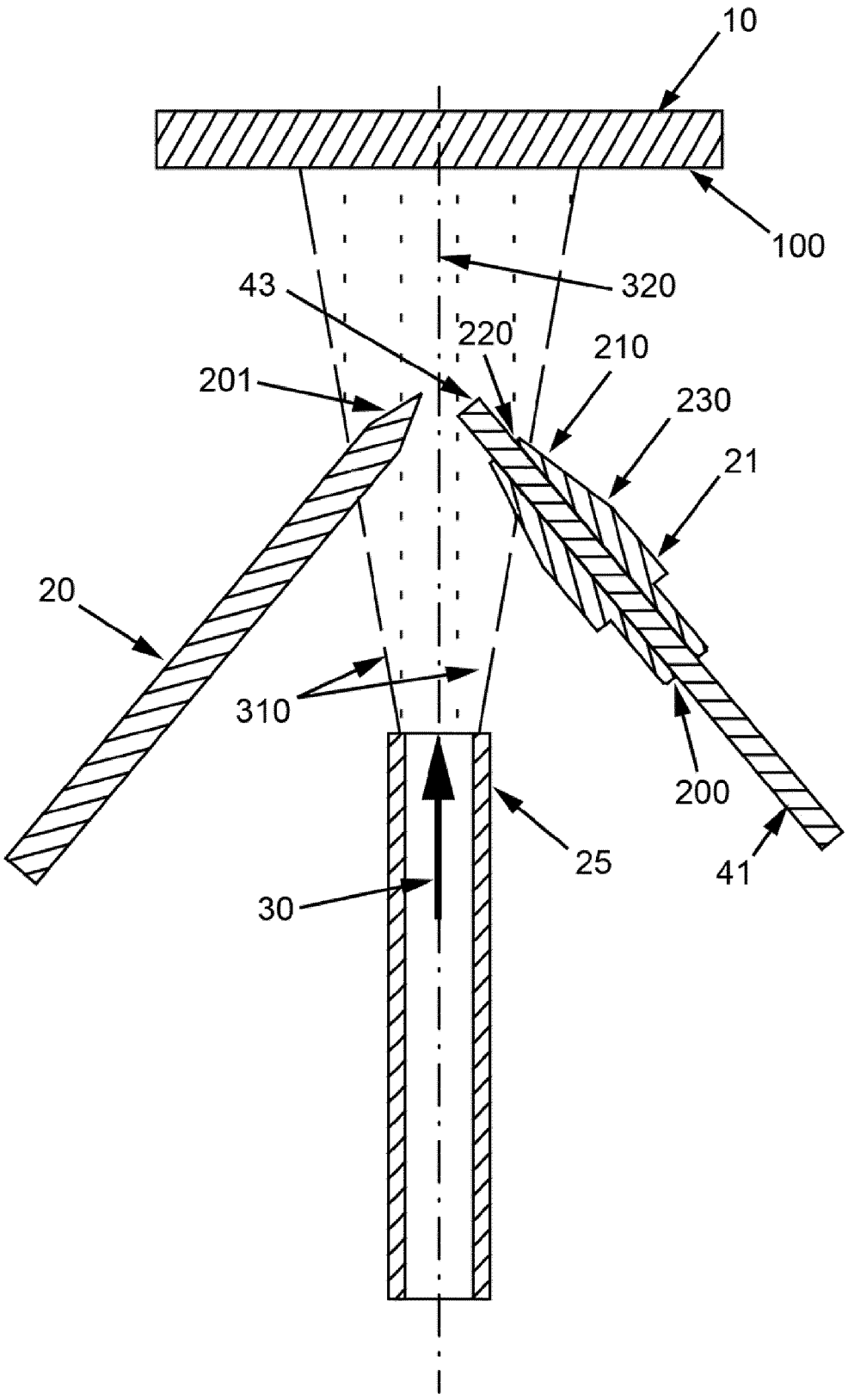


Fig. 1

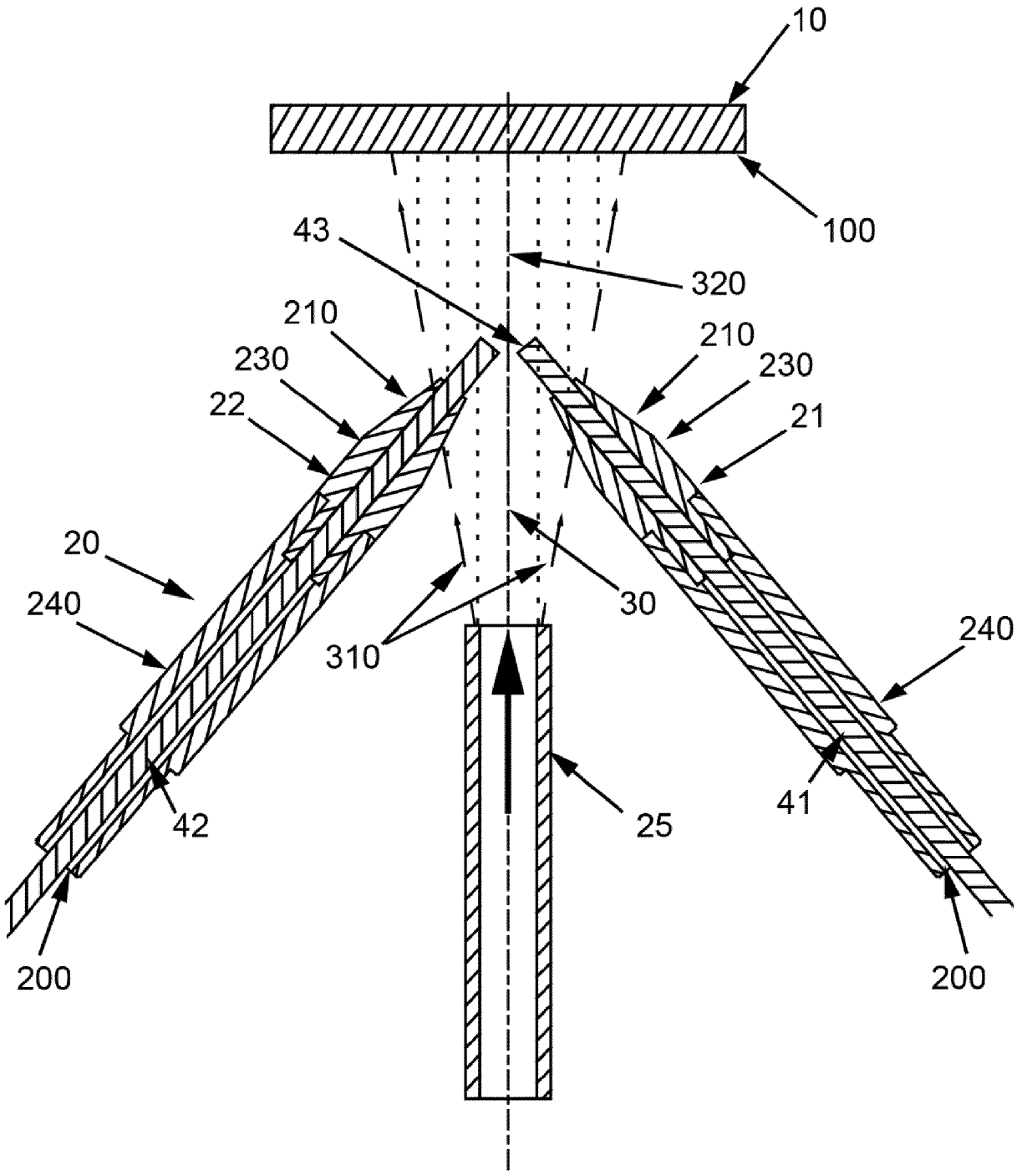
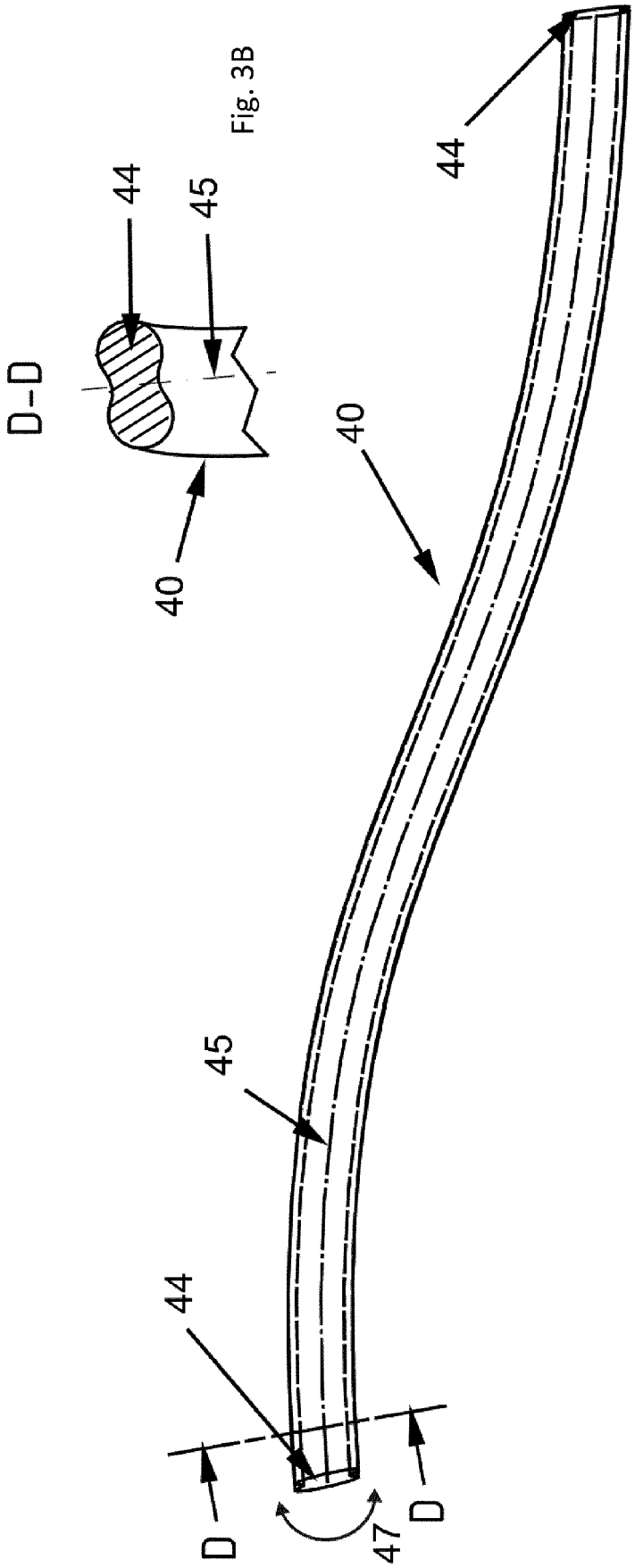

10
100
43
320
210
210
230
230
22
21
20
240
240
30
310
42
25
41
200
200

Fig. 2


D–D
44
45
40
Fig. 3B
44
40
45
44
D
D
47
Fig. 3A

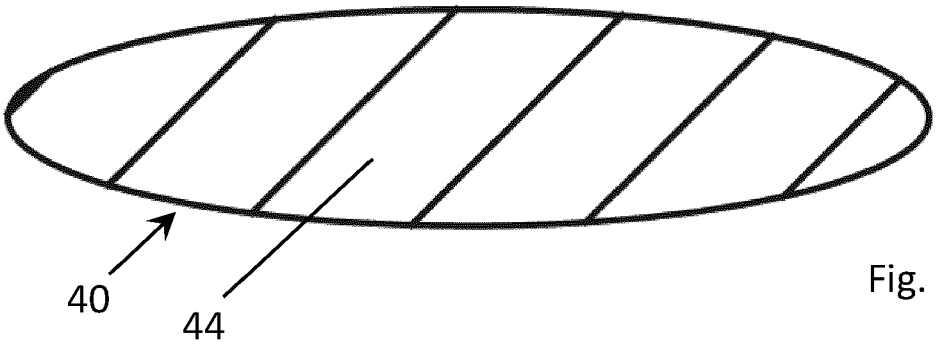


Fig. 4A

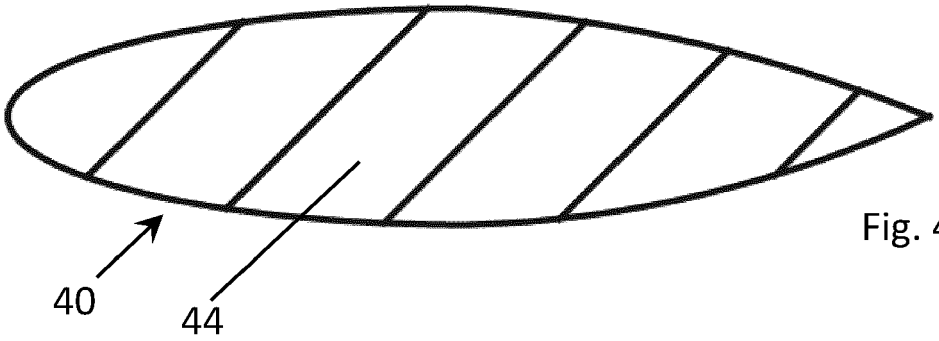


Fig. 4B

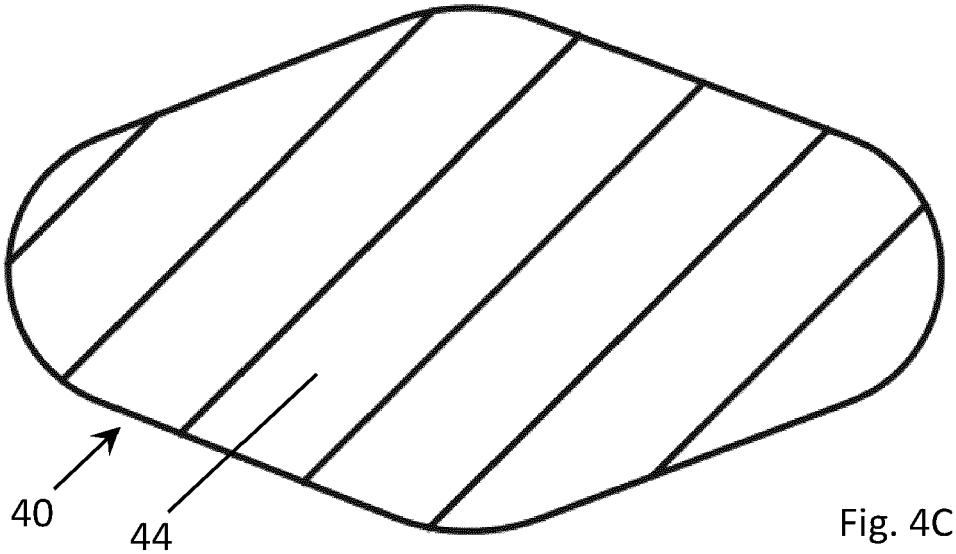


Fig. 4C

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 17 0580

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2017 007398 A1 (DAIMLER AG [DE]) 22. Februar 2018 (2018-02-22) * Abbildungen 1-3 * -----	1,6-11, 15	INV. B05B7/00

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

B05B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	12. Oktober 2021	Eberwein, Michael

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 21 17 0580

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-10-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102017007398 A1	22-02-2018	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82