



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.12.2014 Patentblatt 2014/52

(21) Anmeldenummer: **14001202.2**

(22) Anmeldetag: **31.03.2014**

(51) Int Cl.:
C23C 4/06 (2006.01) **C23C 4/12** (2006.01)
C23C 4/18 (2006.01) **C23C 24/04** (2006.01)
H05H 1/34 (2006.01) **H05H 1/42** (2006.01)
B05B 7/22 (2006.01)

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

(30) Priorität: **18.06.2013 DE 102013010126**

(71) Anmelder: **Häuser&Co. GmbH**
47137 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Häuser, Bodo**
56412 Großhohlbach (DE)
• **Häuser, Hendrik**
47506 Neukirchen-Vluyn (DE)

(74) Vertreter: **Wettlaufer, Frank**
Dr. Niemann & Wettlaufer
Patentanwälte
Stockumer Straße 58a
58453 Witten (DE)

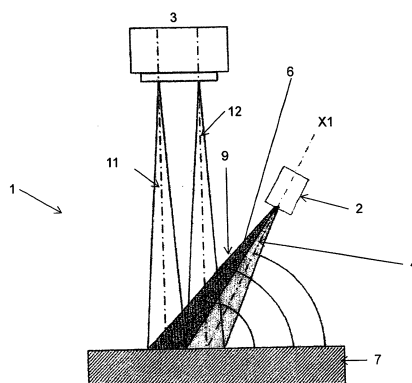
(54) **Plasmapulverspritzverfahren zur Beschichtung von Paneelen für Kesselwände in Verbindung mit einem Laserstrahlgerät**

(57) Die Erfindung betrifft ein thermisches Spritzverfahren zum Herstellen einer Schutzschicht im Plasmapulverspritzverfahren auf mit heißen Gasen, insbesondere Rauchgasen beaufschlagten und aus einem vorgegebenen metallischen Grundwerkstoff bestehenden Wänden von Verbrennungsanlagen, insbesondere Müllverbrennungsanlagen.

Um eine Schutzschicht mit einer Dicke von 0,6 bis 1,5 mm Dicke herstellen zu können, um so die Standzeit beispielsweise von Rohr-Steg-Rohr-Segmenten zu erhöhen, werden zumindest die Schritte
Reinigen der metallischen Wände;
Versetzen eines Plasmagases in Rotation um die Mittel-längsachse (X1) einer Plasmapulverspritzvorrichtung (2);

Innenzuführung eines Beschichtungswerkstoffes als Pulver gleichzeitig durch zwei Innenzuführöffnungen (24,26) hindurch, welche Innenzuführöffnungen (24,26) mit ihren Mündungsöffnungen einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei zumindest ein Pulverstrahl (4,6) erzeugt wird;
Aufschmelzen des Beschichtungswerkstoffes; und
Verbinden des auf die metallische Wand auftreffenden Beschichtungswerkstoffes mittels zumindest eines Laserstrahles (11,12) einer Laserstrahlanlage (3) unter Ausbildung eines diffusiven Verbundes des Beschichtungswerkstoffes zum Grundwerkstoff der metallischen Wand vorgeschlagen.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein thermisches Spritzverfahren zum Herstellen einer Schutzschicht im Plasmapulverspritzverfahren auf mit heißen Gasen, insbesondere Rauchgasen beaufschlagten metallischen Wänden. Die Erfindung betrifft aber auch eine thermische Spritzvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Die DE 196 38 228 A1 befasst sich mit einem Verfahren zur Herstellung einer heißgaskorrosionsbeständigen Verbindung von durch eine thermisch gespritzte Schicht korrosionsgeschützten Rohren, bei dem das eine zu verschweißende Rohr im Bereich seiner dem zweiten Rohr benachbarten Stoßkante vor dem thermischen Spritzen, beispielsweise dem Plasmaspritzverfahren durch Auftragschweißen mit einem korrosionsbeständigen Werkstoff beschichtet wird.

[0003] Die US 4,192,672 betrifft Metalllegierungen, welche als selbstfließende Pulver z.B. auf Nickelbasis relative große, harte Ausfällungen aufweisen, um die Verschleißfestigkeit solcher Pulver zu verbessern. Insbesondere befasst sich die US 4,192,672 mit der Herstellung solcher Pulver. Derartige Pulver sollen mittels Plasmaspritzverfahren verspritzt werden können, wobei die Anlagerung gleichzeitig oder anschließend eingeschmolzen wird.

[0004] Die EP 0 223 135 A1 befasst sich ebenfalls mit selbstfließenden Metalllegierungen welche im Plasmaspritzverfahren aufgetragen werden können. Wird nicht im Plasmaspritzverfahren aufgespritzt, kann die Schicht mittels einer Autogenflamme vor Ort geschmolzen werden. Zu dem Plasmaspritzverfahren offenbart die EP 0 223 135 A1 eine Schmelztemperatur in einem Bereich von 1100 bis 1250°C.

[0005] In Kraftwerken, insbesondere in Müllverbrennungsanlagen bzw. deren Verbrennungskesseln herrscht eine sehr aggressive, korrosive Umgebung aufgrund der sehr spezifischen Zusammensetzung des Brennstoffs (Abfall). Die Wände der Kessel, aber auch deren Paneele und/oder Rohrbündel bzw. Überhitzerrohrbündel müssen daher insbesondere gegen Varianten der Hochtemperaturkorrosion geschützt werden. Aus einer Vielzahl von Schutzmaßnahmen gegen Hochtemperaturkorrosion und Verschleiß ist zum Beispiel das thermische Spritzen, beispielsweise als Flammsspritzen oder auch als Plasmaspritzverfahren bekannt

[0006] Mittels des Flammsspritzens werden Pulver als Beschichtungswerkstoff auf die zu beschichtenden Werkstoffe, z.B. Stahlwerkstoffe aufgebracht. Hierzu wird das zu beschichtende Werkstück zunächst gereinigt und anschließend mit Korund oder dergleichen gestrahlt. Eine Vorwärmung des Grundwerkstoffs auf eine Temperatur von 150°C bis 250°C vor dem Strahlen ist oft notwendig, wobei die genannte Vorwärmtemperatur insbesondere bei dem Flammsspritzen mit selbstfließenden Pulvern empfohlen wird. Die Beschichtungswerkstoffe weisen einen Schmelzpunkt unterhalb der Schmelztemperatur des zu beschichtenden Werkstoffs auf, und wer-

den nach dem Aufspritzen in den Grundwerkstoff eingeschmolzen. Die Schutzschicht weist vor dem Einschmelzen eine relativ große Schichtdicke von bis zu 2 mm bei relativ hoher Porosität von 15 bis 20 % auf. Diese Faktoren bedingen das Einschmelzen. Das Einschmelzen wird üblicherweise mit einer harten Acetylen-Sauerstoffflamme durchgeführt, so dass die Schutzschicht auf eine Temperatur von bis zu 1200°C erwärmt wird. Durch dieses Einschmelzen nimmt die Schichtdicke um ca. 20 Volumenprozent ab. Insbesondere bei Warmfesten Stählen wie z.B. aus dem Werkstoff 15Mo3, 13CrMo45 oder 10CrMo910 führt der hohe Wärmeeintrag zu einer nachteiligen Gefügeänderung.

[0007] Bekannt sind aber auch Plasmaspritzverfahren zur Herstellung der Schutzschicht, wie beispielsweise in der DE 42 20 063 C1 offenbart. Das in der DE 42 20 063 C1 offenbarte Verfahren hat sich in der Praxis dahingehend bewährt als der Verzug von Werkstücken und rißbildende Spannungen im Grundwerkstoff vermieden werden. Allerdings hat sich mittlerweile gezeigt, dass die aufzubringende Schutzschicht doch nur relativ dünn ist. Dies bedeutet, dass die relativ dünne Beschichtung den vielfach gestiegenen Anforderungen der Standzeitverlängerung bei gleichzeitiger erhöhter erosiver und korrosiver Belastung nicht mehr standhält. Das Plasmaspritzverfahren gemäß der DE 42 20 063 C1 eignet sich alleine nicht dafür Schutzschichten entsprechend den gestiegenen Anforderungen in ihrem Betrag zu vergrößern, da die Eigenspannungen durch die Erstarrung der schmelzflüssigen Partikel bei dem Auftreffen auf die metallischen Wände zu hoch werden und die Bindekräfte der mechanischen Verklammerung und der Adhäsionskräfte übertreffen. Ein Abplatzen der dickeren Schutzschicht wäre die Folge.

[0008] Bekannt sind aber auch Laserauftragschweißverfahren, bei denen ein Beschichtungswerkstoff mittels eines Lasers einer energieintensiven Laserschweißanlage zum Beispiel auf Walzen aufgetragen wird. Bei dem Laserauftragschweißen mit Pulver erhitzt der Laser das Werkstück meist defokussiert und schmilzt es lokal auf. Gleichzeitig wird ein inertes Gas gemischt mit feinem Metallpulver zugeführt. An der erhitzten Stelle schmilzt das Metallpulver auf und verbindet sich mit dem Metall des Werkstücks. Die Anbindung an das Grundmaterial kann z. B. durch die Ausbildung einer Zwischenschicht über die Parameter beeinflusst werden. Meistens sind anschließende Nachbearbeitungsschritte, wie Fräsen oder Drehen, notwendig.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein thermisches Spritzverfahren der eingangs genannten Art sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einfachen Mittel so zu verbessern, dass bei geringer Wärmeeinbringung in den Grundwerkstoff eine Schutzschicht herstellbar ist, welche den hohen Anforderungen der langen Standzeit gerecht wird.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein thermisches Spritzverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei eine thermische Spritzvorrich-

tung mit den Merkmalen des Anspruchs 8 den gegenständlichen Teil der Aufgabe löst.

[0011] Es ist darauf hinzuweisen, dass die in der nachfolgenden Beschreibung einzeln aufgeführten Merkmale in beliebiger, technisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können und weitere Ausgestaltungen der Erfindung aufzeigen. Die Beschreibung charakterisiert und spezifiziert die Erfindung insbesondere im Zusammenhang mit den Figuren zusätzlich.

[0012] Erfindungsgemäß umfasst ein thermisches Spritzverfahren zum Herstellen einer Schutzschicht im Plasmapulverspritzverfahren auf mit heißen Gasen, insbesondere Rauchgasen beaufschlagten metallischen Wänden mit einer Plasmapulverspritzvorrichtung zumindest die Schritte, dass die zu beschichtende Wand gereinigt wird; dass ein Plasmagas innerhalb der Plasmaspritzvorrichtung in eine Rotation versetzt wird; dass ein jeweiliger Lichtbogenfußpunkt an einer Kathode und an einer Anode in Rotation versetzt wird, dass ein Pulver als Beschichtungswerkstoff durch zwei Innenzuführöffnungen eingeleitet wird, wobei der Beschichtungswerkstoff lediglich aufgeschmolzen wird, und dass der auf die zu beschichtende Wand auftreffende Beschichtungswerkstoff mittels zumindest eines Laserstrahls einer Laserstrahlanlage unter Bildung eines diffusiven Verbundes mit dem Grundwerkstoff aufmischzonenfrei verbunden wird.

[0013] Mit der Erfindung wird der Beschichtungswerkstoff mittels des Plasmapulverspritzverfahrens also lediglich vorgewärmt auf die zu beschichtenden Wand aufgetragen. Das Verbinden des Beschichtungswerkstoffes mit dem Grundwerkstoff geschieht sodann mit einem Laserverfahren, wobei der diffusive Verbund zwischen dem Grundwerkstoff und dem Beschichtungswerkstoff gebildet wird.

[0014] Insofern wird mit der Erfindung eigentlich der vermeintliche Nachteil in Kauf genommen, dass der Beschichtungswerkstoff, also das Pulver nicht so schmelzflüssig hergestellt wird, dass die aufzutragende Beschichtung ordnungsgemäß hergestellt werden könnte. Dies wird bei der Erfindung erst durch den Schritt der Bildung des diffusiven Verbundes mittels des Lasers der Laserstrahlanlage erreicht. Die vermeintlichen Nachteile bewirken nun aber vorteilhaft, dass der Beschichtungswerkstoff nicht schmelzflüssig ist, sondern lediglich vorgewärmt ist, wobei der Laser trotzdem im Vergleich zu nicht vorgewärmten Pulver nur eine sehr geringe Leistung haben kann um den diffusiven Verbund zu bilden.

[0015] Mit der Erfindung wird so ein diffusiver Übergang des Grundwerkstoffs zum Beschichtungswerkstoff mit einer Dicke von $100\mu\text{m}$, bevorzugt von $20\mu\text{m}$ bis $70\mu\text{m}$ erzeugt. So kann die aufzubringende Schutzschicht eine Dicke aufweisen, welche 100% bis 200% größer ist als eine Schichtdicke, welche nach dem bisher bekannten Verfahren nach der DE 42 20 063 C1 aufgebracht werden konnte. Die Schichtdicke nach der Erfindung kann einen Betrag von 0,2 bis 0,4 mm, bevorzugt von 0,6 bis 1,5 mm aufweisen. Eine vom Betrag her hohe

Schichtdicke führt aber zwangsläufig auch zu einer längeren Standzeit, was wiederum einer längeren Anlagenverfügbarkeit zugutekommt.

[0016] Ein weiterer Vorteil des vermeintlichen in Kauf zunehmenden Nachteils des nicht schmelzflüssigen, sondern lediglich aufgewärmten Beschichtungswerkstoffes, also Pulvers ist auch darin zu sehen, dass ein wesentlich gröberes Pulver eingesetzt werden kann. Ein gröberes Pulver ist natürlich wesentlich preisgünstiger herstellbar als ein feines Pulver, welches mit einer entsprechenden Anzahl an Arbeitsschritten bearbeitet werden muss, um die feine Körnung von beispielsweise $20\mu\text{m}$ bis $53\mu\text{m}$ zu erhalten. Vorteilhaft kann der Beschichtungswerkstoff, also das Pulver für das erfindungsgemäße Verfahren grobkörnig sein, und eine Körnung mit einem Betrag von weniger als $200\mu\text{m}$, bevorzugt von weniger als $125\mu\text{m}$, weiter bevorzugt mit einem Betrag zwischen $63\mu\text{m}$ und $104\mu\text{m}$ aufweisen. Dies bewirkt im Vergleich zu feinen Beschichtungswerkstoffen eine Kostenersparnis von ca. 20% hinsichtlich des Materialpreises.

[0017] Bei dem Plasmapulverspritzen wird bekannter Weise ein Lichtbogen erzeugt, welcher sich von der Anode zur Kathode erstreckt, wobei sowohl an der Anode als auch an der Kathode jeweils ein Lichtbogenfußpunkt angeordnet ist. Bei der üblichen laminaren Strömung des Plasmagases sind die jeweiligen Lichtbogenfußpunkte statisch, so dass diese die Kathode aber auch die Anode an fixierten Stellen sehr schnell verschleifen. Vorteilhaft ist, dass das Plasmagas bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in eine Rotation versetzt wird, also um die Mittellängsachse beispielsweise der Anode rotiert. So wird erreicht, dass sowohl die Kathode als auch die Anode gleichmäßig verschleifen, da der jeweiligen Lichtbogenfußpunkt in Umfangsrichtung sowohl der Kathode als der Anode gesehen entsprechend der Rotation des Plasmagases quasi mitgenommen wird. Ersichtlich ist, dass ein auf der Umfangsfläche wandernder Lichtbogenfußpunkt einen gleichmäßigen Verschleiß in Umfangsrichtung gesehen bewirkt.

[0018] So wird auch eine rotierende Ionisation des Plasmagases erzeugt, da ja mit den rotierenden Lichtbogenfußpunkten natürlich auch der Lichtbogen rotiert.

[0019] Dadurch, dass nun zwei Innenzuführöffnungen zur Zufuhr des Beschichtungswerkstoffes, also des Pulvers vorgesehen sind, werden auch zwei Pulverstrahle erzeugt, welche die Plasmapulverspritzvorrichtung, die auch als Pistole bezeichnet werden kann, verlassen. Überraschend ist dabei, dass einer der Pulverstrahle die Pistole zentrisch entlang der Mittellängsachse verlässt, wohingegen der zweite Pulverstrahl bezogen auf die Mittellängsachse abgelenkt ist. Dies wird erreicht, indem die beiden Innenzuführöffnungen idealer Weise gleichzeitig mit Beschichtungswerkstoff beschickt werden, wobei zielführend ist, dass die Innenzuführbohrungen mit ihrer Mittellängsachse jeweils winklig zu einer Senkrechten auf die Mittellängsachse der Anode angeordnet sind. In bevorzugter Ausgestaltung wird ein spitzer Winkel gebildet, wobei

sehr bevorzugt ist, dass der Winkel zwischen der Senkrechten auf die Mittellängsachse und der Mittelachse der jeweiligen Innenzuführbohrung einen Winkelbetrag von 5° bis 15°, weiter bevorzugt 9° aufweist. In günstiger Ausgestaltung sind die beiden Innenzuführöffnungen zumindest mit ihrer Mündungsöffnung in die Anode hinein bezogen auf die Mittellängsachse genau gegenüberliegend angeordnet.

[0020] Vorteilhaft ist, dass die beiden Innenzuführöffnungen in der Anode eingebracht sind, welche idealer Weise gleichzeitig mit Pulver beschickt werden. In zweckmäßiger Ausgestaltung ist die Pulverzufuhr durch beide Innenzuführöffnungen jeweils separat steuerbar. Insofern können die beiden Innenzuführöffnungen separat angesteuert beschickt werden, wobei jeder Innenzuführöffnung auch ein jeweils separater Pulvergeber zugeordnet sein kann. So kann mit der Erfindung vorteilhaft die jeweils benötigte Pulvermenge eingestellt werden. Denkbar ist, dass beide Innenzuführöffnungen gleichzeitig mit der jeweils maximal möglichen Menge beschickt werden. Weisen die beiden Innenzuführöffnungen beispielsweise einen Durchmesserbetrag von jeweils 4,2mm auf, könnten so beispielhaft 12 bis 14kg/h Pulver aufgetragen werden. Möglich ist, dass durch beiden Innenzuführöffnungen das jeweils gleiche Pulver geleitet wird. So treffen beide Pulverstrahle entsprechend der Ablenkung des einen Pulverstrahls aus der Mittellängsachse heraus auch versetzt auf den zu beschichtenden Werkstoff. Da beide Pulver identisch sind, erübrigt sich festzustellen, welcher der beiden Pulverstrahlen abgelenkt wird und welcher nicht. Hier ist aber ein weiterer Vorteil der Erfindung dahin zu sehen, dass durch beide Innenzuführöffnungen auch zwei unterschiedliche Beschichtungswerkstoffe, also Pulver geleitet werden können. Die Pulver können nicht nur in ihrer (metallurgischen) Zusammensetzung unterschiedlich sein, sondern auch hinsichtlich der Pulvermorphologie (z.B. agglomert, geschmolzen, im Gasstrom verdüst ...), der Pulverform (z.B. spitz, kantig, kugelig ...), des spezifischen Gewichts und auch z.B. des Aufschmelzverhaltens (z.B. des weißen, schwarzen oder glänzenden Pulvers) unterschiedlich sein. Hinsichtlich der unterschiedlichen Zusammensetzung der beiden Pulver kann so zum Beispiel ein Pulverstrahl eine Zwischenschicht mit entsprechend der Legierung des zugeführten Pulvers erzeugen, wobei der andere Pulverstrahl z.B. eine Deckschicht mit den entsprechenden Eigenschaften der zugeführten Pulverlegierung aufweist. Beide Pulverlegierungen können durch Einwirken des Lasers oder der Laser aber auch entsprechend den gewünschten Eigenschaften der Schutzschicht miteinander vermischt, also aufgemischt werden. Die Zusammensetzung der Pulver kann in Abhängigkeit von dem vorhandenen Grundwerkstoff und den späteren Betriebsbedingungen, insbesondere den vorgegebenen Temperaturbereichen bestimmt werden.

[0021] Dabei liegt der Erfindung die Erkenntnis zugrunde, dass die Ablenkung des Pulverstrahls aus der

Mittellängsachse heraus oder nicht tatsächlich von der Morphologie, der Pulverform, des spezifischen Gewichts und dem Aufschmelzverhalten des jeweils zugeführten Pulvers abhängt. So kann an jeweiligen Probewerkstücken, welche dem zu beschichtenden Werkstück entspricht, festgestellt werden, welcher Pulverstrahl in welcher Zusammensetzung abgelenkt wird, und welcher Pulverstrahl nicht abgelenkt wird.

[0022] Da mit der Erfindung zwei Pulverstrahle erzeugt werden, ist es zweckmäßig, wenn auch beide Pulverstrahle, also die beiden auf den zu beschichtenden Werkstoff auftreffenden Pulverlegierungsraupen auch mit jeweils einem Laser weiterbehandelt werden, um den diffusiven Verbund zu bilden. Insofern ist vorteilhaft vorgesehen, dass eine Doppel-Laserstrahlanlage, also auch zwei Laser vorgesehen sind, wobei der jeweilige Laser dem jeweils auftreffenden Pulverstrahl zugeordnet ist.

[0023] Zum Aufbringen einer Schutzschicht mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist geeigneter Weise eine 80KW Plasmaspritzanlage mit Innenpulverzuführung einsetzbar. Durch die Innenpulverzufuhr, und zwar bevorzugt durch beide Innenpulverzuführöffnungen gleichzeitig, wird das jeweilige Pulver im jeweiligen Plasmastrahl einerseits fokussiert, wobei andererseits eine gleichmäßigere Aufschmelzung des Pulvers erreicht wird. Ein Aufschmelzen im Sinne der Erfindung ist also lediglich ein Anwärmen, wobei das Pulver eben nicht schmelzflüssig wird. Durch das Aufschmelzen des Beschichtungswerkstoffes, also des Pulvers innerhalb der Pistole kann nun aber vorteilhaft die Laserleistung reduziert werden, so dass somit vorteilhaft eine geringere Erwärmung des zu beschichtenden Bauteils zu erwarten ist. Die metallische Wand wird durch den Laserstrahl bzw. durch die Laserstrahlen lediglich auf eine Temperatur von 60°C, maximal 80°C erwärmt. Insofern liegt ein weiterer Vorteil der Erfindung darin, dass der Laser der Laserstrahlanlage, also die Doppel-Laserstrahlanlage eine Leistung von lediglich 2KW bis 10KW, bevorzugt von 3KW bis 5 KW haben kann. So kann ein geringer Verzug der metallischen zu beschichtenden Wand, beispielsweise von Rohr-Steg-Rohr-Segmenten oder z.B. von Paneelen von Verbrennungskesselwänden erreicht werden.

[0024] Vorteilhaft ist auch, dass auf ein Aufräuen und/oder Behandeln der zu beschichtenden Wand mit Edelmetall oder dergleichen Strahlmittel verzichtet werden kann; denn die bisher anzustrebende mechanische Verklammerung der schmelzflüssigen Pulverpartikel im Augenblick des Auftreffens als Bindemechanismus wird bei der Erfindung durch die hohe Energiedichte des jeweiligen Lasers im Auftreffpunkt zur Erzeugung eines diffusiven Verbundes ersetzt, ohne dass schädliche Spannungen in den zu beschichtenden Grundwerkstoff eingebracht werden. Gleichwohl kann das zu beschichtende Werkstück Korrosionsschutzüberzüge haben, wobei diese Korrosionsschutzüberzüge mittels einfachen Reinigungsmitteln entfernbar sind. Auch Schmutz oder dergleichen sollte entfernt werden. Insofern sollte

die Oberfläche zwar z.B. von Fett, Öl, Zunder und/oder Walzhaut gereinigt sein, ein Aufräuen und/oder Aktivieren kann bei der Erfindung aber entfallen.

[0025] Um die Rotation des Plasmagases innerhalb der Plasmaspritzvorrichtung, also innerhalb der Pistole, insbesondere innerhalb der Anode erreichen zu können weist die entsprechende Plasmagasdüse, also der Injektor zumindest eine kombinierte Bohrung auf, welche durch zwei ineinander eingebrachte Teilbohrungen gebildet wird. Dabei ist in zielführender Ausgestaltung vorgesehen, dass eine der Teilbohrungen mit ihrer Mittelachse deckungsgleich zu einer Mittelachse der Plasmagasdüse ist. Die andere, zweite Teilbohrung ist winklig zu der Mittelachse der Plasmagasdüse angeordnet. Bevorzugt ist vorgesehen dass die andere zweite Teilbohrung in einem spitzen Winkel, bevorzugt in einem Winkel von 10 bis 30°, weiter bevorzugt von 16,5° zur Mittelachse der Plasmagasdüse angeordnet ist. Zielführend ist, dass beide Teilbohrungen einen identischen Ansatzpunkt an einem Außenumfang der Plasmagasdüse haben, und an einem Innenumfang münden. Dabei wird an dem Innenumfang eine Gesamtmündungsöffnung erreicht, welche natürlich größer ist als eine solche Mündungsöffnung die mit einer der einzelnen Teilbohrungen erreichbar ist. Gleichzeitig ist die innere Gesamtmündungsöffnung kleiner als beide Teilbohrungsmündungen zusammen betrachtet. Insofern ist hier ein Vorteil gegenüber einer einzelnen zur Mittelachse der Plasmagasdüse schräg verlaufenden Düsenbohrung, welche einen harten Plasmagasstrahl erzeugen würde, dahin zu sehen, als die kombinierte Bohrung gemäß der Erfindung quasi einen exzentrischen Verlauf aufweist, wobei die innere Gesamtmündungsöffnung größer ist als der Eintritt der kombinierten Bohrung an dem Außenumfang der Plasmagasdüse. So wird vorteilhaft erreicht, dass die eingeleitete Gasmenge homogen ionisierbar ist, da sich das eingeleitete Gas innerhalb des Plasmabrenners homogen verteilt, da sich durch die sich quasi exzentrisch erweiternde innere Gesamtmündungsöffnung ein weicher Plasmagasstrom einstellt. In günstiger Ausgestaltung kann vorgesehen sein, mehrere kombinierte Bohrungen in der Plasmagasdüse vorzusehen. In besonders bevorzugter Ausgestaltung sind vier kombinierte Bohrungen vorgesehen, welche in Umfangsrichtung der Plasmagasdüse gesehen gleich verteilt sind. Zweckmäßig ist, wenn insbesondere die zweiten Teilbohrungen jeweils gleichorientiert sind. Durch diese erfindungsgemäße Ausgestaltung wird erreicht, dass das Plasmagas tangential zur Mittellängsachse in den Plasmabrenner eingeleitet wird, so dass das Plasmagas den Lichtbogen, der zwischen Kathode und Anode angelegt ist, um die Mittellängsachse rotierend erreicht. In diesen rotierenden Plasmastrahl wird nun das Pulver durch beide Innenzuführöffnungen eingeleitet, wie bereits beschrieben wurde.

[0026] Wie bereits erwähnt, wird bei einem bevorzugten Neigungswinkel der Innenzuführöffnung von 9° gegenüber der Plasmastrahlachse in Richtung der Anoden-

mündung bei dem rotierenden Plasmastrahl eine Aufspaltung des Pulverstrahls in zwei Pulverstrahle erreicht. Bei einem Spritzabstand von 100 bis 180mm, bevorzugt von 130 bis 150mm können über die Parameterwahl von Gasdruck, Gasmenge und Pulvermenge in Abhängigkeit der oben genannten Pulverdaten die Auftreffflächen der beiden Pulverstrahle derart beeinflusst werden, dass diese optimal aneinander grenzen und somit mit einer geringeren Leistung pro Laser eingeschmolzen und diffusiv mit dem Grundwerkstoff verbunden werden können.

[0027] Vorteilhaft ist weiter, dass die Auftreffflächen der beiden Pulverstrahle veränderbar sind. Diese können beispielsweise hintereinander, versetzt zueinander oder nebeneinander liegen. Dazu muss lediglich die Plasmaspritzvorrichtung, also die Pistole entsprechend der gewünschten Lage der Auftreffflächen um die Brennerachse gedreht werden. Selbstverständlich wird der Laser bzw. werden die Laser mit deren Optik entsprechend der tatsächlichen Auftreffflächen angepasst eingestellt. Idealer Weise sind die Pulverstrahle so einstellbar, dass die Auftreffflächen überlappungsfrei genau aneinander grenzen.

[0028] Erfindungsgemäß weist eine Vorrichtung zum Plasmaspritzen zum Herstellen einer Schutzschicht im Plasmaspritzverfahren auf mit heißen Gasen, insbesondere Rauchgasen beaufschlagten metallischen Wänden zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung in ihrer Anode zwei eingebrachte Innenzuführöffnungen auf, welche bezogen auf eine Mittelachse der Plasmapulverspritzvorrichtung genau gegenüberliegend angeordnet sind, wobei natürlich Herstellungstoleranzen bezüglich der diametralen Anordnung möglich sind und im Rahmen der Erfindung liegen. Die beiden Innenzuführöffnungen weisen mit ihrer Mittelachse zu einer Senkrechten auf die Mittelachse der Plasmapulverspritzvorrichtung einen spitzen Winkel höchst bevorzugt von 9° auf. Weiter ist vorteilhaft vorgesehen, dass eine Plasmagasdüse zumindest eine kombinierte Bohrung, bevorzugt mehrere kombinierte Bohrungen, weiter bevorzugt vier kombinierte Bohrungen aufweist, durch welche das zu ionisierende Gas in die Plasmaspritzvorrichtung eingeleitet wird. Zudem ist mit der Plasmaspritzvorrichtung zumindest ein Laser kombiniert, welcher das in der Plasmaspritzvorrichtung lediglich aufgeschmolzene, also erwärmte auftreffende Auftragspulver so weiterbearbeitet, dass der diffusive Verbund der Schutzschicht mit dem Grundwerkstoff gebildet ist.

[0029] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung ist insbesondere zur Anwendung z.B. an Rohr-Steg-Rohr-Segmenten und/oder beispielsweise an Paneelen für Verbrennungskesselwände in Müllverbrennungsanlagen geeignet, ohne die Anwendung hierauf zu beschränken. Insbesondere in Müllverbrennungsanlagen kann so eine vom Betrag her hohe Schutzschichtdicke hergestellt werden, welche zwangsläufig auch zu einer längeren Standzeit der beschichteten Rohr-Steg-Rohr-Segmente und/oder Paneelen führt, was wiederum einer längeren Anlagenver-

fügbare Zugute kommt. Insofern wird mit der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht auf mit heißen Gasen, insbesondere Rauchgasen beaufschlagten und aus einem vorgegebenen metallischen Grundwerkstoff bestehenden Wänden von Verbrennungsanlagen, Wärmetauschern oder ähnlichen Anlagen vorgeschlagen, bei dem mittels eines Plasmabrenners und einer Laserstrahlanlage, bevorzugt einer Doppel-Laserstrahlanlage ein Pulver aus metallischen, karbidischen, oxidkeramischen oder silicidischen Werkstoffen oder Mischungen dieser Werkstoffe auf die zuvor gereinigten metallischen Wände zur Bildung der Schutzschicht aufgetragen und durch den betreffenden Laserstrahl diffusiv mit dem Grundwerkstoff verbunden wird. Als zu beschichtende Grundwerkstoffe sind dabei die in den betreffenden Anlagen zugelassenen Grundwerkstoffe einsetzbar, wobei hier auch Grundwerkstoffe mit der Bezeichnung 15Mo3, 13CrMo45 und/oder 10CrMo910 beispielhaft genannt sein sollen. Zielführend ist auch, dass bei der Erfindung anstelle einer Laserschweißanlage eine Laserstrahlanlage Einsatz findet um den diffusive Verbund zu bilden. Eine Laserschweißanlage weist einen sehr viel kürzeren und sehr energieintensiven Laserstrahl auf als die Laserstrahlanlage, wobei der Grundwerkstoff bei einer Laserschweißanlage aufgeschmolzen werden muss, und wobei der Schweißzusatzwerkstoff in Elektrodenform oder kaltem Pulver zugeführt wird, wobei die Laserschweißanlage mit sehr viel höheren Energien betrieben werden muss als die ideale Weise eingesetzte Laserstrahlanlage.

[0030] Weitere vorteilhafte Einzelheiten und Wirkungen der Erfindung sind im Folgenden anhand von unterschiedlichen, in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Plasmaspritzvorrichtung kombiniert mit einer Doppel-Laserstrahlanlage, als Laser-Plasmabrennervorrichtung in prinzipieller Ansicht,
- Fig. 2 einen Querschnitt durch eine Plasmadüse der Plasmaspritzvorrichtung aus Figur 1,
- Fig. 3 einen Längsschnitt durch eine Anode der Plasmaspritzvorrichtung aus Figur 1, und
- Fig. 4 Beschichtungsbeispiele von Rohr-Steg-Rohr Elementen.

[0031] In den unterschiedlichen Figuren sind gleiche Teile stets mit denselben Bezugszeichen versehen, so dass diese in der Regel auch nur einmal beschrieben werden.

[0032] Figur 1 zeigt eine Laser-Plasmapulverspritzvorrichtung 1, die eine Plasmapulverspritzvorrichtung 2 und eine Doppel-Laserstrahlanlage 3 aufweist.

[0033] Die Plasmapulverspritzvorrichtung 2 erzeugt zwei aufgespaltene Pulverstrahle 4 und 6, welche auf ein zu beschichtendes Werkstück 7 treffen. Das zu beschich-

tende Werkstück 7 ist z.B. ein Rohr-Steg-Rohr-Segment 8, wie dies beispielhaft in Figur 4 dargestellt ist. Das Werkstück 7 wird mit aggressiven, heißen Rauchgasen beaufschlagt, welche z.B. in Müllverbrennungsanlagen entstehen.

[0034] Einer der Pulverstrahle 4 tritt zentrisch zur Mittellängsachse X1 der Plasmapulverspritzvorrichtung 2 aus dieser heraus. Der andere Plasmapulverstrahl 6 tritt abgelenkt zur Mittelachse X1 der Plasmapulverspritzvorrichtung 2 aus dieser heraus. Beide Pulverstrahle 4 und 6 bilden jedoch einen Gesamtspritzkegel 9.

[0035] Die beiden Pulverstrahle 4 und 6 treffen auf das zu beschichtende Werkstück 7, wobei das jeweilige Pulver des jeweiligen Pulverstrahls 4 oder 6 in der Plasmapulverspritzvorrichtung 2 lediglich aufgeschmolzen wird, und vor dem Austritt nicht schmelzflüssig ist.

[0036] Zur Bildung eines diffusiven Verbundes des aufgetragenen Pulvers, also des Beschichtungswerkstoffes mit dem Werkstück 7, also mit dessen Grundwerkstoff ist die Doppel-Laserstrahlanlage 3 vorgesehen, welche entsprechend der beiden Pulverstrahle 4 und 6 auch zwei Laserstrahle 11 und 12 erzeugt.

[0037] In Figur 2 ist eine Plasmagasdüse 13 der Plasmapulverspritzvorrichtung 2 in einem Querschnitt gezeigt. Die Plasmagasdüse 13 kann im Folgenden auch als Injektor 13 bezeichnet werden. Die Plasmapulverspritzvorrichtung 2 kann im Folgenden auch als Plasmabrenner 2 bezeichnet werden.

[0038] Der Injektor 13 weist beispielhaft vier kombinierte Bohrungen 14 auf, welche in Umfangsrichtung des Injektors 13 gesehen gleich verteilt sind. Jede der kombinierten Bohrungen 14 ist aus zwei Teilbohrungen 16 und 17 gebildet. Eine erste Teilbohrung 16 hat eine Mittelachse x, welche deckungsgleich zu einer jeweiligen Mittelachse des Injektors 13 ist. Eine zweite Teilbohrung 17 hat eine Mittelachse y, welche bezogen auf die Mittelachse x der ersten Teilbohrung 16 und damit zur jeweiligen Mittelachse des Injektors 13 winklig angeordnet ist. In höchst bevorzugter Ausgestaltung weist der Winkel zwischen den beiden Mittelachsen x und y einen Betrag von 16,5° auf. Jede der beiden Teilbohrungen 16 und 17 weist einen Durchmesser von beispielhaft 1,8 mm auf. An einem Außenumfang des Injektors 13 weisen beide Teilbohrungen 16 und 17 einen gemeinsamen Ansatzpunkt auf. Insofern ist die Einlassöffnung 18 an dem Außenumfang des Injektors 13 identisch zu dem Durchmesser der beiden Teilbohrungen 16, 17. Beide Teilbohrungen 16 und 17 bilden an einem Innenumfang 18 des Injektors 13 eine innere Gesamtmündungsöffnung 20. Dadurch, dass die zweite Teilbohrung 17 winklig zur ersten Teilbohrung 16 in den Injektor 13 eingebracht wird, wird die innere Gesamtmündungsöffnung 20 größer sein als der Durchmesser einer einzelnen Teilbohrung 16 oder 17. Gleichzeitig wird die innere Gesamtmündungsöffnung 20 kleiner sein als die Summe der beiden Durchmesser der Teilbohrungen 16 und 17. Insofern wird jeweils eine kombinierte Bohrung 14 erzeugt, welche quasi eine exzentrischen Verlauf aufweist, wobei sich die kom-

binierter Bohrung 14 ausgehend von dem an dem Außenumfang angeordneten Ansatzpunkt exzentrisch, also quasi halbkegelförmig in Richtung zum Innenumfang 19 erweitert. Alle Teilbohrungen 16 und 17 der vier kombinierten Bohrungen 14 sind jeweils gleich orientiert. Mittels dieser Ausgestaltung wird das Plasmagas tangential zur Plasmabrennerachse (Mittellängsachse X1) in den Plasmabrenner eingeleitet und erreicht so um die Mittellängsachse X1 des Plasmabrenners 2 rotierend einen Lichtbogen 21 zwischen einer Anode 22 und einer Kathode 23 (Figur 3) des Plasmabrenners 2.

[0039] In Figur 3 ist die Anode 22 der Plasmapulverspritzvorrichtung 2 gezeigt. In der Anode 22 ist die Kathode 23 aufgenommen. Sowohl die Kathode 23 als auch die Anode 22 sind mit ihren Mittelachse X2 und X3 deckungsgleich zur Mittelachse X1 der Plasmaspritzvorrichtung 2. Der Lichtbogen 21 ist ebenfalls erkennbar, wobei auf eine Darstellung der jeweiligen Lichtbogenfußpunkte an der Anode 22 und der Kathode 23 verzichtet wurde. Zielführend ist nun, dass das Plasmagas den Lichtbogen 21 rotierend um die Mittellängsachse X1 des Plasmabrenners 2 erreicht. Damit wird auch der Lichtbogen 21 um die Mittellängsachse des Plasmabrenners 2 rotierend mitgenommen, was in Figur 3 mittels der beiden Lichtbogen 21 und 21a dargestellt ist. Durch den rotierenden Lichtbogen 21 kann die Standzeit sowohl der Anode 22 als auch der Kathode 23 verlängert werden, da die jeweiligen Lichtbogenfußpunkte nicht mehr statisch fixiert sind, sondern sowohl an der Anode 22 als auch an der Kathode 23 umlaufen. Dabei ist in Figur 3 erkennbar, dass der Lichtbogenfußpunkt an der Anode 22 in einem oberen Spitzenbereich und nicht direkt an der Spitze selbst ansetzt.

[0040] Durch das rotierende Plasmagas und den rotierenden Lichtbogen stellt sich auch eine rotierende Ionisation des Plasmagases ein.

[0041] Der Plasmabrenner 2 weist eine Innenpulverzuführung auf.

[0042] Zur Innenpulverzuführung sind in der Anode 22 zwei Innenzuführöffnungen 24 und 26 eingebracht. Anschlüsse zu Pulvergebern sind nicht dargestellt. Die Innenzuführöffnungen 24 und 26 sind gleichzeitig mit Pulver beschickbar wobei eine jeweilige Pulvermenge durch die jeweilige Innenzuführöffnung 24 und 26 separat steuerbar ist. Die jeweilige Innenzuführöffnung 24 und 26 weist jeweils eine Mittelachse X4 auf, die zu einer Senkrechten Z auf die Mittelachse X1, winklig, höchst bevorzugt mit einem Winkel α von 9° angeordnet ist. Die beiden Innenzuführöffnungen 24 und 26 sind gleichorientiert in Richtung zu einer Plasmaaustrittsseite in die Anode 22 eingebracht und münden in dem Inneren der Anode 22, und sind mit ihren Mündungsöffnungen 27 bezogen auf die Mittelachse X1 gegenüberliegend angeordnet.

[0043] Mit der Laser-Plasmapulverspritzvorrichtung 1 ist eine Schutzschicht auf mit heißen Rauchgasen beaufschlagten metallischen Wänden, beispielsweise auf Rohr-Steg-Rohr-Segmenten 8, wie diese in Figur 4 beispielhaft dargestellt sind aufbringbar. An einem rechten

Bildrand der Figur 4 ist ein beispielhaftes Rohr-Steg-Rohr-Segment 8 in einem Längsschnitt dargestellt. Daneben ist eine Aufsicht dargestellt.

[0044] Figur 4 soll dazu dienen eine jeweils mögliche Lage die Auftreffflächen 28 und 29 der Pulverstrahle 4 und 6 darzustellen. Die Lage der Auftreffflächen 28 und 29 ist dabei abhängig von der Verdrehung der Plasmapulverspritzvorrichtung 2, also von der Position der Pistole. Selbstverständlich sind die Laserstrahle 11 und 12 entsprechend ausgerichtet.

[0045] Zunächst können die Auftreffflächen 28 und 29 nebeneinander liegend angeordnet sein, wie im unteren Figurenbereich der Figur 4 erkennbar. Diese Position wird für die Folgenden Positionen der Einfachheit wegen als neutrale Position bezeichnet, ohne dass dies eine einschränkende Wirkung haben soll. Erkennbar ist, dass die Pulverstrahle 4 und 6 dabei nicht wie aus Figur 1 angenommen werden könnten scharf voneinander getrennt sind, sondern jeweils einen Überlappbereich 31 aufweisen.

[0046] Durch Verdrehen des Plasmabrenners 2 aus seiner neutralen Position heraus, könnte die Auftreffflächen 28 und 29 versetzt zueinander sein, so dass eine der anderen quasi voreilt. Diese Position ist in der Mitte der Figur 4 dargestellt. Durch weiteres Verdrehen aus der neutralen Position heraus, können die Auftreffflächen 28 und 29 auch direkt hintereinander angeordnet sein, wie am oberen Bereich der Figur 4 erkennbar ist.

[0047] Die jeweils erkennbaren Überlappbereiche 31 können in ihrem Betrag ebenfalls veränderbar sein, wie in Figur 4 angedeutet. Die beiden Pulverstrahle 4 und 6, also die Auftreffflächen 28 und 29 können idealer Weise auch ohne Überlappung angrenzen.

[0048] Selbstverständlich sind auch die Bögen des Rohr-Steg-Rohr-Segmentes 8 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtbar. Ebenso sind Paneele für Kesselwände mit dem vorgeschlagenen Verfahren der Erfindung beschichtbar.

[0049] Mit der Laser-Plasmaspritzvorrichtung 1 kann eine Schutzschicht mit einer Dicke von beispielsweise 0,6 bis 1,5 mm erzeugt werden. Dies ist möglich, da zwei Pulverstrahle 4 und 6 erzeugt werden, wobei das Pulver der jeweiligen Pulverstrahle nicht schmelzflüssig ist, sondern lediglich aufgeschmolzen, also angewärmt wird. Dadurch können die Laser mit einer geringeren Leistung einen aufmischzonenfreien, diffusiven Verbund des aufgetragenen Pulvers, also Beschichtungswerkstoffes zum Grundwerkstoff bewirken. Hinzu ist zu sehen, dass das Plasmagas tangential zu Mittellängsachse eingeleitet wird und um die Mittellängsachse X1 rotiert, so dass durch den rotierenden Lichtbogen quasi auch eine rotierende Ionisation des Plasmagases erzeugt wird. Zudem ist vorteilhaft, dass zwei Innenzuführöffnungen der Anode gleichzeitig mit Pulver beschickt werden, so dass die beiden Pulverstrahle 4 und 6 gebildet sind, von denen noch dazu einer zur Mittellängsachse X1 abgelenkt ist.

Patentansprüche

1. Thermisches Spritzverfahren zum Herstellen einer Schutzschicht im Plasmapulverspritzverfahren auf mit heißen Gasen, insbesondere Rauchgasen beaufschlagten metallischen Wänden, **umfassend zumindest die Schritte** Reinigen der metallischen Wände;
Versetzen eines Plasmagases in Rotation um die Mittellängsachse (X1) einer Plasmapulverspritzvorrichtung (2);
Innenzuführung eines Beschichtungswerkstoffes als Pulver gleichzeitig durch zwei Innenzuführöffnungen (24,26) hindurch, welche Innenzuführöffnungen (24,26) mit ihren Mündungsöffnungen einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei zumindest ein Pulverstrahl (4,6) erzeugt wird;
Aufschmelzen des Beschichtungswerkstoffes; und Verbinden des auf die metallische Wand auftreffenden Beschichtungswerkstoffes mittels zumindest eines Laserstrahles (11,12) einer Laserstrahlanlage (3) unter Ausbildung eines diffusiven Verbundes des Beschichtungswerkstoffes zum Grundwerkstoff der metallischen Wand. 5
2. Thermisches Spritzverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der diffusive Verbund des Beschichtungswerkstoffes zum Grundwerkstoff eine Dicke von 100 µm, bevorzugt von 20 bis 70 µm aufweist. 10
3. Thermisches Spritzverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzschicht nach dem Aufspritzen und nach dem Erstellen des diffusiven Verbundes mit dem Laser eine Schichtdicke von 0,2 bis 0,4 mm, bevorzugt von 0,6 bis 1,5 mm aufweist. 15
4. Thermisches Spritzverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Pulverstrahle (4,6) erzeugt werden, wobei jeder Pulverstrahl (4,6) mit einem zugeordneten Laserstrahl (11,12) zur Bildung des diffusiven Verbundes bearbeitet wird, wobei einer der Pulverstrahlen (4,6) die Plasmapulverspritzvorrichtung (2) zentrisch zu seiner Mittelachse (X1) verlässt, wobei der andere Pulverstrahl (4,6) die Plasmapulverspritzvorrichtung (2) abgelenkt zur Mittelachse (X1) die Plasmapulverspritzvorrichtung (2) verlässt. 20
5. Thermisches Spritzverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Pulver mit einer groben Körnung weniger als 200 µm, bevorzugt weniger als 125 µm, weiter bevorzugt zwischen 63 und 104 µm aufgetragen wird. 25
6. Thermisches Spritzverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Lichtbogen (21) mit seinen Lichtbogenfußpunkten zum einen an einer Anode (22) und zum anderen an einer Kathode (23) entsprechend der Rotation des Plasmagases in Rotation versetzt wird. 30
7. Thermisches Spritzverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das jeweils durch eine der Innenzuführöffnungen (24,26) eingeleitete Pulver identisch zu dem Pulver sein kann, welches durch die andere, gegenüberliegende Innenzuführöffnung (24,26) eingeleitet wird, und dass das jeweils durch eine der Innenzuführöffnungen (24,26) eingeleitete Pulver unterschiedlich zu dem Pulver sein kann, welches durch die andere, gegenüberliegende Innenzuführöffnung (24,26) eingeleitet wird. 35
8. Thermische Spritzvorrichtung eingerichtet insbesondere zur Durchführung des thermischen Spritzverfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, zum Herstellen einer Schutzschicht im Plasmapulverspritzverfahren auf mit heißen Gasen, insbesondere Rauchgasen beaufschlagten metallischen Wänden, **gekennzeichnet durch** eine Plasmapulverspritzvorrichtung (2) und eine Laserstrahlanlage (3), wobei als Beschichtungswerkstoff ein Pulver lediglich aufgeschmolzen wird und ein Laserstrahl (11,12) der Laserstrahlanlage (3) einen diffusiven Verbund des auftreffenden Beschichtungswerkstoffes zum Grundwerkstoff erzeugt. 40
9. Thermische Spritzvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Plasmagasdüse (13) der Plasmapulverspritzvorrichtung (2) zumindest eine kombinierte Bohrung (14) aufweist, welche aus Teilbohrungen (16, 17) gebildet ist, von denen eine Teilbohrung (17) mit ihrer Mittelachse (y) winklig zur Mittelachse (x) der anderen Teilbohrung (16) angeordnet ist, so dass Plasmagas tangential zur Mittellängsachse (X1) der Plasmapulverspritzvorrichtung (2) in eine Anode (22) der Plasmapulverspritzvorrichtung (2) eingeleitet wird, wobei das Plasmagas einen Lichtbogen (21) rotierend um die Mittellängsachse (X1) der Plasmapulverspritzvorrichtung (2) erreicht. 45
10. Thermische Spritzvorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer Anode (22) der Plasmapulverspritzvorrichtung (2) zwei Innenzuführöffnungen (24,26) eingebracht sind, deren jeweilige Mittelachse (X4) zu einer Senkrechten auf eine Mittellängsachse (X1) winklig, höchstbevorzugt in einem Winkel von 9° angeordnet ist. 50

Fig. 1

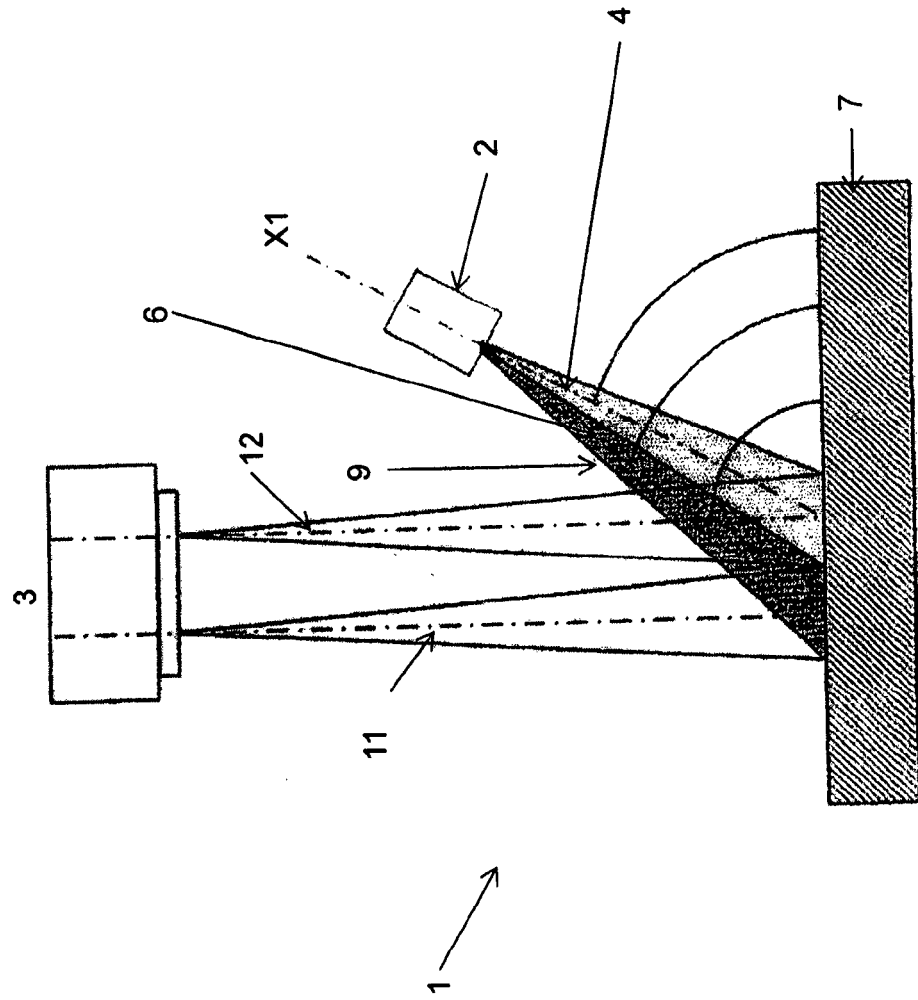


Fig. 2

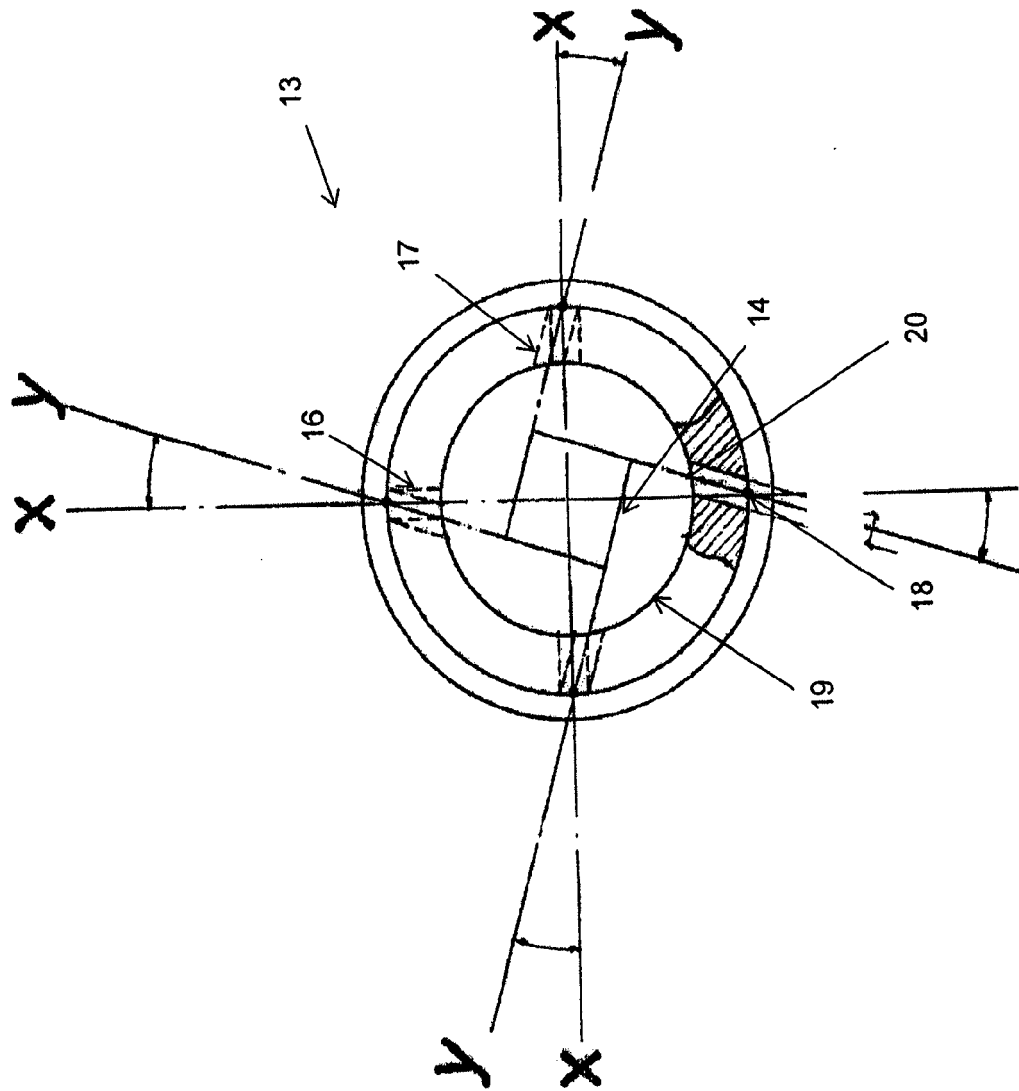


Fig. 3

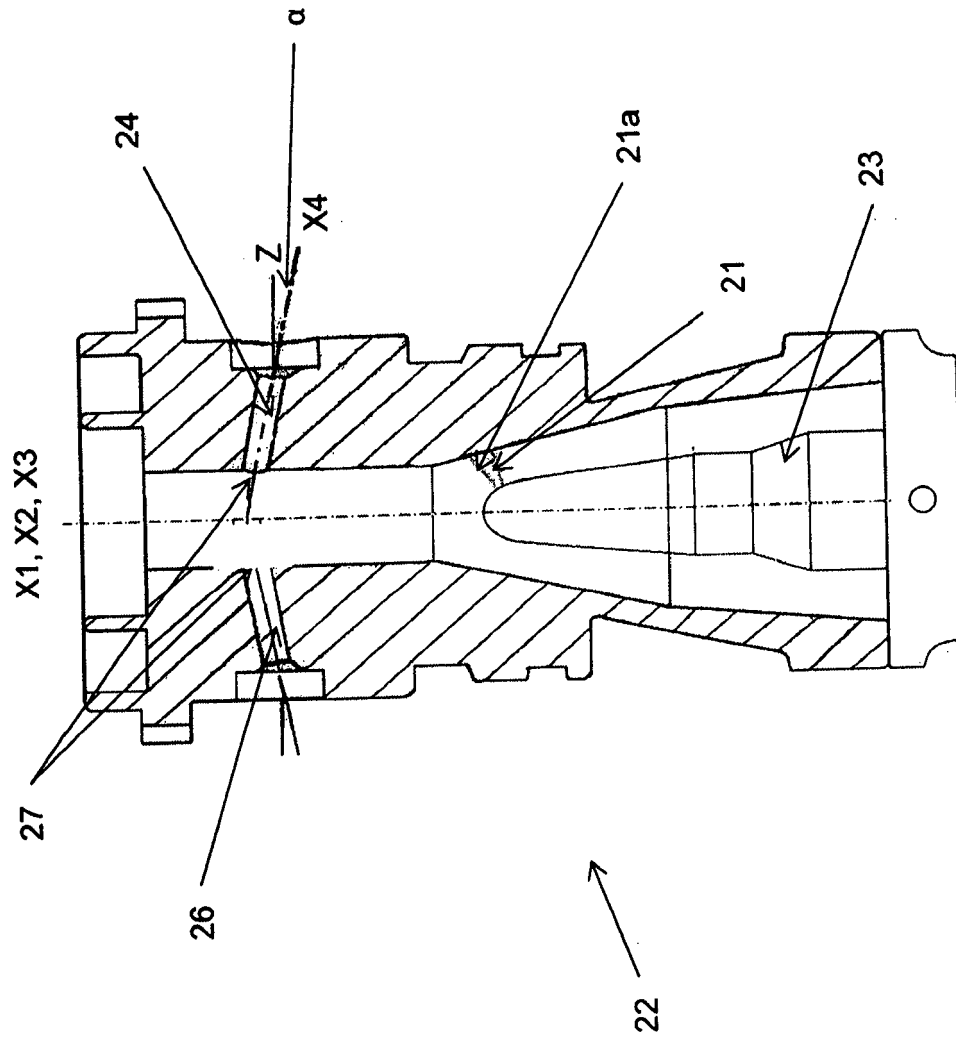
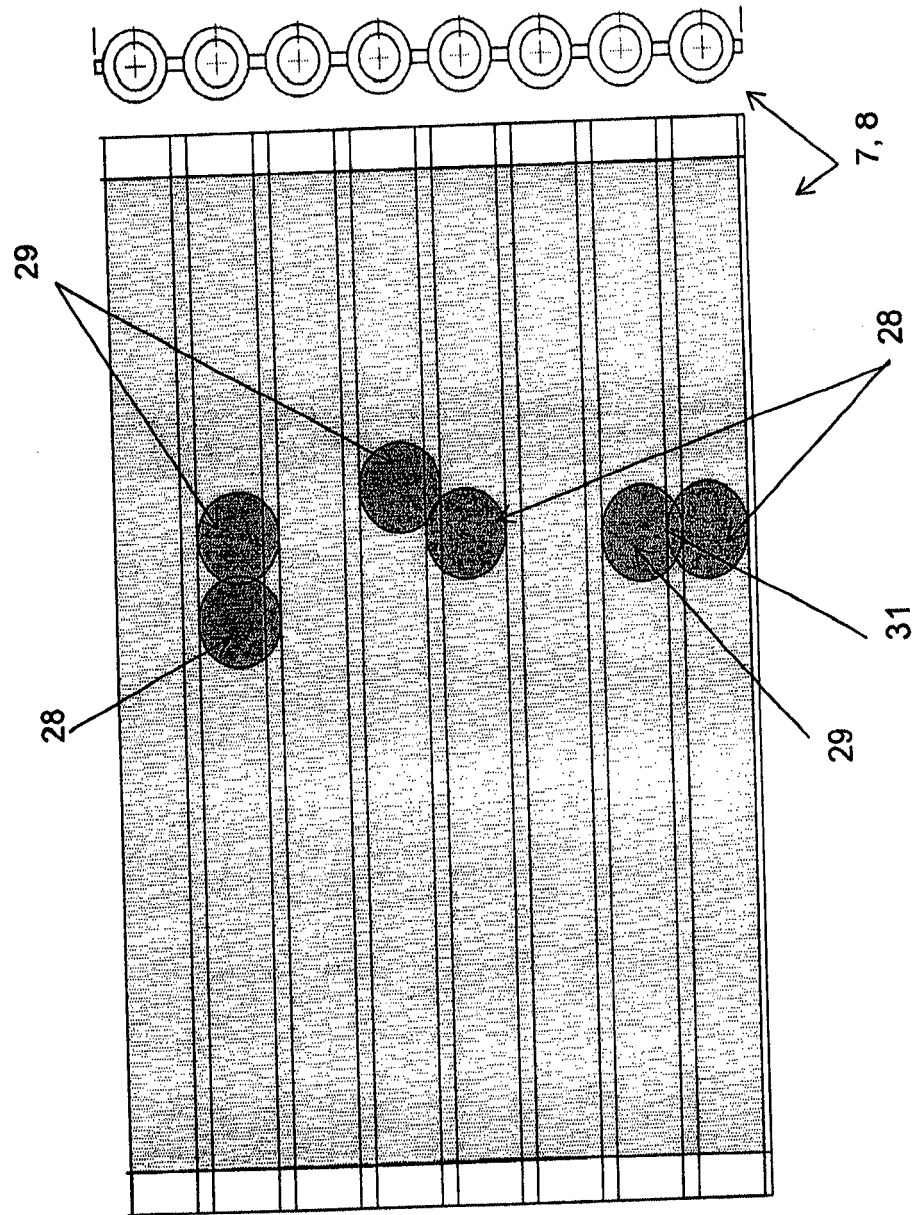


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 00 1202

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 903 423 A2 (FRAUNHOFER GES Z FÖRDERUNG D ANGEW FORSCHUNG) 24. März 1999 (1999-03-24)	8	INV. C23C4/06 C23C4/12
Y	* Absätze [0008], [0027]; Abbildung 1 * -----	1-7,9,10	C23C4/18 C23C24/04
Y	DE 21 44 873 A1 (SEAELECTRO CORP) 15. März 1973 (1973-03-15) * Seite 3, Absatz 2 - Seite 4, Absatz 1; Abbildungen 1-4 *	1-7,9,10	H05H1/34 H05H1/42 B05B7/22
A,D	WO 94/00616 A1 (THYSSEN GUSS AG [DE]; THYSSEN STAHL AG [DE]; HAEUSER BODO [DE]; HEESEN) 6. Januar 1994 (1994-01-06) * das ganze Dokument *	1-10	
A	EP 1 496 034 A2 (DLR EV [DE] DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 12. Januar 2005 (2005-01-12) * Absätze [0111] - [0115] *	1-10	
A	WO 01/05198 A1 (DURAN TECHNOLOGIES INC [CA]) 18. Januar 2001 (2001-01-18) * Seite 14, Zeilen 11-17; Abbildung 6A * * Seite 9, Zeile 30 - Seite 10, Zeile 15; Abbildung 1 *	1,9,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C23C H05H B05B
A	EP 0 481 722 A1 (FUJITSU LTD [JP]) 22. April 1992 (1992-04-22) * Seite 4, Zeile 40 - Seite 5, Zeile 21; Abbildung 1 *	4	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1 EPO FORM 1503 03.82 (P04C03) Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Oktober 2014	Prüfer Hoyer, Wolfgang
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 14 00 1202

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-10-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0903423 A2	24-03-1999	DE 19740205 A1	18-03-1999
		EP 0903423 A2	24-03-1999
		US 6197386 B1	06-03-2001
DE 2144873 A1	15-03-1973	BE 771968 A1	31-12-1971
		CH 531898 A	31-12-1972
		DE 2144873 A1	15-03-1973
		FR 2151488 A5	20-04-1973
		GB 1315917 A	09-05-1973
		US 3627204 A	14-12-1971
WO 9400616 A1	06-01-1994	AT 178364 T	15-04-1999
		AU 672009 B2	19-09-1996
		AU 4325093 A	24-01-1994
		BR 9306566 A	12-01-1999
		CA 2138255 A1	06-01-1994
		CZ 9403137 A3	16-08-1995
		DE 4220063 C1	18-11-1993
		EP 0672197 A1	20-09-1995
		ES 2132237 T3	16-08-1999
		JP 3150697 B2	26-03-2001
		JP H08501350 A	13-02-1996
		PL 171965 B1	31-07-1997
		RU 2107744 C1	27-03-1998
		SK 156394 A3	05-02-1997
		WO 9400616 A1	06-01-1994
EP 1496034 A2	12-01-2005	AT 449049 T	15-12-2009
		DE 10329620 A1	20-01-2005
		EP 1496034 A2	12-01-2005
WO 0105198 A1	18-01-2001	AT 441314 T	15-09-2009
		AU 5959300 A	30-01-2001
		CA 2377872 A1	18-01-2001
		EP 1195077 A1	10-04-2002
		ES 2332302 T3	02-02-2010
		JP 2003504830 A	04-02-2003
		US 6114649 A	05-09-2000
		WO 0105198 A1	18-01-2001
EP 0481722 A1	22-04-1992	DE 69106834 D1	02-03-1995
		DE 69106834 T2	18-05-1995
		EP 0481722 A1	22-04-1992
		JP 2938552 B2	23-08-1999
		JP H04157177 A	29-05-1992
		US 5314726 A	24-05-1994

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

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

EP 14 00 1202

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-10-2014

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19638228 A1 [0002]
- US 4192672 A [0003]
- EP 0223135 A1 [0004]
- DE 4220063 C1 [0007] [0015]