

(19)



(11)

EP 3 608 450 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.02.2020 Patentblatt 2020/07

(51) Int Cl.:
C25D 5/48 (2006.01) **C23C 22/44** (2006.01)
C23C 22/77 (2006.01) **C23C 22/46** (2006.01)
C23C 10/26 (2006.01) **C23C 10/50** (2006.01)
C23C 10/48 (2006.01) **C25D 3/22** (2006.01)
C23C 22/78 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19189589.5**

(22) Anmeldetag: **01.08.2019**

(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
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
 • **Walter, Heinrich**
86316 Friedberg (DE)
 • **Hilser, Ludwig**
München 80997 (DE)

(30) Priorität: **09.08.2018 DE 102018213395**

(54) **VERFAHREN ZUM VERSEHEN EINER METALLISCHEN OBERFLÄCHE MIT EINER CHROM-DIFFUSIONSSCHUTZSCHICHT**

(57) Die Erfindung betrifft eine Verfahren zum Versehen einer metallischen Oberfläche (1) mit einer Diffusionsschutzschicht (2), bei dem ein Chrom-haltiger Schlacker auf die Oberfläche aufgebracht und danach einer Wärmebehandlung zur Herstellung der Diffusions-

schutzschicht unterzogen wird. Zusätzlich zu dem Chrompulver enthält der Schlacker Siliziumpulver, um die erforderliche Haltezeit bei der Wärmebehandlung zu verkürzen.

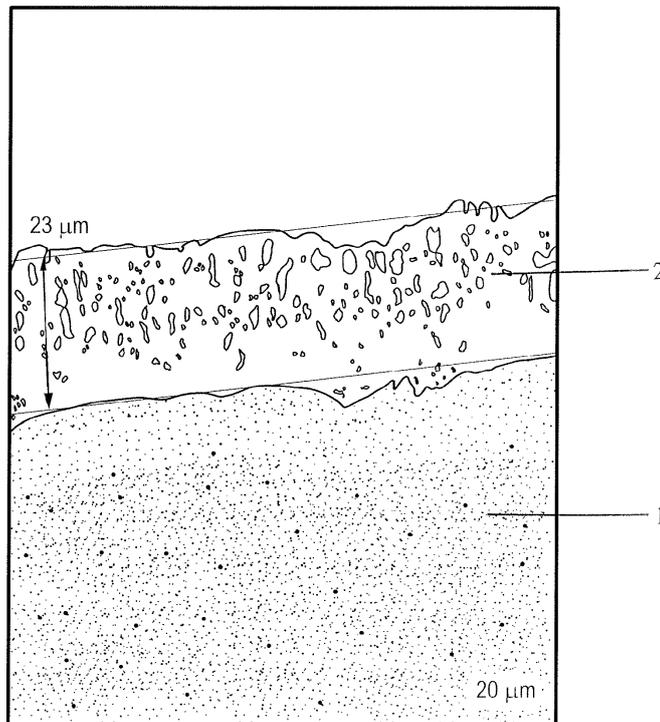


FIG. 1

EP 3 608 450 A2

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

5 GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beschichtung einer metallischen Oberfläche, beispielsweise einer Oberfläche eines Bauteils einer Strömungsmaschine, mit einer aus einem Chrom-haltigen Schlicker hergestellten Diffusionsschutzschicht, und insbesondere ein Verfahren, das eine Verkürzung der Haltezeit bei der Wärmebehandlung des beschichteten Bauteils zur Herstellung einer Chrom-Diffusionsschutzschicht auf der metallischen Oberfläche ermöglicht.

STAND DER TECHNIK

15 [0002] Im Bereich der Gasturbinen, wie stationären Gasturbinen oder Flugtriebwerken, werden Bauteile wie z.B. Turbinenschaufeln aus beispielsweise Nickelbasis-Superlegierungen zum Schutz gegen Oxidation und Korrosion bei den beim Betrieb der Gasturbinen herrschenden hohen Temperaturen üblicherweise mit einer Diffusionsschutzschicht versehen. Zu diesem Zweck wird beispielsweise ein Chrom-haltiger Schlicker in der Regel in mehreren Schichten auf das Bauteil aufgetragen, worauf das so beschichtete Bauteil auf hohe Temperaturen (beispielsweise 800°C bis 1250°C) erhitzt wird, um so eine Diffusion des Chroms im Schlicker in die Oberfläche des Bauteils zu bewirken und dadurch die Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit der Oberfläche zu verbessern. An die Herstellung der Chrom-Diffusionsschutzschicht kann sich eine Alitierung (z.B. Gasphasenalitierung) der Diffusionsschutzschicht anschliessen, um durch die Abscheidung von Aluminium und die dadurch bedingte Anreicherung von Aluminium in der Beschichtung die Aluminiumoxidbildung zu begünstigen und so einem Oxidationsangriff auf das Bauteil entgegen zu wirken. Nachteilig an diesen 25 Verfahren sind die relative langen Haltezeiten des Bauteils bei hohen Temperaturen, die für die Herstellung der Diffusionsschutzschicht erforderlich sind.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

30 AUFGABE DER ERFINDUNG

[0003] Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Beschichtung einer metallischen Oberfläche mit einem Chrom-haltigen Schlicker bereitzustellen, bei dem die Haltezeiten bei der Herstellung der Chrom-Diffusionsschutzschicht verkürzt werden können.

35 TECHNISCHE LÖSUNG

[0004] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Verfahrensanspruchs. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Eine gemäss dem erfindungsgemässen Verfahren beschichtete metallische Oberfläche ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung, ebenso wie ein für das erfindungsmässige Verfahren geeigneter Schlicker.

[0005] In dem erfindungsgemässen Verfahren zum Versehen einer metallischen Oberfläche (z.B. einer Oberfläche eines Bauteils einer Strömungsmaschine) mit einer Chrom-Diffusionsschutzschicht werden eine oder mehrere Schichten (beispielsweise mindestens zwei Schichten bzw. Lagen) eines Chrom-haltigen Schlickers auf die zu beschichtende Oberfläche aufgebracht, wobei vor dem Aufbringen einer Schicht auf eine bereits aufgebrachte Schicht vorzugsweise eine Trocknung der bereits aufgebrachten Schicht erfolgt. Der eingesetzte Schlicker enthält neben dem zur Herstellung der Diffusionsschutzschicht erforderlichen Chrompulver auch Siliziumpulver. Überraschenderweise wurde gefunden, dass dadurch die Eindiffusion des Chroms in die metallische Oberfläche beschleunigt wird und somit die erforderliche Haltezeit des Bauteils bei den erforderlichen hohen Temperaturen verkürzt werden kann.

40 [0006] Das Gewichtsverhältnis Chrompulver zu Siliziumpulver im Schlicker beträgt in den meisten Fällen mindestens 5:1, z.B. mindestens 6:1, mindestens 7:1, mindestens 8:1, mindestens 9:1, mindestens 9,5:1 oder mindestens 10:1, und ist in der Regel nicht höher als 100:1, z.B. nicht höher als 75:1, nicht höher als 50:1, nicht höher als 40:1, oder nicht höher als 30:1.

[0007] Sowohl das Chrompulver als auch das Siliziumpulver weisen im Regelfall eine maximale Korngrösse und/oder eine mittlere Korngrösse von kleiner oder gleich 20 µm, insbesondere von kleiner oder gleich 10 µm, vorzugsweise von kleiner oder gleich 5 µm, auf.

55 [0008] In der Regel wird der Schlicker bei Raumtemperatur (20-25°C) aufgebracht. Die Temperatur der zu beschichtenden Oberfläche kann aber auch deutlich höher sein, vorzugsweise aber nicht höher als 200°C. Nach dem Auftragen

des Schlickers wird die resultierende Schicht vorzugsweise getrocknet, bevor (fakultativ) eine weitere Schicht aufgebracht wird. Die Trocknung erfolgt vorzugsweise bei erhöhter Temperatur, beispielsweise im Bereich von 50°C bis 200°C, z. B. im Bereich von 80°C bis 150°C. Die Trocknung kann dabei in Luftatmosphäre oder im Vakuum oder in einer Schutzgasatmosphäre (z.B. Argonatmosphäre) erfolgen.

5 [0009] Es können zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun, zehn oder mehr Schlickerschichten nacheinander aufgebracht werden. Die Dicke einer noch nicht getrockneten Schicht liegt oft im Bereich von 1 µm bis 60 µm. Durch die Trocknung wird die Dicke der Schicht verringert, wobei das Ausmass der Verringerung unter anderem vom Feststoffgehalt des eingesetzten Schlickers abhängt. Die Dicke der fertigen Beschichtung (nach Aufbringen und Trocknung aller Schichten) liegt üblicherweise im Bereich von 40 µm bis 10 mm, insbesondere im Bereich von 50 µm bis 5 mm, 10 beispielsweise im Bereich von 60 µm bis 2 mm.

[0010] In der Regel enthält ein für das erfindungsgemässe Verfahren geeigneter Schlicker mindestens drei wesentliche Bestandteile, nämlich teilchenförmiges Chrom, teilchenförmiges Silizium und Bindemittel. Üblicherweise enthält der Schlicker auch Wasser und/oder ein oder mehrere organische Lösungsmittel. Zudem kann der Schlicker auch einen oder mehrere weitere Bestandteile enthalten, beispielsweise Metallhalogenid (z.B. CrCl₃) und/oder Inertstoffteilchen 15 (z.B. Al₂O₃).

[0011] Als Bindemittel sind alle herkömmlichen Bindemittel geeignet, insbesondere organische Polymere (Harze). Nicht beschränkende Beispiele für derartige Polymere sind diejenigen, die auch in handelsüblichen Lacken und Beschichtungen eingesetzt werden. Konkrete Beispiele schliessen Epoxyharze, Silicone, Alkydharze, Acrylharze, Polyurethane, Polyvinylchlorid, Polyvinylalkohol, Phenolharze, Polyester, Polyamide und Polyolefine ein.

20 [0012] Beispiele für geeignete organische Lösungsmittel sind all diejenigen, die in der Lackindustrie Verwendung finden. Nicht beschränkende konkrete Beispiele schliessen ein Alkohole wie Methanol, Ethanol, Isopropanol und Butanol; Glykole und glykolhaltige Verbindungen wie Ethylenglykol und Ethylenglykolalkylether; Ether, Ester, Amine, Amide, Ketone, Aldehyde, aromatische Verbindungen wie Toluol und Xylol; und chlorierte Kohlenwasserstoffe.

[0013] Beispielsweise kann der erfindungsgemäss eingesetzte Schlicker Wasser und/oder mindestens eine flüssige organische Verbindung, insbesondere ein Öl, vorzugsweise Siebdrucköl, umfassen.

[0014] Die Aufbringung des Schlickers auf die metallische Oberfläche kann auf beliebige Art und Weise erfolgen, beispielsweise mit Hilfe von Techniken, die in der Lackindustrie bekannt sind, wie Spritzen, Streichen, Tauchen, Giesen, Walzenbeschichtung und Schleuderbeschichtung.

[0015] Die zu beschichtende metallische Oberfläche kann beispielsweise aus einem reinen Metall und/oder einer Legierung bestehen. Bevorzugte Beispiele für Legierungen schliessen diejenigen ein, die bei der Herstellung von Bauteilen von Strömungsmaschinen Verwendung finden, insbesondere sogenannte Superlegierungen auf der Basis von Nickel und/oder Kobalt und/oder Eisen, die ein oder mehrere zusätzliche Metalle enthalten, wie beispielsweise, Re, W, Mo, Nb, Ta, und Ti.

35 [0016] Nicht-beschränkende Beispiele von mit dem erfindungsgemässen Verfahren beschichtbaren Metallsubstraten schliessen Bauteile von Strömungsmaschinen (insbesondere Gasturbinen) ein, z.B., Schaufelblätter von Leitschaufeln und Laufschaufeln, Schaufel-Deckbänder, Schaufel-Plattformen, und Teile derselben.

[0017] Nachdem im Verfahren zur Herstellung einer Diffusionsschicht alle Schlickerschichten aufgebracht (und vorzugsweise getrocknet) wurden, wird das beschichtete Substrat im Vakuum und/oder unter Schutzgasatmosphäre (z.B. Argon) auf eine Temperatur erhitzt, die es dem Chrom in der bzw. den Schichten ermöglicht, in die beschichtete metallische Oberfläche hinein zu diffundieren. Die hierfür erforderliche Temperatur hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschliesslich der Zusammensetzung der metallischen Oberfläche, der gewünschten Eindringtiefe in die Oberfläche, der Zusammensetzung des Schlickers, und der Dicke der Schlickerschicht(en). In den meisten Fällen liegt diese Temperatur im Bereich von 800°C bis 1250°C, insbesondere im Bereich von 900°C bis 1200°C und vorzugsweise im Bereich von 1000°C bis 1150°C. Die erforderlichen Haltezeiten bei diesen Temperaturen liegen in der Regel im Bereich von 1 h bis 24 h, insbesondere von 2 h bis 12 h, vorzugsweise von 3 h bis 6 h. Durch die Anwesenheit von Silizium im Schlicker wird die erforderliche Haltezeit verkürzt (die Eindiffusion von Chrom in die metallische Oberfläche beschleunigt), beispielsweise um mindestens 5 %, mindestens 10 %, mindestens 15 %, mindestens 20 % oder mindestens 25 % der erforderlichen Haltezeit in Abwesenheit von Silizium.

[0018] Die Wärmebehandlung zur Herstellung einer Diffusionsschutzschicht wird zudem vorzugsweise in einer Atmosphäre durchgeführt, die ein oder mehrere Chromhalogenide, insbesondere ein Chromchlorid, vorzugsweise CrCl₂, enthält.

[0019] An die Herstellung der Chrom-Diffusionsschutzschicht schliesst sich vorzugsweise eine Alitierung an. Die Alitierung kann beispielsweise als Gasphasenalitierung durchgeführt werden, bei welcher aluminiumhaltiges Spendermaterial, wie beispielsweise Aluminiumpulver, zusammen mit einem Aktivator oder einem Ausgangsstoff für einen Aktivator, wie beispielsweise einer Halogenverbindung, für eine bestimmte Zeit einer hohen Temperatur ausgesetzt wird, um eine Anreicherung von Aluminium in der Oberfläche des entsprechend behandelten Bauteils zu bewirken. Gleichzeitig kann eine reduzierende Atmosphäre, beispielsweise aus einem 3/8 Gemisch aus einem Schutzgas bzw. Inertgas, wie Argon, und Wasserstoff in der entsprechenden Reaktionskammer vorgesehen werden.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0020] Die beigefügten Figuren zeigen in

- 5 FIG. 1 einen Schliff einer mit dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten metallischen Oberfläche mit Diffusionsschutzschicht;
- FIG. 2 einen Schliff der in FIG. 1 gezeigten metallischen Oberfläche nach anschliessender Alitierung.

AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0021] Die folgenden Beispiele dienen lediglich der Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung und schränken deren Umfang in keiner Weise ein. Die Erfindung ist ausschliesslich durch den Inhalt der anhängenden Ansprüche bestimmt.

15 **Herstellung einer Chrom-Diffusionsschutzschicht**

[0022] Ein Bauteil aus der Legierung PW 1484, welche etwa 5 Gew.-% Chrom, etwa 2 Gew.-% Molybdän, etwa 6% Wolfram, etwa 3 Gew.-% Rhenium, etwa 9 Gew.-% Tantal, etwa 5 Gew.-% Aluminium, etwa 10 Gew.-% Kobalt, unvermeidbare Verunreinigungen und geringfügige weitere Legierungsbestandteile sowie als Rest Nickel enthielt, wurde mit einem Schlicker beschichtet, der Chrompulver und Siliziumpulver im Verhältnis 9,5:1 enthielt. Ausserdem enthielt der Schlicker eine kleine Menge an CrCl₃.

[0023] Der Schlicker wurde durch Spritzen auf das zu beschichtende Bauteil aufgetragen. Nach der Auftragung wurde der Schlicker bei 50°C in Vakuum und anschliessend bei 100°C an Luft bis zu einer halben Stunde getrocknet. Die Dicke des so getrockneten Schlickers betrug 150 µm. Danach wurde das Bauteil in einem Ofen für 4 h einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 1080 °C in einer Argon-Atmosphäre, die eine kleine Menge an CrCl₂ enthielt, unterzogen.

[0024] FIG. 1 zeigt einen Schliff (nach Molybdänsäure-Ätzung) einer so hergestellten beschichteten Oberfläche (Vergrösserung 1000:1).

[0025] Wie aus FIG. 1 ersichtlich, war die hergestellte Diffusionsschutzschicht 2 auf dem Bauteil 1 etwa 20 µm dick. Eine Analyse der Oberfläche des Bauteils zeigte die in der folgenden Tabelle angegebenen Konzentrationen der darin vorhandenen Elemente (in Gew.-%) in Abhängigkeit vom Abstand zur äusseren Oberfläche der Diffusionsschutzschicht 2.

Abstand von Oberfläche in µm	Al	Si	Cr	Fe	Co	Ni	Mo	Ta	W	Re
1	4,9	4,5	61,5	1,6	5,5	18,0	1,6	0,0	2,5	0,0
3	11,9	1,9	63,6	0,8	2,6	12,6	1,3	0,0	3,9	1,4
5	3,3	3,2	57,0	1,2	4,5	19,1	1,9	2,9	5,2	1,8
7	3,9	3,2	53,5	1,5	5,8	21,0	1,9	0,0	5,6	3,6
9	2,3	3,3	53,6	1,7	6,2	22,1	2,0	0,0	5,7	3,0
11	0,3	3,7	49,2	1,5	5,5	23,0	2,8	4,6	6,7	2,7
13	1,0	4,3	36,6	1,1	4,8	32,7	2,4	9,6	6,0	1,6
15	2,6	2,0	27,7	1,7	6,6	52,0	0,0	2,8	2,9	1,7
17	2,5	1,7	26,5	1,6	6,8	51,1	1,0	3,0	4,3	1,6
19	3,8	1,7	18,8	0,9	6,9	54,1	1,0	7,5	3,8	1,4
21	5,5	1,4	10,3	0,5	7,2	56,6	1,1	10,2	4,9	2,3
23	6,3	0,0	7,3	0,0	8,8	57,8	1,9	9,6	6,1	2,3
25	6,5	0,7	6,1	0,0	9,5	58,5	2,0	9,1	5,6	2,1
27	6,3	0,0	5,7	0,0	9,6	58,0	2,3	9,2	7,1	2,0
29	5,9	0,0	5,6	0,0	9,7	58,0	2,4	9,5	6,7	2,4

[0026] Wie aus der obigen Tabelle ersichtlich, waren sowohl Chrom als auch Silizium bis zu einem Abstand von etwa

20 µm von der Oberfläche in das Bauteil 1 eindiffundiert.

Alitierung der Diffusionsschutzschicht

5 **[0027]** Anschließend wurde das beschichtete Bauteil einer Gasphasenalitierung unterzogen, bei der das aluminiumhaltige Spendermaterial mittels des Aktivators AlF_3 auf dem Bauteil abgeschieden wurde. Die Alitierung wurde bei einer Temperatur von ca. 1100 °C für 6 h in einer Argon-Wasserstoff-Atmosphäre durchgeführt.

[0028] FIG. 2 zeigt einen Schliff (nach Molybdänsäure-Ätzung) der alitierten beschichteten Oberfläche (Vergrößerung 500:1). Wie aus FIG. 2 ersichtlich, wurde durch die Alitierung auf der ca. 20 µm dicken Chrom-Diffusionsschutzschicht 2, die in FIG. 1 gezeigt ist, eine ca. 60 µm dicke Alitierungsschicht 3 gebildet, die vorwiegend aus Aluminium bestand.

10 **[0029]** Obwohl die vorliegenden Erfindung anhand der obigen Ausführungsbeispiele detailliert beschrieben worden ist, ist es für den Fachmann selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern dass vielmehr Abwandlungen in der Weise möglich sind, dass einzelne Merkmale weggelassen oder andersartige Kombinationen der Merkmale verwirklicht werden, solange der Schutzbereich der beigefügten Ansprüche nicht verlassen wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0030]

- 20
- 1 Bauteil
 - 2 Diffusionsschutzschicht
 - 3 Alitierungsschicht

Patentansprüche

- 25
1. Verfahren zum Versehen eines metallischen Substrats (1) mit einer Diffusionsschutzschicht (2), bei dem ein Schlicker, der Chrompulver enthält, in einer oder in mehreren Schichten auf das Substrat aufgebracht, getrocknet und dann einer Wärmebehandlung zur Herstellung der Diffusionsschutzschicht unterzogen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlicker zusätzlich Siliziumpulver enthält.
 - 30 2. Verfahren gemäss Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das metallische Substrat (1) ein Bauteil einer Strömungsmaschine ist.
 - 35 3. Verfahren gemäss Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das metallische Substrat (1) eine Legierung auf Nickel- und/oder Kobaltbasis umfasst.
 - 40 4. Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gewichtsverhältnis Chrompulver zu Siliziumpulver im Schlicker im Bereich von 5:1 bis 100:1, insbesondere im Bereich von 7:1 bis 50:1, vorzugsweise im Bereich von 8:1 bis 30:1, liegt.
 - 45 5. Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Chrompulver eine maximale Korngrösse und/oder eine mittlere Korngrösse von kleiner oder gleich 20 µm, insbesondere von kleiner oder gleich 10 µm, vorzugsweise von kleiner oder gleich 5 µm, aufweist.
 - 50 6. Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Siliziumpulver eine maximale Korngrösse und/oder eine mittlere Korngrösse von kleiner oder gleich 20 µm, insbesondere von kleiner oder gleich 10 µm, vorzugsweise von kleiner oder gleich 5 µm, aufweist.
 - 55 7. Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlicker Wasser und/oder mindestens eine flüssige organische Verbindung, insbesondere Öl, vorzugsweise Siebdrucköl, umfasst.
 8. Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlicker in einer Dicke von 40 µm bis 10 mm, insbesondere von 50 µm bis 5 mm, vorzugsweise von 60 µm bis 2 mm, aufgetragen wird.
 9. Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung zur Herstellung einer Diffusionsschicht (2) bei einer Temperatur im Bereich von 800 °C bis 1250 °C, insbesondere

EP 3 608 450 A2

im Bereich von 900 °C bis 1200 °C, vorzugsweise im Bereich von 1000 °C bis 1150 °C, bei einer Haltezeit von 1 h bis 24 h, insbesondere von 2 h bis 12 h, vorzugsweise von 3 h bis 6 h, durchgeführt wird.

- 5
10. Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung zur Herstellung einer Diffusionsschutzschicht (2) in einer Atmosphäre durchgeführt wird, die ein oder mehrere Chromhalogenide, insbesondere ein Chromchlorid, vorzugsweise CrCl_2 , enthält.
- 10
11. Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich an die Herstellung der Diffusionsschutzschicht (2) eine Alitierung der Schicht anschliesst.
12. Verfahren gemäss Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Alitierung der Schicht als Gasphasenalitierung durchgeführt wird.
- 15
13. Schlicker zur Durchführung des Verfahrens nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlicker Chrompulver und Siliziumpulver in einem Gewichtsverhältnis von 5:1 bis 100:1, insbesondere im Bereich von 7:1 bis 50:1, vorzugsweise im Bereich von 8:1 bis 30:1, enthält.
- 20
14. Schlicker nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlicker das Chrompulver und/oder das Siliziumpulver in einer maximalen Korngrösse und/oder einer mittleren Korngrösse von kleiner oder gleich 20 μm , insbesondere von kleiner oder gleich 10 μm , vorzugsweise von kleiner oder gleich 5 μm , aufweist
- 25
15. Beschichtetes metallisches Substrat (1), insbesondere Bauteil einer Strömungsmaschine, erhältlich nach dem Verfahren gemäss irgendeinem der Ansprüche 1 bis 12.

25

30

35

40

45

50

55

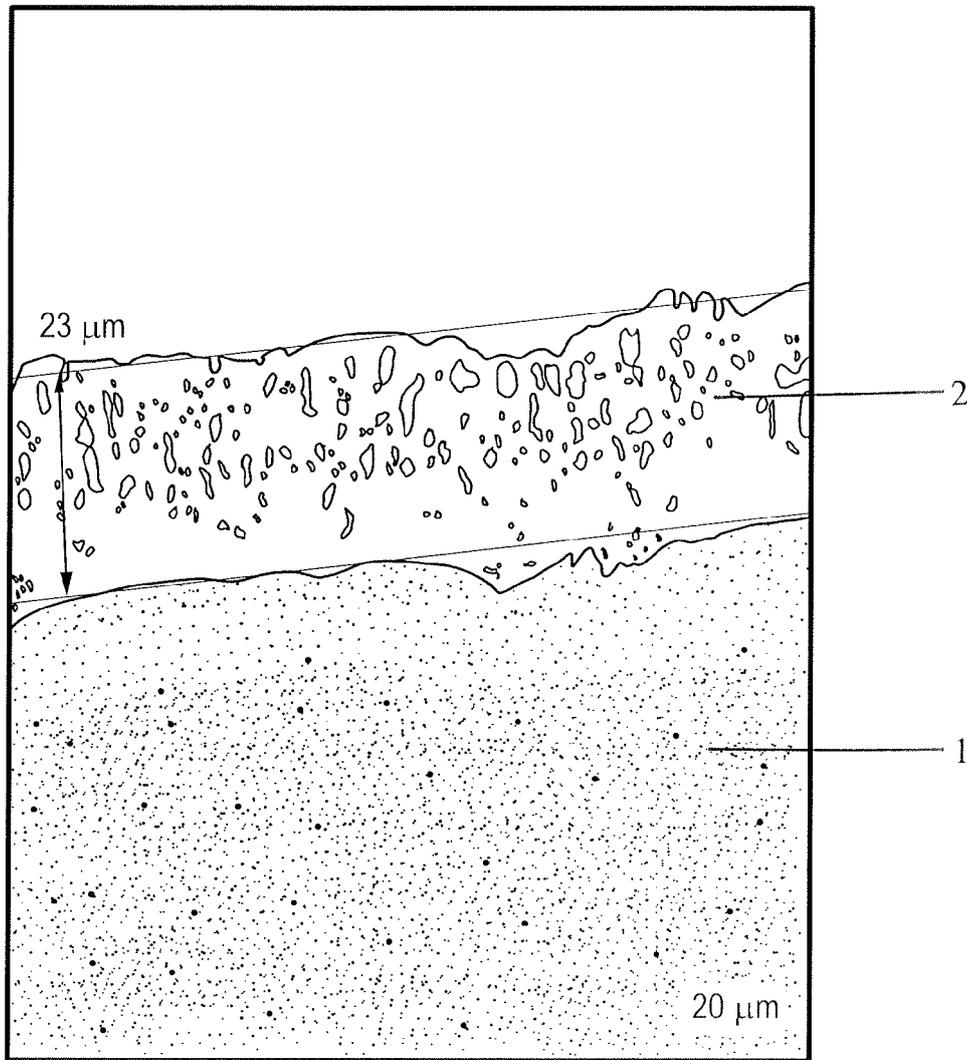


FIG. 1

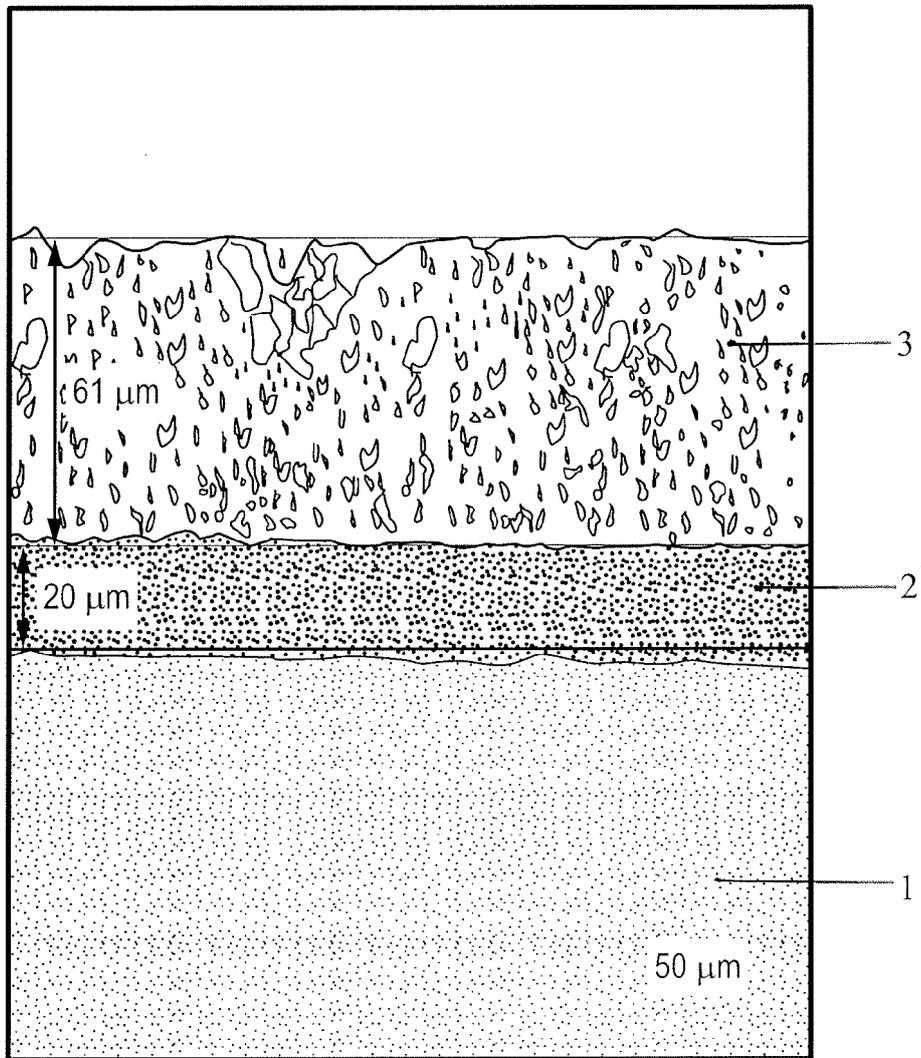


FIG. 2