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

(11) **EP 2 468 914 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.09.2016 Patentblatt 2016/38

(51) Int Cl.:
C23C 4/12 *(2006.01)* ***B05B 7/22*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **11010076.5**

(22) Anmeldetag: **22.12.2011**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen**

Method and device for arc spraying

Procédé et dispositif destinés à l'injection à arc électrique

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

(30) Priorität: **23.12.2010 DE 102010064135**
23.12.2010 DE 102010064133
21.04.2011 EP 11003382

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.06.2012 Patentblatt 2012/26

(73) Patentinhaber: **Linde Aktiengesellschaft**
80331 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Heinrich, Peter**
  82110 Germering (DE)
- **Krömmer, Werner**
  84034 Landshut (DE)
- **Schein, Jochen, Prof. Dr.**
  81739 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 386 427
FR-A1- 2 681 538
US-A- 2 982 845
US-A1- 2002 130 109

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).

EP 2 468 914 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lichtbogenspritzen, bei dem mittels elektrischen Stroms wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff in einem Lichtbogen aufgeschmolzen und mittels eines Zerstäubergasstroms zerstäubt und in Form eines Partikelstroms auf ein Werkstück aufgebracht wird, sowie eine entsprechende Vorrichtung.

Stand der Technik

[0002] Beim Lichtbogenspritzen handelt es sich um ein thermisches Spritzverfahren, bei dem mittels elektrischen Stroms, durch den ein Lichtbogen erzeugt wird, ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff aufgeschmolzen wird. Eine entsprechende Vorrichtung ist z. B. in der US 2 982 845 A offenbart.

[0003] Hierzu werden üblicherweise zwei elektrisch leitende, metallische Drähte verwendet, die als Elektroden kontinuierlich abgeschmolzen werden, sogenannte Eindrahtverfahren sind jedoch ebenfalls bekannt. An die Drähte, die mittels einer Vorschubeinrichtung in einem Winkel unter sich kontinuierlich verringerndem Abstand aufeinander zu geführt werden und mit einer Stromquelle leitend verbunden sind, wird eine Spannung von üblicherweise 15 bis 50 V angelegt. Bei hinreichend geringem Abstand der Drahtenden zueinander zündet ein Lichtbogen. Ein Zerstäubergasstrom löst die Schmelze von den Drahtenden ab und beschleunigt diese in Form eines Partikelstroms feinster Tröpfchen auf ein zu beschichtendes Werkstück. Größe und Form der Tröpfchen lassen sich durch die Wahl der jeweiligen Zerstäubungsbedingungen einstellen. Im Allgemeinen führen hohe Flussraten des verwendeten Zerstäubergases zu feinen Partikeln, die naturgemäß mit hoher Geschwindigkeit auf das Werkstück auftreffen.

[0004] Die mit üblichen Anlagen erzielte Auftragsleistung beträgt etwa 8 bis 20 kg/h, die Partikelgeschwindigkeit etwa 150 m/s. Der Spritzzusatzwerkstoff wird mit einer thermischen Energie von etwa 4.000 °C aufgeschmolzen. Üblicherweise erzeugte Schichten weisen eine Dicke von 0,2 bis 20 mm auf. Während in konventionellen Anlagen Drähte mit einem Durchmesser zwischen 1,6 und 3,2 mm zum Einsatz kommen, werden in Hochleistungsanlagen Drähte bis zu 4,8 mm Durchmesser verwendet.Die Temperatur des Lichtbogens übertrifft die Schmelztemperatur des Spritzzusatzwerkstoffs bei weitem. Die hierdurch überhitzten Tröpfchen können an der Auftreffstelle metallurgische Reaktionen mit der Werkstückoberfläche eingehen oder zur Ausbildung von Diffusionszonen führen. Hierdurch kann, insbesondere bei der Verwendung größerer Tröpfchen, eine besonders gute Haftung und Kohäsion der Schicht erzielt werden.

[0005] In diesem Zusammenhang ist ferner bekannt, den verwendeten Zerstäubergasstrom zu erhitzen. So offenbart die EP 0 386 427 A2 eine Lichtbogenspritzanlage mit zwei getrennt regelbaren Düsen, die jeweils Überschallströmungen erzeugen können. Als Zerstäubergas können hochkomprimierte Luft, Inertgäse, aktive Gase sowie Gasmischungen verwendet werden. Die Vorwärmung dient zur Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit des Zerstäubergases. Sie erfolgt vorzugsweise durch elektrisch beheizte Wärmetauscher. Hierdurch wird die Expansionsfähigkeit und damit die Austrittsgeschwindigkeit des Zerstäubergases in Folge der mit der Vorwärmung verbundenen Volumenzunahme erhöht und eine feinere Zerstäubung erzielt. Entsprechend soll eine beträchtliche Steigerung der Geschwindigkeit der Spritzteilchen auch bei sehr starker elektrischer Leistungsaufnahme der Spritzpistole erreicht werden können.

[0006] Die US 2002/130109 A1 offenbart einen Brenner zur Verwendung beim Lichtbogenspritzen. Ein stabilerer Lichtbogen soll dadurch erzeugt werden, dass die Elektrodendrähte jeweils wenigstens zweimal gebogen werden, so dass der Kontaktpunkt der zwei Drähte, und damit der Lichtbogen selbst, eine hohe positionelle Stabilität aufweist, falls Fluktuationen in Strömen und/oder Spannungen auftreten.

[0007] Die unmittelbare Nutzung der elektrischen Energie bewirkt einen besonders guten Wirkungsgrad der Lichtbogenspritztechnik. Prozessbedingt ist die Auswahl des Spritzzusatzwerkstoffs auf elektrisch leitfähige, als Draht bereitstellbare Werkstoffe beschränkt. Diese Einschränkung kann jedoch teilweise durch die Verwendung von Fülldrähten (Röhrchendrähten) überwunden werden. Beispielsweise können hierdurch auch carbidische und/oder keramische Komponenten gespritzt werden, um Hartstoffschichten herzustellen. Lichtbogenspritzen ist insbesondere zur Beschichtung von großflächigen Teilen geeignet. Die Einsatzgebiete umfassen unter anderem den Korrosionsschutz, den Verschleißschutz, die Herstellung oder Beschichtung von Gleitlagern und die "Rettung" fehlerhaft bearbeiteter Maschinenteile.

[0008] Beim Lichtbogenspritzen treten Probleme dadurch auf, dass das Auf- und Abschmelzverhalten der beiden aufeinander zu geführten Drähte, die jeweils als Anode und Kathode beschaltet sind, unterschiedlich ist. Dies führt zu einer unterschiedlichen, schwer zu kontrollierenden Tröpfchenbildung und hierdurch zu einer Verringerung der Qualität einer entsprechenden Beschichtung.

[0009] Es besteht daher der Bedarf nach Verbesserungen beim Lichtbogenspritzen.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Lichtbogenspritzen, bei dem mittels elektrischen Stroms wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff in einem Lichtbogen aufgeschmolzen und mittels eines Zerstäubergasstroms zerstäubt und in Form eines Partikelstroms auf ein Werkstück aufgebracht wird, sowie eine entsprechende Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Paten-

tansprüche vor. Bevorzugte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0011] Erfindungsgemäß wird ein Abschmelzverhalten eines oder mehrerer Spritzzusatzwerkstoffe beim Lichtbogenspritzen dadurch verbessert, dass wenigstens einer der drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffe vor dem Aufschmelzen in dem Lichtbogen vorgewärmt wird.Wie erfindungsgemäß herausgefunden werden konnte, wird durch dieses Vorwärmen des Zusatzwerkstoffs eine erhöhte Aufschmelzrate erzielt.

[0012] Durch einen vorgewärmten Spritzzusatzwerkstoff lässt sich ein Abschmelzprozess stabilisieren, was reproduzierbarere Ergebnisse beim Lichtbogenspritzen zur Folge hat. Ein mittels eines Lichtbogens aufgeschmolzener Spritzzusatzwerkstoff lässt sich besser zerstäuben und es kann, beispielsweise aufgrund veränderter Viskositätseigenschaften, eine Erhöhung der Partikelgeschwindigkeit bewirkt werden. Die erfindungsgemäß erzielten Vorteile beinhalten darüber hinaus eine signifikante Einsparung von Energie, und es wird ein Verarbeiten von höher schmelzenden Materialien Spritzzusatzwerkstoffen) ermöglicht, da durch die Vorwärmung eine größere Wärmemenge (nämlich die der Vorwärmung zusätzlich zu jener des Lichtbogens) eingebracht werden kann. Insbesondere lässt sich die Bildung von Spratzern reduzieren. Mit Spratzern sind hier größere Drahtablösungen gemeint, die durch Kurzschlüsse erzeugt werden und die dann unkontrolliert, also mit nicht einstellbarer Geschwindigkeit, Temperatur und Größe, mit verspritzt werden und dann Schichtdefekte verursachen. Des Weiteren kann durch die Vorwärmung insgesamt der Abschmelzprozess stabilisiert werden.

[0013] Mehr als bei einer bekannten Erwärmung eines Zerstäubergasstroms kann eine Erwärmung drahtindividuell erfolgen. Dies ist insbesondere bei Zweidrahtanlagen vorteilhaft.

[0014] Mit besonderem Vorteil wird im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff auf eine Temperatur vorgewärmt, die zwischen Raumtemperatur und einer Solidustemperatur des Spritzzusatzwerkstoffs liegt. Hierdurch lässt sich die maximale Wärme in einen entsprechenden Spritzzusatzwerkstoff einbringen und gleichzeitig eine Handhabbarkeit eines entsprechenden drahtförmigen Werkstoffs in einer Spritzvorrichtung (beispielsweise durch eine Vorschubeinrichtung) sicherstellen. Mit besonderem Vorteil wird im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens der Zerstäubergasstrom auf eine Temperatur vorgewärmt, die zwischen Raumtemperatur und 1.000 °C liegt. Hierdurch lässt sich die maximale Wärme einbringen.

[0015] Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn zusätzlich der Zerstäubergasstrom vorgewärmt wird. Hierdurch lässt sich, wie bereits eingangs erwähnt, dessen Geschwindigkeit erhöhen und/oder die Gesamtenergiemenge im System weiter steigern. Die erhöhte Geschwindikeit ist insbesondere dann sehr vorteilhaft, wenn über die Drahterwärmung bereits eine, insbesondere eine drahtindividuelle, Beeinflussung der entsprechenden Materialeigenschaften vorgenommen wurde. Eine Erwärmung von Draht und Zerstäubergasstrom liefert damit gegebenenfalls einen überproportionalen Mehrwert. Sie kann ebenfalls mittels der unten erwähnten Erwärmungseinrichtungen erfolgen.

[0016] Mit besonderem Vorteil wird wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff oder/und der Zerstäubergasstrom auf eine Temperatur vorgewärmt, die in Abhängigkeit von einer Materialzusammensetzung, einer Materialmenge und/oder einer Vorschubgeschwindigkeit des Spritzzusatzwerkstoffs ausgewählt wird. Aufgrund eines derartigen Vorgehens können mit besonderem Vorteil beispielsweise sich verändernde Drahtdurchmesser oder Materialzusammensetzungen berücksichtigt werden. In entsprechender Weise lassen sich bedeutende Vorteile dadurch erzielen, dass wenigstens ein drahtförmiger Zusatzwerkstoff und/oder der Zerstäubergasstrom auf eine Temperatur vorgewärmt wird, die in Abhängigkeit von einer Zusammensetzung und/oder einem Volumenstrom des Zerstäubergasstroms ausgewählt wird. Wie erwähnt, wird durch eine Geschwindigkeit des Zerstäubergasstroms insbesondere die Größe der sich bildenden Tröpfchen beeinflusst. Wird nun eine Temperatur zusätzlich in Abhängigkeit von einem Zerstäubergasstrom eingestellt, kann hierdurch eine definierte Tröpfchengröße und/oder -geschwindigkeit erzielt werden.

[0017] Mit besonderem Vorteil wird wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff und/oder der Zerstäubergasstrom mittels Induktion, mittels eines Plasmas und/oder mittels einer Flamme, insbesondere mittels einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme, vorgewärmt. Die Erwärmung mittels eines Plasmas bietet bei einer Drahterwärmung den besonderen Vorteil, dass sich hierbei auch die Oberfläche der verwendeten Drähte von Verunreinigungen, Oxidationsprodukten und dergleichen reinigen lässt, so dass an die Reinheit der Drähte und/oder deren Lagerbedingungen verringerte Anforderungen gestellt werden müssen. Das Verfahren wird dadurch einfacher und kostengünstiger.

[0018] Auch eine Heizeinrichtung, die einen elektrischen Heizer enthält, durch die der drahtförmige Werkstoff geführt wird bzw. durch die oder an der vorbei der Zerstäubergasstrom strömt, ist zum Vorwärmen vorteilhaft. Auch die Vorwärmung des drahtförmigen Zusatzwerkstoffs über den Zerstäubergasstrom, der seinerseits auf geeignete Temperaturen erwärmt sein kann, ist denkbar bzw. die Vorwärmung des Zerstäubergasstroms durch eine Vorwärmeeinrichtung für einen drahtförmigen Spritzzusatzstoff, der seinerseits vor dem Aufschmelzen in dem Lichtbogen vorgewärmt werden kann. Drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff und Zerstäubergas können auch unabhängig voneinander und/oder über eine ge-

meinsame Vorwärmeinrichtung vorgewärmt werden. Dem Fachmann sind aus dem Stand der Technik entsprechende Verfahren bekannt, die insgesamt eine besonders effiziente und definierte Einbringung von Wärme in Materialien gewährleisten.Mit besonderem Vorteil kann das erfindungsgemäße Verfahren dann zum Einsatz kommen, wenn beim Lichtbogenspritzen zwei drahtförmige Spritzzusatzstoffe verwendet werden. Diese zwei drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffe können vor dem Aufschmelzen in dem Lichtbogen auf gleiche oder unterschiedliche Temperaturen vorgewärmt werden, so dass beispielsweise eine identische Abschmelzrate zweier unterschiedlicher Drahtmaterialien erzielt wird. Wie erwähnt, kann das erfindungsgemäße Verfahren jedoch auch bei anderen Lichtbogenspritztechniken zum Einsatz kommen, beispielsweise dem Eindraht-, dem Vakuum- oder dem Vakuum-Eindraht-Lichtbogenspritzen.Mit besonderem Vorteil kann das erfindungsgemäße Verfahren dann zum Einsatz kommen, wenn beim Lichtbogenspritzen ein aus gasförmigen Komponenten zusammengesetzter Zerstäubergasstrom verwendet wird. Diese können beispielsweise Stickstoff, Argon, Sauerstoff, Wasserstoff, Helium und deren Gemische in unterschiedlichen Anteilen umfassen. Hierdurch kann gezielt z.B. die Wärmeleitfähigkeit und/oder die Viskosität des Zerstäubergasstroms eingestellt werden. Wenigstens eine der Komponenten kann dann, gegebenenfalls separat, vorgewärmt und zur Einstellung einer Gesamtwärme verwendet werden.

[0019] Bezüglich der erfindungsgemäß vorgesehenen Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen sei auf die verfahrensseitig erläuterten Merkmale und Vorteile ausdrücklich verwiesen. Insbesondere weist eine derartige Vorrichtung wenigstens eine Vorwärmeinrichtung auf, die zum Vorwärmen wenigstens eines drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffes vor dem Aufschmelzen in dem Lichtbogen bereitgestellt ist und/oder wenigstens eine Vorwärmeeinrichtung auf, die zum Vorwärmen des Zerstäubergasstroms vor dem Zerstäuben des Spritzzusatzwerkstoffes bereitgestellt ist. Diese kann vorteilhafterweise als Brenner zur Erzeugung einer Brennerflamme ausgebildet sein. Insbesondere kann hierbei ein Brenngas-Sauerstoff-Brenner, wie er aus dem Stand der Technik bekannt ist, zum Einsatz kommen.Mit besonderem Vorteil kann eine Vorwärmeinrichtung auch als Induktionsheizung mit einem Induktor mit Induktionsschleife oder -spule ausgebildet sein.Eine Hochfrequenz-(HF-)Induktionsheizung bekannter Art kann beispielsweise zur Erwärmung eines oder beider Drähte und/oder zur indirekten Erwärmung des Zerstäubergasstroms, alleine oder zusätzlich zu einer Flammerwärmung, verwendet werden. In derartigen HF-Induktionsheizungen wird eine ein- oder mehrwindige Arbeitsspule (Induktor) bereitgestellt, die von einem Wechselstrom hoher Frequenz durchflossen wird. In der Umgebung der Spule wird dadurch ein elektromagnetisches Wechselfeld erzeugt. Wird in dieses elektromagnetische Wechselfeld ein Leiter eingebracht, wird in diesem eine Spannung induziert, welche einen Wechselstrom erzeugt. Nach dem Jouleschen Gesetz wird gemäß $Q = I^2 R t$ (I: Stromstärke, R: Widerstand, t: Zeitdauer) im Ergebnis in den stromdurchflossenen Oberflächenbereichen des Leiters Wärme erzeugt. Zur Kühlung der Spule ist vorteilhafterweise eine Kühleinrichtung, beispielsweise eine Wasserkühlung, vorgesehen. Die HF-Induktionsheizung ist vorteilhafterweise von den übrigen Bedienkomponenten galvanisch getrennt, um eine größtmögliche Sicherheit zu gewährleisten.Es kann vorgesehen sein, austauschbare Induktorelemente, beispielsweise mit unterschiedlichen Innendurchmessern, vorzusehen, um eine Anpassbarkeit an unterschiedliche Drahtmaterialien zu gewährleisten. Je nach einzubringender Wärmeleistung und entsprechend den Raumerfordernissen kann eine einfache Induktionsschleife oder ein mehrwindiger Induktor vorgesehen sein.

[0020] Insbesondere kann auch eine Vorwärmeinrichtung vorgesehen sein, die als Plasmaquelle eingerichtet ist. Plasmaquellen, beispielsweise Plasmabrenner, sind aus dem Stand der Technik bekannt und gewährleisten eine besonders effiziente Einbringung einer großen Energiemenge.In einer einfachen vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die Vorwärmeinrichtung einen elektrischen Heizer und ist derart ausgebildet, dass der drahtförmige Zusatzwerkstoff zur Vorwärmung durch sie hindurch geführt werden kann bzw. dass Zerstäubergas durch sie hindurch bzw. an ihr entlang strömen kann, um vorgewärmt zu werden. Wie erwähnt, erlaubt ein Plasma eine Reinigung der Oberfläche des Zusatzwerkstoffs. Für den Fall, dass ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff und das Zerstäubergas vorgewärmt wird, ist es sinnvoll, ein und dieselbe Vorwärmeinrichtung (beispielsweise mit elektrischem Heizer) zu verwenden, durch die der Draht und das Gas geführt werden.Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

[0021] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0022] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispieles in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

Figurenbeschreibung

[0023]

Figur 1	zeigt in schematischer Darstellung eine Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen gemäß dem Stand der Technik.
Figur 2 und 3	zeigen in schematischer Darstellung je eine Vorrichtung zum Lichtbogensprit-

zen gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

Figur 4 zeigt in Teilschnittdarstellung eine Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen gemäß dem Stand der Technik.

Figur 5 zeigt in Teilschnittdarstellung eine Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

Figur 6 zeigt in Teilschnittdarstellung eine Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

[0024] In den Figuren sind gleiche oder vergleichbare Elemente mit identischen Bezugszeichen angegeben und werden der Übersichtlichkeit halber nicht wiederholt erläutert.

[0025] In Figur 1 ist eine Vorrichtung 100 zum Lichtbogenspritzen gemäß dem Stand der Technik schematisch dargestellt.

[0026] In der Vorrichtung 100 werden ein erster 1 und ein zweiter 2 drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff durch jeweils eine Drahtführung 11, 21 aufeinander zu geführt. Zum Vorschub der drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffe 1, 2 aufeinander zu sind Vorschubeinrichtungen 12, 22 in Form von sich in Pfeilrichtung drehenden Walzen bzw. Rollen vorgesehen.

[0027] Ferner ist eine Stromquelle 3 vorgesehen, welche zur Beaufschlagung der drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffe 1, 2 über elektrische Verbindungen 31, 32 mit den Drahtführungen 11, 21 verbunden ist. In einem Bereich, in welchem die drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffe einen ausreichend geringen Abstand aufweisen, bildet sich ein Lichtbogen 30 aus, durch welchen das Material der drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffe 1, 2 aufgeschmolzen wird. Eine Zerstäubergasdüse 4 ist vorgesehen, mittels welcher ein Zerstäubergasstrom 41 bereitgestellt und geführt wird. Der Zerstäubergasstrom 41 bewirkt eine Zerstäubung der in dem Lichtbogen 30 aufgeschmolzenen Drahtzusatzwerkstoffe 1, 2 und eine Ausbildung eines Partikelstroms 5, welcher auf ein Werkstück 6 gerichtet werden kann.Figur 2 zeigt eine Vorrichtung 200 zum Lichtbogenspritzen gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in schematischer Darstellung. Die Vorrichtung 200 weist die wesentlichen Elemente der Vorrichtung 100 aus Figur 1 auf. Zusätzlich sind jedoch Vorwärmeinrichtungen 10, 20 für die drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffe 1, 2 vorgesehen, welche vorzugsweise die drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffe, beispielsweise in Form einer Drahtführung distal der Drahtführungen 11, 21 umgeben. Wie erwähnt, können die Vorwärmeinrichtungen 10, 20 als elektrischer Heizer, Brenner, Induktoren und/oder Plasmaquellen eingerichtet sein. Die Vorwärmeinrichtungen 10, 20 können gleich oder unterschiedlich ausgestaltet sein und/oder auf gleichen oder unterschiedlichen Vorwärmprinzipien beruhen. Durch die Vorwärmeinrichtungen 10, 20 wird der drahtförmige Spritzzusatzwerkstoff 1, 2 bereits vor dem Erreichen des Lichtbogens 30 vorgewärmt. Es kann auch vorgesehen sein, die Vorwärmeinrichtungen an anderer Position vorzusehen, die eine effektive, vorteilhafterweise nicht mit der Strombeaufschlagung über Stromquelle 3 in Konflikt stehende Vorwärmung ermöglicht. Insbesondere können die Vorwärmeinrichtungen 10, 20 vorschubeinrichtungsseitig der Drahtführungen 11, 21 vorgesehen sein.

[0028] Figur 3 zeigt eine weitere Vorrichtung 200 zum Lichtbogenspritzen gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in schematischer Darstellung. Auf die Darstellung der Vorwärmeeinrichtungen für die Spritzzusatzwerkstoffe 1, 2 wurde jedoch der Übersichtlichkeit halber verzichtet. Die Vorrichtung 110 weist die wesentlichen Elemente der Vorrichtung 100 aus Figur 1 auf. Zusätzlich ist jedoch eine Vorwärmeinrichtung 45 für den Zerstäubergasstrom 41 vorgesehen, welche vorzugsweise eine Zuführungsleitung für den Zerstäubergasstrom 41 koaxial umgibt. Wie erwähnt, kann die Vorwärmeinrichtung 45 als elektrischer Heizer, Brenner, Induktor und/oder Plasmaquelle eingerichtet sein. Mehrere Vorwärmeinrichtungen 45 können vorgesehen sein, gleich oder unterschiedlich ausgestaltet sein und/oder auf gleichen oder unterschiedlichen Vorwärmprinzipien beruhen. Durch die Vorwärmeinrichtung 45 wird der Zerstäubergasstrom 41 bereits vor dem Erreichen des Lichtbogens 30 vorgewärmt. Es kann auch vorgesehen sein, die Vorwärmeinrichtung an anderer Position vorzusehen, die eine effektive, vorteilhafterweise nicht mit der Strombeaufschlagung über Stromquelle 3 in Konflikt stehende Vorwärmung ermöglicht. Insbesondere kann die Vorwärmeinrichtung 45 proximal einer Zerstäubergasdüse 4 vorgesehen sein.

[0029] Figur 4 zeigt eine Vorrichtung 100 zum Lichtbogenspritzen gemäß dem Stand der Technik in Teilschnittdarstellung. Die Vorrichtung 100 weist ein Gehäuse 90 auf, das in einem vorderen Bereich 91 teilweise eröffnet dargestellt ist. Drahtförmige Spritzzusatzwerkstoffe 1, 2 werden durch jeweils eine Drahtführung 11, 21 geführt. Eine Drahtvorschubeinrichtung (wie die Drahtvorschubeinrichtungen 12, 22) ist hier nicht dargestellt. Zur Regelung der Vorschubgeschwindigkeit dienen Einstellmittel 13, die beispielsweise auf dem Gehäuse 90 oder an anderer Position angeordnet sein können. Eine Zerstäubergasdüse 4 ist vorgesehen, welche über einen Zerstäubergasanschluss 42 gespeist wird und zur Ausbildung eines Zerstäubergasstroms 41 und eines Partikelstroms 5 (beide hier nicht dargestellt) eingerichtet ist. Zwischen den drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffen 1, 2 bildet sich ein Lichtbogen 30 aus.

[0030] In Figur 5 ist eine Vorrichtung gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in Teilschnittansicht dargestellt. Die Vorrichtung 300 weist die wesentlichen Elemente der Vorrichtung 100 aus Figur

4 auf. Zusätzlich ist bei Vorrichtung 300 eine Vorwärmeinrichtung für jeden Drahtzusatzwerkstoff 1, 2 in Form jeweils eines Induktors 70 mit einer Induktionsschleife bzw. -spule 71 vorgesehen. Die Induktoren 70 sind zur Beaufschlagung der Induktionsschleifen bzw. -spulen 71 mit Hochfrequenzenergie, wie zuvor erläutert, eingerichtet. Über eine entsprechende thermische Beaufschlagung der Drahtzusatzwerkstoffe 1, 2 werden diese vor dem Erreichendes Lichtbogens 30 vorgewärmt. Die Erwärmung kann über Regeleinrichtungen 72, die auf dem Gehäuse 90 vorgesehen sein können, geregelt werden. Zusätzlich ist eine Leitung 73 zur Beaufschlagung der jeweiligen Induktoren 70 vorgesehen. In Figur 6 ist eine Vorrichtung 400 zum Lichtbogenspritzen gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in Teilschnittdarstellung dargestellt. Wie die Vorrichtung 300 weist Vorrichtung 400 die wesentlichen Merkmale der Vorrichtung 100 aus Figur 4 auf. Bei Vorrichtung 400 sind Vorwärmeinrichtungen vorgesehen, die jeweils als Brenner 80 zur Erzeugung einer Brennerflamme 81 ausgebildet sind. Wie zuvor kann ein Vorwärmumfang durch die Brenner 80 mittels einer Regeleinrichtung 82 eingestellt werden. Zur Speisung der Brenner 80 sind Zuleitungen für beispielsweise Brenngas und/oder Sauerstoff vorgesehen.

[0031] Wenngleich in den vorstehenden Figuren für beide Drahtzusatzwerkstoffe 1, 2 identische Vorwärmeinrichtungen jeweils in Alleinstellung dargestellt wurden, sei zu verstehen gegeben, dass insbesondere auch vorgesehen sein kann, unterschiedliche Drahtzusatzwerkstoffe 1, 2 mit unterschiedlichen und/oder mehreren und/oder gemeinsamen Vorwärmeinrichtungen 10, 20 zu beaufschlagen. Beispielsweise kann vorgesehen sein, in einem ersten Schritt eine Vorwärmung mittels eines Brenners 80 und in einem zweiten Schritt eine Vorwärmung mittels eines Induktors 70 vorzusehen.Auch in Figur 7 ist eine Vorrichtung gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in Teilschnittansicht dargestellt. Die Vorrichtung 120 weist die wesentlichen Elemente der Vorrichtung 100 aus Figur 4 auf. Auf die Darstellung der Vorwärmeeinrichtungen für die Spritzzusatzwerkstoffe 1, 2 wurde jedoch der Übersichtlichkeit halber verzichtet.

[0032] Zusätzlich ist bei Vorrichtung 120 eine Vorwärmeinrichtung 45 für den Zerstäubergasstrom 41, der über Zuleitungen 47 über eine Düse 4 bereitgestellt wird, vorgesehen. Die Erwärmung kann über eine Regeleinrichtung 46, die auf dem Gehäuse 90 vorgesehen sein kann, geregelt werden.Wenngleich im Zusammenhang mit den vorstehenden Figuren jeweils eine einzelne Vorwärmeinrichtung 45 angegeben wurde, sei zu verstehen gegeben, dass insbesondere auch vorgesehen sein kann, mehrere und/oder unterschiedliche Vorwärmeinrichtungen 45 bereitzustellen und/oder Drahtzusatzwerkstoffe 1, 2 mit unterschiedlichen und/oder mehreren und/oder gemeinsamen Vorwärmeinrichtungen 45 zu erwärmen. Beispielsweise kann vorgesehen sein, in einem ersten Schritt eine Vorwärmung mittels eines Brenners und in einem zweiten Schritt eine Vorwärmung mittels eines Induktors vorzusehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Lichtbogenspritzen, bei dem mittels elektrischen Stroms wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff (1, 2) in einem Lichtbogen (30) aufgeschmolzen und mittels eines Zerstäubergasstroms (41) zerstäubt und in Form eines Partikelstroms (5) auf ein Werkstück (6) aufgebracht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff (1, 2) vor dem Aufschmelzen in dem Lichtbogen (30) mittels Induktion und/oder mittels eines Plasmas und/oder mittels einer Flamme (81) vorgewärmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff (1, 2) auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und einer Solidustemperatur des Spritzzusatzwerkstoffs (1, 2) vorgewärmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei denen ferner der Zerstäubergasstrom (41) vor dem Zerstäuben des wenigstens einen drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffs vorgewärmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Zerstäubergasstrom (41) auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und 1.000 °C vorgewärmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff (1, 2) auf eine Temperatur vorgewärmt wird, die in Abhängigkeit von einer Materialzusammensetzung, einer Materialmenge und/oder einer Vorschubgeschwindigkeit des Spritzzusatzwerkstoffs (1, 2) ausgewählt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem wenigstens ein drahtförmiger Spritzzusatzwerkstoff (1, 2) auf eine Temperatur vorgewärmt wird, die in Abhängigkeit von einer Zusammensetzung und/oder einem Volumenstrom des Zerstäubergasstroms (41) ausgewählt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der wenigstens eine drahtförmige Spritzzusatzwerkstoff (1, 2) mittels einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme und/oder mittels eines erwärmten Zerstäubergasstroms (41) vorgewärmt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem wenigstens zwei drahtförmige Spritzzusatzwerkstoffe (1, 2) verwendet und vor dem Aufschmelzen in dem Lichtbogen (30) auf gleiche oder unter-

schiedliche Temperaturen vorgewärmt werden.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein Zerstäubergasstrom (41) aus gasförmigen Komponenten verwendet wird, die Stickstoff, Argon, Sauerstoff, Wasserstoff, Helium und deren Gemische in unterschiedlichen Anteilen umfassen.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem wenigstens eine der gasförmigen Komponenten des Zerstäubergasstroms (41) vorgewärmt wird.

11. Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche eingerichtet ist, mit wenigstens einer Vorwärmeinrichtung (10, 20, 70, 80), die zum Vorwärmen wenigstens eines drahtförmigen Spritzzusatzwerkstoffs (1, 2) vor dem Aufschmelzen in dem Lichtbogen (30) bereitgestellt ist, wobei die wenigstens eine Vorwärmeinrichtung (10, 20, 70, 80, 45) als Brenner (80) zur Erzeugung einer Brennerflamme (81) ausgebildet ist oder einen Induktor (70) mit einer Induktionsschleife und/oder Induktionsspule (71) oder eine Plasmaquelle aufweist.

Claims

1. Method for arc spraying, in which at least one spraying material (1, 2) in wire form is melted by means of electrical current in an arc (30) and is atomized by means of a stream of atomizer gas (41) and applied in the form of a stream of particles (5) to a workpiece (6), **characterized in that** at least one spraying material (1, 2) in wire form is preheated before melting in the arc (30) by means of induction and/or by means of a plasma and/or by means of a flame (81).

2. Method according to Claim 1, in which at least one spraying material (1, 2) in wire form is preheated to a temperature between room temperature and a solidus temperature of the spraying material (1, 2).

3. Method according to Claim 1 or 2, in which furthermore the stream of atomizer gas (41) is preheated before the atomizing of the at least one spraying material in wire form.

4. Method according to Claim 3, in which the stream of atomizer gas (41) is preheated to a temperature between room temperature and 1000°C.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, in which at least one spraying material (1, 2) in wire form is preheated to a temperature which is selected in dependence on a material composition, a material amount and/or an advancing rate of the spraying material (1, 2).

6. Method according to one of Claims 1 to 5, in which at least one spraying material (1, 2) in wire form is preheated to a temperature which is selected in dependence on a composition and/or a volumetric flow of the stream of atomizer gas (41).

7. Method according to one of Claims 1 to 6, in which the at least one spraying material (1, 2) in wire form is preheated by means of a fuel gas/oxygen flame and/or by means of a heated stream of atomizer gas (41).

8. Method according to one of the preceding claims, in which at least two spraying materials (1, 2) in wire form are used and are preheated before the melting in the arc (30) to the same temperature or to different temperatures.

9. Method according to one of the preceding claims, in which a stream of atomizer gas (41) of gaseous components comprising nitrogen, argon, oxygen, hydrogen, helium and mixtures thereof in different proportions is used.

10. Method according to Claim 9, in which at least one of the gaseous components of the stream of atomizer gas (41) is preheated.

11. Device for arc spraying, which is designed for carrying out a method according to one of the preceding claims, comprising at least one preheating unit (10, 20, 70, 80), which is provided for preheating at least one spraying material (1, 2) in wire form before the melting in the arc (30), the at least one preheating unit (10, 20, 70, 80, 45) being designed as a burner (80) for producing a burner flame (81) or having an inductor (70) with an induction loop and/or induction coil (71) or a plasma source.

Revendications

1. Procédé de projection à l'arc électrique, lors duquel à l'aide de courant électrique, on fait fondre au moins un métal d'apport (1, 2) de projection sous forme de fil métallique dans un arc électrique (30) et on le pulvérise à l'aide d'un flux de gaz (41) de pulvérisation et on l'applique sous la forme d'un flux de particules (5) sur une pièce d'oeuvre (6), **caractérisé en ce qu'**on fait préchauffer par induction et/ou au plasma et/ou à l'aide d'une flamme (81) au moins un métal d'apport (1, 2) de projection sous forme de fil métallique avant la fusion dans l'arc électrique (30).

2. Procédé selon la revendication 1, lors duquel on fait préchauffer au moins un métal d'apport (1, 2) de pro-

jection sous forme de fil métallique à une température comprise entre la température ambiante et une température de solidus du métal d'apport (1, 2) de projection.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, lors duquel, avant la pulvérisation de l'au moins un métal d'apport de projection sous forme de fil métallique, on fait préchauffer par ailleurs le flux de gaz (41) de pulvérisation.

4. Procédé selon la revendication 3, lors duquel on fait préchauffer le flux de gaz (41) de pulvérisation à une température comprise entre la température ambiante et 1.000 °C.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, lors duquel on fait préchauffer au moins un métal d'apport (1, 2) de projection sous forme de fil métallique à une température que l'on choisit en fonction d'une composition de la matière, d'une quantité de matière et/ou d'une vitesse d'avance du métal d'apport (1, 2) de projection.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, lors duquel on fait préchauffer au moins un métal d'apport (1, 2) de projection sous forme de fil métallique à une température que l'on choisit en fonction d'une composition et/ou d'un débit volumétrique du flux de gaz (41) de pulvérisation.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, lors duquel on fait préchauffer l'au moins un métal d'apport (1, 2) de projection sous forme de fil métallique à l'aide d'une flamme de gaz combustible/oxygène et ou à l'aide d'un flux de gaz (41) de pulvérisation chauffé.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, lors duquel on utilise au moins deux métaux d'apport (1, 2) de projection sous forme de fils métalliques et avant la fusion dans l'arc électrique (30), on les fait préchauffer à une même température ou à des températures différentes.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, lors duquel on utilise un flux de gaz (41) de pulvérisation constitué de composants gazeux, qui comprennent l'azote, l'argon, l'oxygène, l'hydrogène, l'hélium et leurs mélanges dans différentes proportions.

10. Procédé selon la revendication 9, lors duquel on fait préchauffer au moins l'un des composants gazeux du flux de gaz (41) de pulvérisation.

11. Dispositif destiné à la projection à l'arc électrique qui est aménagé pour réaliser un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, avec au moins un dispositif de préchauffage (10, 20, 70, 80) qui est mis à disposition pour préchauffer au moins un métal d'apport (1, 2) de projection sous forme de fil métallique avant la fusion dans l'arc électrique (30), l'au moins un dispositif de préchauffage (10, 20, 70, 80, 45) étant conçu sous la forme d'un brûleur (80) destiné à créer une flamme de brûleur (81) ou comportant un inducteur (70) avec une boucle d'induction et/ou une bobine d'induction (71) ou une source de plasma.

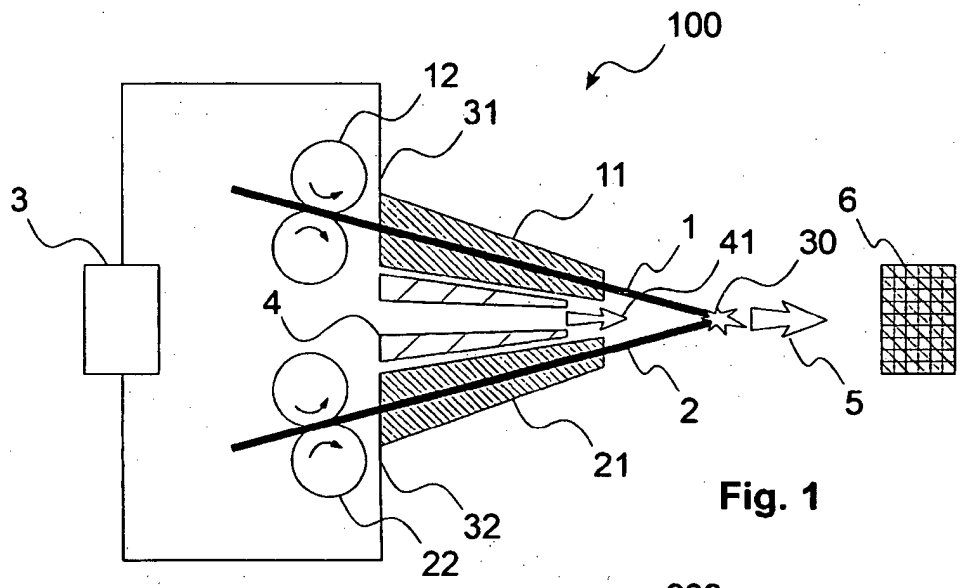


Fig. 1

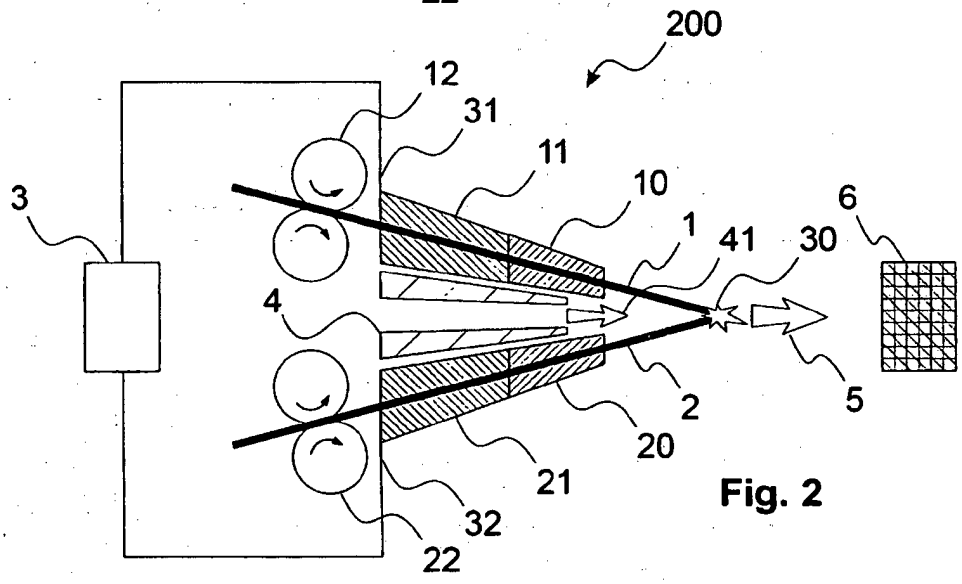


Fig. 2

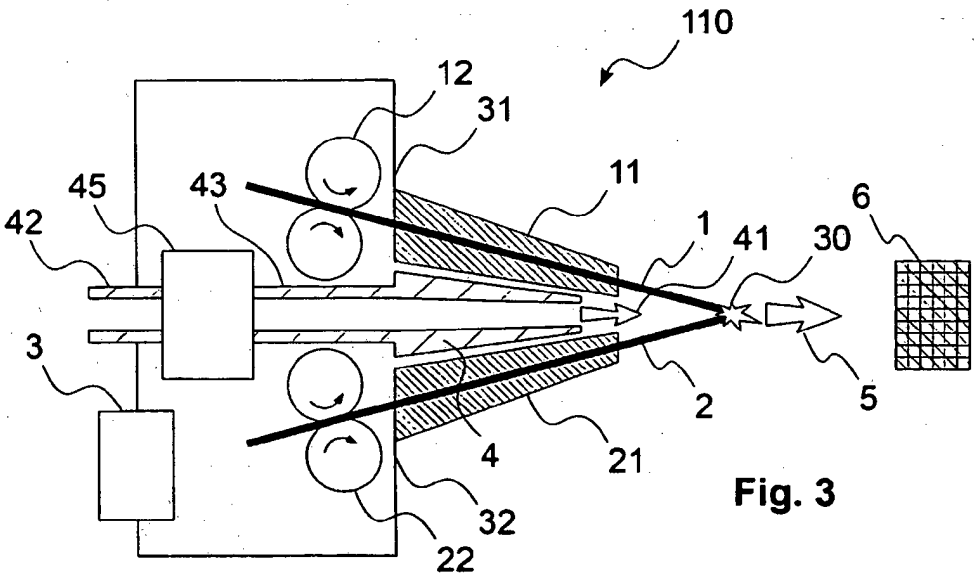


Fig. 3

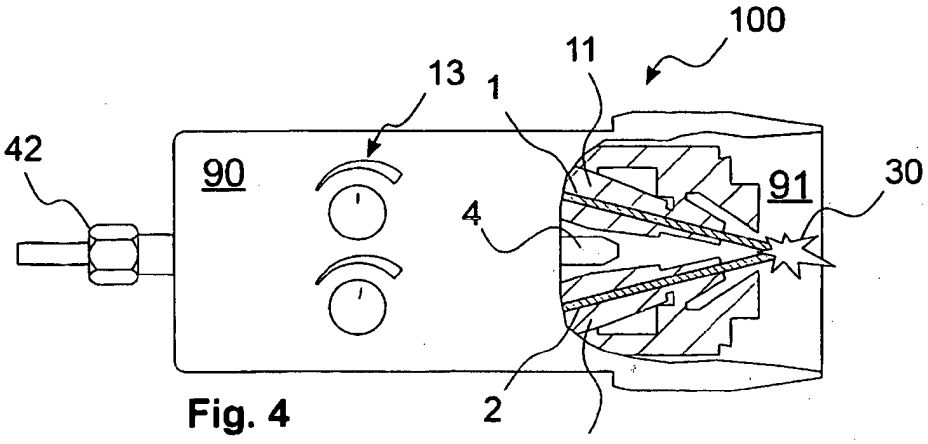


Fig. 4

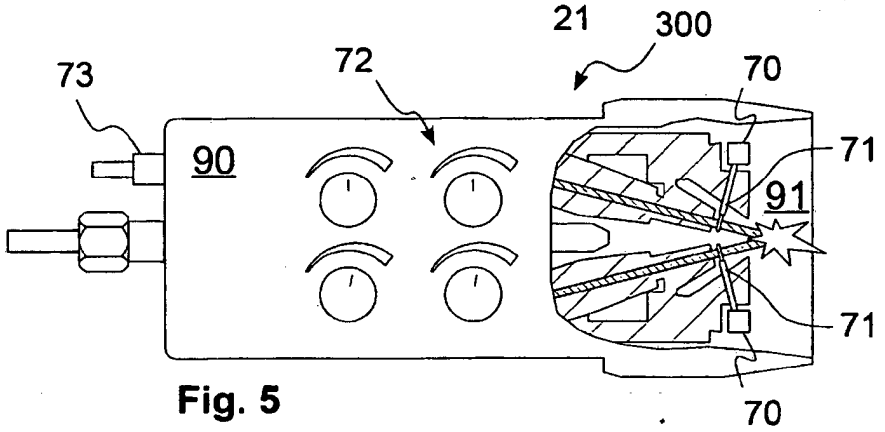


Fig. 5

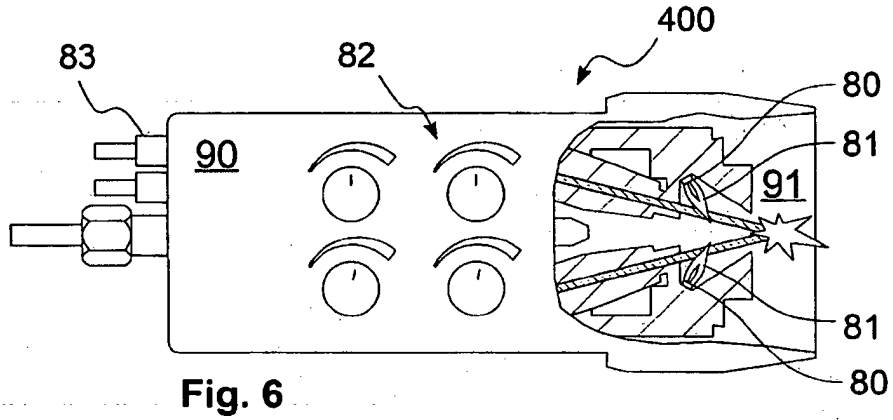


Fig. 6

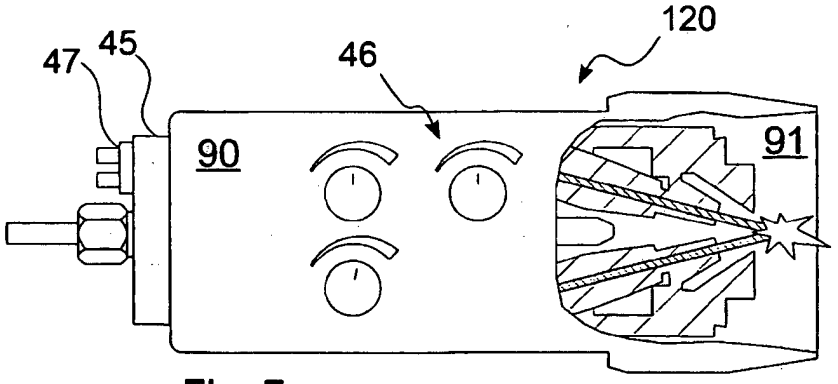


Fig. 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2982845 A **[0002]**
- EP 0386427 A2 **[0005]**
- US 2002130109 A1 **[0006]**