



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
17.07.2024 Patentblatt 2024/29

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
B05B 7/22 (2006.01) H05H 1/28 (2006.01)
H05H 1/34 (2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 23216906.0

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B05B 7/226; H05H 1/28; H05H 1/34; H05H 1/42

(22)

Anmeldetag: 14.12.2023

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71)

Anmelder: VOLKSWAGEN AG
38440 Wolfsburg (DE)

(72)

Erfinder:
• Kurth, Michael
09224 Chemnitz (DE)
• Weigel, Jörg
09117 Chemnitz (DE)

(30)

Priorität: 13.01.2023 DE 102023200269

(54)

DÜSENPLATTE FÜR EINE PLASMASPRITZMASCHINE ZUM ATMOSPHERISCHEN PLASMASPRITZEN SOWIE PLASMASPRITZMASCHINE

(57) Die Erfindung betrifft eine Düsenplatte (1) für eine Plasmaspritzmaschine zum atmosphärischen Plasmaspritzen sowie eine solche Plasmaspritzmaschine. Die Düsenplatte (1) ist aus einem elektrisch leitfähigen Material hergestellt und weist eine zentrale Durchgangsöffnung (7) auf, durch welche eine Aufnahmegeometrie für einen Keramikring der Plasmaspritzmaschine gebildet ist. In die Düsenplatte (1) ist ein von einem flüssigen Kühlmittel durchströmbarer Kühlmittelkanal (10) integriert, dessen Kanalinnenwand (18) durch das Material der Düsenplatte (1) gebildet ist. Ein Ringkanalanteil (19)

des Kühlmittelkanals (10) umschließt die Durchgangsöffnung (7) im Material der Düsenplatte (1) ringartig. Der Kühlmittelkanal (10) weist in einem vorgegebenen Höchstkühlbedarfsbereich (24) der Düsenplatte (1) eine Kanalinnenstruktur (25) auf, die derart eingerichtet ist, dass, wenn der Kühlmittelkanal (10) mit dem Kühlmittel durchströmt wird, eine Gasblasenbildung des Kühlmittels in einem dem Höchstkühlbedarfsbereich (24) zugeordneten Kanalabschnitt des Kühlmittelkanals (10) verhindert wird.

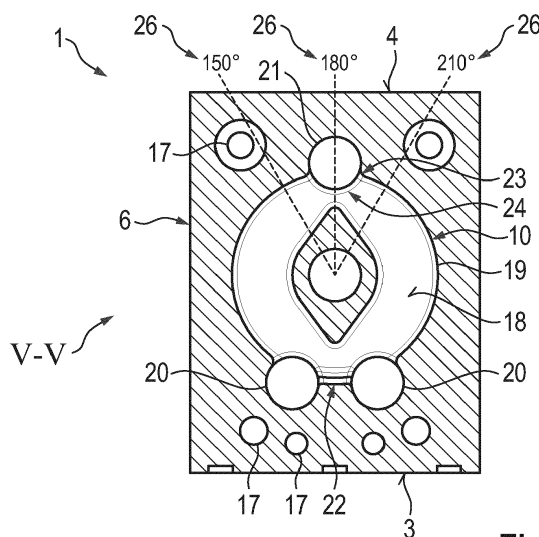


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Düsenplatte für eine Plasmaspritzmaschine zum atmosphärischen Plasmaspritzen und eine Plasmaspritzmaschine, die eine solche Düsenplatte aufweist.

[0002] Beim atmosphärischen Plasmaspritzen sind in einem Plasmaspritzkopf der Plasmaspritzmaschine eine Anode und eine Kathode elektrisch voneinander isoliert angeordnet. Mittels einer Plasmagleichspannung wird ein Lichtbogen zwischen der Anode und der Kathode erzeugt, wobei ein durch den Plasmaspritzkopf mit hohem Druck strömendes Gas oder Gasgemisch durch den Lichtbogen geleitet und dadurch ionisiert wird. So bildet sich ein heißer und elektrisch leitender Gasplasmastrahl. In den Plasmastrahl wird ein Materialpulver (beispielsweise Stahlpulver) eingeleitet, das durch die hohe Plasmatemperatur aufgeschmolzen wird. Der Gasplasmastrahl reißt das aufgeschmolzene Materialpulver mit und schleudert es auf eine zu beschichtende Werkstückoberfläche. Dies erfolgt in normaler Atmosphäre; Plasmaspritzen in inerter Schutzgasatmosphäre, im Vakuum oder unter Wasser ist ebenso denkbar.

[0003] Die DE 199 35 468 A1 offenbart eine herkömmliche Plasmaspritzvorrichtung. Eine Plasma-Beschichtungslanze für Innenbeschichtungen ist durch die EP 3 631 037 B1 offenbart. Die Plasma-Beschichtungslanze weist einen Plasmaschaft, einen Plasmahals und einen Plasmakopf auf. Der Plasmahals und/oder der Plasmakopf sind/ist mittels eines additiven Herstellungsverfahrens hergestellt. Des Weiteren offenbart die EP 0 645 946 B1 einen Brennerkopf für Plasmaspritzgeräte, der von einem Kühlkanal durchsetzt ist, wobei eine Anodendüse ohne Verwendung von Dichtelementen fest in einen Anodenkörper des Brennerkopfs eingesetzt ist und dabei den Kühlkanal zumindest teilweise bildet.

[0004] Es kommt bei herkömmlichen Plasmaspritzmaschinen heutzutage dazu, dass aufgrund von Packaging- bzw. Bauraumrandbedingungen ein Kühlkanal zum Kühlen der Düsenplatte im Inneren so geformt ist, dass sich entlang einer Kühlmittelströmungsrichtung durch den Kühlkanal hindurch eine ungleichmäßige Wärmeabfuhr ergibt. Das bedeutet, im Plasmaspritzbetrieb der herkömmlichen Plasmaspritzmaschine treten im Umfang der Düsenbohrung unterschiedlich heiße Bereiche auf. In diesen Bereichen treten lokal verstärkte Verschleißbilder auf. Hierzu zeigt Fig. 11, die Stand der Technik darstellt, eine schematische Teilansicht einer herkömmlichen Düsenplatte a, bei der an einer definierten 180°-Position der Düsenbohrung b eine einen übermäßigen Verschleiß aufweisende Verschleißstelle c zu erkennen ist. Aufgrund des hohen Verschleißes an der Verschleißstelle c verringert sich die Qualität des Plasmaspritzergebnisses, da die Nettoleistung des Lichtbogens zwischen der Anode und der Kathode reduziert wird. Weiter hat die Verschleißstelle c unerwünschten Einfluss auf ein Strömungsbild des Plasmastrahls. Dies führt dazu, dass die Düsenplatte eine kurze Lebensdauer

hat und relativ häufig durch eine neue ersetzt werden muss. Es besteht also der Bedarf, den Lichtbogen im Plasmaspritzbetrieb von der Verschleißstelle c fernzuhalten, damit dort nicht ein übermäßiger Verschleiß gebildet wird. Ein reines Erhöhen einer Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels im Kühlkanal ist nicht geeignet, das Problem zufriedenstellend zu lösen, da aufgrund von thermodynamischen und strömungsmechanischen Gesetzmäßigkeiten, es mit sich ändernden Druckverhältnissen zu einer Gasblasenbildung im Kühlmittel kommt, wodurch dessen Wärmeaufnahmefähigkeit an der Stelle der Gasblasenbildung geringer ist.

[0005] Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen durch einen Plasmaspritzbetrieb verursachten Verschleiß einer Düsenplatte einer Plasmaspritzmaschine zu reduzieren.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weitere mögliche Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren offenbart. Merkmale, Vorteile und mögliche Ausgestaltungen, die im Rahmen der Beschreibung für einen der Gegenstände der unabhängigen Ansprüche dargelegt sind, sind kategorie- und ausführungsformübergreifend zumindest analog als Merkmale, Vorteile und mögliche Ausgestaltungen des jeweiligen Gegenstands der anderen unabhängigen Ansprüche sowie jeder möglichen Kombination der Gegenstände der unabhängigen Ansprüche, gegebenenfalls in Verbindung mit einem oder mehr der Unteransprüche, anzusehen.

[0007] Gemäß der Erfindung werden eine Düsenplatte für eine Plasmaspritzmaschine und eine die Düsenplatte aufweisende Plasmaspritzmaschine vorgeschlagen. Für eine möglichst einfache Beschreibung wird hierin auf eine Ober-, Unter-, Vorder- und Rückseite der Düsenplatte bezuggenommen; diese und ähnliche Bezeichnungen sind aber nicht einschränkend zu verstehen, insbesondere hinsichtlich einer bestimmungsgemäßen Einbaulage der Düsenplatte an/in der Plasmaspritzmaschine, in welcher die Düsenplatte einen Bestandteil der Plasmaspritzmaschine bildet. Bei einem Material der Düsenplatte handelt es sich insbesondere um einen metallischen Werkstoff, zum Beispiel um Kupfer oder um eine Kupferlegierung. Als Legierungspartner für die Kupferlegierung kommen zum Beispiel Nickel, Zink, Beryllium, Tellur, Wolfram etc. in Frage. Jedenfalls ist das Material der Düsenplatte bzw. die Düsenplatte gezielt so ausgesucht oder hergestellt, dass die Düsenplatte besonders gut elektrisch leitfähig und dabei besonders widerstandsfähig gegen Hitze ist. Die Düsenplatte, die in bestimmungsgemäßer Einbaulage eine Anode der Plasmaspritzmaschine bildet, weist eine zentrale Durchgangsöffnung auf, die als Düsenbohrung bezeichnet wird und eine Aufnahmegeometrie für einen Keramikring der Plasmaspritzmaschine bildet. Die Düsenbohrung durchdringt die Düsenplatte vollständig und mündet einerseits an der Oberseite als Austrittsöffnung für den Plasmastrahl und andererseits an der Unterseite der Düsenplatte

te und dient zu deren Lageorientierung.

[0008] In die Düsenplatte, das heißt in deren Material, ist ein mit einem flüssigen Kühlmittel, etwa Kühlwasser oder einer anderen Kühlflüssigkeit, durchströmbarer Kühlmittelkanal integriert, dessen Kanalinnenwand durch das Material der Düsenplatte gebildet ist. Der Kühlmittelkanal weist einen Ringkanalanteil auf, der die Düsenbohrung im Material der Düsenplatte ringartig umschließt, wobei zwischen der Düsenbohrung und dem Kühlmittelkanal eine Schicht aus dem Material der Düsenplatte angeordnet ist. Fluidisch von dem Kühlmittelkanal getrennt kann die Düsenplatte ferner ein Spül- und/oder Schutzgaskanalnetz aufweisen. Eine Vielzahl von solchen Kanälen, die in einem Plasmaspritzbetrieb der Plasmaspritzmaschine mit einem Gas und/oder einem anderen Fluid und/oder einem Pulver, insbesondere einem Plasmaspritzmaterialpulver, durchströmt werden, ist ebenso denkbar. Für den Plasmaspritzbetrieb gilt, dass der Kühlmittelkanal von einem Kühlmittelzulauf der Plasmaspritzmaschine mit dem Kühlmittel versorgt wird. Unter einem Durchströmen des Kühlmittelkanals wird ein Teil der durch den Lichtbogen erzeugten Wärme durch das Material der Düsenplatte und infolgedessen in das Kühlmittel übertragen. Unter dem Herausströmen des Kühlmittels aus dem Kühlmittelkanal wird die Wärme abtransportiert.

[0009] Die Düsenplatte weist einen vorgegebenen Höchstkühlbedarfsbereich auf, der im Plasmaspritzbetrieb der Plasmaspritzmaschine im Vergleich zum Stand der Technik stärker als bisher zu kühlen ist, um eine gleichmäßige Kühlung entlang eines Umfangs der Düsenbohrung zu gewährleisten. Hierzu sieht die Erfindung Mittel vor, um eine Gasblasenbildung des Kühlmittels in einem dem Höchstkühlbedarfsbereich zugeordneten Kanalabschnitt des Kühlmittelkanals zu verhindern. Der Kühlmittelkanal weist im vorgegebenen Höchstkühlbedarfsbereich eine Kanalinnenstruktur auf, die derart eingerichtet ist, dass, wenn der Kühlmittelkanal mit dem Kühlmittel durchströmt wird, eine Gasblasenbildung des Kühlmittels in einem dem Höchstkühlbedarfsbereich zugeordneten Kanalabschnitt des Kühlmittelkanals verhindert wird. Das bedeutet, dass aufgrund der Gestalt der Kanalinnenstruktur Einfluss auf eine Strömung des Kühlmittels genommen wird, während der Kühlmittelkanal mit dem Kühlmittel durchströmt wird, sodass im Ringkanalanteil oder im gesamten Kühlmittelkanal eine Gasblasenbildung im flüssigen Kühlmittel unterbleibt. Durch die strömungsoptimierte Geometrie des Ringkanalanteils bzw. Kühlmittelkanals wird im Plasmaspritzbetrieb die Düsenbohrung entlang deren Umfangs gleichmäßig gekühlt. Dadurch unterbleibt ein lokal begrenztes Überhitzen der Düsenbohrung, das zum vorzeitigen Verschleiß geführt hat. Der strömungsoptimierte Kühlmittelkanal bietet zudem den Vorteil, dass der Volumen- bzw. Massenstrom des Kühlmittels im Vergleich zu herkömmlichen Düsenplatten erhöht werden kann, ohne dass es zu Druck- bzw. Strömungsverhältnissen des Kühlmittels kommt, durch welche ein unvorteilhaftes Strömungsbild

an der Kanalinnenwand erzeugt wird, das eine effiziente Entwärmung der Düsenbohrung verhindern würde. Dadurch wird der Verschleiß der Düsenplatte insgesamt verringert und zudem am Düsenbohrungsumfang gleichmäßig.

[0010] In einer möglichen Weiterbildung ist die Düsenplatte einstückig bzw. monolithisch mittels eines additiven/generativen Herstellungsverfahrens, insbesondere mittels eines Laserauftragsschmelzverfahrens, hergestellt. Andere generative - insbesondere pulverbettbasierte - Herstellungsverfahren, die zum Erzeugen eines metallischen und elektrisch leitfähigen Materialkörpers mit dem oben beschriebenen, innenliegenden Kühlmittelkanal geeignet sind, sind ebenso denkbar, etwa selektives Lasersintern, selektives Elektronenstrahlschmelzen, Laserauftragsschweißen etc. Durch das additive bzw. generative Herstellen der Düsenplatte ist es in besonders vorteilhafter Weise möglich, den Kühlmittelkanal und insbesondere die Kanalinnenstruktur bedarfsgerecht zu gestalten.

[0011] Eine weitere mögliche Ausführungsform sieht vor, dass die Kanalinnenstruktur im Höchstkühlbedarfsbereich eine erste durchströmbar Querschnittsfläche des Ringkanalanteils aufweist, die kleiner ist als eine stromauf davon angeordnete, zweite Querschnittsfläche des Ringkanalanteils. Das bedeutet, dass der Ringkanalanteil sich in Richtung hin zum Höchstkühlbedarfsbereich (bezogen auf eine Strömungsrichtung des Kühlmittels) verjüngt, sodass unter einem Durchströmen des Ringkanalanteils mit dem Kühlmittel Druck- bzw. Strömungsverhältnisse geschaffen werden, die eine Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels im Kühlmittelkanal bzw. Ringanteil bei gegebenem Volumen- bzw. Massenstrom erhöhen, wobei gleichzeitig eine Gasblasenbildung verhindert ist. So ist eine besonders effiziente Kühlung, das heißt ein besonders effizienter Wärmeübergang aus dem Material der Düsenplatte in das Kühlmittel, gewährleistet.

[0012] In einer weiteren möglichen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Kanalinnenstruktur im Höchstkühlbedarfsbereich eine Rippenanordnung aufweist, deren Rippe in den Ringkanalanteil gerichtet von der Kanalinnenwand hervorspringt. Die Rippenanordnung kann zwei oder mehr Rippen aufweisen. Die jeweilige Rippe fungiert im Inneren des Kühlmittelkanals als ein Oberflächenvergrößerungselement der Kanalinnenwand. So überstreicht das im Plasmaspritzbetrieb im Ringkanalanteil des Kühlmittelkanals strömende Kühlmittel eine größere Oberfläche als bei einem rippenlosen Kanal. Dadurch kann an der Stelle der Rippe(n) bzw. der Rippenanordnung bei gegebenem Volumen- bzw. Massenstrom mehr Wärme an/in das Kühlmittel übertragen werden, was zu einer besseren Kühlung an der Stelle der Rippenanordnung führt. Auf diese Weise wird der Höchstkühlbedarfsbereich noch effizienter entwärmt.

[0013] Einer möglichen Weiterbildung zufolge weist der Kühlmittelkanal zwei Einstromkanalelemente und ein Ausstromkanalelement, insbesondere ein einziges Aus-

strömkanalelement, auf. Die zwei Einströmkanalelemente sind an einer Einströmverbindungsstelle fluidisch mit dem Ringkanalanteil verbunden, wobei das Ausströmkanalelement an einer Ausströmverbindungsstelle fluidisch mit dem Ringkanalanteil verbunden ist. Dabei ist die Kanalinnenstruktur an der Ausströmverbindungsstelle angeordnet. Das jeweilige Einströmkanalelement ist dazu eingerichtet, an den Kühlmittelzulauf der Plasmaspritzmaschine fluidisch angeschlossen zu werden. Die Ausströmverbindungsstelle ist insbesondere dazu eingerichtet, mit einem Anodenkühlmittelkanal der Plasmaspritzmaschine fluidisch in Reihe geschaltet zu werden. Für den Plasmaspritzbetrieb gilt also, dass der Kühlmittelkanal der Düsenplatte von dem Kühlmittelzulauf der Plasmaspritzmaschine über die Einströmkanalelemente mit dem Kühlmittel versorgt wird. Dann strömt das Kühlmittel durch den Kühlmittelkanal hindurch und über das Ausströmkanalelement aus dem Kühlmittelkanal heraus. Unter dem Herausströmen aus dem Kühlmittelkanal strömt das Kühlmittel in den Anodenkühlmittelkanal ein. Da es sich in internen Untersuchungen herausgestellt hat, dass an/in der Ausströmverbindungsstelle bei herkömmlichen Düsenplatten Kühlmitteldruck- und -strömungsverhältnisse vorliegen, aufgrund derer sich im flüssigen Kühlmittel Gasblasen bilden, wurde in dieser Ausführungsform die Kanalinnenstruktur an der Ausströmverbindungsstelle ausgebildet, da diese den Höchstkühlbedarfsbereich bildet bzw. im Höchstkühlbedarfsbereich liegt.

[0014] In einer weiteren möglichen Ausgestaltung weist eine Radialquerschnittsfigur des Ringkanalanteils eine polygonale Form, eine ovale Form oder eine polygonal-ovale Mischform auf. Die Radialquerschnittsfigur ist insbesondere gemäß einem Dreieck mit runden Spitzen oder gemäß einem Rechteck mit zwei gegenüberliegenden ungeraden Kanten, insbesondere Kreisbogenkanten, ausgebildet. Sofern die Kanalinnenstruktur die Rippenanordnung aufweist, ist die Radialquerschnittsfigur an dieser Stelle polygonal-ovale gemischt ausgeführt. Der Ringkanalanteil kann die polygonale, ovale oder polygonal-ovale Radialquerschnittsfigur abschnittsweise aufweisen oder entlang der Kühlmittelströmungsrichtung vollständig besagte Radialquerschnittsfigur aufweisen. Durch die zum Beispiel von einer kreisrunden Radialquerschnittsfigur abweichenden Radialquerschnittsfigur wird in vorteilhafter Weise eine besonders große Oberfläche der Kanalinnenwand erreicht, wodurch ein besonders effizienter Wärmeübergang in das Kühlmittel ermöglicht ist.

[0015] Um letztendlich Ersatzteilkosten, Standzeit- und Qualitätsschwankungen von Düsenplatten für Plasmaspritzmaschinen, insbesondere Plasmaspritzmaschinen, zu minimieren, liegen der Erfindung Überlegungen zugrunde, die zu einer Düsenplatte geführt haben, die eine optimierte Kühlgeometrie aufweist und die insbesondere additiv hergestellt ist. Es wird eine Senkung von Ersatzteilkosten, eine Standzeiterhöhung der Plasmaspritzmaschine sowie eine Qualitätsverbesserung der per atmosphäri-

schem Plasmaspritzen erzeugten Schichtqualität erreicht.

[0016] Weitere Merkmale der Erfindung können sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung sowie anhand der Zeichnung ergeben. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung und/oder in den Figuren allein gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0017] Die Zeichnung zeigt in:

- 15 Fig. 1 eine planare Ansicht auf eine Oberseite einer Düsenplatte für eine Plasmaspritzmaschine,
- Fig. 2 eine planare Ansicht auf eine Rückseite der Düsenplatte,
- 20 Fig. 3 eine planare Ansicht auf eine Unterseite der Düsenplatte,
- Fig. 4 eine planare Ansicht auf eine Vorderseite der Düsenplatte,
- 25 Fig. 5 eine entlang einer Schnittebene V-V (siehe Fig. 2, Fig. 4) geschnittene Ansicht der Düsenplatte,
- 30 Fig. 6 eine entlang einer Schnittebene VI-VI (siehe Fig. 1, Fig. 2) geschnittene Ansicht der Düsenplatte,
- 35 Fig. 7 eine entlang einer Schnittebene VII-VII (siehe Fig. 1, Fig. 2) geschnittene Ansicht der Düsenplatte,
- Fig. 8 eine invertierte perspektivische Ansicht der Düsenplatte, sodass ein Kühlmittelkanal der Düsenplatte zu erkennen ist,
- 40 Fig. 9 eine invertierte perspektivische Ansicht der Düsenplatte, sodass eine weitere mögliche Ausführungsform des Kühlmittelkanals zu erkennen ist,
- 45 Fig. 10 eine invertierte perspektivische Ansicht der Düsenplatte, sodass der geschnittene dargestellte Kühlmittelkanal und ein weiterer Kanal der Düsenplatte zu erkennen sind, und
- 50 Fig. 11 eine Teilansicht einer Düsenplatte des Standes der Technik.

[0018] Gleiche oder funktionsgleiche Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Fig. 1 bis Fig. 7 sind in gleichem Maßstab gezeichnet.

Im Folgenden wird zu einer Düsenplatte 1 und zu einer Plasmaspritzmaschine (nicht dargestellt) die zum atmosphärischen Plasmaspritzen eingerichtet ist und die Düsenplatte 1 aufweist, in gemeinsamer Beschreibung vorgetragen.

[0019] Fig. 1 bis Fig. 4 zeigen - jeweils in planarer Darstellung - eine Ansicht auf unterschiedliche Seiten 2, 3, 4, 5 der Düsenplatte 1, wobei Schnittebenen V-V (siehe Fig. 5), VI-VI (siehe Fig. 6) und VII-VII (siehe Fig. 7) eingetragen sind. Die Düsenplatte 1 ist vorliegend mittels eines additiven bzw. generativen Herstellungsverfahrens hergestellt und aus einem elektrisch leitfähigen metallischen Material gebildet. Insbesondere ist die Düsenplatte 1 mittels eines Laserauftragsschmelzverfahrens hergestellt, wodurch die Düsenplatte 1 mitsamt einer innenliegenden Struktur (siehe Fig. 5 bis Fig. 10) ein nahtloser monolithischer Materialkörper 6 ist bzw. den nahtlosen monolithischen Materialkörper 6 aufweist.

[0020] Eine zentrale Durchgangsöffnung 7 der Düsenplatte 1 durchdringt deren Materialkörper 6, wobei die Durchgangsöffnung 7 einen Aufnahmegeometrie für einen Keramikring (nicht dargestellt) der Plasmaspritzmaschine bildet. Die den Materialkörper 6 gerade und vollständig durchdringende Durchgangsöffnung 7 mündet einerseits an einer Oberseite 2 und andererseits an einer Unterseite 4 der Düsenplatte 1. In Fig. 1 sind des Weiteren zwei oberseitige Einströmmündungen 8 und eine, hier eine einzige, Ausströmmündung 9 eines Kühlmittelkanals 10 (erstmalig gezeigt in Fig. 5) der Düsenplatte 1 zu erkennen. Der Kühlmittelkanal 10 ist in die Düsenplatte 1 bzw. in deren Materialkörper 6 integriert und mit einem Kühlmittel, insbesondere einer Kühlflüssigkeit, durchströmbar.

[0021] Aus einer Zusammenschau der Fig. 2 mit Fig. 3 ist zu erkennen, dass die Düsenplatte 1 vorliegend einen Spül- und/oder Schutzgaskanal 11 aufweist, der einerseits über Einströmmündungen 12 an einer Rückseite 3 der Düsenplatte 1 und andererseits über Ausströmmündungen 13 an der Unterseite 4 der Düsenplatte 1 mündet. Eine Pulverzufuhrmündung 14 eines Pulverkanals 15 der Düsenplatte 1 mündet ebenfalls an der Rückseite 3, wobei eine Pulverabgabemündung 16 des Pulverkanals 15 an der Unterseite 4 mündet. Der Spül- und/oder Schutzgaskanal 11 und der Pulverkanal 15 sind voneinander und jeweils vom Kühlmittelkanal 10 fluidisch getrennt. Um zum einen die Düsenplatte 1 an einem Plasma Brenner bzw. Brennerkopf der Plasmaspritzmaschine befestigen zu können und zum anderen wenigstens ein weiteres Element der Plasmaspritzmaschine (zum Beispiel eine Abdeckkappe oder dergleichen) an der Düsenplatte 1 befestigen zu können, weist sie ferner Befestigungsmittel 17 auf, von denen aus Übersichtlichkeitsgründen nicht alle mit dem entsprechenden Bezugszeichen versehen sind. Bei den Befestigungsmitteln 17 handelt es sich zum Beispiel um ein Innengewinde aufweisendes oder gewindeloses Loch, insbesondere Sackloch, um eine mit dem zu befestigenden Element korrespondierende Materialausnehmung, um ein mit

dem Brennerkopf korrespondierendes Zentrierringelement etc.

[0022] Fig. 5 zeigt eine entlang der Schnittebene V-V (siehe Fig. 2, Fig. 4) geschnittene Ansicht der Düsenplatte 1, wobei der Kühlmittelkanal 10 besonders gut zu erkennen ist. Eine Kanalinnenwandung bzw. Kanalinnenwände 18 des Kühlmittelkanals 10 ist/sind durch das Material der Düsenplatte 1 bzw. deren Materialkörper 6 gebildet. Der Kühlmittelkanal 10 weist einen Ringkanalanteil 19 auf, der die Durchgangsöffnung 7 im Material der Düsenplatte 1 ringartig umschließt. Der Kühlmittelkanal 10 weist hier im Beispiel zudem zwei Einströmkanalemente 20 und ein einziges Ausströmkanalement 21 auf. Dabei bilden die Einströmkanalemente 20 an der Oberseite 2 der Düsenplatte 1 die Einströmmündungen 8 des Kühlmittelkanals 10, indem die Einströmkanalemente 20 an der Oberseite 2 enden. Dahingegen bildet das Ausströmkanalement 21 an der Oberseite 2 der Düsenplatte 1 die Ausströmmündung 9 des Kühlmittelkanals 10, indem das Ausströmkanalement 21 an der Oberseite 2 endet. Die Einströmkanalemente 20 sind an einer Einströmverbindungsstelle 22 fluidisch mit dem Ringkanalanteil 19 verbunden, wohingegen das Ausströmkanalement 21 an einer Ausströmverbindungsstelle 23 fluidisch mit dem Ringkanalanteil 19 verbunden ist.

[0023] Vorliegend bildet die Ausströmverbindungsstelle 23 einen Höchstkühlbedarfsbereich 24 der Düsenplatte 1 bzw. ist die Ausströmverbindungsstelle 23 im Höchstkühlbedarfsbereich 24 angeordnet. Anders ausgedrückt: Die Ausströmverbindungsstelle 23 bildet einen Kanalabschnitt des Kühlmittelkanals 10, insbesondere des Ringkanalanteils 19, das dem Höchstkühlbedarfsbereich 24 zugeordnet ist. Der Kühlmittelkanal 10 weist im Höchstkühlbedarfsbereich 24, das heißt vorliegend an/in der Ausströmverbindungsstelle 23, eine Kanalinnenstruktur 25 auf, die derart eingerichtet ist, dass, wenn der Kühlmittelkanal 10 mit dem flüssigen Kühlmittel durchströmt wird, eine Gasblasenbildung des Kühlmittels in einem dem Höchstkühlbedarfsbereich 24 zugeordneten Kanalabschnitt des Kühlmittelkanals 10 - hier also in/an der Ausströmverbindungsstelle 23 sowie in deren unmittelbaren Nahbereich - verhindert wird. Zur besseren Orientierung sind in Fig. 1, Fig. 3 und Fig. 5 Radialschnittebenen 26 des Kühlmittelkanals 10 bzw. dessen Ringkanalanteils 19 eingezeichnet, die in Bezug zu einer Längsmittelnachse der Durchgangsöffnung 7 den Ringkanalanteil 19 an den Positionen 150°, 180° und 210° radial schneiden. Dabei ist der Nahbereich der Ausströmverbindungsstelle 23 insbesondere durch die 150°- und die 210°-Marke der Radialschnittebenen 26 begrenzt, wobei der Höchstkühlbedarfsbereich 24 zwischen der 150°- und der 210°-Marke der Radialschnittebenen 26 angeordnet ist, insbesondere an der 180°-Marke.

[0024] Fig. 6 zeigt eine entlang der Schnittebene VI-VI (siehe Fig. 1, Fig. 2) geschnittene Ansicht der Düsenplatte 1, wobei Fig. 7 eine entlang der Schnittebene VII-VII (siehe Fig. 1, Fig. 2) geschnittene Ansicht der Düsen-

platte 1 zeigt.

[0025] Fig. 8 zeigt eine invertierte perspektivische Ansicht der Düsenplatte 1, in welcher der Kühlmittelkanal 10 der Düsenplatte 1 als Körper dargestellt ist, wobei der Materialkörper 6 als materialfreier Raum dargestellt ist. Es ist zu erkennen, dass die Kanalinnenstruktur 25 im Höchstkühlbedarfsbereich 24 eine erste durchströmbare Querschnittsfläche 27 des Ringkanalanteils 19 aufweist, die kleiner ist als eine stromauf davon angeordnete, zweite Querschnittsfläche 28 des Ringkanalanteils 19. Zur Verdeutlichung ist in Fig. 8 und Fig. 9 eine Kühlmittelströmungsrichtung 29 eingezeichnet, entlang derer das Kühlmittel im Plasmaspritzbetrieb der Plasmaspritzmaschine den Kühlmittelkanal 10 durchströmt.

[0026] Fig. 9 zeigt eine invertierte perspektivische Ansicht der Düsenplatte 1. Es geht aus Fig. 9 hervor, dass die Kanalinnenstruktur 25 im Höchstkühlbedarfsbereich 24 eine Rippenanordnung 30 aufweist, deren Rippe 31 in den Ringkanalanteil 19, insbesondere in die Ausströmverbindungsstelle 23, gerichtet ist. Dabei springt die Rippe 31 innenseitig, das heißt im Ringkanalanteil 19, von der Kanalinnenwand 18 hervor. Es ist bei der Düsenplatte 1 im vorliegenden Beispiel insbesondere vorgesehen, dass deren Kanalinnenstruktur 25 sowohl die durch die Querschnittsflächen 27, 28 gebildete Durchströmungsquerschnittsverengung als auch die Rippenanordnung 30 aufweist.

[0027] Aus Fig. 8 und Fig. 9 ist des Weiteren zu entnehmen, dass eine Radialquerschnittsfigur 32 des Ringkanalanteils 19 eine polygonale Form, eine ovale Form oder eine polygonal-ovale Mischform aufweist. Die Radialquerschnittsfigur 32 ist beispielsweise gemäß einem Dreieck mit runden Spitzen (siehe Fig. 9 bei 150°, 210°) oder gemäß einem Rechteck mit zwei gegenüberliegenden ungeraden Kanten, insbesondere Kreisbogenkanten (siehe Fig. 8 bei 150°, 210°), ausgebildet. Ferner kann die Radialquerschnittsfigur 32, siehe Fig. 9 bei 180°, die polygonal-ovale Mischform aufweisen.

[0028] Fig. 10 zeigt eine invertierte perspektivische Ansicht der Düsenplatte 1, in der der geschnitten dargestellte Kühlmittelkanal 10, der Spül- und/oder Schutzgaskanal 11 und der Pulverkanal 15 zu erkennen sind.

[0029] Durch die Düsenplatte 1 und durch die die Düsenplatte 1 aufweisende Plasmaspritzmaschine ist eine jeweilige Möglichkeit aufgezeigt, wie ein durch einen Plasmaspritzbetrieb verursachter Verschleiß der Düsenplatte 1 gegenüber einer herkömmlichen Düsenplatte reduziert wird.

Bezugszeichenliste

Fig. 11 (Stand der Technik)

[0030]

- a herkömmliche Düsenplatte
- b Düsenbohrung
- c Verschleißstelle

Fig. 1 bis Fig. 10

[0031]

- | | | |
|----|----|---|
| 5 | 1 | Düsenplatte |
| | 2 | Oberseite |
| | 3 | Rückseite |
| | 4 | Unterseite |
| | 5 | Vorderseite |
| 10 | 6 | Materialkörper |
| | 7 | Durchgangsöffnung |
| | 8 | Einströmmündung |
| | 9 | Ausströmmündung |
| | 10 | Kühlmittelkanal |
| 15 | 11 | Spül- und/oder Schutzgaskanal |
| | 12 | Einströmmündung des Spül- und/oder Schutzgaskanal |
| | 13 | Ausströmmündung des Spül- und/oder Schutzgaskanal |
| 20 | 14 | Pulverzufuhrmündung |
| | 15 | Pulverkanal |
| | 16 | Pulverabgabemündung |
| | 17 | Befestigungsmittel |
| | 18 | Kanalinnenwand |
| 25 | 19 | Ringkanalanteil |
| | 20 | Einströmkanalement |
| | 21 | Ausströmkanalement |
| | 22 | Einströmverbindungsstelle |
| | 23 | Ausströmverbindungsstelle |
| 30 | 24 | Höchstkühlbedarfsbereich |
| | 25 | Kanalinnenstruktur |
| | 26 | Radialschnittebene |
| | 27 | erste durchströmbare Querschnittsfläche |
| | 28 | zweite durchströmbare Querschnittsfläche |
| 35 | 29 | Kühlmittelströmungsrichtung |
| | 30 | Rippenanordnung |
| | 31 | Rippe |
| | 32 | Radialquerschnittsfigur |

Patentansprüche

1. Düsenplatte (1) für eine Plasmaspritzmaschine zum atmosphärischen Plasmaspritzen, die aus einem elektrisch leitfähigen Material hergestellt ist und eine zentrale Durchgangsöffnung (7) aufweist, durch welche eine Aufnahmegeometrie für einen Keramikring der Plasmaspritzmaschine gebildet ist, wobei in die Düsenplatte (1) ein von einem flüssigen Kühlmittel durchströmbarer Kühlmittelkanal (10) integriert ist, dessen Kanalinnenwand (18) durch das Material der Düsenplatte (1) gebildet ist und der einen Ringkanalanteil (19) aufweist, der die Durchgangsöffnung (7) im Material der Düsenplatte (1) ringartig umschließt, wobei der Kühlmittelkanal (10) in einem vorgegebenen Höchstkühlbedarfsbereich (24) der Düsenplatte (1) eine Kanalinnenstruktur (25) aufweist, die derart eingerichtet ist, dass, wenn der Kühlmittel

telkanal (10) mit dem Kühlmittel durchströmt wird, eine Gasblasenbildung des Kühlmittels in einem dem Höchstkühlbedarfsbereich (24) zugeordneten Kanalabschnitt des Kühlmittelkanals (10) verhindert wird.

5

2. Düsenplatte (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
sie einstückig mittels eines additiven Herstellungsverfahrens, insbesondere mittels eines Laserauftragsschmelzverfahrens, hergestellt ist. 10

3. Düsenplatte (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kanalinnenstruktur (25) im Höchstkühlbedarfsbereich (24) eine erste durchströmbare Querschnittsfläche des (27) Ringkanalanteils (19) aufweist, die kleiner ist als eine stromauf davon angeordnete, zweite Querschnittsfläche (28) des Ringkanalanteils (19). 15
20

4. Düsenplatte (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kanalinnenstruktur (25) im Höchstkühlbedarfsbereich (24) eine Rippenanordnung (30) aufweist, deren Rippe (31) in den Ringkanalanteil (19) gerichtet von der Kanalinnenwand (18) hervorspringt. 25

5. Düsenplatte (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kühlmittelkanal (10) zwei Einströmkanalelemente (20) und ein Ausströmkanalelement (21) aufweist, wobei die Einströmkanalelemente (20) an einer Einströmverbindungsstelle (22) fluidisch mit dem Ringkanalanteil (19) verbunden sind, und das Ausströmkanalelement (21) an einer Ausströmverbindungsstelle (23) fluidisch mit dem Ringkanalanteil (19) verbunden ist, wobei die Kanalinnenstruktur (25) an der Ausströmverbindungsstelle (23) angeordnet ist. 30
35
40

6. Düsenplatte (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass 45
eine Radialquerschnittsfigur (32) des Ringkanalanteils (19) eine polygonale Form, eine ovale Form oder eine polygonal-ovale Mischform aufweist, insbesondere gemäß einem Dreieck mit runden Spitzen oder gemäß einem Rechteck mit zwei gegenüberliegenden ungeraden Kanten, insbesondere Kreisbogenkanten, ausgebildet ist. 50

7. Plasmaspritzmaschine zum atmosphärischen Plasmaspritzen, das eine nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgeführte Düsenplatte (1) aufweist. 55

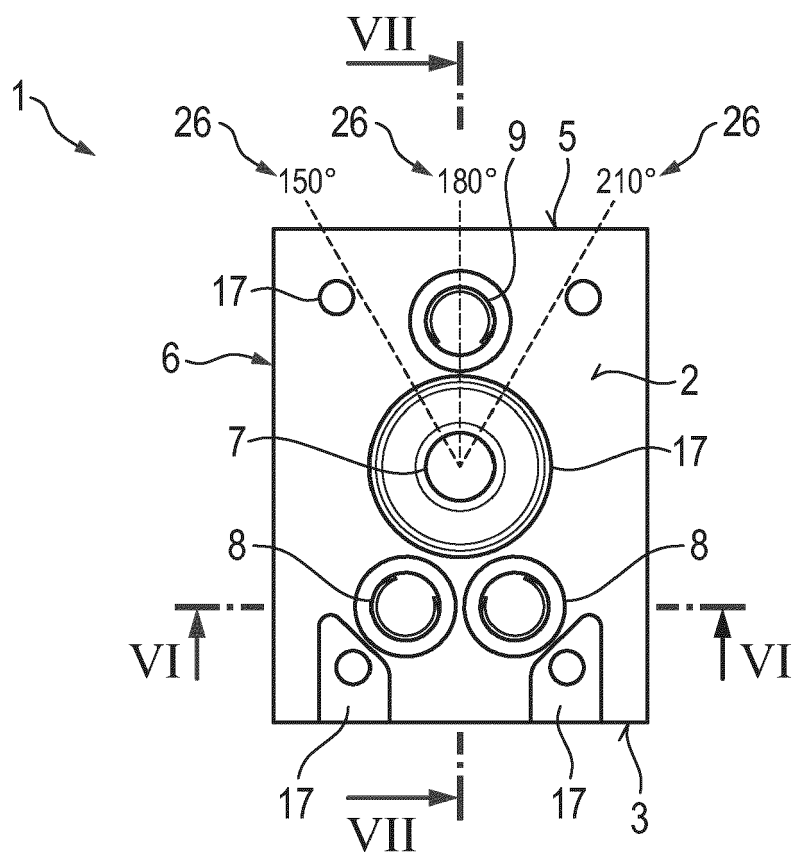


Fig. 1

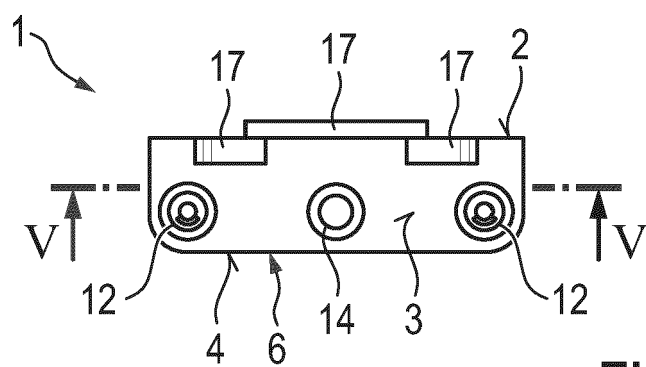


Fig. 2

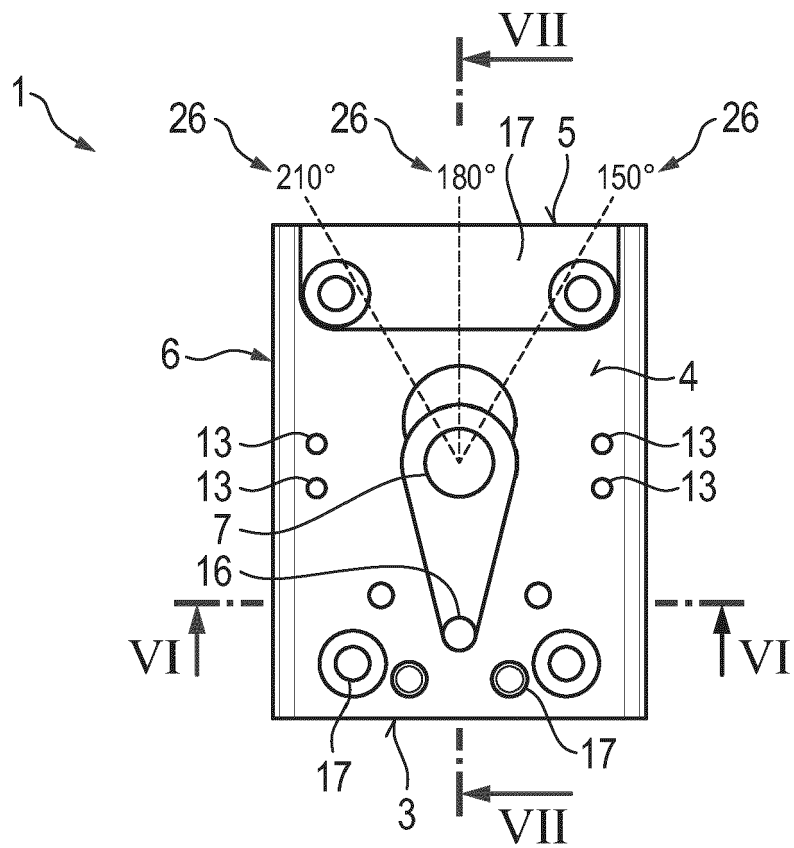


Fig. 3

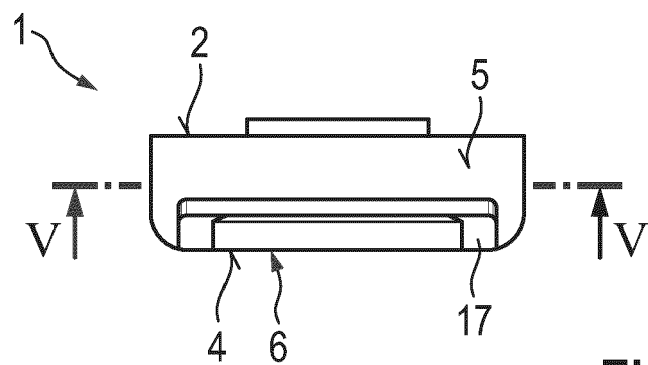


Fig. 4

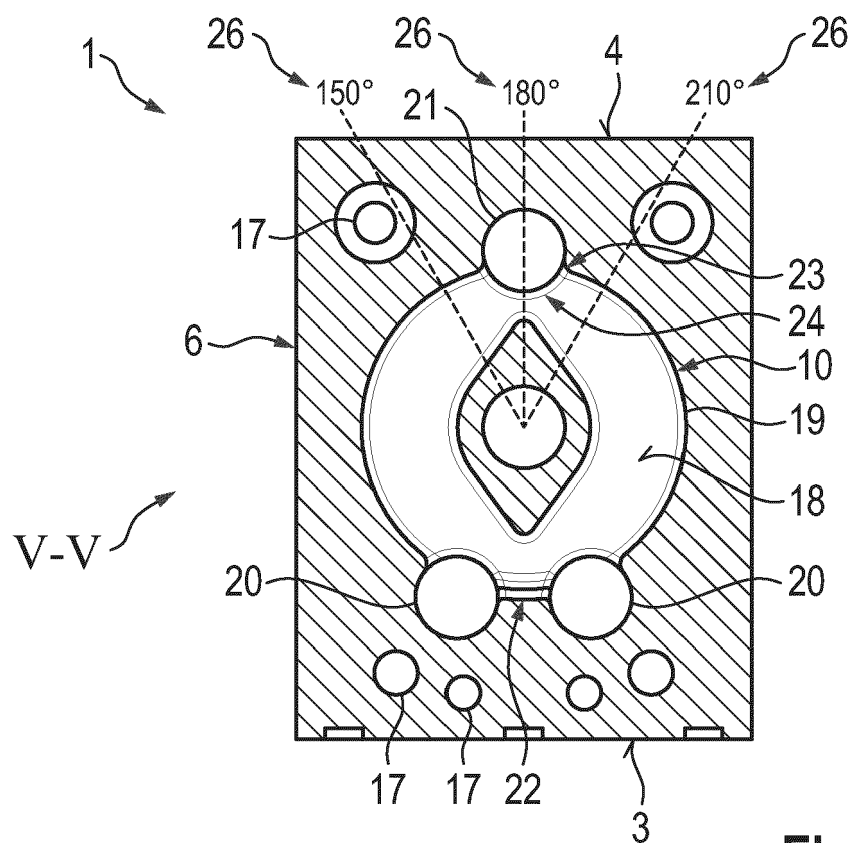


Fig. 5

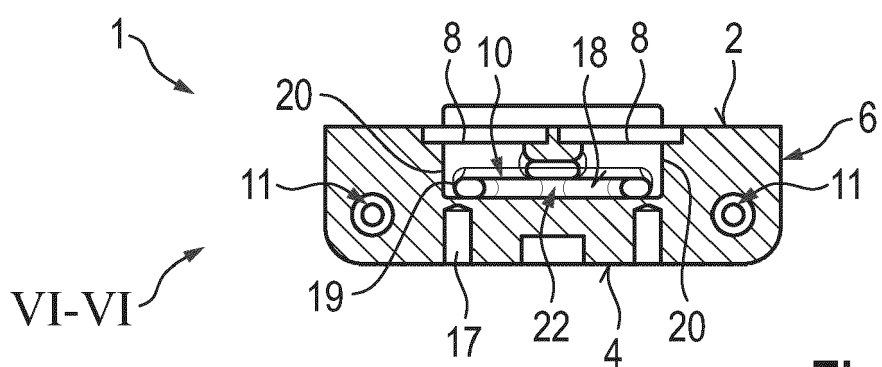


Fig. 6

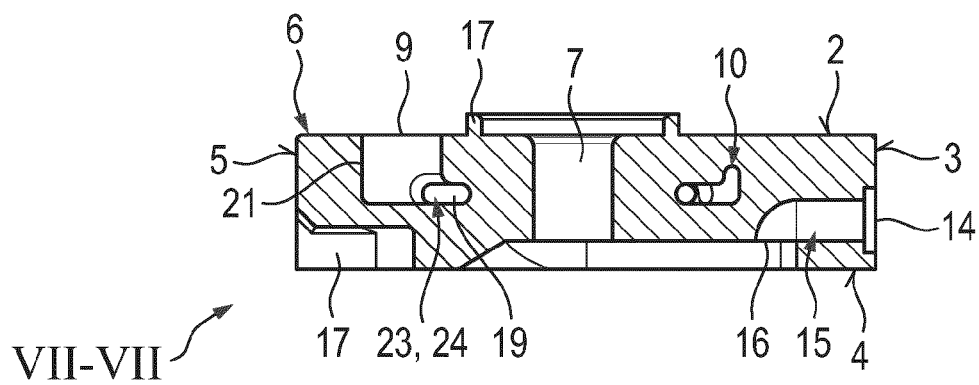


Fig. 7

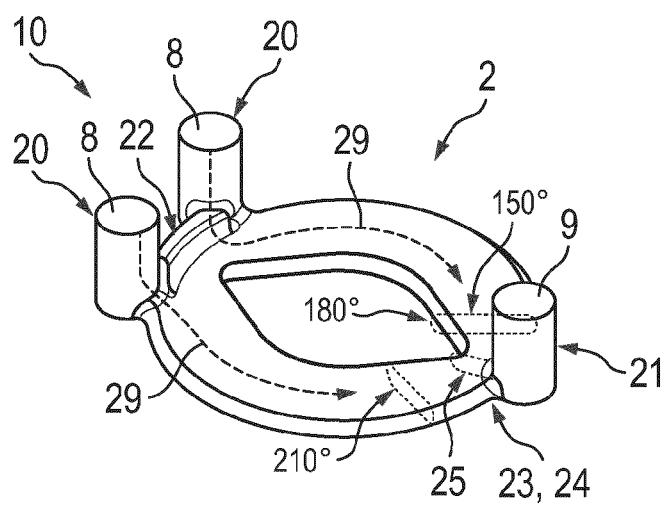
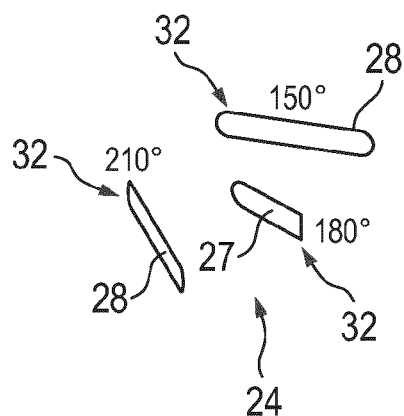


Fig. 8

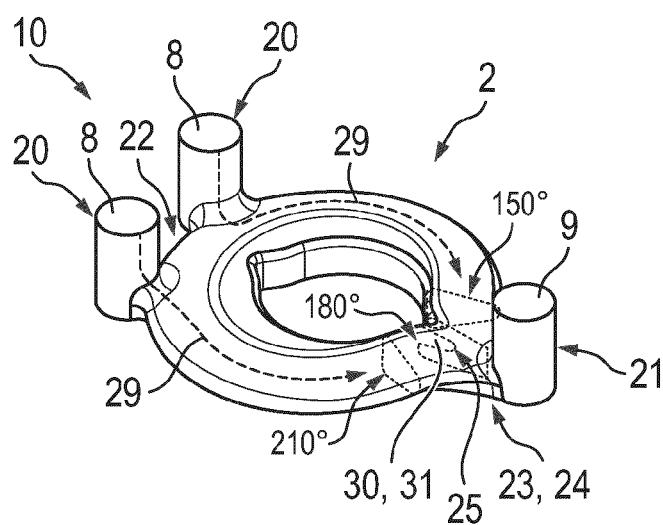
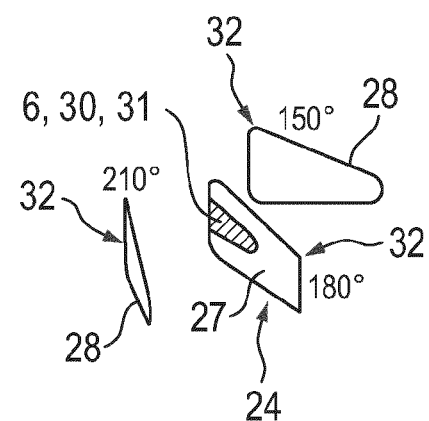


Fig. 9

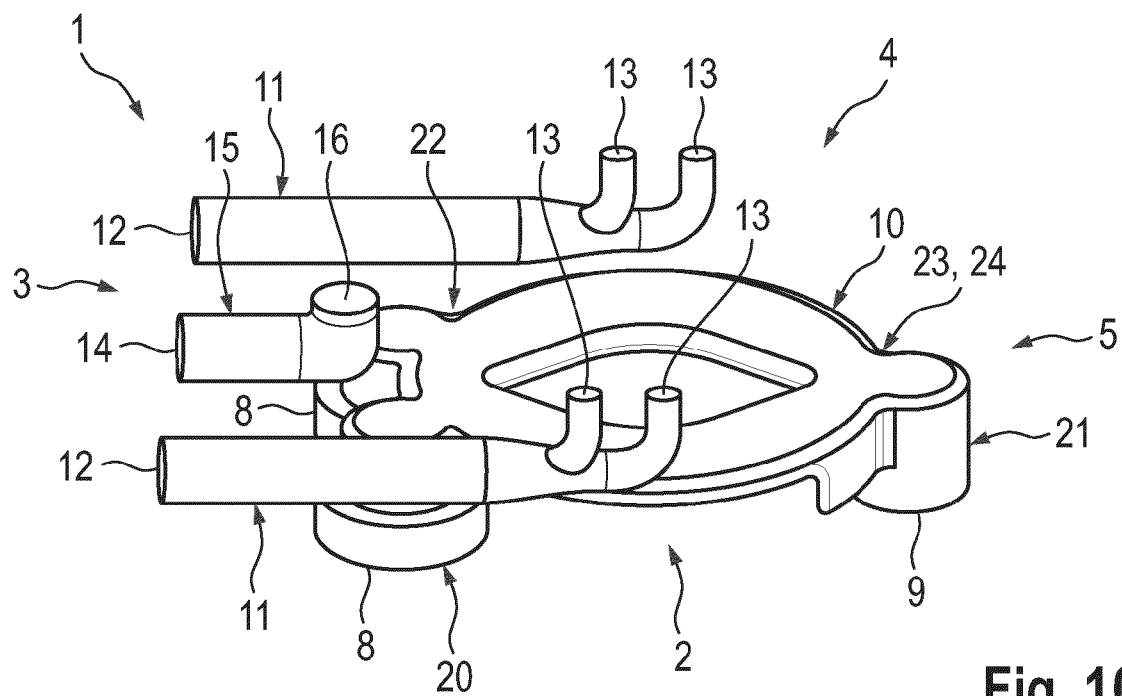


Fig. 10

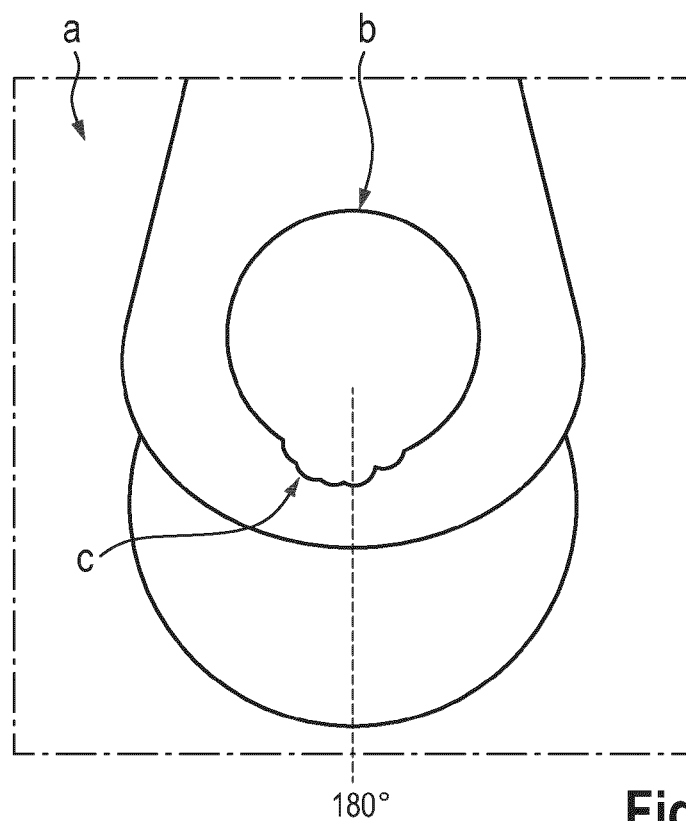


Fig. 11

(Stand der Technik)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 21 6906

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2018/035619 A1 (AMT AG [CH]) 1. März 2018 (2018-03-01)	1, 2, 7	INV. B05B7/22
A	* das ganze Dokument *	4, 5	H05H1/28 H05H1/34

X,D	EP 0 645 946 B1 (SULZER METCO AG [CH]) 18. Dezember 1996 (1996-12-18)	1-3, 6, 7	
A	* das ganze Dokument *	4, 5	

X	EP 0 171 793 A2 (PLASMAINVENT AG [CH]) 19. Februar 1986 (1986-02-19)	1, 2, 6, 7	
A	* Abbildung 7 *	4, 5	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B05B H05H
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		7. Juni 2024	Gineste, Bertrand
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	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 21 6906

5 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.

07-06-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
15	WO 2018035619	A1	01-03-2018	CH	712835	A1	28-02-2018
				EP	3504943	A1	03-07-2019
				ES	2953155	T3	08-11-2023
				JP	6963569	B2	10-11-2021
				JP	2019533077	A	14-11-2019
				PL	3504943	T3	25-03-2024
				US	2019141828	A1	09-05-2019
				WO	2018035619	A1	01-03-2018
20	-----						
25	EP 0645946	B1	18-12-1996	AT	E146643	T1	15-01-1997
				CA	2132178	A1	30-03-1995
				EP	0645946	A1	29-03-1995
				JP	3640985	B2	20-04-2005
				JP	H07169406	A	04-07-1995
				KR	950010715	A	28-04-1995
				US	5519183	A	21-05-1996
30	-----						
35	EP 0171793	A2	19-02-1986	DE	3430383	A1	27-02-1986
				EP	0171793	A2	19-02-1986
				JP	H0357833	B2	03-09-1991
				JP	S61133158	A	20-06-1986
				US	4661682	A	28-04-1987
40	-----						
45							
50							
55							

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

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

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

- DE 19935468 A1 [0003]
- EP 3631037 B1 [0003]
- EP 0645946 B1 [0003]