

(19)



(11)

EP 1 603 684 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.03.2009 Patentblatt 2009/11

(51) Int Cl.:
B05B 7/20 ^(2006.01) **B05D 1/10** ^(2006.01)
C23C 4/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03778244.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/003641

(22) Anmeldetag: **03.11.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/045777 (03.06.2004 Gazette 2004/23)

(54) NIEDERTEMPERATUR HOCHGESCHWINDIGKEITS-FLAMMSPRITZSYSTEM

LOW-TEMPERATURE HIGH-VELOCITY FLAME SPRAYING SYSTEM

SYSTEME DE PROJECTION A LA FLAMME, A HAUTE VITESSE ET A BASSE TEMPERATURE

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

(30) Priorität: **19.11.2002 DE 10253794**
02.05.2003 DE 10319608
05.06.2003 DE 10325432

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.12.2005 Patentblatt 2005/50

(73) Patentinhaber: **IBEDA Sicherheitsgeräte und
Gastechnik GmbH & Co. KG**
53577 Neustadt/Wied (DE)

(72) Erfinder: **Hühne, Erwin Dieter**
79227 Schallstadt (DE)

(74) Vertreter: **Schmid, Rudolf**
Patentanwalt
Werderstrasse 23-25
68165 Mannheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 905 811 **US-A- 5 234 164**
US-A- 5 330 798 **US-A- 5 405 085**
US-A- 5 834 066

EP 1 603 684 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 Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsysteme zum thermischen Spritzen von pulverförmigen Werkstoffen und eine Zusatzeinrichtung für Plasmabrenner zum Niedertemperatur-Hochgeschwindigkeits-Spritzen mit den Merkmalen der Oberbegriffe von Ansprüchen 1, 2 und 14.

[0002] Die DE 199 05 811 A1 offenbart eine Hochgeschwindigkeits-Flammspritzkanone zum thermischen Spritzen von stab-, draht-, und/oder pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen mit einem Anschluß zum Einleiten von Betriebsmedien aus gasförmigen und flüssigen Brennstoffen und einer Brennkammer mit Expansionsdüse. Edelgase, wie Argon, Helium u. a., als nicht brennbare Gase können der Brennkammer zugemischt werden und schaffen die Möglichkeit, die physikalischen und chemischen Eigenschaften des hochenergetischen Hypersonicgasstrahls exakt auf den jeweiligen Spritzzusatzwerkstoff optimal abzustimmen. Durch das Zumischen von Edelgasen werden gemäß diesem Stand der Technik beim Verarbeiten hochreaktiver Spritzzusatzwerkstoffe, wie z. B. Reinnickel oder Superlegierungen, wie sie z. B. beim Beschichten von Flugzeugtriebwerksteilen vorteilhaft zum Einsatz gebracht werden, in den Spritzschichten wesentlich geringere Sauerstoffanteile gefunden. Durch das Zumischen von Edelgasen in die Brennkammer gemäß diesem Stand der Technik darf die Temperatur der Betriebsmedien aus gasförmigen und flüssigen Brennstoffen allerdings nicht zu weit abgesenkt werden, da sonst die Flamme ausgeht und die Verbrennung in der Brennkammer zum Erliegen kommt, was einem Totalausfall der Hochgeschwindigkeits-Flammspritzkanone entsprechen würde.

[0003] Beim Plasmaspritzen wird ein elektrischer Hochenergie-Lichtbogen zwischen einer thoriierten Wolframelektrode (Wolframkathode) und einer sich einengenden Kupferdüse als Anode gezündet. Das in einem Zwischenraum zwischen Kathode und Anode strömende Gas, Stickstoff, Wasserstoff, Argon, Helium und deren Gemische, wird sehr hoch erhitzt, so dass einatomige Gase teilweise ionisieren, zweiatomige Gase dissoziieren und teilweise ionisieren und einen Plasmastrahl bilden. Spritzzusatzwerkstoffe, die mittels eines Trägergases, wie z. B. Ar, N₂ o. a. in das hoch erhitzte Gasgemisch des Plasmastrahls radial aus einem oder mehreren der Anode nachgeschalteten Pulverinjektoren eingeblasen werden, haften im wesentlichen durch mechanische Verankerung auf dem durch Aufrauen, z. B. Sandstrahlen, vorbereiteten Grundwerkstoff. Als Spritzeinrichtungen dienen vorzugsweise mit Stickstoff-Wasserstoff-Gemischen betriebene Gleichstrom-Plasmaspritzbrenner mit "nicht übertragenem Lichtbogen" bei einer Leistung von etwa 30 bis 100 kW. Verspritzt werden vorzugsweise metallische, keramische und metallkeramische Pulversorten, die mit dem bisher üblichen Flamm- oder Lichtbogenspritzen nicht oder nur bedingt verarbeitet werden konnten.

[0004] Plasmagespritzte Schichten erweitern den wirtschaftlichen Einsatz des Metallspritzens und übertreffen in bezug auf ihre Homogenität die technischen und physikalischen Eigenschaften herkömmlicher Spritzschichten. Auf Grund der hohen Gasstrahltemperatur des aus der Stirnseite des Plasmabrenners austretenden Plasmastrahls, in die Spritzzusatzwerkstoffe eingebracht werden, tritt in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung der Kornform, der Partikelstruktur und -größe, eine mehr oder weniger starke Oberflächenoxidation der einzelnen schmelzplastischen- und oder schmelzflüssigen Spritzpartikel ein. Diese Oxide verursachen nach dem Auftreffen der Spritzpartikel auf die Substratoberfläche eine abgeminderte Interpartikelhaftung. Die chemischen- und physikalischen Eigenschaften einer Spritzschicht mit hohen Oxidgehalten sind für spezielle Anwendungen in der Beschichtungstechnik nicht geeignet.

[0005] Die US 5 330 798 (Browning) offenbart ein Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem zum thermischen Spritzen von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen mit Anschlüssen zum Einleiten von Betriebsmedien aus gasförmigen und flüssigen Brennstoffen in eine Brennkammer. Bei der US 5 330 798 gelangen flüssiger und gasförmiger Brennstoff und Oxidationsgas jeweils gemeinsam in die Brennkammer. US 5 330 798 offenbart eine Expansionsdüse stromabwärts der Brennkammer und weiter stromabwärts eine zusätzliche Mischkammer mit einem Injektionssystem für nichtbrennbare Gase und/oder Wasser, mittels der die Temperatur des aus der Brennkammer in die Mischkammer einströmenden Supersonic-Flammstrahl durch Zumischen der nichtbrennbaren Gase und/oder Wasser einstellbar absenkbar ist. Expansion der Gase erfolgt in der Expansionsdüse nur bis vor das Injektionssystem für nichtbrennbare Gase und/oder Wasser.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, verbesserte und kostengünstige Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsysteme zu schaffen, welche die Verarbeitung oxidationsempfindlicher, nicht duktiler Spritzzusatzwerkstoffe mit Schmelztemperaturen > 800° C aber auch mit niedrigen Schmelztemperaturen ermöglicht und gleichzeitig die Oxidation der Wirkstoffe während ihrer Flugphase praktisch verhindert. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsysteme zu schaffen, die den bisherigen Verwendern der HVOF-Technologie Nachrüstperspektiven bieten, um vorhandene, dem Stand der Technik entsprechende HVOF Brennersysteme oder Plasmapulverspritzbrenner aufzuwerten.

[0007] Die Lösung erfolgt erfindungsgemäß mit Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystemen mit den Merkmalen der Ansprüche 1 oder 2 oder einer Zusatzeinrichtung für Plasmabrenner zum Niedertemperatur-Hochgeschwindigkeits-Spritzen mit den Merkmalen von Anspruch 14. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind mit den Unteransprüchen dargestellt.

[0008] Gemäß der Erfindung wird der Brennkammer

von bekannten HVOF Brennsystemen zum Betrieb mit gasförmigen und/oder flüssigen Brennstoffen in Verbindung mit Oxidationsgasen, zum Verspritzen von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen eine zusätzliche Mischkammer mit einem Injektionssystem mit nachgeschalteter Expansionsdüse hinzu gefügt, in die in steuerbaren Mengen und mit wählbarem Zuströmdruck, durch eine Vielzahl von radial und/oder axial in Strömungsrichtung angeordnete Zuführungskanäle des Injektionssystems nichtbrennbare Gase (z.B. Argon, Helium, Stickstoff u.a.) sowie Formiergase und/oder Wasser, mengen- und druckmäßig steuerbar so zuführbar sind, dass nach der Austrittsmündung der Brennkammer der mit einer Gastemperatur von ca. 1600 - 3,165° C in die Mischkammer einströmende Hypersonic Flammstrahl durch Zumischen der nichtbrennbaren Gase und/oder Wasser mit einer Temperatur, die der Entnahmetemperatur aus Stahlflaschen, Flaschenbündel oder Tankanlagen entspricht, auf gewünschte Gasstrahltemperaturen bis zum vollständigen Erlöschen der Flamme absenkbar ist. Spritzzusatzwerkstoffe mit einem Schmelzpunkt > 1200° C wie z.B. Cr-Stahl, CrNi-Stahl, sowie die Superlegierungen "M-CrAlY" u.a. können gemäß der Erfindung verarbeitet werden. Fluorhaltige Kunststoffe, wie z. B. Teflon, Halar, sowie neuartige Spritzzusatzwerkstoffe, wie metallische, karbidische und/oder oxidkeramische, pulverförmige Werkstoffe mit Anteilen von fluorhaltigen Kunststoffen von > 5% - > 30% Gewichtsanteilen, deren Verarbeitung eine genau einstellbare Temperatur von z. B. ca. 430° C voraussetzt, können gemäß der Erfindung auch verarbeitet werden, weil die Gasstrahltemperatur exakt auf die erforderliche Prozesstemperatur eingestellt werden kann, ohne dass es zu einem Zersetzungsprozess durch Überhitzen der fluorhaltigen Kunststoffe und dadurch zur Bildung von giftigen, neurosen Gasen kommen würde und die spezifischen, technisch physikalischen Eigenschaften der fluorhaltigen Kunststoffe dabei verloren gehen würden. Die Zugabe der nichtbrennbaren Gase und/oder Wasser in die Mischkammer beeinträchtigt die Verbrennung in der stromaufwärts gelegenen Brennkammer in keiner Weise, so daß die Verbrennung in der Brennkammer durch die Zumischung der nichtbrennbaren Gase in die Mischkammer nicht eingeschränkt ist. Der aus der Mischkammer in die nachgeschaltete, wahlweise zylindrisch, konisch und/oder lavaldüsenförmig ausgebildete Expansionsdüse einströmende, auf seine Solltemperatur abgesenkte Gasstrahl wird aus mindestens zwei, radialen oder mit eingestelltem Winkel zwischen ca. 45° bis 90° der Mischkammeraustrittsmündung nachgeordneten Injektoren mit dem entsprechenden pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoff beschickt, der im Gasstrahl auf dessen Temperatur aufgeheizt, beschleunigt und mit der kinetischen Energie des Gasstrahles auf die Substratoberfläche aufgeschossen wird. Der erfindungsgemäße "Low Temperature Hyperkinetik" HVOF Brenner ist bezüglich Werkstoff, Funktionsbauteilen und in seiner Dimensionierung so ausgelegt, dass ausreichende Betriebssicherheit des

Brennersystems bei ausreichend hohen Zuströmdrücken der gasförmigen und/oder flüssigen Brennstoffe zur Absicherung gegen Rückströmung, wie nichtbrennbare Kühlgase zwischen ca. 5- > 20 bar, sowie, Primär- und Mischkammerdrücken in der gleichen Größenordnung gewährleistet ist.

[0009] Mit der Erfindung wurde eine neue Technologie entwickelt, die es mit geringem Kostenaufwand ermöglicht, Spezialwerkstoffe, wie z. B. Tantal, Niob, Titan, Titanhydrid, Silber und Silberlegierungen, sowie die große Palette an Superlegierungen (M-CrAlY,s), Zinn, Lote auf Kupfer- und / oder Silberbasis, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Zink und Zinklegierungen, Kupfer und Kupferlegierungen, Molybdän, oxidfrei zu verspritzen, so daß mit dem erfindungsgemäßen Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem, sauerstofffreie Schichten erzeugt werden können und ein neues HVOF Beschichtungsverfahren damit den Anwendern die Möglichkeit eröffnet, die vorgenannten Spritzzusatzwerkstoffe auf nichtmetallische Substratoberflächen, wie z. B. Keramik oder Kunststoffe aufzuspritzen, was mit den dem Stand der Technik entsprechenden HVOF Verfahren, auf Grund ihrer hohen auf die Substratoberflächen einwirkenden Gasstrahltemperatur > 2000° C nicht möglich ist.

[0010] Das erfindungsgemäße Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem ermöglicht die Nachrüstung, bzw. Modifikation von dem Stand der Technik entsprechenden HVOF Brennersystemen durch die Nachrüstung einer Mischkammer mit z.B. radialer Injektion und Zumischung von nichtbrennbaren Gasen und/oder Wasser zur beliebigen Absenkung der hohen Temperatur des Hypersonic Gasstrahls, der aus der Brennkammer (Primärkammer) die nachgerüstete Mischkammer durchströmt. Der Vorteil der erfindungsgemäßen Beschichtungstechnologie liegt u.a. darin begründet, daß praktisch alle pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffe im Schmelzbereich 100 - 2000° C verarbeitet werden können.

[0011] Durch die steuerbare Wahl der Mischungsverhältnisse zwischen gasförmigen- bzw. flüssigen Brennstoffen mit Oxidationsgasen kann je nach Bedarf eine unter-, über-oder stöchiometrische Hypersonic HVOF Flamme eingestellt werden. Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem mit einem sogenannten "Mass Flow Meter" geregelt, so dass bei steigendem Gegen- druck in der Brennkammer durch expandierende Kühlmittelzugaben nach der Austrittsöffnung der Brennkammer die Strömungsmenge der gasförmigen- bzw. flüssigen Brennstoffen mit Oxidationsgasen auf einem vorher eingestellten Wert gehalten werden kann. Störungen der Regelung werden vom Mass Flow Meter akustisch und/oder optisch angezeigt.

[0012] Durch die Möglichkeit der Zumischung steuerbarer Mengen und bei steuerbar einstellbaren Zuström- drücken und/oder - temperaturen von nicht brennbaren Gasen und/oder Wasser in den "HyperKinetic-Gasstrahl" kann dessen Strahltemperatur und dessen kinetische

Energie den jeweiligen Erfordernissen flexibel angepasst werden. Durch die spezifische Ausbildung im Bereich der Pulverzuführung in das Gerätesystem, kann mit kostengünstigen, extremen Niederdruck Pulverfördersystemen gearbeitet werden.

[0013] Gemäß einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist ein HVOF Brennsystem mit mindestens einem Injektor vorgesehen, durch den vorzugsweise fein zerstäubtes entmineralisiertes Wasser separat in die Brennkammer geführt werden kann. In Abhängigkeit vom jeweiligen Wasserzuströmdruck und der davon abhängigen Einspritzmenge des fein zerstäubten entmineralisierten Wassers in die Brennkammer konnte die Verbrennungstemperatur bei getesteten Brennstoff-Sauerstoffkombinationen beliebig abgesenkt werden, ohne dass die Flamme in der Brennkammer erlosch. Bei einem Brennversuch mit einer Wasserstoff-Sauerstoff Mischung bei einem Mischverhältnis 1:2, z. B. stöchiometrische Verbrennung von 40 m³/h Wasserstoff + 20 m³/h Sauerstoff, in der Brennkammer des HVOF Brennsystems der alternativen Ausgestaltung der Erfindung wurde eine Flammtemperatur von ca. **2950° C** erzielt und durch die Injektion von 50 dm³/h entmineralisiertes, fein zerstäubtes Wasser direkt in die Brennkammer während der Verbrennung konnte die Gasstrahltemperatur bis auf 300° C abgesenkt werden. Der aus der Brennkammer austretende, abgekühlte, geregelte Gasstrahl wird aus einem oder mehreren der Brennkammer nachgeschalteten Radial-Pulver-injektoren mit Spritzpulver beschickt und mit sehr hoher kinetischer Energie bei niedriger Spritzpartikeltemperatur auf die zu beschichtende Oberfläche aufgeschossen, auf der sich eine optimal haftende, dichte, oxidfreie Spritzschicht ablagert aus Spezialpulver mit sehr hohem Reinheitsgrad aus Kupfer, Aluminium, Zink und CrNi-Stahl(316L) im Korngrößenbereich kleiner 25 µm und größer 5 µm. Vorzugsweise sind die Zuströmdrücke des fein zerstäubten Wassers zwischen ca. 3-15 bar. HVOF Standard TopGun Brenner mit zentrischer Pulverzuführung vom Heckanschlußflansch durch das Zentrum des Gasmischblockträgers, den Gasmischblock und die Brennkammer in die wassergekühlte Expansionsdüse und stirnseitig austretend wie beim Stand der Technik sind erfindungsgemäß durch einfache Umrüstung, nämlich durch den Austausch des zentralen Verschleißschutzinsets im Gasmischblock gegen einen Wasserinjektor mit mindestens einer oder mehreren divergierend angeordneten Einspritzdüsenbohrungen und Austausch der Brennkammer mit nach geschalteter Expansionsdüse, Zwischen- und Außenschraubhülse des Standes der Technik gegen die erfindungsgemäß entsprechenden Bauteile für Radialpulverinjektion mit einem oder mehreren Pulverinjektoren zum Niederdruck HVOF-Beschichtungssystem umrüstbar. Der Injektor des fein zerstäubten Wassers ist mit mindestens einer axial oder fokussierend im Mündungsbereich zur Brennkammer angeordneten, feinen Zerstäuberbohrung versehen.

[0014] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung

ist zwischen Gehäuse der Brennkammer und vorzugsweise einer stirnseitigen Planfläche eines Mischblocks des HVOF Brennsystems mindestens eine Metaldichtung vorgesehen.

[0015] Gemäß einer weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist eine Zusatzeinrichtung stromabwärts, zum Niederdruck-Hochgeschwindigkeits-Spritzen von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen an einen dem Stand der Technik entsprechenden Plasmabrenner montierbar angeordnet, der eine Kammer, z. B. als Misch- oder Kühlkammer, ein Injektionssystem für Wasser oder nicht brennbare Gase in die Kammer, Injektoren für pulverförmige Spritzzusatzwerkstoffe und eine der Kammer nachgeschaltete Expansionsdüse aufweist. Die erfindungsgemäße Zusatzeinrichtung eignet sich flexibel und kostengünstig zum adaptieren an praktisch alle bekannten Plasmabrenner, mit radialer oder zentrischer Zufuhreinrichtung, zum thermischen Spritzen von pulverförmigen Werkstoffen. Der Zusammenbau der erfindungsgemäßen Zusatzeinrichtung mit bekannten Plasmabrennern ermöglicht das Verspritzen von hochreaktiven pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen in einem "Hyperkinetik Niederdruck Hochgeschwindigkeits Plasmagasstrahl, und erzeugt dadurch Spritzschichtqualitäten mit extrem niedrigen Sauerstoffgehalten und exzellenter Anbindung (Haftung) an der Substratoberfläche, bei hervorragender Dichte der Spritzschicht und optimaler Interpartikelhaftung, wie dies bisher nur durch Vakuumplasmaspritzen möglich ist. Erfindungsgemäß ist die Plasmastrahltemperatur beliebig, regelbar absenkbar außerhalb des Plasmabrenners ohne Absenkung der voreingestellten Leistungsdaten und -werte, wie z. B. Zündspannung, Stromstärke und Plasmagasmengen bei gleichzeitiger beliebiger Erhöhung der Plasmagasstrahlgeschwindigkeit bis > **1000 m/sec**. Die erfindungsgemäße Plasmabeschichtungstechnik ist anwendbar in der Luft- und Raumfahrtindustrie, zum Beschichten von Turbinenschaufeln von Gasturbinen, der Chemischen Industrie, Papierfabriken, in der Druckmaschinenindustrie u. a.. Die erfindungsgemäße Plasmabeschichtungstechnik ist anwendbar im Bereich der modernen Medizintechnik, z. B. für Beschichtungsapplikationen wie Implantaten aus Titan u. oder CrNi-Stahl u. a. Trägerwerkstoffe.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist an einen Plasmabrenner, der mit einer Kathode und einer Anode ausgestattet ist, eine Frontplatte mit zentraler Auslassbohrung vorgesehen, aus der der Hochenergie-Plasmastrahl austritt und in den zylindrischen Ringraum (Kühlraum) der erfindungsgemäßen Zusatzeinrichtung einmündet.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist mindestens ein auswechselbarer Injektor des Injektionssystems vorgesehen, durch den fein zerstäubtes, entmineralisiertes Wasser in die Kammer zuführbar ist.

[0018] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung sind die Injektoren für pulverförmige Spritzzusatzwerkstoffe dem mindestens einen Injektor des Injektionsystems nach geschaltet.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung sind für den mindestens einen Injektor des Injektionsystems auswechselbare Einspritzdüsen verschiedener Düsenbohrungsdurchmesser vorgesehen.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist der Einmündungsbereich des Plasmastrahles, bei sehr hoch eingestellter Leistung, in die zylindrische Kammer (Mischkammer) mit einer Innenwandung versehen aus einem mit Kupfer umgossenen, maßgenau bearbeiteten Wolframprofilteil.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung sind an der Zusatzeinrichtung Zugangs- und Abgangsanschlüsse für Kühlwasser eines zusätzlichen, unabhängig vom Kühlkreislauf des Plasmabrenners, eigenen Kühlsystem vorgesehen.

[0022] Die erfindungsgemäße Zugabe der nichtbrennbaren Gase, oder von fein zerstäubtem Wasser in die zylindrische Kammer oder Mischkammer der erfindungsgemäßen Zusatzeinrichtung, die an die Frontplatte des Plasmabrenner adaptiert ist, beeinträchtigt den Lichtbogen - Übergang von der negativ gepolten Kathode zur positiv gepolten Anode und die durch den Zwischenraum strömenden, ionisierten und expandierenden Plasmagase und den daraus entstehenden Plasmastrahl in keiner Weise.

[0023] Der aus der zylindrischen Kammer oder Mischkammer in die nachgeschaltete, wahlweise zylindrisch, konisch und/oder lavaldüsenförmig ausgebildete Expansionsdüse einströmende, auf seine Solltemperatur abgesenkte Gasstrahl wird aus mindestens zwei, radialen oder mit eingestelltem Winkel zwischen ca. 45° bis 90° der Mischkammeraustrittsmündung nachgeordneten Injektoren mit dem entsprechenden pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoff beschickt, der im Gasstrahl auf dessen Temperatur aufgeheizt, beschleunigt und mit der kinetischen Energie des Gasstrahles auf die Substratoberfläche aufgeschossen wird. Die erfindungsgemäße Zusatzeinrichtung zum Adaptieren an Plasmabrenner ist bezüglich Werkstoff, Funktionsbauteilen und in ihrer Dimensionierung so ausgelegt, dass ausreichende Betriebssicherheit des Brennersystems, bei ausreichend hohen Zuströmldrücken der gasförmigen- und/oder flüssigen Kühlmedien, wie z. B. nichtbrennbare Kühlgase, oder fein zerstäubtes, entmineralisiertes Wasser zwischen ca. 5-> 20 bar gewährleistet ist.

[0024] Die erfindungsgemäße Zusatzeinrichtung für Plasmabrenner für Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen ermöglicht die Nachrüstung, bzw. Modifikation von dem Stand der Technik entsprechenden Plasmabrennersystemen durch die Nachrüstung ei-

ner Zusatzeinrichtung mit einer Mischkammer mit z. B. radialer Injektion und Zumischung von Wasser und/oder nichtbrennbaren Gasen zur beliebigen Absenkung der hohen Temperatur des Plasma Gasstrahls, der aus der Zentralbohrung der Frontplatte des Plasmabrenners die nachgeschaltete, zylindrische Kammer (Mischkammer) der erfindungsgemäßen Zusatzeinrichtung durchströmt.

[0025] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Beschichtungstechnologie liegt u.a. darin begründet, dass praktisch alle pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffe im Schmelzbereich 200 - > 2000° C kostengünstig und flexibel verarbeitet werden können.

[0026] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von Figuren nun näher beschrieben. Es zeigen:

- **Fig. 1:** ein Hypersonic HVOF Brennersystem Typ: TopGun K" (Kerosin) des Standes der Technik und

- **Fig. 2:** einen Querschnitt durch das Brennersystem von Fig. 1,

- **Fig. 3:** ein Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß der Erfindung,

- **Fig. 4:** ein weitere Ausgestaltung des Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystems gemäß der Erfindung,

- **Fig. 5:** eine Ansicht des Heckflanschs des Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystems von Fig. 4,

- **Fig. 6:** einen Querschnitt durch ein alternatives Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß der Erfindung,

- **Fig. 7:** einen Querschnitt durch einen Gasmischblock des Injektors gemäß Fig. 6,

- **Fig. 8:** eine Zusatzeinrichtung für einen Plasmabrenner zum "Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen" gemäß der Erfindung, und

- **Fig. 9:** einen Ausschnitt eines alternativen Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystems gemäß Fig. 6 der Erfindung.

[0027] Fig. 1: Eine Hochgeschwindigkeitsflammspritzkanone 10 enthält einen Anschluß 9 zum Einleiten von Betriebsmedien aus gasförmigen und flüssigen Brennstoffen, die dem Anschluß 9 unter Hochdruck zugeführt werden. Durch einen Kanal 1 mit einer nadelförmigen Einspritzdüse 11 des Anschlusses 9 wird flüssiger Brenn-

stoff, wie z. B. Kerosin, durch Kanäle 2 des Anschlusses 9 wird gasförmiger

Brennstoff, wie z. B. Wasserstoff, und durch Kanäle 3 des Anschlusses 9 wird Oxidationsgas, wie z. B. Luft oder Sauerstoff, geleitet.

[0028] Anschluß 9 ist am äußeren Umfang und an einer planen Endfläche 12 gas- und flüssigkeitsdicht in ein Mundstück 4 eingefast. An das Mundstück 4 ist mit einer Dichtung ein Brennkammergehäuse 6 angeflanscht. Das Brennkammergehäuse 6 enthält eine Brennkammer 8 und anschließend an die Brennkammer 8 eine Expansionsdüse 13. Radial an der Expansionsdüse 13 sind Düsen 7 für die Injektion von Spritzzusatzwerkstoffen vorgesehen.

[0029] Mundstück 4 liegt an der planen Endfläche 12 von Anschluß 9 plan und gas- und flüssigkeitsdicht an. Durch eine Zentralbohrung 14 in Mundstück 4 ragt die nadelförmige Einspritzdüse 11 ein kleines Stück über eine Stirnseite 19 des Mundstücks 4 hinaus in die Brennkammer 8. Koaxial zu den Kanälen 2 sind im Mundstück 4 Anschlußbohrungen 15 mit engerem Querschnitt enthalten. Kanäle 3 münden in eine Kammer 16 zwischen äußerem Umfang des Anschlusses 9 und Mundstück 4. Bohrungen 17 in Mundstück 4 verbinden Kammer 16 mit der Brennkammer 8. Das über die Stirnseite 19 des Mundstücks 4 in die Brennkammer 8 ragende Stück der nadelförmigen Einspritzdüse 11 ist im Betrieb vorzugsweise glühend heiß, so daß das hindurchtretende Kerosin verdampft wird und gasförmig in die Brennkammer 8 strömt.

[0030] Die Hochgeschwindigkeitsflammspritzkanone 10 kann in eine Peripherie montiert sein, die der aus der DE 197 32 815.6 entspricht. Die Offenbarung der DE 197 32 815.6 wird vollinhaltlich in die vorliegende Beschreibung aufgenommen. Die einzelnen Kanäle können variabel mit unterschiedlichen Brennstoffen beaufschlagt sein.

[0031] Fig. 2: Entsprechende Merkmale sind mit den Bezugszeichen aus Fig. 1 versehen. Die Stirnseite 19 des Mundstücks 4 weist auf konzentrischen Ringen die Bohrungen 17, die Anschlußbohrungen 15 und die Zentralbohrung 14 auf.

[0032] Fig. 3: Vor Inbetriebnahme wird einem Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem am Anschluss 3 Kühlwasser bei einem Zuströmdruck > 8 bar zugeführt. Das Kühlwasser gelangt über die Kanäle 9, 21 über die Radialbohrungen 27 in den Kühlwasserringraum 18, der durch die Zwischenhülse 19 und die Außenwand der Expansionsdüse 23 gebildet wird, - strömt alsdann über den Ringraum, der durch die Zwischenhülse 19 und die Sekundärkammer Außenwand 16 gebildet wird, um letztendlich über eine Abströmbohrung, die mit dem Anschluss 47 verbunden ist, auszuströmen. Durch die voran beschriebene Kühlwasserführung werden alle der Betriebstemperatur ausgesetzten Funktionsteile um die Brennkammer 30 während des Betriebes optimal gekühlt.

[0033] Nachdem das Kühlsystem des Niedertempera-

tur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem aktiviert ist, wird an den Anschlusssutzen 1 über eine vorgeschaltete Explosionsschutzsicherung mit integrierter Gas-Rückstromsicherung Oxidationsgas (vorwiegend Sauerstoff) bei einem Zuströmdruck > 5 bar (max. 40 bar) zugeführt und gelangt über die Verteilernute 5 und eine axiale Bohrung in die radiale Sauerstoffverteilernute 11 von Mischblockträger 39. Von hier aus gelangt es über eine Vielzahl von Axialkanälen in den Ringraum 35, um dann in axiale bzw. fokussierend in Strömungsrichtung angeordnete verengte Injektormischbohrungen 48, 49 zu gelangen. Die hoch beschleunigten Sauerstoffströme durchströmen den mit Wasserstoff als Brenngas gefüllten Injektoringkanal 34, der über den Anschluss 44 mit vorgeschaltetem Sicherungsautomat mit integrierter Gasrückstromsicherung mittels der Zuführungskanäle 36 in den Injektoringraum 34 bei einem Zuströmdruck > 8 bar eingespeist wird, um alsdann stirnseitig aus den konzentrisch um die Zentralbohrung angeordneten Injektormischbohrungen 48 und 49 in den Brennkammerraum 30 als vorgemischtes Brenngas-/Sauerstoffgemisch (vorwiegend Wasserstoff-/Sauerstoffgemisch) einzumünden.

[0034] Das Brenngas-Sauerstoffgemisch wird bezüglich des Mischungsverhältnisses so gewählt, dass bei der Zündung des Gemisches eine stöchiometrische Verbrennung in der Brennkammer 30 stattfindet. Vor der Zündung strömt das Gemisch aus Sauerstoff und Brenngas aus der verengten Austrittsbohrung 29 und durchströmt die Mischkammer 28, um dann die zentrale Abgangsbohrung X der Mischkammer 28 zu durchströmen und schließlich als Brenngas-Sauerstoffgemisch aus der lavaldüsenförmig ausgebildeten Expansionsdüsenbohrung 26 stirnseitig auszutreten, wo das Brenngas-Sauerstoffgemisch elektrisch gezündet wird.

[0035] Bei dieser Operation wird der Zuströmdruck für Brenngas und Sauerstoff so gewählt, dass die Zündgeschwindigkeit des aus der Expansionsdüsenmündung austretenden Brenngas-Sauerstoffgemisches höher ist, als die Ausströmgeschwindigkeit des Brenngas-Sauerstoffgemisches so dass die Flamme in die Brennkammer 30 zurück zündet. Nun werden die Zuströmdrücke für beide Betriebsgase, Brenngas und Sauerstoff, in einem vorgegebenen Zeitintervall von z. B. 5 sec auf die Sollwerte hochgefahren, so dass aus der Ausgangsbohrung 29 ein Hypersonic Flammenstrahl mit einer Temperatur > 2.600° C entsteht, der mit sehr hoher Geschwindigkeit die Mischkammer 28 durchströmt, um über die zentrale Abgangsbohrung X in die Expansionsdüsenbohrung 26 zu gelangen und stirnseitig auszutreten.

[0036] Dann werden über die Anschlüsse 2 und/oder 43 ein oder zwei verschiedene, nicht brennbare Gase und/oder Wasser mit einem Zuströmdruck > 10 bar eingespeist, die über entsprechende Bohrungen und Kanäle 14, 31, 51 gemischt oder auch ungemischt über die konzentrisch, teilweise fokussierend um die zentrale Austrittsbohrung 29 angeordneten Bohrungen 46, 47 in die Mischkammer 28 einmünden und den Hypersonic

Flammenstrahl auf die gewünschte Temperatur von bis zu 100° C absenken.

Der abgekühlte "HyperKinetic-Gasstrahl" besitzt nun die gewünschte Temperatur und strömt durch die zentrale Abgangsbohrung X, um dann die Expansionsdüsenbohrung 26 zu durchströmen und stirnseitig mit sehr hoher kinetischer Strahlgeschwindigkeit von > 1.000 m/sec. auszutreten.

[0037] Die Spritzpulverzuführung in den "HyperKinetic-Gasstrahl" erfolgt über zwei oder mehrere radial zur Strahlrichtung, zwischen der Abgangsbohrung X und der Expansionsdüsenbohrung Y angeordnete Injektoren 22 in die im Durchmesser erweiterte Expansionsdüsenbohrung 26 in dem HyperKinetic-Gasstrahl, in dem das Pulver auf die Gasstrahltemperatur aufgeheizt und mit der kinetischen Energie des Hyper-Kinetic-Gasstrahls von > 1.000 m/sec. auf die Substratoberfläche aufgeschossen wird, um eine praktisch oxidfreie, dichte Spritzschicht mit hervorragender Interpartikelhaftung und exzellenter Anbindung an den Grundwerkstoff zu bilden.

[0038] Die Zentralbohrung 45 kann zur Messung des Drucks in der Brennkammer 30 herangezogen werden. Die so ermittelten Messdaten werden über eine Prozesssteuerung (nicht dargestellt) digital angezeigt und u. a. als Parameter zur Prozesssteuerung herangezogen.

[0039] Fig. 4, 5: Ein an sich bekanntes Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem mit Kerosin als Brennstoff weist zur Aufrüstung zum Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem einander gegenüber liegende Injektoren A1 für nichtbrennbares Gas auf, die mit einem Einsatz 2 an einen Endquerschnitt 37 des bekannten Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystems montierbar sind. Der Einsatz 2 bildet nach einem Durchlass eine Mischkammer X zu einer Expansionsdüse 5 mit einem Injektionssystem B2 für Pulverinjektoren 4.

[0040] Vor Inbetriebnahme wird dem Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem an einem Anschlussstutzen 33 Kühlwasser bei einem Zuströmdruck > 5 bar mit ca. 16 - 20° C Eingangstemperatur zugeführt. Brennkammer 36 und Flanschmutter 13 bilden einen Kühlwasserringraum. Das Kühlwasser gelangt über Kanäle zwischen einem Wassermantel 1 und einer Zwischenhülse 3 bis zur Austrittsmündung der Expansionsdüse 5, - strömt dann durch eine Vielzahl von Radialbohrungen in der Zwischenhülse 3 und kühlt die Wandung der Expansionsdüse 5, die Wandung der zylindrischen Mischkammer X mit den Injektoren A1 für nichtbrennbares, kaltes Gas. Beim Rückströmen kühlt das Kühlwasser die Außenwand 36 der Brennkammer und einen Sauerstoff-Kerosin-Gemischblock 17, um letztendlich über Kanäle aus dem Anschlussstutzen 34 auszuströmen über eine Schlauchleitung zu einem externen Kühlsystem (nicht dargestellt). Durch die voran beschriebene Kühlwasserführung erwärmt sich das Kühlwasser auf über 60° C. Brennkammer 36 wird während des Betriebes optimal gekühlt. Im externen Kühlsystem des Kreislaufs wird das Kühlwasser auf 16 - 20° C abgekühlt, bevor es wieder in den Anschlussstutzen 33 eingespeist

wird. Nachdem das Kühlsystem des Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem aktiviert ist, wird das Kerosin-Sauerstoffgemisch mit einer in die Brennkammer 36 ragenden Spezial-Zündkerze 49 gezündet. Sauerstoff wird bei einem Zuströmdruck > 8 bar über Anschlussstutzen 27 zugeführt und gelangt über konzentrisch um die Zentralbohrung des Düsenträgers 20 angeordnete axiale Bohrungen und radial-axiale Druckausgleichskammern für Sauerstoff und Kerosin über eine Vielzahl von axial bzw. fokussierend in Strömungsrichtung angeordneten Bohrungen in die Brennkammer 36.

[0041] Über den Anschluss 26 wird Kerosin mittels einer Kraftstoffpumpe mit einem Zuströmdruck > 8 bar eingespeist und gelangt über die radial-axiale Druckausgleichskammer des Düsenträgers 20 über konzentrisch, axial um die Zentralbohrung des Düsenträgers 20 angeordnete Kanäle in mindestens vier Zerstäuberbohrungen des Mischblocks 17, die auf einem inneren Teilkreis konzentrisch fokussierend um die Zentralbohrung 20 mit Spezial-Zündkerze 49 angeordnet sind und in die Brennkammer 36 münden. In der Brennkammer 36 wird das fein zerstäubte Kerosin mit dem Sauerstoff gemischt und gezündet.

[0042] Die bei der Verbrennung des Kerosin- Sauerstoffgemisches entstehende Hochgeschwindigkeitsflamme durchströmt die zentrale Austrittsbohrung der Brennkammer 36 und die Mischkammer X mit mindestens 2 Injektoren A1 für nicht brennbares Gas und gelangt dann in den Bereich des Injektionssystems B2 für Pulverinjektoren 4 der injektorförmigen, wassergekühlten Expansionsdüse 5, wo die Flamme stirnseitig austritt.

[0043] Nach Zündung des Kerosin- Sauerstoffgemisches werden die jeweiligen Zuströmdrücke für das Kerosin und den Sauerstoff auf die Sollwerte größer 8 bar hochgefahren und das Mischungsverhältnis so gewählt, dass bei der Zündung des Gemisches eine stöchiometrische Verbrennung in der Brennkammer 36 stattfindet. Der Brennkammerdruck steigt dabei auf Werte größer 8 bis größer 20 bar an. Die extreme Gasexpansion bei der Verbrennung führt zu einem Hypersonic-Gasstrahl, der mit einer Gasstrahltemperatur von ca. 2 600 - 2 900° C aus der verengten Zentralbohrung der wassergekühlten Brennkammer 36, der Mischkammer X, und durch die zylindrisch- oder lavaldüsenförmig ausgebildete Expansionsdüsenbohrung 5 stirnseitig austritt.

[0044] Über die Injektoren A1 können nicht brennbare Gase mit beliebigen Zuströmdrücken und Mengen in die zylindrische Mischkammer X in den hochenergetischen Hypersonic Flammenstrahl eingebracht werden, um diesen auf die gewünschte Temperatur abzusenken.

[0045] Der abgekühlte "HyperKinetic-Gasstrahl" besitzt nun die gewünschte Temperatur und strömt durch die zentrale Abgangsbohrung X, um dann die Expansionsdüsenbohrung 5 zu durchströmen und stirnseitig mit hoher kinetischer Strahlgeschwindigkeit von > 1.000 m/sec. auszutreten.

[0046] Die Spritzpulverzuführung in den "HyperKine-

tic-Gasstrahl" erfolgt über zwei oder mehrere radial zur Strahlrichtung zwischen der Abgangsbohrung X und der Expansionsdüsenbohrung 5 angeordnete Injektoren "B2" in die Expansionsdüse 5 in den "HyperKinetic-Gasstrahl", in dem das Pulver auf die Gasstrahltemperatur aufgeheizt und mit der kinetischen Energie des "HyperKinetic-Gasstrahls" von $> 1.000 \text{ m/sec.}$ auf die Substratoberfläche aufgeschossen wird, um eine superdichte oxidfreie, Spritzschicht mit hervorragender Interpartikelhaftung und exzellenter Anbindung an den Grundwerkstoff zu bilden.

[0047] Fig. 6, 7: Entsprechende Merkmale sind mit den Bezugszeichen aus Fig. 4, 5 bezeichnet. Ein alternativer Hochgeschwindigkeitsflammspritzbrenner 50 weist eine Außenschraubhülse 1, eine Stechkülse 6 und ein Gerätegehäuse 16 auf. Im Gerätegehäuse 16 sind ein Anschlussstutzen 28, ein Oxidationsgasanschlussstutzen 26 ein Brennstoffanschlussstutzen 27 und Kühlwasseranschlüsse 33, 34 an einem Geräteanschlussflansch 25 vorgesehen. Geräteanschlussflansch 25 ist mit Gerätegehäuse 16 verschraubt.

[0048] Im Gerätegehäuse 16 ist ein Mischblock 17 für die Mischung der Betriebsmedien, nämlich von flüssigen Brennstoffen mit mindestens einem Oxidationsgas, vorzugsweise Sauerstoff, enthalten. Eine Überwurfmutter 18 liegt axial an einem radial außen gelegenen Anschlag des Mischblocks 17 an und hält den Mischblock 17 gegen einen Mischblockträger 20, der coaxial im Geräteanschlussflansch 25 und im Gerätegehäuse 16 angeordnet ist. Zwischen Geräteanschlussflansch 25 und Gerätegehäuse 16 ist eine Verteilerplatte 22 für die Betriebskomponenten vorgesehen.

[0049] Vom Anschlussstutzen 28 führt coaxial durch den Mischblockträger 20 und Mischblock 17 anstelle von Verschleißschutzinsert 35 ein Injektor 53 für entmineralisiertes Wasser mit mindestens einer Düsenbohrung 52, die axial oder divergierend im Mündungsbereich zur Brennkammer 36 angeordnet ist. Mit Sauerstoffkanälen 58, 59 fluchtende achsial-radial gerichtete Mischdüsen 54, 55 münden in Brennkammer 36.

[0050] Zwischen Mischblock 17 und Mischblockträger 20 ist ein Ringkanal 60 für flüssige Brennstoffe, insbesondere Kerosin, angeordnet.

[0051] An die Brennkammer 36 schließt coaxial ein Expansionsdüsenrohr 5 an. Coaxial zu Expansionsdüsenrohr 5 ummantelt in der Außenschraubhülse 1 eine Zwischensteckhülse 3 als Abgrenzung zwischen Kühlwasservor- und -rücklauf das Expansionsdüsenrohr 5. Außenschraubhülse 1 ist mit einer Außenschraubsteckhülse 6 verschraubt.

[0052] Eine Pressmutter 11 ist auf ein Gewinde im Gerätegehäuse 16 geschraubt und hält die Außenschraubsteckhülse 6 im Gerätegehäuse 16. Außenschraubsteckhülse 6 liegt an einer Flanschmutter 13 für die Befestigung der Brennkammer 36 an. Flanschmutter 13 ist in Gerätegehäuse 16 verschraubt. In die Außenschraubsteckhülse 6 sind Düsen 65, 66 eingeschraubt, die mit ihren Düsenköpfen in das Innere des Expansionsdüsen-

rohrs 5 münden. Durch die Düsen 65, 66 werden die Spritzzusatzwerkstoffe in den Hypersonicflammsstrahl in der Expansionsdüse eingedüst. Die zur Montage der Düsen 65, 66 erforderliche Justierung zwischen Außenschraubsteckhülse 6 und Expansionsdüsenrohr 5 erfolgt mittels Zylinderstiften 38.

[0053] Der alternative Hochgeschwindigkeitsflammspritzbrenner 50 wird gezündet analog dem für Fig. 3 beschriebenen Verfahren, wobei die Injektion von entmineralisiertem Wasser durch Injektor 53 in die Brennkammer 36 vorzugsweise erst nach stabilem Brennzustand in der Brennkammer 36 erfolgt.

[0054] Fig. 8: Ein Plasmabrenner 6 enthält einen Anschluss 8 zum Einleiten von Plasmagasen, Stickstoff, Argon u. a., sowie Plasmagasmischen mit Wasserstoffanteilen. An ein Plasmabrennergehäuse 4 ist ein Heckanschluss 5 mit einen Kühlwassereingangs- und Stromanschluss (Minus Pol) 7 Kühlwasserrücklauf- und Stromanschluss (Plus Pol) 9, angeflanscht. Im Plasmabrennergehäuse 4 ist eine Wolframkathode 3 und eine Anode 10 angeordnet. Radial im Plasmabrennergehäuse 4 an der Anode 10 sind Pulvereinlassbohrungen für ein angeschlossenes Pulverzufuhranschlussrohr 2 mit Anschlussgewinde für Spritzzusatzwerkstoffe vorgesehen. Die Kathode 10 weist eine plane Endfläche auf, mit einer zentralen Ausrittsbohrung für den Plasmastrahl (Plasmaflamme). Zwischen der Kathode 3 und der Anode 10 wird der übertragende Plasmalichtbogen gezogen. Durch die Einengung der Anode 10 wird das durch die hochoberhitzte Wolframkathode 3 sich ausdehnende Plasmagas stark beschleunigt und erhält dadurch Ausströmgeschwindigkeiten in der Größenordnung von bis $> \text{ca. } 800 \text{ m/sec.}$

[0055] Bei der Inbetriebnahme wird dem Plasmabrenner zunächst am Anschluß 7 Kühlwasser bei einem Zuströmdruck $> 5 \text{ bar}$ zugeführt. Das Kühlwasser gelangt über Kanäle, Radialbohrungen und Kühlwasserringräume des Plasmabrenners zum Kühlwasserabgangsanschluss 9. Durch die beschriebene Kühlwasserführung werden alle der Betriebstemperatur ausgesetzten Funktionsteile um die Brennkammer zwischen Kathode 3 und Anode 10 während des Betriebes optimal gekühlt. Nachdem der Kühlwasserkreislauf aktiviert ist, wird am Anschluss 7 und dem Anschluss 9 zunächst ein Hf Strom zugeführt und ein Pilotlichtbogen zwischen der negativ gepolten Wolframkathode 3 und der positiv gepolten Kupferanode 10 gezündet. Während dieser Operation wird gleichzeitig vom Anschluß 8 aus Plasmagas zwischen der Kathode 3 und der Anode 10 durchgeleitet und dabei ionisiert, d. h. elektrisch leitend gemacht, dann wird der Hauptstrom durch die Folgesteuerung eingeschaltet, der über das zwischen der negativ gepolten Kathode 3 und der positiv gepolten Anode 10 strömende, ionisierte Plasmagas von der Kathode 3 zur Anode 10 überspringt, so dass es zu einer extremen Expansion des Plasmagases kommt und der zwischen der Kathode 3 und Anode 10 brennende Hochenergie Lichtbogen aus der Zentralbohrung geblasen wird, so dass eine hellleuchtend Plas-

maflamme entsteht.

[0056] An der planen Endfläche liegt plan, gas- und flüssigkeitsdicht montiert eine Zusatzeinrichtung 1 an zur Aufrüstung des in FIG 1 Abb. 1 schematisch dargestellten Plasmabrenners zum Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem. Einander gegenüber liegende Injektoren 16 für fein zerstäubtes, entmineralisiertes Wasser münden in eine Kühlkammer 28 der Zusatzeinrichtung 1. Ein Injektionssystem mit Pulverinjektoren 20 für pulverförmige Spritzzusatzwerkstoffe mündet in eine Mischkammer X, an die eine Expansionsdüse 29 mit einer zentralen Austrittsbohrung der Zusatzeinrichtung 1 anschließt

[0057] Der Plasmabrenner 6 wird eingeschaltet, indem zwischen der Wolframkathode 3 und der Kupferanode 10 ein Hochenergielichtbogen erzeugt wird, wodurch das zwischen der Kathode 3 und Anode 10 strömende, extrem expandierende Plasmagas stirnseitig aus dem Plasmabrenner 6 geblasen und über die Zentralbohrung 13 des Anschlussflansches 11 der Zusatzeinrichtung 1 in den zylindrischen Ringraum der Mischkammer 28 gelangt. Die Plasmastrahltemperatur beträgt zu diesen Zeitpunkt, je nach eingestellter Stromstärke und verwendetem Plasmagas > 5000 Grad K.

[0058] Beim Einmünden der Plasmaflamme in die Zusatzeinrichtung 1 über die Zentralbohrung 13 in den zylindrischen Ringraum der Mischkammer 28 wirkt sehr hohe Temperatur auf die betroffenen Baukomponenten. Die Innenwandung der Zentralbohrung 13 ist aus einem Wolframprofilteil 14 gefertigt, das aus wärmetechnischen Gründen mit Kupfer umgossen und alsdann auf Maß bearbeitet ist.

[0059] Nach dem Einschalten eines Kühlsystems durchströmt Kühlwasser mit einer Eingangstemperatur von ca. 18° C zunächst das Kühlsystem des Plasmabrenners 6 und mündet über Kühlwasserkanäle 12 und dem sich anschließenden Radialkühlwasserringraum über Radial/ Axialbohrungen 25 in den stirnseitig angeordneten Kühlwasserringraum 31, der u. a. stirnseitig von dem Schraubverschlussdeckel 24 mit der zentralen Austrittsbohrung 30 gebildet wird. Das Kühlwasser strömt dann mit einer Temperatur von max. 60° C über radial/ axial angeordnete Kühlwasserkanäle 26, radial angeordnete Verteilernute 27 und radial/axial angeordnete Kühlwasserkanäle 31 wieder in das Kühlsystem des Plasmabrenners zurück zu einem Kühlblocksystem, wo es wieder auf ca. 18 Grad Celsius abgekühlt wird und der Kühlkreislauf aufs Neue beginnt.

[0060] Das Kühlsystem der Zusatzeinrichtung kann mit Zugangs- bzw. Abgangsanschlüssen für Kühlwasser an den Kühlwasserzugang 12 und Kühlwasserrücklauf 32 (nicht dargestellt) an einen zusätzlich Kühlkreislauf bez. Kühlblocksystem angeschlossen werden.

[0061] Die Zusatzeinrichtung 1 kann aber auch so ausgelegt sein, daß sie einen eigenen, von dem zu adaptierenden Plasmabrenner 6 unabhängigen Kühlwasserkreislauf, mit eigenen Anschlüssen "Kühlwassereingang" 7 und "Kühlwasserausgang" 9 aufweist und für

eine bestmögliche Kühlung des gesamten Systems 1, 6 durch ein separates Kühlblocksystem gespeist wird.

[0062] Bereits während des Zündvorganges des Plasmabrenners 6 durch Zünden des Hf - Pilotlichtbogens, öffnen der Magnetventile für die Plasmagase und dem Einschalten des Hauptstromes werden über einen oder mehrere Kühlmedieninjektoren 16 wahlweise nichtbrennbare Gase, wie z. B. Ar. He. N₂, gasförmig oder tiefgekühlt, flüssig, oder Gasgemische, sowie feinerstäubtes, entmineralisiertes Wasser, über eine Vielzahl von Radialbohrungen 16 mit austauschbaren Einspritzdüsen 33 mit verschiedenen Düsenbohrungsdurchmesser, in den Ringraum 28 bei einem Zuströmdruck von 1 - > 20 Bar injiziert, so dass die Gasstrahltemperatur des axial in den zylindrischen Ringraum 28 einströmende Hochenergie Plasmastrahls durch die injizierten Kühlmedien abgesenkt wird.

[0063] Zu dem Zeitpunkt zu dem die Plasmaflamme ihre vorgegebene volle Leistung erreicht hat, wird über mindestens einen Injektor 16 soviel Kühlmedium über die radial angeordneten Düsensysteme eingespeist, bis die gewünschte, vorgewählte Gasstrahltemperatur, sowie Gasstrahlgeschwindigkeit erreicht ist. Durch die jeweiligen Mengen und die Art der eingespeisten Kühlmedien kommt es beim Auftreffen auf den Plasmagasstrahl zu einer extremen Volumenexpansion der eingespeisten Kühlmedien, was zu einer enormen Beschleunigung > 2000 m/sec. des in seiner Temperatur abgesenkten Plasmagasstrahles führt. Der in seiner Temperatur abgesenkte, hoch beschleunigte Plasmagasstrahl durchströmt zunächst den gesamten Ringraum (Mischraum) 28 und mündet in die im Durchmesser reduzierte zylindrische Übergangsbohrung "X", um dann die im Durchmesser erweiterte Expansionsdüsenbohrung 29 zu durchströmen, um schlussendlich stirnseitig aus der Zentralbohrung 30 des Schraubverschlussdeckels 24 auszutreten.

[0064] Über mindestens einen oder mehrere Pulverinjektoren 20 wird radial Spritzpulver, vorzugsweise in den Korngrößenbereichen -25µm+10µm in den injektorartig ausgebildeten Übergang der Zylinderbohrung X in die Expansionsdüsenbohrung 29 in den in seiner Temperatur abgesenkten, beschleunigten Gasstrahl eingespeist. Die Spritzpulverpartikel werden von dem Gasstrahl hoch beschleunigt und erwärmen sich während der Verweilzeit - d. h. vom Eintreten in den Gasstrahl bis zum Auftreffen auf die Substratoberfläche - auf die vorgewählte Solltemperatur, wobei die Gasstrahltemperatur und -geschwindigkeit so vorgewählt wird, daß hochreaktive Spritzzusatzwerkstoffe, die eine sehr hohe Affinität zu Sauerstoff besitzen, während des Beschichtungsprozesses im Gasstrahl nicht oxidieren, d. h. keinen Sauerstoff aufnehmen. Die sich im auf Prozeßtemperatur abgestimmten, hochbeschleunigten Gasstrahl befindlichen Spritzpulverpartikel werden mit der hohen kinetischen Energie des Gasstrahls auf die Substratoberfläche geschossen, wo sie sich durch die extrem hohe Aufprallenergie plastisch verformen, wobei die Aufprallenergie

der Spritzpartikel in Wärmeenergie umgewandelt wird, was zu einer sehr dichten, extrem porenarmen, oxidfreien Spritzschicht führt mit optimaler Anbindung an den Grundwerkstoff.

[0065] Fig. 9: Entsprechende Merkmale sind mit den Bezugszeichen aus Figur 6 bezeichnet. Zwischen dem Gehäuse der Brennkammer 36 und einer stirnseitigen Planfläche des Mischblocks 17 ist eine als sogenannter "Wills Ring" ausgebildete C-förmige Metalledichtung 67 vorgesehen für erhöhte Drücke und Temperaturen beim Betrieb des Hochgeschwindigkeitsflammspritzbrenners 50.

Patentansprüche

1. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem zum thermischen Spritzen von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen mit mindestens einem Anschluss (1, 3, 9, 26, 27, 44) zum Einleiten von Betriebsmedien aus gasförmigen und flüssigen Brennstoffen in eine Brennkammer (30, 36), wobei dieser mindestens eine Anschluss so ausgebildet ist, dass flüssiger und gasförmiger Brennstoff und Oxidationsgas jeweils separat in die Brennkammer (30, 36) geführt werden können, und einer Expansionsdüse (5, 26),
dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts der Brennkammer (30, 36) eine zusätzliche Kammer als Mischkammer (28, X) mit einem Injektionssystem (2, 43, A1) für nichtbrennbare Gase und/oder Wasser vorgesehen ist, die Temperatur des aus der Brennkammer ausströmenden und in die Mischkammer einströmenden Hypersonic Flammstrahl mit einer Gastemperatur von ca. 1600 - 3,165° C, durch Zumischen nichtbrennbarer Gase und/oder Wasser mit einer Gastemperatur, die der Entnahmetemperatur aus Stahlflaschen, Flaschenbündel oder Tankanlagen entspricht, einstellbar absenkbar ist, und der Mischkammer (28, X) mindestens zwei Injektoren (22) zum Einleiten von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen und die Expansionsdüse (5, 26) nachgeschaltet sind.
2. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem zum thermischen Spritzen von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Injektor (53) vorgesehen ist, durch den vorzugsweise fein zerstäubtes Wasser separat in die Brennkammer (30, 36) geführt werden kann, und der Brennkammer (30, 36) mindestens zwei Injektoren (22) zum Einleiten von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen und die Expansionsdüse (5, 26) nachgeschaltet sind.
3. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

zeichnet, daß das Injektionssystem (2, 43, A1) mindestens einen radial-und/oder axial in Strömungsrichtung angeordneten Zuführungskanal aufweist, durch den mit steuerbarem Zuströmdruck die nichtbrennbaren Gase und/oder Wasser zuführbar sind.

4. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die nichtbrennbaren Gase Argon, Helium, Stickstoff sind sowie Formiergase, die mengen- und druckmäßig steuerbar sind.
5. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den aus der Mischkammer (28, X) in die nachgeschaltete, wahlweise zylindrisch, konisch und/oder lavalldüsenförmig ausgebildete Expansionsdüse (5, 26) einströmenden, auf seine Solltemperatur abgekühlten Gasstrahl aus mindestens zwei, radialen oder mit eingestelltem Winkel zwischen ca. 45° bis 90° der Mischkammeraustrittsmündung nachgeordneten Injektoren mit dem entsprechenden pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoff beschickbar ist.
6. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Zuströmdrucke der gasförmigen und/oder flüssigen Brennstoffe, wie der nichtbrennbaren Kühlgase, zwischen ca. 5- 20 bar, sowie Primär- und Mischkammerdrücke in der gleichen Größenordnung sind.
7. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einen Endquerschnitt eines Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystems einander gegenüberliegende Injektoren (A1) für nichtbrennbares Gas vorgesehen sind, die mit einem Einsatz des Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystems montierbar sind, der nach einem Durchlass eine Mischkammer (X) zu einer Expansionsdüse (5) mit einem Injektionssystem B2 für Pulverinjektoren aufweist.
8. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spritzzusatzwerkstoffe z.B. Cr-Stahl, CrNi-Stahl, sowie die Superlegierungen "M-CrAlY" und fluorhaltige Kunststoffe, wie z. B. Teflon, Halar, sowie metallisch, karbidische und/oder oxidkeramische, pulverförmige Werkstoffe mit Anteilen von fluorhaltigen Kunststoffen von > 5% - > 30% Gewichtsanteilen sind.
9. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flammspritzsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Mass Flow Meter vorgesehen

ist, der bei steigendem Gegendruck in der Brennkammer durch expandierende Kühlmittelzugaben nach der Austrittsöffnung der Brennkammer die Strömungsmenge der gasförmigen- bzw. flüssigen Brennstoffen mit Oxidationsgasen auf einem vorher eingestellten Wert regelt.

10. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flamm-spritzsystem gemäß Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Störungen der Regelung vom Mass Flow Meter akustisch und/oder optisch anzeigbar sind.
11. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flamm-spritzsystem gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** Zuströmdrücke des fein zerstäubten, entmineralisierten Wassers zwischen ca. 3-> 15 bar sind.
12. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flamm-spritzsystem gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Injektor (53) mit mindestens einer axial oder fokussierend im Mündungsbereich zur Brennkammer (36) angeordneten, feinen Zerstäuberdüsenbohrung (52) versehen ist.
13. Niedertemperatur Hochgeschwindigkeits-Flamm-spritzsystem gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Gehäuse der Brennkammer (30, 36) und vorzugsweise einer stirnseitigen Planfläche eines Mischblocks (17) mindestens eine Metaldichtung (67) vorgesehen ist.
14. Zusatzeinrichtung (1) zum Niedertemperatur-Hochgeschwindigkeits-Spritzen von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen, die an einen Plasmabrenner (6) montierbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zusätzliche Kammer als Mischkammer (28) mit einem Injektions-system (16) für nichtbrennbare Gase und/oder Wasser vorgesehen ist, die Temperatur des aus dem Plasmabrenner (6) ausströmenden und in die Mischkammer einströmenden Hypersonic Flammstrahl durch Zumischen nichtbrennbarer Gase und/oder Wasser einstellbar absenkbar ist, und der Mischkammer (28) mindestens zwei Injektoren (20) zum Einleiten von pulverförmigen Spritzzusatzwerkstoffen und eine Expansionsdüse (29) nachgeschaltet sind.
15. Zusatzeinrichtung (1) gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein auswechselbarer Injektor des Injektorsystems (16) vorgesehen ist, durch den fein zerstäubtes, entmineralisiertes Wasser in die Kammer (28) zuführbar ist.
16. Zusatzeinrichtung (1) gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektoren (20) für pul-

verförmige Spritzzusatzwerkstoffe dem mindestens einen Injektor des Injektorsystem (16) nachgeschaltet sind.

- 5 17. Zusatzeinrichtung (1) gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den mindestens einen Injektor des Injektionsystem (16) auswechselbare Einspritzdüsen verschiedener Düsenbohrungsdurchmesser vorgesehen sind.
- 10 18. Zusatzeinrichtung (1) gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (28, X) mit einer Innenwandung (14) versehen ist aus einem mit Kupfer umgossenen, maßgenau bearbeiteten Wolframprofilteil.
- 15 19. Zusatzeinrichtung (1) gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** Zugangs- und Abgangsanschlüsse für Kühlwasser eines zusätzlichen Kühlkreislaufts vorgesehen sind.
- 20 20. Zusatzeinrichtung (1) gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zusätzliche Kühlkreislauf an den Kühlkreislauf des Plasmabrenners anschließbar ist.
- 25

Claims

- 30 1. Low-temperature high-velocity flame spraying system for thermal spraying of powder like spray-additives with at least one supply (1, 3, 9, 26, 27, 44) for introduction of operational media of gaseous and liquid combustibles into a combustion chamber (30, 36), said at least one supply being designed for separate supply of gaseous and liquid combustibles and oxidation gas into the combustion chamber (30, 36), and an expansion nozzle (5, 26), **characterized in that** an additional chamber as mixing chamber (28, X) is provided downstream of the combustion chamber (30, 36) with an injection system (2, 43, A1) for incombustible gases and/or water, the temperature of the hypersonic-flame spray flowing out of the combustion chamber and into the mixing chamber with a gas temperature of about 1600 - 3,165° C being adjustably lowerable by adding incombustible gases and/or water with a gas temperature corresponding to the exit temperature from steel bottles, bottle bundles or fuel tanks and **in that** at least two injectors (22) for the supply of powder like spray-additives and the expansion nozzle (5, 26) are installed downstream of the mixing chamber (28, X).
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55 2. Low-temperature high-velocity flame spraying system for thermal spraying of powder like spray-additives with the features of the preamble of claim 1, at least one injector (53) is provided allowing the supply

of preferably fine dispersed water separately into the combustion chamber (30, 36) and in that at least two injectors (22) for the supply of powder like spray-additives and the expansion nozzle (5, 26) are installed downstream of the combustion chamber (30, 36).

3. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 1, **characterized in that** the injection system (2, 43, A1) comprises at least one supply duct positioned radially and/or axially in flow direction allowing the supply of the incombustible gases and/or water with controllable supply pressure.
4. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 1, **characterized in that** incombustible gases are argon, helium, nitrogen as well as forming gas being controllable with respect to quantity and pressure.
5. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 1, **characterized in that** the gas spray from the mixing chamber (28, X) flowing into the downstream, optionally cylindrical, conical and/or like a laval nozzle shaped expansion nozzle (5, 26) is charged with the respective powder like spray-additives from at least two radial or with a preset angle between about 45° to 90° injectors downstream of the exit of the mixing chamber.
6. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 1, **characterized in that** the supply pressures of the gaseous and liquid combustibles and oxidation gas and of the incombustible gases are between 5 ⇒ 20 bar and premium- and mixing chamber pressures in the same range.
7. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 1, **characterized in that** injectors (A1) for incombustible gases facing each other are provided at a final cross section of a high-velocity flame spraying system being mountable with a fitting of the high-velocity flame spraying system comprising a mixing chamber (X) downstream of a passage towards an expansion nozzle (5) with an injection system B2 for powder injectors.
8. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 1, **characterized in that** the spray additives, e.g. Cr-steel, CrNi-steel and the super alloys "M-CrAlY" and fluor containing plastics, like for example teflon, Halar or metallic, carbide and/or oxide ceramic, powderlike materials with shares of fluor containing plastics of > 5% - > 30% mass-%.
9. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 1, **characterized in that** a

mass flow meter is provided regulating the flow quantity of the gaseous and liquid combustibles and oxidation gas to a predetermined value at rising counter pressure in the combustion chamber by adding expanding refrigerant downstream of the exit opening of the combustion chamber.

10. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 9, **characterized in that** irregularities of the regulation are indicated acoustically and/or optically by the mass flow meter.
11. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 2, **characterized in that** the supply pressures of the finely dispersed demineralised water are between about 3 ⇒ 15 bar.
12. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 2, **characterized in that** the injector (53) is provided with at least one fine sprayer (52) positioned axially or focussing in the outlet of combustion chamber (36).
13. Low-temperature high-velocity flame spraying system according to claim 1, **characterized in that** at least a metallic seal (67) is provided between the casing of the combustion chamber (30, 36) and preferably a frontal planar surface of a mixing block (17).
14. Supplementary means (1) for low-temperature high-velocity flame spraying system of powder like spray-additives being mountable to a plasma-burner (6) **characterized in that** an additional chamber as mixing chamber (28) with an injection system (16) for incombustible gases and/or water is provided, the temperature of the hypersonic-flame spray flowing out of the plasma burner (6) and into the mixing chamber being adjustably lowerable by adding incombustible gases and/or water and **in that** at least two injectors (20) for the supply of powder like spray-additives and the expansion nozzle (29) are installed downstream of the mixing chamber (28).
15. Supplementary means (1) according to claim 14, **characterized in that** at least one replaceable injector of the injector system (16) is provided allowing the supply of finely dispersed demineralised water into the chamber (28).
16. Supplementary means (1) according to claim 14, **characterized in that** the injectors (20) for the supply of powder like spray-additives are downstream of the at least one injector of the injector system (16).
17. Supplementary means (1) according to claim 14, **characterized in that** replaceable injection nozzles with varying nozzle openings are provided for the at least one injector of the injector system (16).

18. Supplementary means (1) according to claim 14, **characterized in that** the chamber (28, X) is provided with an inner surface (14) of a copper layered Wolfram structural element made at measure.
19. Supplementary means (1) according to claim 14, **characterized in that** supply and discharge are provided for cooling water of an additional cooling circuit.
20. Supplementary means (1) according to claim 14, **characterized in that** the additional cooling circuit can be connected to the cooling circuit of the plasma burner.

Revendications

1. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température pour l'extrusion thermique des matières d'extrusion supplémentaires poudreuses avec au moins un raccordement (1, 3, 9, 26, 27, 44) pour l'introduction des agents de service des carburants gazeux et liquids dans une chambre à combustion (30, 36), le raccordement étant formé tel que du carburant gazeux et liquid et du gaz d'oxydation puissent être amenés séparés dans la chambre à combustion (30, 36) et une buse d'expansion (5, 26), **caractérisé en ce que** en aval de la chambre à combustion (30, 36) est pourvu une chambre supplémentaire comme chambre de mélange (28, X) avec un système d'injection (2, 43, A1) pour des gaz combustibles et/ou de l'eau, la température du jet de flamme hypersonic avec une température de gaz d'environ 1600 - 3165° C émanant de la chambre à combustion et affluant dans la chambre supplémentaire étant ajustable en bas par supplément des gaz combustibles et/ou de l'eau avec une température de gaz correspondant à la température de prélèvement des bouteilles en acier, faisceau de bouteille ou unité de réservoir et **en ce que** au moins deux injecteurs (22) pour l'introduction des matières d'extrusion supplémentaires poudreuses et la buse d'expansion (5, 26) sont arrangés en aval de la chambre supplémentaire (28, X).
2. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température pour l'extrusion thermique des matières d'extrusion supplémentaires poudreuses avec des caractéristiques de la préambule de la revendication 1, **caractérisé en ce que** au moins un injecteur (53) est pourvu pour l'introduction séparée de l'eau de préférence finement dispersée dans la chambre à combustion (30, 36), et **en ce que** au moins deux injecteurs (22) pour l'introduction des matières d'extrusion supplémentaires poudreuses et la buse d'expansion (5, 26) sont arrangés en aval de la chambre à combustion (30, 36).

3. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le système d'injection (2, 43, A1) comprend au moins un canal d'arrivée positionné radial et/ou axial relatif à la direction d'écoulement par lequel les gaz combustibles et/ou de l'eau peuvent être amenés avec des pressions d'arrivée réglables.
4. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les gaz combustibles sont argon, hélium, azote et gaz de formation, réglables en quantité et pression.
5. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le jet de gaz refroidi à sa température prescrite de la chambre de mélange (28, X) affluant en aval dans la buse d'expansion (5, 26) formée au choix cylindrique, conique et/ou en forme de buse laval peut être chargé avec des correspondantes matières d'extrusion supplémentaires poudreuses par au moins deux injecteurs, arrangés radial ou avec un angle prescrit entre environ 45° à 90° en aval de la sortie de la chambre de mélange.
6. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les pressions d'affluage des carburants gazeux et/ou liquids et des gaz combustibles sont entre environ 5 → 20 bar et que les pressions de la chambre de mélange et de la chambre primaire sont dans la gamme pareille.
7. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** à la finale section transversale d'un système de projection à la flamme, à haute vitesse sont pourvus des injecteurs (A1) opposés pour les gaz combustibles qui peuvent être montés avec un insert du système de projection à la flamme, à haute vitesse, qui, en aval d'un passage, présente une chambre de mélange (X) à une buse d'expansion (5) avec un système d'injection B2 pour des injecteurs de poudre.
8. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les matières d'extrusion supplémentaires, par exemple Cr-acier, CrNi-acier et les super alliages 'M-CrAlY' et des matières plastiques avec du fluor, comme par exemple teflon, halar et matières métalliques, carbidiques et/ou oxid-ceramiques, poudreuses avec des quotités des matières plastiques avec du fluor de > 5% - > 30% quotité en poids.

9. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** Mass Flow Meter est pourvu qui règle avec une contrepression montante dans la chambre à combustion par des suppléments de réfrigérant augmentants en aval de la sortie la quantité d'écoulement des carburants gazeux et liquides avec gaz d'oxydation à une valeur prescrite d'avance. 5
10. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** des irrégularités du réglage du Mass Flow Mètre sont indiquées par voie acoustique et/ou optique. 10
11. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les pressions d'affluage de l'eau déminéralisée, finement dispersée sont entre environ 3 → 15 bar. 15
12. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'injecteur (53) est pourvu au moins d'une buse pulvérisateur (52) arrangée axial ou focalisé dans la section d'embouchure de la chambre à combustion (36). 20
13. Système de projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** joint métallique (67) est pourvu entre la boîte de la chambre à combustion (30, 36) et de préférence une surface plane frontale d'un bloc de mélange (17). 25
14. Installation supplémentaire (1) pour projection à la flamme, à haute vitesse et à basse température des matières d'extrusion supplémentaires poudreuses, permettant le montage à un brûleur plasma, **caractérisé en ce qu'une** chambre supplémentaire comme chambre de mélange (28) avec un système d'injection (16) pour des gaz incombustibles et/ou de l'eau est pourvu, la température du jet de flamme hypersonique émanant de la chambre à combustion et affluant dans la chambre de mélange étant ajustable en bas par supplément des gaz incombustibles et/ou de l'eau, et **en ce que** au moins deux injecteurs (20) pour l'introduction des matières d'extrusion supplémentaires poudreuses et une buse d'expansion (5, 26) sont arrangés en aval de la chambre supplémentaire (28, X). 30
15. Installation supplémentaire (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** au moins un injecteur remplaçable du système d'injection (16) est pourvu permettant l'alimentation de la chambre (28) avec de l'eau finement dispersée. 35
16. Installation supplémentaire (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** les injecteurs (20) pour les matières d'extrusion supplémentaires poudreuses sont arrangés en aval du au moins un injecteur du système d'injection (16). 40
17. Installation supplémentaire (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** pour le au moins un injecteur remplaçable du système d'injection (16) sont pourvus des buses d'injection remplaçable avec des diamètres d'orifice de buse différents. 45
18. Installation supplémentaire (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la chambre (28, X) est pourvue d'une paroi intérieure (14) d'un élément profilé à mesure, fondu avec du cuivre. 50
19. Installation supplémentaire (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** des raccords d'accès et de la sortie sont pourvus pour de l'eau à refroidissement d'une circulation frigorifique supplémentaire. 55
20. Installation supplémentaire (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la circulation frigorifique supplémentaire peut être attachée à la circulation frigorifique du brûleur plasma.

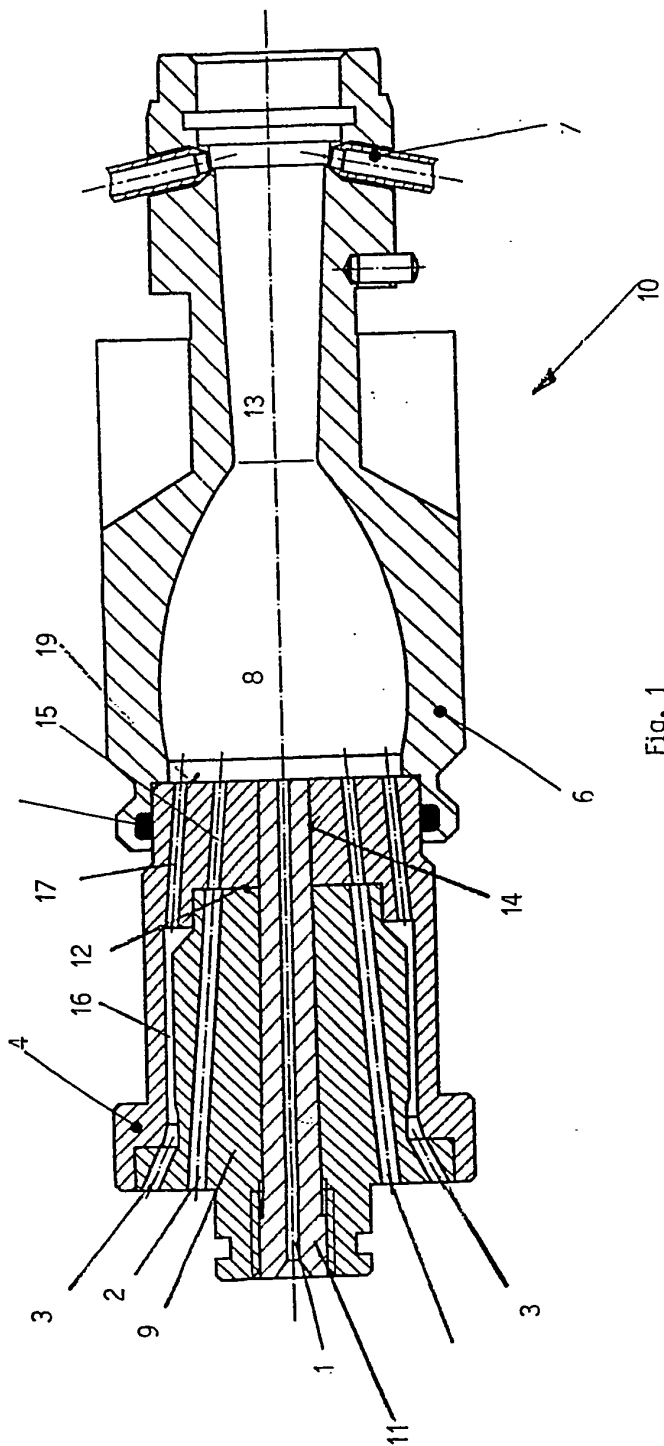


Fig. 1

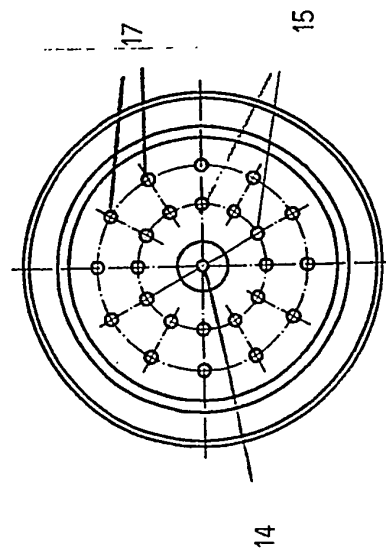


Fig. 2

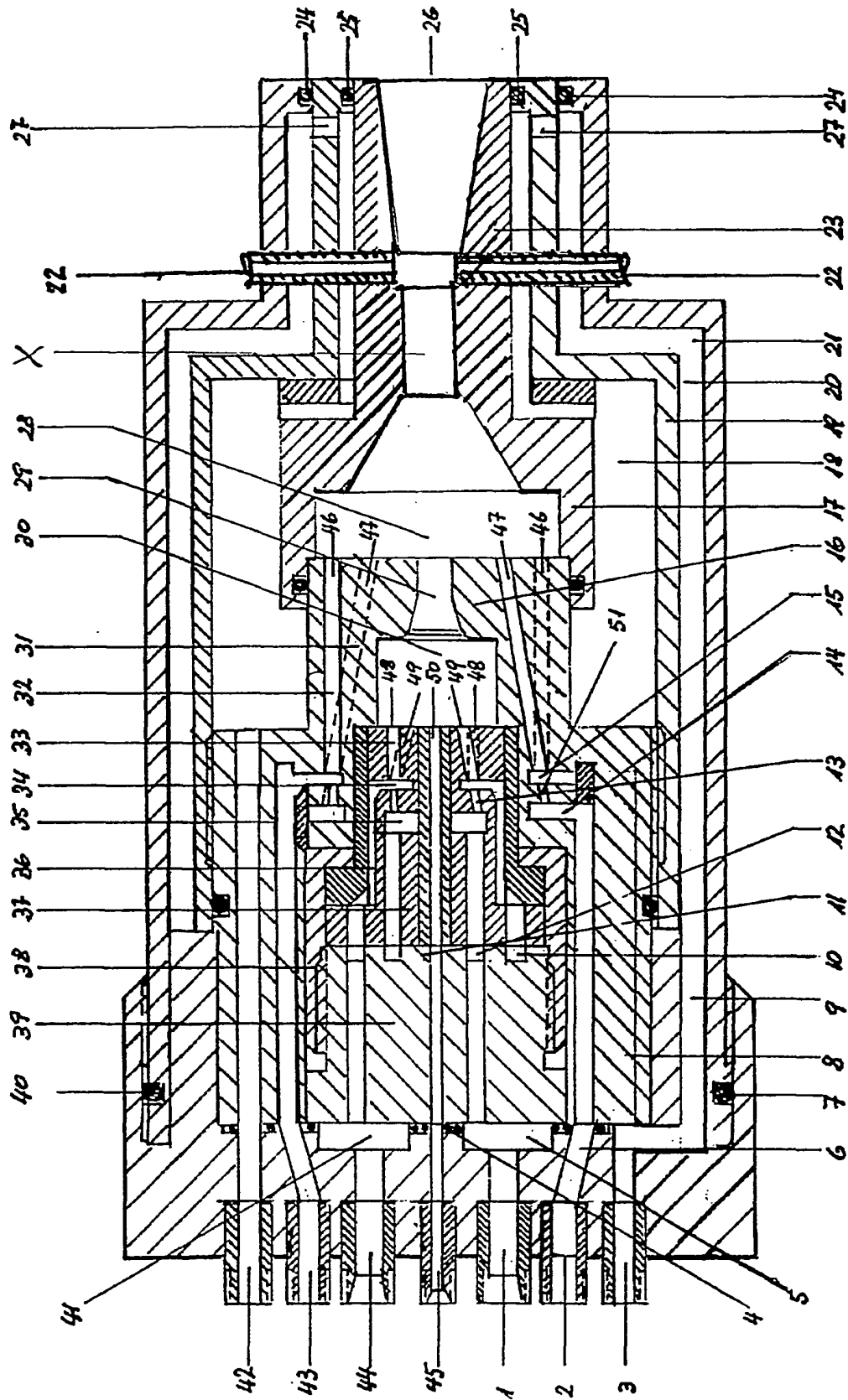


Fig. 13

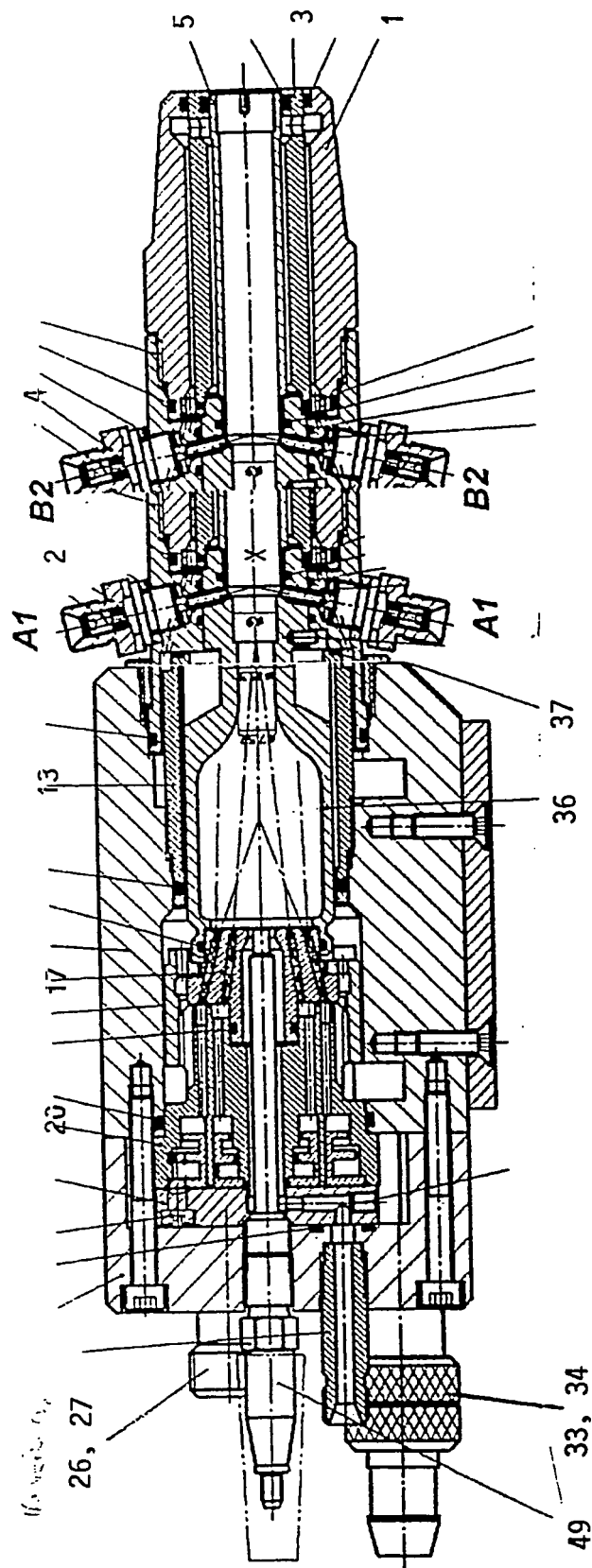


Fig. 4

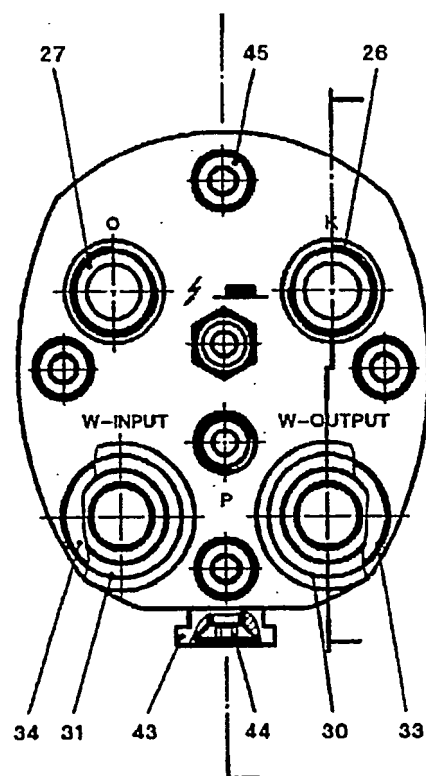


Fig. 5

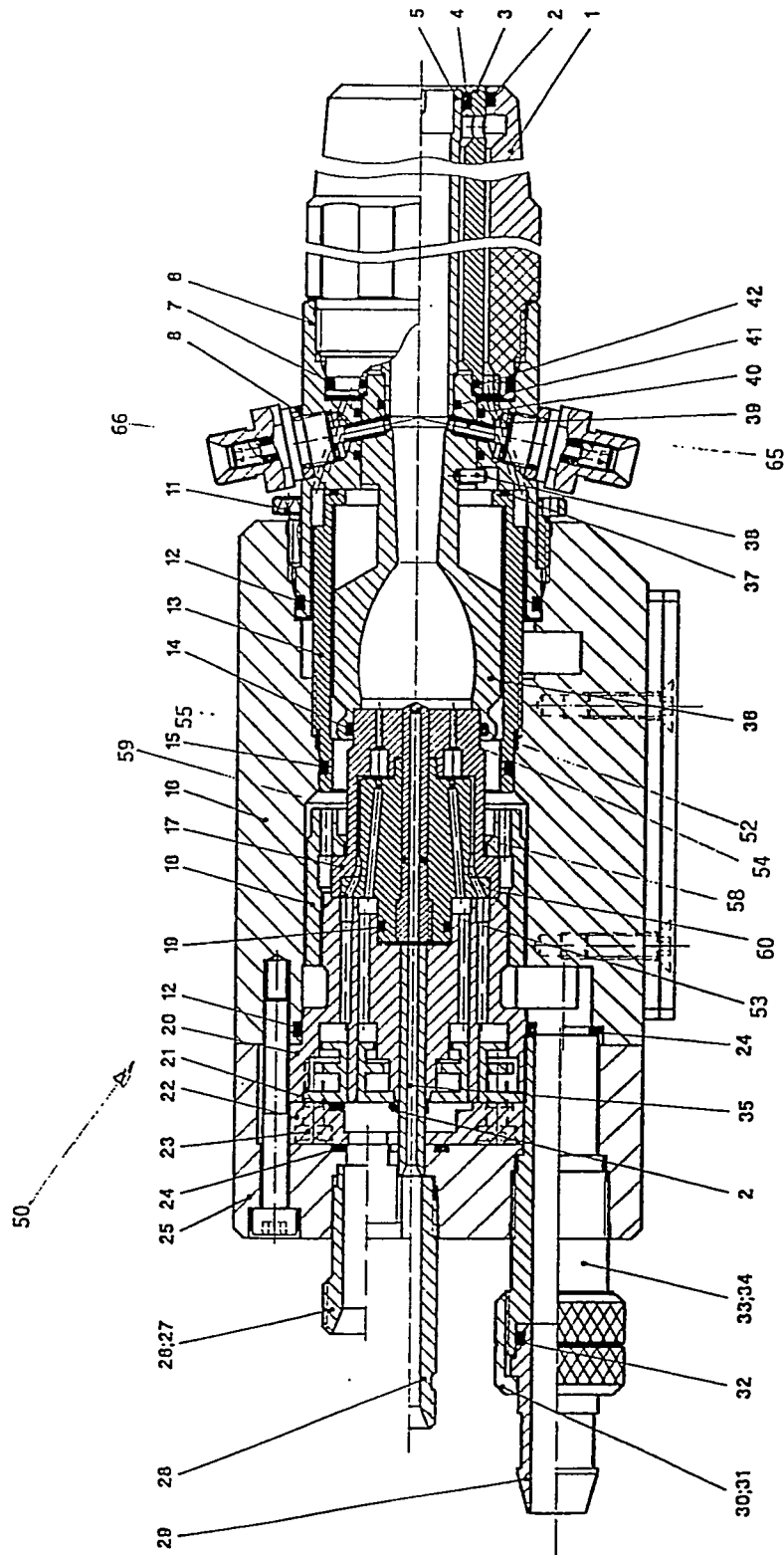


Fig. 6

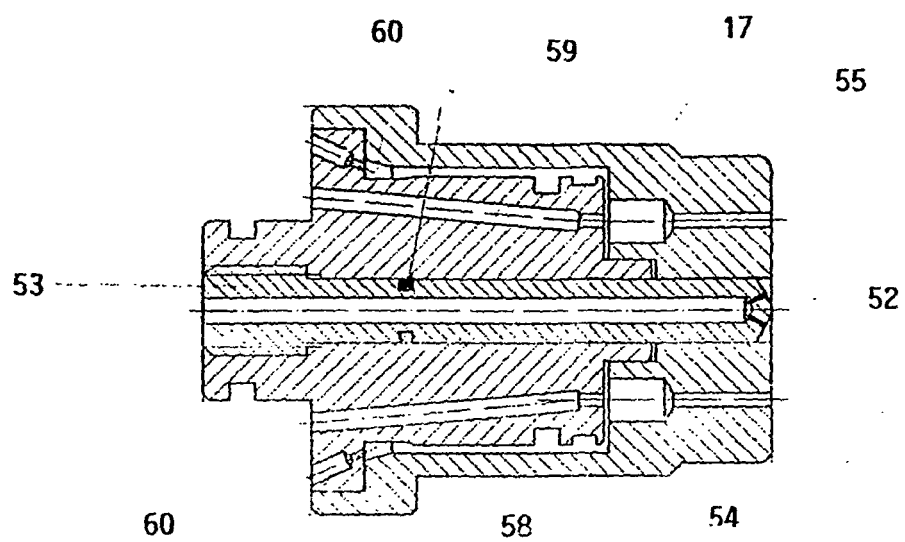


Fig. 7

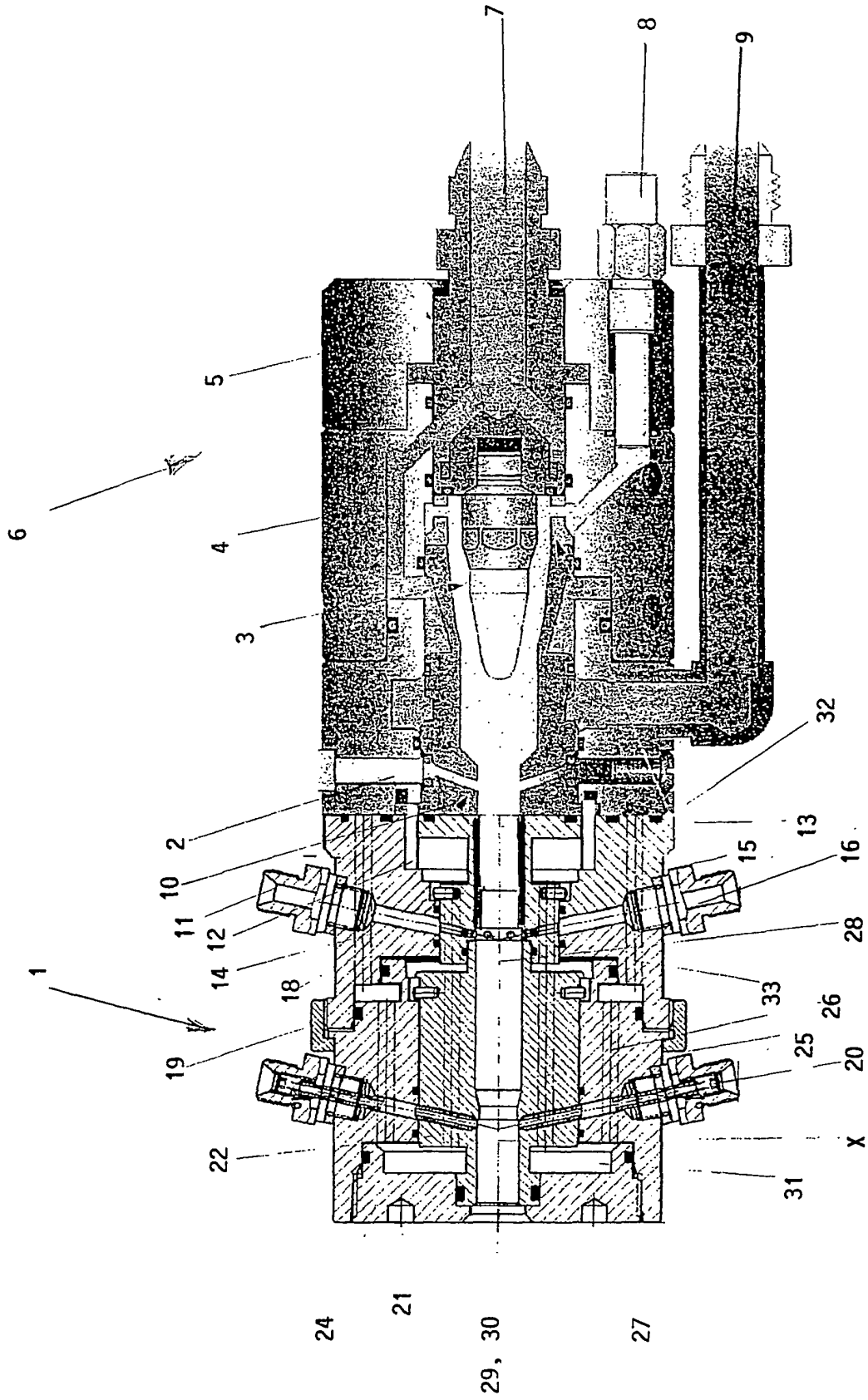


Fig. 8

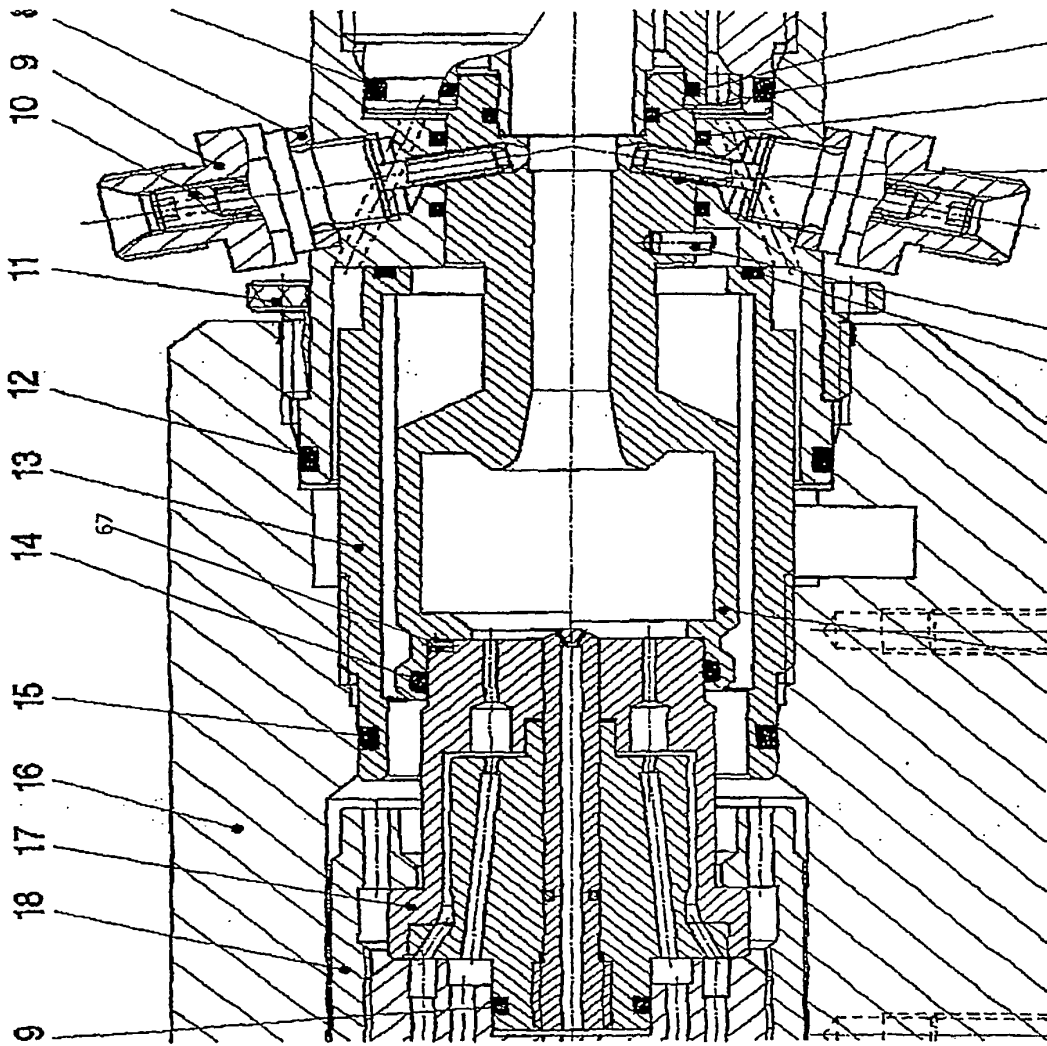


Fig. 9

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 19905811 A1 [0002]
- US 5330798 A [0005] [0005] [0005]
- DE 19732815 [0030] [0030]