



(11) **EP 3 896 190 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.06.2024 Patentblatt 2024/23

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C23C 4/134 ^(2016.01) **C23C 4/12** ^(2016.01)
B05B 7/22 ^(2006.01) **B05B 13/06** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20169797.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C23C 4/134; B05B 7/22; B05B 13/0636; C23C 4/12

(22) Anmeldetag: **16.04.2020**

(54) **VERFAHREN UND ANLAGE ZUR METALLISCHEN BESCHICHTUNG EINER BOHRUNGSWAND**
INSTALLATION AND METHOD FOR PRODUCING A METALLIC COATING ON A BOREHOLE WALL
PROCÉDÉ ET INSTALLATION DE REVÊTEMENT MÉTALLIQUE D'UNE PAROI D'ALÉSAGE

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.10.2021 Patentblatt 2021/42

(73) Patentinhaber: **Sturm Maschinen- & Anlagenbau GmbH**
94330 Salching (DE)

(72) Erfinder:
• **KESTING, Marc**
94315 Straubing (DE)

• **BAIER, Roland**
93077 Bad Abbach (DE)

(74) Vertreter: **Wunderlich & Heim Patentanwälte PartG mbB**
Irmgardstraße 3
81479 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 444 516 EP-A1- 3 575 435
WO-A1-2017/202852 DE-A1-102012 003 306

EP 3 896 190 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 ein Verfahren zur metallischen Beschichtung, wobei eine Beschichtungslanze mit einer Anode und einer Kathode axial in die Bohrung eingefahren und dabei um ihre Längsachse gedreht wird, zwischen der Anode und der Kathode ein Lichtbogen erzeugt wird, in welchen ein Plasmagasgemisch eingeleitet und ionisiert wird, wobei ein Plasmastrom erzeugt wird, ein Beschichtungspulver in den Plasmastrom zugeführt wird und der Plasmastrom mit den Partikeln auf die Bohrungswand gedüst wird und an der Bohrungswand eine Beschichtung gebildet wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Weiterhin betrifft die folgende Beschreibung eine Anlage zur metallischen Beschichtung einer Bohrungswand einer Bohrung mittels einer Beschichtungslanze mit einer Anode und einer Kathode, wobei die Beschichtungslanze axial in die Bohrung einfahrbar und dabei um ihre Längsachse drehbar ist, einer Stromquelle, durch welche zwischen der Anode und der Kathode ein Lichtbogen erzeugbar ist, in welchen über eine Einleiteinrichtung ein Plasmagasgemisch einleitbar ist, welches in dem Lichtbogen zur Erzeugung eines Plasmastromes ionisiert wird, einer Zuführeinrichtung zum Zuführen eines Beschichtungspulvers in den Plasmastrom und einer Injektionsdüse, welche auf die Bohrungswand ausgerichtet ist, wobei durch den Plasmastrom auf der Bohrungswand eine Beschichtung gebildet wird.

[0003] Insbesondere im Motorenbau ist es erforderlich, die Laufflächen von Zylinderbohrungen mit einer speziellen metallischen Beschichtung zu versehen, damit hinreichende Reibungs- und Schmierbedingungen zwischen der Zylinderlauffläche und einem Zylinderkolben gewährleistet sind. Dies gilt vor allem dann, wenn sowohl das Motorengehäuse als auch der Zylinderkolben aus demselben Metall, etwa aus Aluminium, gefertigt sind.

[0004] Hierzu ist es bekannt, eine Bohrungswand mit einer speziellen Beschichtung zu versehen. Für eine derartige Beschichtung sind verschiedene Verfahren bekannt, so etwa das sogenannten Flammsspritzen, das Laserspritzen, das Plasma-Pulver-Auftragsschweißen oder ein Lichtbogenspritzen mit aufschmelzender Drahtelektrode. Ein besonders effizientes Aufbringen einer Beschichtung stellt das sogenannte atmosphärische Plasmaspritzen dar. In einer Brennerlanze wird dabei mittels eines Lichtbogens und Einleiten eines Fördergases ein Plasmastrom mit einer hohen Temperatur von bis zu 2000 K oder mehr erzeugt. In diesen heißen Plasmastrom können feine Beschichtungspartikel eingeleitet werden, welche in dem Plasmastrom aufschmelzen und mit dem Plasmastrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Bohrungswand aufgebracht werden.

[0005] Ein gattungsgemäßes Verfahren geht beispielsweise aus der EP 2 933 352 A1 hervor. Die WO 2017/202852 A1 offenbart ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff aus Anspruch 1.

[0006] Beim Aufbringen der Beschichtung ist es maßgeblich, dass diese stabil ausgebildet wird. Diese muss insbesondere bei einem Einsatz im Motorenbau eine lange Lebensdauer von vielen Jahren aufweisen, wobei die Beschichtung hohen thermischen, mechanischen und chemischen Beanspruchungen ausgesetzt ist. Dabei kann bereits ein Lösen selbst kleinerer Bestandteile der Beschichtung zu schweren Motorschäden führen.

[0007] Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit welchen eine metallische Beschichtung auf eine Bohrungswand effizient aufbringbar ist.

[0008] Die Aufgabe wird nach der Erfindung zum einen durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungslanze mit einer axialen Vorschubgeschwindigkeit von 3,8 mm/U bis 4,5 mm/U in die Bohrung eingefahren und mit einer Drehgeschwindigkeit von 420 U/min bis 520 U/min gedreht wird und bei einem Volumenstrom an Fördergas von 30 l/min bis 70 l/min Beschichtungspulver mit einer Zufuhrate von 90 g/min bis 130 g/min eingedüst wird.

[0009] Nach der Erfindung wurde erkannt, dass für das Erzeugen einer besonders vorteilhaften Beschichtung es maßgeblich auf ein Verhältnis zwischen der Rotationsgeschwindigkeit der Brennerlanze in der Bohrung zu einer Zuführate an Beschichtungspulver ankommt. Dabei wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine relativ hohe Förderrate von 90 g/min bis 130 g/min vorgesehen, während eine mäßige Drehgeschwindigkeit von 420 U/min bis 520 U/min vorgesehen werden. Es erfolgt so ein relativ starker Materialauftrag pro Umdrehung, wobei nach einer Erkenntnis der Erfindung dies vorteilhaft für einen mikroporösen Aufbau der Beschichtung ist. Gleichzeitig werden die Beschichtungspartikel zumindest an ihrer Außenseite so hinreichend aufgeschmolzen, dass diese einen festen Verbund bilden. Bei einer erhöhten Zuführate pro Umdrehung in dem angegebenen Einstellbereich ist der Grad zwischen Aufschmelzung und schneller Erkaltung besonders vorteilhaft, so dass sich ein gewünschter mikroporöser Schichtaufbau ergibt. Dieser wird noch durch die Einstellung des Fördergases in einem Bereich von 30 l/min bis 70 l/min unterstützt.

[0010] Eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens besteht darin, dass eine axiale Vorschubgeschwindigkeit von 4,1 mm/U bis 4,2 mm/U eingestellt wird. Hierbei ergibt sich ein besonders stabiler Schichtaufbau mit der gewünschten Struktur. Besonders bevorzugt ist es, wenn die axiale Vorschubgeschwindigkeit 4,13 mm/U beträgt.

[0011] Eine besonders gute Aufheizung des Plasmastroms wird nach einer Weiterbildung der Erfindung dadurch bewirkt, dass zwischen der Anode und der Kathode ein Entladungsstrom von 300 A bis 400 A, insbesondere von 360 A, eingestellt wird.

[0012] Ein guter Flächenauftrag auf die Bohrungswand wird weiterhin dadurch erzielt, dass der Plasma-
strom mit den Partikeln mit einer Injektionsdüse auf-
gedüst wird, welche einen Durchmesser von 1 mm bis 2
mm, vorzugsweise von 1,5 mm aufweist. Die Lanze be-
findet sich dabei in der Mitte der Bohrung, welche vor-
zugsweise einen Durchmesser von 7 cm bis 15 cm auf-
weist. Neben einer zylindrischen Düse kann auch eine
Flachdüse mit gleicher oder ähnlicher Öffnungsfläche
zum Einsatz kommen, welche beispielsweise eine Größe
von 1 mm mal 3 mm haben kann.

[0013] Für einen gezielten Materialauftrag ist es im
Hinblick auf den relativ großen axialen Vorschub vorteil-
haft, dass die Injektionsdüse gegenüber der Längsachse
um 5° bis 20°, insbesondere zwischen 8° bis 12°, beson-
ders bevorzugt um 10° nach oben geneigt wird. Hier-
durch kann ein weitgehend radial gerichteter Material-
auftrag erreicht werden, da durch die Neigung eine Ab-
weichung durch den axialen Vorschub kompensiert wer-
den kann.

[0014] Grundsätzlich kann die Beschichtung in einem
einigen axialen Auftrag erfolgen. Eine besonders stabile
Struktur der Beschichtung kann nach einer erfindungs-
gemäßen Verfahrensvariante dadurch erzielt werden,
dass die Beschichtung durch mehrere Beschichtungslag-
en, insbesondere drei bis sechs Beschichtungslagen,
aufgebaut wird, wobei eine Beschichtungslage jeweils
durch einen axialen Überlauf der Beschichtungslanze
gebildet wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn vier axi-
ale Überläufe mit der Beschichtungslanze über die Boh-
rungswand erfolgen.

[0015] Eine besonders stabile Beschichtung ergibt
sich insbesondere dadurch, dass eine Schichtdicke von
150 µm bis 300 µm, insbesondere von 250 µm gebildet
wird. Bei vier Überläufen kann so insbesondere eine
Schichtdicke zwischen 60 µm bis 70 µm aufgebracht
werden.

[0016] Das Plasmagasgemisch kann in grundsätzlich
jeder geeigneten Weise ausgebildet sein. Besonders
vorteilhaft ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung,
dass das Plasmagasgemisch unter Verwendung von Ar-
gon, Wasserstoff, Stickstoff und/oder Helium gebildet
wird. Diese Elemente führen zu einem besonders wirk-
samen Plasmaström für das Beschichtungsverfahren.
Das Beschichtungspulver kann durch ein Trägergas zu-
geführt werden.

[0017] Hinsichtlich der Drehzahl der Beschichtungs-
lanze ist es besonders vorteilhaft, dass eine Drehge-
schwindigkeit von 450 U/min bis 465 U/min, insbeson-
dere von 459 U/min, eingestellt wird. Nach einer Erkennt-
nis der Erfindung ergibt sich in diesem Drehzahlbereich
ein besonders guter und stabiler Materialauftrag.

[0018] Hinsichtlich des Plasmagasgemisches liegt ein
bevorzugter Einstellbereich darin, dass ein Volumen-
strom des Plasmagasgemisches von 40 l/min bis 50
l/min, vorzugsweise von 44 l/min, eingestellt wird. Hier-
durch kann eine gute Förderwirkung für das Beschich-
tungspulver erzielt werden, wobei sich gleichzeitig eine

notwendige aber nicht zu hohe Abkühlung des Plasma-
stromes ergibt. Vorzugsweise kann dabei Argon mit 40
l/min und Wasserstoff mit 4 l/min zum Bilden des Plas-
magasgemisches zum Einsatz kommen.

[0019] Weiterhin ist es besonders zweckmäßig, dass
die Zuführrate des Beschichtungspulvers auf 110 g/min
eingestellt wird. Für die Beschichtung kann grundsätzlich
handelsübliches Beschichtungspulver zum Plasmaspritzen
eingesetzt werden.

[0020] Besonders vorteilhaft ist es dabei, dass ein Be-
schichtungspulver mit Eisenpartikeln und/oder weiteren
Metallen verwendet wird, wobei eine durchschnittliche
Größe der Partikel zwischen 100 Nanometer bis 100 µm
liegt. Besonders bevorzugt ist es dabei, dass diese Par-
tikel in dem aufgeheizten Plasmaström vollständig oder
nicht vollständig aufschmelzen, also nur an ihrer Ober-
seite, und so eine Tropfenform beim Auftreffen auf die
Beschichtungswand aufweisen. Hierdurch kann sich eine
Beschichtung aus etwa kugelförmigen Elementen zu-
sammensetzen, welche durch ein gezieltes Erkalten eine
Beschichtungsstruktur mit dazwischen liegenden Mi-
krofreiräumen bilden. Insbesondere ergibt sich keine
durchgehende feste Verbindung, sondern die aufge-
schmolzenen und erhaltenden Beschichtungspartikel
sind nur bereichsweise miteinander verbunden, wobei
vorzugsweise zwischen 2 % bis 20 % des Beschich-
tungsvolumens durch Porenhohlräume gebildet sind.

[0021] Die beschriebene Anlage ist dadurch gekenn-
zeichnet, dass eine Steuerung vorgesehen und ausge-
legt ist, so dass die Beschichtungslanze mit einer gleich-
mäßigen axialen Vorschubgeschwindigkeit von 3,8
mm/U bis 4,5 mm/U in die Bohrung einfahrbar und mit
einer Drehgeschwindigkeit von 420 U/min bis 520 U/min
drehbar ist und ein Volumenstrom an Fördergas von 30
l/min bis 70 l/min und einer Zuführrate an Beschichtungs-
pulver in einen Plasmaström von 90 g/min bis 130 g/min
eingestellt ist.

40 Patentansprüche

1. Verfahren zur metallischen Beschichtung einer Boh-
rungswand einer Bohrung, in einem Werkstück, ins-
besondere einer Lauffläche einer Zylinderbohrung
in einem Motorblock, mittels atmosphärischen Plas-
maspritzens, wobei

- eine Beschichtungslanze mit einer Anode und
einer Kathode axial in die Bohrung eingefahren
und dabei um ihre Längsachse gedreht wird,
- zwischen der Anode und der Kathode ein Licht-
bogen erzeugt wird, in welchen ein Plasmagas-
gemisch eingeleitet und ionisiert wird, wobei ein
Plasmaström erzeugt wird,
- ein Beschichtungspulver in den Plasmaström
zugeführt wird,
- der Plasmaström mit den Partikeln auf die Boh-
rungswand gedüst wird und an der Bohrungs-

wand eine Beschichtung gebildet wird, und
- die Partikel des Beschichtungspulvers in dem Plasmastrom aufgeschmolzen werden und eine mit Mikroporen versehene Beschichtung erzeugt wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Beschichtungslanze mit einer axialen Vorschubgeschwindigkeit in die Bohrung eingefahren und mit einer Drehgeschwindigkeit von 420 U/min bis 520 U/min gedreht wird und bei einem Volumenstrom an Plasmagasgemisch von 30 l/min bis 70 l/min Beschichtungspulver mit einer Zuführrate von 90 g/min bis 130 g/min eingedüst wird, und
dass eine axiale Vorschubgeschwindigkeit von 3,8 mm/U bis 4,5 mm/U eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine axiale Vorschubgeschwindigkeit von 4,1 mm/U bis 4,2 mm/U eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen der Anode und der Kathode ein Entladungsstrom von 300 A bis 400 A, insbesondere von 360 A, eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Plasmastrom mit den Partikeln mit einer Injektionsdüse aufgedüst wird, welche einen Durchmesser von 1 mm bis 2 mm, vorzugsweise von 1,5 mm aufweist.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Injektionsdüse gegenüber der Längsachse um 5° bis 20°, insbesondere zwischen 8° bis 12°, nach oben geneigt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Beschichtung durch mehrere Beschichtungslagen, insbesondere drei bis sechs Beschichtungslagen, aufgebaut wird, wobei eine Beschichtungslage jeweils durch einen axialen Überlauf der Beschichtungslanze gebildet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Schichtdicke von 150 µm bis 300 µm, insbesondere von 250 µm gebildet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Plasmagasgemisch unter Verwendung von Argon, Wasserstoff, Stickstoff und/oder Helium gebildet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Drehgeschwindigkeit von 450 U/min bis 465 U/min, insbesondere von 459 U/min, eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Volumenstrom des Plasmagasgemisches von 40 l/min bis 50 l/min, vorzugsweise von 44 l/min, eingestellt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Förderrate des Beschichtungspulvers auf 110 g/min eingestellt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Beschichtungspulver mit Eisenpartikeln und/oder weiteren Metallen verwendet wird, wobei eine durchschnittliche Größe der Partikel zwischen 100 nm bis 100 µm liegt.

30 Claims

1. Method for the metal coating of a bore wall of a bore in a workpiece, in particular a running surface of a cylinder bore in an engine block, by means of atmospheric plasma spraying, wherein
 - a coating lance having an anode and a cathode is moved axially into the bore and, in doing so, is rotated about its longitudinal axis,
 - between the anode and the cathode an arc is produced, into which a plasma gas mixture is introduced and ionized, wherein a plasma flow is produced,
 - a coating powder is supplied into the plasma flow,
 - the plasma flow with the particles is sprayed onto the bore wall and on the bore wall a coating is formed, and
 - the particles of the coating powder are melted in the plasma flow and a coating provided with micropores is produced,

characterized in that

the coating lance is moved into the bore at an axial feed speed and is rotated at a rotational speed of 420 rpm to 520 rpm and, at a volume flow of plasma gas mixture of 30 l/min to 70 l/min,

- coating powder is injected at a supply rate of 90 g/min to 130 g/min, and
in that an axial feed speed of 3.8 mm/rev to 4.5 mm/rev is set.
2. Method according to claim 1,
characterized in that
 an axial feed speed of 4.1 mm/rev to 4.2 mm/rev is set.
3. Method according to claim 1 or 2,
characterized in that
 between the anode and the cathode a discharging current of 300 A to 400 A, in particular of 360 A, is set.
4. Method according to any one of claims 1 to 3,
characterized in that
 the plasma flow with the particles is sprayed on with an injection nozzle having a diameter of 1 mm to 2 mm, preferably of 1.5 mm.
5. Method according to any one of claims 1 to 4,
characterized in that
 the injection nozzle is inclined upwards with respect to the longitudinal axis by 5° to 20°, in particular between 8° to 12°.
6. Method according to any one of claims 1 to 5,
characterized in that
 the coating is built up by several coating layers, in particular three to six coating layers, wherein one coating layer is formed in each case by an axial overflow of the coating lance.
7. Method according to any one of claims 1 to 6,
characterized in that
 a layer thickness of 150 μm to 300 μm, in particular of 250 μm is formed.
8. Method according to any one of claims 1 to 7,
characterized in that
 the plasma gas mixture is formed by using argon, hydrogen, nitrogen and/or helium.
9. Method according to any one of claims 1 to 8,
characterized in that
 a rotational speed of 450 rpm to 465 rpm, in particular of 459 rpm, is set.
10. Method according to any one of claims 1 to 9,
characterized in that
 a volume flow of the plasma gas mixture of 40 l/min to 50 l/min, preferably of 44 l/min, is set.
11. Method according to any one of claims 1 to 10,
characterized in that
 the conveying rate of the coating powder is set to 110 g/min.

12. Method according to any one of claims 1 to 11,
characterized in that
 a coating powder having iron particles and/or further metals is used, wherein an average size of the particles ranges between 100 nm to 100 μm.

Revendications

1. Procédé de revêtement métallique d'une paroi d'un alésage dans une pièce à usiner, en particulier d'une surface de roulement d'un alésage de cylindre dans un bloc moteur, au moyen d'une projection de plasma atmosphérique, selon lequel

- une lance de revêtement avec une anode et une cathode est introduite axialement dans l'alésage et est en même temps tournée autour de son axe longitudinal,
- un arc électrique est généré entre l'anode et la cathode, dans lequel un mélange de gaz plasma est introduit et ionisé, générant ainsi un courant de plasma,
- une poudre de revêtement est introduite dans le flux de plasma,
- le flux de plasma avec les particules est pulvérisé sur la paroi de l'alésage et un revêtement est formé sur la paroi de l'alésage, et
- les particules de la poudre de revêtement sont fondues dans le flux de plasma et un revêtement pourvu de micropores est produit,

caractérisé

en ce que la lance de revêtement est introduite dans l'alésage avec une vitesse d'avance axiale et est mise en rotation avec une vitesse de rotation de 420 tr/min à 520 tr/min et, avec un débit volumique de mélange de gaz plasma de 30 l/min à 70 l/min, de la poudre de revêtement est injectée avec un taux d'alimentation de 90 g/min à 130 g/min, et
en ce qu'une vitesse d'avance axiale de 3,8 mm/tr à 4,5 mm/tr est réglée.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé
en ce que en ce qu'une vitesse d'avance axiale de 4,1 mm/tr à 4,2 mm/tr est réglée.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé
en ce qu'un courant de décharge de 300 A à 400 A, en particulier de 360 A, est réglé entre l'anode et la cathode.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3,
caractérisé

en ce que le flux de plasma avec les particules est injecté avec une buse d'injection qui présente un diamètre de 1 mm à 2 mm, de préférence de 1,5 mm.

5. Procédé selon l'une des revendication 1 à 4, 5
caractérisé
en ce que la buse d'injection est inclinée vers le haut de 5° à 20°, en particulier de 8° à 12°, par rapport à l'axe longitudinal. 10
6. Procédé selon l'une des revendications 1 bis 5, 10
caractérisé
en ce que le revêtement est constitué par plusieurs couches de revêtement, en particulier trois à six couches de revêtement, chaque couche de revêtement étant formée par un passage axial complet de la lance de revêtement. 15
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, 20
caractérisé
en ce qu'une épaisseur de couche de 150 μm à 300 μm , en particulier de 250 μm , est formée.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, 25
caractérisé
en ce que le mélange de gaz plasma est formé en utilisant de l'argon, de l'hydrogène, de l'azote et/ou de l'hélium.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, 30
caractérisé
en ce qu'une vitesse de rotation de 450 tr/min à 465 tr/min, en particulier de 459 tr/min, est réglée.
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, 35
caractérisé
en ce qu'un débit volumique du mélange de gaz plasma de 40 l/min à 50 l/min, de préférence de 44 l/min, est réglé. 40
11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, 40
caractérisé
en ce que le taux de transport de la poudre de revêtement est réglé à 110 g/min. 45
12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, 45
caractérisé
en ce qu'on utilise une poudre de revêtement contenant des particules de fer et/ou d'autres métaux, la taille moyenne des particules étant comprise entre 100 nm et 100 μm . 50

55

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

- EP 2933352 A1 [0005]
- WO 2017202852 A1 [0005]