

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Juli 2002 (18.07.2002)

PCT

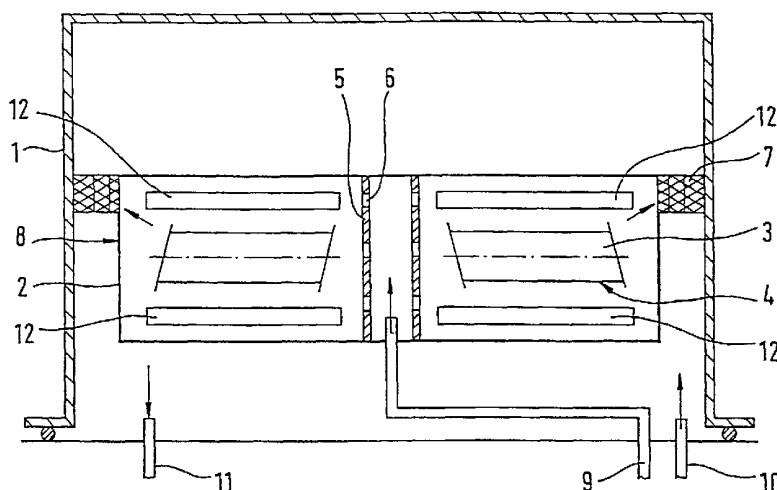
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/055754 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C23C 10/06, 10/14, 10/16, 10/02, 10/12
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00030
- (22) Internationales Anmeldedatum: 9. Januar 2002 (09.01.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 101 01 070.2 11. Januar 2001 (11.01.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MTU AERO ENGINES GMBH [DE/DE]; Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DAUTL, Thomas [DE/DE]; Schäfflerstrasse 23, 85295 Weichs (DE). NIEDERMEIER, Markus [DE/DE]; Klenzestrasse 73, 80469 München (DE). PILLHÖFER, Horst [DE/DE]; Am Stögenfeld 9a, 85244 Röhrmoos (DE).
- (74) Anwälte: BRÜCKNER, Ingo usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM C 106, 70546 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CA, JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR GAS PHASE DIFFUSION COATING OF METAL COMPONENTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM GASPHASENDIFFUSIONS-BESCHICHTEN VON METALLISCHEN BAUTEILEN



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for gas phase diffusion coating of components (3), wherein a component surface (4) which is to be coated is brought into contact with a metal halogenide as a coating gas, forming a diffusion layer having a determined thickness and a determined metal content in wt % in the component surface, starting from a nominal concentration of metal halogenide on the component surface leading to a defined coating duration at a defined coating temperature. For the metal halogenide, a first concentration which is higher than the nominal concentration and at least one second concentration which is lower than the nominal concentration are adjusted on the surface (4) over a first period of time and at least a second period of time. The first and the at least one second period of time are chosen in such a way that the sum thereof is shorter than the coating duration with the nominal concentration.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/055754 A2

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Gasdiffusionsbeschichten von metallischen Bauteilen (3), bei dem eine zu beschichtende Bauteiloberfläche (4) mit einem Metallhalogenid als Beschichtungsgas unter Bildung einer Diffusionsschicht mit einer bestimmten Schichtdicke und einem bestimmten Beschichtungsmetallgehalt in Gew.-% in der Bauteiloberfläche in Kontakt gebracht wird, ausgehend von einer bei definierter Beschichtungstemperatur zu einer definierten Beschichtungsdauer führenden Nennkonzentration des Metallhalogenids an der Bauteiloberfläche, wobei für das Metallhalogenid über einen ersten Zeitraum eine über der Nennkonz. liegende, erste Konzentration und über wenigstens einen zweiten Zeitraum wenigstens eine bei oder unter der Nennkonzentration an der Bauteiloberfläche (4) eingestellt wird, wobei der erste und der wenigstens eine zweite Zeitraum so gewählt werden, dass deren Summe kürzer als die Beschichtungsdauer mit Nennkonzentration ist.

## Verfahren und Vorrichtung zum Gasphasendiffusionsbeschichten von metallischen Bauteilen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Gasphasendiffusionsbeschichten von metallischen Bauteilen, wie insbesondere Bauteile von Gasturbinen, bei dem eine zu beschichtende Bauteiloberfläche mit einem Metallhalogenid als Beschichtungsgas unter Bildung einer Diffusionsschicht mit einer bestimmten Schichtdicke und einem bestimmten Beschichtungsmetallgehalt in Gew.-% in der Bauteiloberfläche in Kontakt gebracht wird, ausgehend von einer bei definierter Beschichtungstemperatur zu einer definierten Beschichtungsdauer führenden Nennkonzentration des Metallhalogenids an der Bauteiloberfläche, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Derartige Diffusionsschichten dienen im allgemeinen als Heißgaskorrosions- und -oxidationsschutzschichten oder als Haftgrund für Wärmedämmschichten.

Es wird dabei von einer Nennkonzentration des Metallhalogenids an der Bauteiloberfläche bei einem bekannten Verfahren ausgegangen, die für die Bildung einer Diffusionsschicht mit einer Schichtdicke im Bereich von 50 bis 100  $\mu\text{m}$  und einem Beschichtungsmetallgehalt von 25 bis 32 Gew.-% in der Bauteiloberfläche zu einer definierten, reproduzierbaren Beschichtungsdauer von 14 Stunden führt. Alternative Diffusionsschichten mit anderen Schichtdickenbereichen und/oder Beschichtungsmetallgehalten können zu Beschichtungsdauern von z.B. 20 h führen. Bei einem schwerer zu beschichtenden Werkstoff, wie z.B. einer einkristallin erstarrten Ni-Basislegierung, ist bei ansonsten gleichen Verhältnissen eine längere Beschichtungsdauer erforderlich.

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem besteht darin, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Gattung zu schaffen, mit dem Diffusionsschichten mit einer definierten Schichtdicke und einem definierten Beschichtungsmetallgehalt in Gew.-% in der Bauteiloberfläche möglichst wirtschaftlich, d.h. unter Einsparung von Beschichtungszeit, hergestellt werden können. Des weiteren soll eine Vorrich-

tung zum Gasphasendiffusionsbeschichten von metallischen Bauteilen gemäß vorgenanntem Verfahren bereitgestellt werden.

Die Lösung dieses Problems ist im Hinblick auf das Verfahren erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass für das Metallhalogenid über einen ersten (Beschichtungs-)Zeitraum eine über der Nennkonzentration liegende, erste Konzentration und über wenigstens einen zweiten (Beschichtungs-)Zeitraum wenigstens eine bei oder unter der Nennkonzentration liegende, zweite Konzentration an der Bauteiloberfläche eingestellt wird, wobei der erste und der wenigstens eine zweite Zeitraum so gewählt werden, dass deren Summe kürzer als die Beschichtungsdauer mit Nennkonzentration ist.

Bei diesem Verfahren erweist sich als vorteilhaft, dass durch die hohe, erste Konzentration des Metallhalogenids an der Bauteiloberfläche im ersten Zeitraum gleich zu Beginn des Verfahrens ein großer Konzentrationsunterschied zum Bauteil besteht, das im allgemeinen zunächst nur wenig oder kein mit dem Beschichtungsmetall identisches Element, z.B. Al, Cr enthält. Dieses führt aufgrund der großen Triebkraft zu einem schnellen Einbringen einer großen Anzahl von Beschichtungsmetallatomen in die Oberfläche des Bauteils. Nach Ende des ersten Zeitraums weist die Bauteiloberfläche somit einen extrem hohen Gehalt an Beschichtungsmetallatomen auf, der jedoch nur über eine geringe Schichtdicke vorliegt. Der hohe Beschichtungsmetallgehalt an der Bauteiloberfläche führt im zweiten Zeitraum durch Diffusionsvorgänge zu einem höheren Beschichtungsmetallgehalt in der Bauteiltiefe und zu einem Abbau an der Bauteiloberfläche, was nach Ende des zweiten Zeitraums zu einer Diffusionsschicht mit dem gewünschten Beschichtungsmetallgehalt in Gew.-% in der Bauteiloberfläche und der gewünschten Schichtdicke führt.

Die hohe, erste Konzentration im ersten Zeitraum wird durch ein Überangebot an Metallhalogenid erzeugt und im zweiten Zeitraum durch Verdünnung (Zufuhr von Inertgas oder Wasserstoff) wieder aufgehoben.

Das Metallhalogenid kann durch Reaktion eines Halogens oder eines Halogenids mit einem in einer Spenderquelle vorliegendem Beschichtungsmetall erzeugt werden,

wobei das Halogen bzw. Halogenid pulver- oder granulatförmig in der Spenderquelle vorliegen oder alternativ durch eine Zuführeinrichtung dem Reaktionsraum, in dem die Bauteile angeordnet sind, zugeführt werden kann. Im letztgenannten Fall kann die zweite Konzentration durch eine Verringerung des Angebots an Halogen bzw. Halogenid eingestellt werden.

Das Metallhalogenid kann bevorzugt F oder Cl enthalten.

Als Beschichtungsmetall kann Al und/oder Cr sowie gegebenenfalls weitere Elemente wie Si, Hf, Y bereitgestellt werden, um die beschichteten Bauteiloberflächen gegen Oxidation bzw. Korrosion zu schützen.

Für eine gute Wirksamkeit wird eine Diffusionsschicht mit einer Schichtdicke von 50 bis 100  $\mu\text{m}$  und einem Beschichtungsmetallgehalt von 25 bis 32 Gew.-% in der Bauteiloberfläche gebildet.

Bevorzugt kann der erste Zeitraum mit der über der Nennkonzentration liegenden, ersten Konzentration zwischen 5 (2) und 6 (10) Stunden und der wenigstens eine zweite Zeitraum mit der unter der Nennkonzentration liegendem, zweiten Konzentration zwischen 3 (1) und 4 (6) Stunden eingestellt werden.

Durch die große Triebkraft während des ersten Zeitraums und die damit verbundene hohe Einbringung von Beschichtungsmetallatomen in die Bauteiloberfläche kann eine zweite Konzentration in einem zweiten Zeitraum auf annähernd null eingestellt werden, so dass die Schichtdicke durch Diffusion der bereits in der Bauteiloberfläche vorliegenden Beschichtungsmetallatome zunimmt.

Die wenigstens eine zweite Konzentration kann z.B. durch Zuführen von einem Inertgas, wie Argon, oder Wasserstoff in den Reaktionsraum in dem die zu beschichtenden Bauteile angeordnet sind, oder durch Verringerung des Angebots von zugeleitetem Halogen oder Halogenid eingestellt werden.

Vor Bildung der Diffusionsschicht kann Pt auf der Bauteiloberfläche galvanisch abgeschieden und ggf. wärmebehandelt werden, da Diffusionsschichten, die neben dem Beschichtungsmetall noch Pt oder Pd enthalten, einen noch besseren Schutz gegen Hochtemperaturoxidation und Korrosion bieten. Bei Al als Beschichtungsmetall weist eine PtAl-Diffusionsschicht eine gute Wirksamkeit auf, wenn der Al-Gehalt in der Oberfläche im Bereich von 18 bis 25 Gew.-% liegt.

Vor Bildung der Diffusionsschicht können auch andere Elemente wie Pt, Si, Y, Hf oder Mischungen vom Typ MCrAlY (mit Ni, Co als M) als Schlicker oder plasma-gespritzte Schicht auf der Bauteiloberfläche aufgebracht werden, um spezifische Eigenschaften der Diffusionsschicht, wie z.B. Oxidationsbeständigkeit oder Duktilität, weiter zu verbessern.

Der Druck des Beschichtungsgases kann im ersten und/oder zweiten Zeitraum zumindest zeitweise geändert werden, wobei dieses vorzugsweise intermittierend erfolgen kann. Durch Absaugen aus einem die zu beschichtenden Bauteile aufnehmenden Reaktionsbehälter bzw. aus einer Retorte, in der wenigstens ein Reaktionsbehälter angeordnet ist, kann zwischen Normaldruck und Unterdruck gewechselt werden. Der Unterdruck wird vorzugsweise auf einen Druck im Bereich von Normaldruck bis 100 mbar eingestellt. Das Verändern des Drucks bewirkt besonders bei zu beschichtenden Hohlräumen ein verbessertes Eindringen des Beschichtungsmetalls und führt zu kürzeren Beschichtungszeiten. Durch Absenken des Druckes lässt sich auch die geringere, zweite Konzentration im zweiten Zeitraum einstellen.

Die Lösung des die Vorrichtung betreffenden Problems wird in Anspruch 18 beschrieben.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Gasdiffusionsbeschichten,

Fig. 2 ein Diagramm, in dem der Al-Gehalt über der Schichtdicke am Ende des ersten Zeitraums dargestellt ist, und

Fig. 3 ein Diagramm, in dem Al-Gehalt über der Schichtdicke am Ende des zweiten Zeitraums dargestellt ist.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer beheizbaren Retorte 1, in der wenigstens ein Reaktionsbehälter 2 angeordnet ist. Je nach Größe können mehrere Reaktionsbehälter 2 über und/oder nebeneinander in der Retorte 1 angeordnet werden. In dem in der vorliegenden Ausgestaltung rotationssymmetrisch ausgebildeten Reaktionsbehälter 2 werden mehrere schematisch dargestellte Bauteile 3 einer Gasturbine, wie z.B. Turbinenschaufeln, mit ihren zu beschichtenden Oberflächen 4 angeordnet und geeignet gehalten. Die Bauteile 3 sind im wesentlichen radial ausgerichtet.

Der Reaktionsbehälter 2 weist eine zentral angeordnete Verteilereinrichtung 5 mit in der Zeichnung vergrößert dargestellten Öffnungen 6 auf, die über deren Höhe und um deren Umfang im wesentlichen gleichmäßig verteilt sind. Anstelle der Öffnungen 6 können auch sich radial nach außen in den Reaktionsbehälter 2 erstreckende Rohre vorgesehen werden, die jeweils eine Vielzahl von Öffnungen oder Düsen aufweisen. Der Reaktionsbehälter 2 weist ferner wenigstens eine semipermeable Dichtung 7 auf, durch die Gase aus dem Reaktionsbehälter 2 austreten können. Vorliegend ist der Reaktionsbehälter 2 mit einer am äußeren Umfang 8 umlaufenden semipermeablen Dichtung 7 versehen.

Durch eine in die zentrale Verteilereinrichtung 5 mündende Zuleitung 9 kann ein Halogen oder Halogenid zur Erzeugung des Beschichtungsgases durch Reaktion mit dem Beschichtungsmetall und/oder Inertgas und/oder Wasserstoff zugeführt werden, das durch die zentrale Verteilereinrichtung 5 gleichmäßig in den Reaktionsbehälter 2 von dessen Zentrum aus strömt und über die semipermeable Dichtung 7 ent-

weicht. Die Retorte 1 weist eine Zuleitung 10 auf, durch die vor Beginn des Verfahrens Inertgas, wie z.B. Argon, zur Spülung zugeführt wird, um  $O_2$  zur Vermeidung von Oxidationen im wesentlichen zu entfernen.

Bei der vorliegenden Ausgestaltung des Verfahrens sollen die Turbinenschaufeln 3 aus einer Nickel- oder Cobalt-Basislegierung aus mit einer Aluminiumdiffusionsschicht mit einem Al-Gehalt an der Oberfläche von 25 bis 32 Gew.-% und einer Schichtdicke von 60 bis 90  $\mu\text{m}$  zum Schutz gegen Heißgasoxidation beschichtet werden. Dazu wird eine Vielzahl von Leitschaufeln, z.B. 100 Stück, in dem Reaktionsraum 2 angeordnet und auf geeignete Weise gehalten, so dass die zu beschichtende Oberfläche 4 für das Beschichtungsgas jeweils frei zugänglich ist.

In dem Reaktionsraum 2 sind mehrere Spenderquellen 12 für das hier gewählte Beschichtungsmetall Al in Form von Behältern vorgesehen, die das pulver- oder granulatförmige Beschichtungsmetall enthalten. Die Spenderquellen 12 sind möglichst nahe an den Turbinenschaufeln 3 angeordnet, um die gewünschte hohe, erste Konzentration im ersten Zeitraum zu erzielen. Das gewählte Beschichtungsmetall AlCr liegt als Granulat in ausreichender Menge vor, so dass mehrere Chargen von Turbinenschaufeln nacheinander beschichtet werden können. Zusätzlich befindet sich in der Spenderquelle 12 ein F enthaltendes Halogenid, das bei Beschichtungstemperatur mit dem Beschichtungsmetall unter Bildung eines Metallhalogenids (Beschichtungsgas) reagiert.

Vor Beginn des Verfahrens wird in die Retorte 1 über die Zuleitung 10 ein Inertgas, wie Argon, zur Spülung zugeführt, um die Retorte 1 zur Vermeidung von Oxidationen im wesentlichen frei von  $O_2$  und  $H_2O$  zu machen. Während des anschließenden Aufheizvorgangs 1 auf die Beschichtungstemperatur im Bereich von 1000 bis 1100  $^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise 1080  $^{\circ}\text{C}$ , wird dem Reaktionsbehälter 2 zunächst kein Gas über die Zuleitung 9 zugeführt. Ab einer Temperatur von etwa 700  $^{\circ}\text{C}$  wird der Retorte 1 über die Zuleitung 10 und dem Reaktionsraum 2 über die Zuleitung 9 bzw. die Verteilereinrichtung 5 Wasserstoff ( $H_2$ ) zugeführt. Ab einer Temperatur von 1000  $^{\circ}\text{C}$  wird die Wasserstoffzufuhr zum Reaktionsraum 2 beendet.

Nach Erreichen der Beschichtungstemperatur von 1080 °C wird diese Temperatur über einen ersten Zeitraum von etwa sechs Stunden gehalten. Bei diesen Bedingungen liegt eine Konzentration des Metallhalogenids vor, die zu einem Al-Gehalt von etwa 38 Gew.-% in der Bauteiloberfläche führt. Unmittelbar im Anschluß daran wird dem Reaktionsraum 2 mit Beginn des zweiten Zeitraums über die Zuleitung 9 und die Verteilereinrichtung 5 Wasserstoff zugeführt, wodurch die Konzentration an Metallhalogenid an den zu beschichtenden Oberflächen 4 der Turbinenschaufeln 3 deutlich herabgesetzt wird. Dieses erfolgt zum einen durch die Verdünnung im Reaktionsbehälter 2 und zum anderen dadurch, dass durch den Wasserstoffüberschuss das Beschichtungsgas bildenden Metallhalogenid zu Wasserstoffhalogeniden reagieren. Diese Bedingungen werden während des zweiten Zeitraums über vier Stunden gehalten. Nach Beendigung des zweiten Zeitraums werden die Retorte 1 und der Reaktionsraum 2 durch Zuleiten von 1 m<sup>3</sup>/h Inertgas (Argon) über die Zuleitung 10 bzw. 9 auf Raumtemperatur abgekühlt.

Somit sind durch die Erfindung insgesamt nur 10 Stunden zur Herstellung der Diffusionsschicht mit den gewünschten Schichtparametern erforderlich.

In einer alternativen Ausgestaltung des Verfahrens wird zu Beginn des zweiten Zeitraums zur Einstellung der unter der Nennkonzentration liegenden, zweiten Konzentration des Metallhalogenids an der Bauteiloberfläche 4 dem Reaktionsraum 2 über die Zuleitung 9 und die Verteilereinrichtung 5 ein Inertgas zugeführt.

Zur weiteren Verbesserung der Wirksamkeit der Diffusionsschicht gegen Heißgasoxidation und -korrosion kann eine Al-Diffusionsschicht Pt oder Pd enthalten, wobei bei einer solchen Ausgestaltung z.B. zunächst Pt mit einer Schichtdicke von z.B. 5 µm galvanisch auf der Bauteiloberfläche abgeschieden und ggf. wärmebehandelt wird. Im Anschluß daran wird das erfindungsgemäße Verfahren in der oben beschriebenen Weise durchgeführt. Aufgrund der großen Triebkraft des erfindungsgemäßen Verfahrens infolge der hohen Al-Konzentration im ersten Beschichtungszeitraum kann Al durch die Pt-Schicht in die Bauteiloberfläche diffundieren. Auf diese Weise läßt sich eine PtAl-Diffusionsschicht mit einer Schichtdicke von 70 µm herstellen, die in 5 µm Tiefe einen Al-Gehalt von etwa 24 Gew.-% und einen Pt-Gehalt von etwa 21 Gew.-%

und in 15  $\mu\text{m}$  Tiefe einen Al-Gehalt von etwa 23 Gew.-% und einen Pt-Gehalt von etwa 18 Gew.-% besitzt und somit ein vorteilhaftes Verhältnis zwischen Al und Pt aufweist.

In der Fig. 2 ist ein Diagramm dargestellt, in dem beispielhaft für Al der Beschichtungsmetallgehalt in Gew.-% über der Schichtdicke nach Ende des ersten Zeitraums, d.h. der Beschichtung mit der über der Nennkonzentration liegenden, ersten Konzentration, dargestellt ist. Die mit der hohen Konzentration verbundene große Triebkraft führt zu einem Al-Gehalt von 38% in der Oberfläche des Bauteils, der über dem gewünschten Al-Gehalt im Bereich von 25 bis 32 Gew.-% liegt. Die Schichtdicke  $S$  der Diffusionsschicht ist nach Ende des ersten Zeitraums nur gering und liegt weit unter der gewünschten Schichtdicke von 50 bis 100  $\mu\text{m}$ .

In dem in Fig. 3 dargestellten Diagramm ist der Al-Gehalt über der Schichtdicke nach Ende des zweiten Zeitraums, d.h. zum Ende des Beschichtungsverfahrens, aufgetragen. Durch die Diffusion der Al-Atome in das Bauteil hinein stellt sich an der Bauteiloberfläche der gewünschte Al-Gehalt von 28 Gew.-% ein. Die Verteilung von Al ist deutlich gleichmäßiger und führt zu einem Anwachsen der Schichtdicke bis in den gewünschten Bereich von 50 bis 100  $\mu\text{m}$ .

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Gasphasendiffusionsbeschichten von metallischen Bauteilen, bei dem eine zu beschichtende Bauteiloberfläche mit einem Metallhalogenid als Beschichtungsgas unter Bildung einer Diffusionsschicht mit einer bestimmten Schichtdicke und einem bestimmten Beschichtungsmetallgehalt in Gew.-% in der Bauteiloberfläche in Kontakt gebracht wird, ausgehend von einer bei definierter Beschichtungstemperatur zu einer definierten Beschichtungsdauer führenden Nennkonzentration des Metallhalogenids an der Bauteiloberfläche, dadurch gekennzeichnet, dass für das Metallhalogenid über einen ersten Zeitraum eine über der Nennkonzentration liegende, erste Konzentration und über wenigstens einen zweiten Zeitraum wenigstens eine bei oder unter der Nennkonzentration liegende, zweite Konzentration an der Bauteiloberfläche eingestellt wird, wobei der erste und der wenigstens eine zweite Zeitraum so gewählt werden, dass deren Summe kürzer als die Beschichtungsdauer mit Nennkonzentration ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallhalogenid durch Reaktion eines Halogens oder eines Halogenids mit einem in einer Spenderquelle vorliegendem Beschichtungsmetall erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallhalogenid F oder Cl enthält.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Beschichtungsmetall Al und/oder Cr oder Legierungen von diesen bereitgestellt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungsmetall zusätzlich eines oder mehrere der Elemente Si, Pt, Pd, Hf, Y enthält.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Diffusionsschicht mit einer Schichtdicke von 25 bis 100  $\mu\text{m}$  gebildet wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Diffusionsschicht mit einem Beschichtungsmetallgehalt von 25 bis 32 Gew.-% in der Bauteiloberfläche gebildet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Zeitraum zwischen 5 und 6 Stunden und der wenigstens eine zweite Zeitraum zwischen 3 und 4 Stunden eingestellt wird.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Zeitraum zwischen 2 und 10 Stunden und der wenigstens eine zweite Zeitraum zwischen 1 und 6 Stunden eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während des ersten und zweiten Zeitraums eine Beschichtungstemperatur im Bereich von 900 bis 1200  $^{\circ}\text{C}$  gehalten wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des ersten und zweiten Zeitraums eine Beschichtungstemperatur im Bereich von 1000 bis 1100  $^{\circ}\text{C}$  gehalten wird.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Konzentration in einem zweiten Zeitraum auf annähernd null eingestellt wird.
13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine zweite Konzentration durch Zuführen

von einem Inertgas oder Wasserstoff oder durch Verringern des Angebots an zugeführtem Halogen oder Halogenid eingestellt wird.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor Bildung der Diffusionsschicht Pt auf der Bauteiloberfläche galvanisch abgeschieden wird.
15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor Bildung der Diffusionsschicht wenigstens ein Element wie Pt, Si, Y, Hf oder Mischungen oder Legierungen wie MCrAlY (mit Ni und/oder Co als M) als Schlicker oder plasmagespritzt auf der Bauteiloberfläche abgeschieden wird.
16. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im ersten und/oder zweiten Zeitraum der Druck des Beschichtungsgases zumindest zeitweise verändert wird.
17. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Konzentration durch Druckabsenkung eingestellt wird.
18. Vorrichtung zum Gasdiffusionsbeschichten von metallischen Bauteilen, bei der eine zu beschichtende Bauteiloberfläche mit einem Metallhalogenid als Beschichtungsgas unter Bildung einer Diffusionsschicht mit einer bestimmten Schichtdicke und einem bestimmten Beschichtungsmetallgehalt in Gew.-% in der Bauteiloberfläche in Kontakt zu bringen ist, gekennzeichnet durch wenigstens einen die zu beschichtenden Bauteile (3) aufnehmenden, wenigstens eine Spenderquelle (12) aufweisenden Reaktionsraum (2), der eine Verteilereinrichtung (5) zur Zufuhr von Halogen oder Halogenid und wenigstens eine semipermeable Dichtung (7) zur Abfuhr von Gasen aufweist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, gekennzeichnet durch eine Retorte (1), in der wenigstens ein Reaktionsbehälter (2) angeordnet ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Retorte (1) eine Zuleitung (10) für ein Inertgas und eine Ableitung (11) für Gase aufweist.
21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilereinrichtung (5) zentral und die semipermeable Dichtung (7) an einem äußeren Umfang (8) des Reaktionsbehälters (2) angeordnet sind.

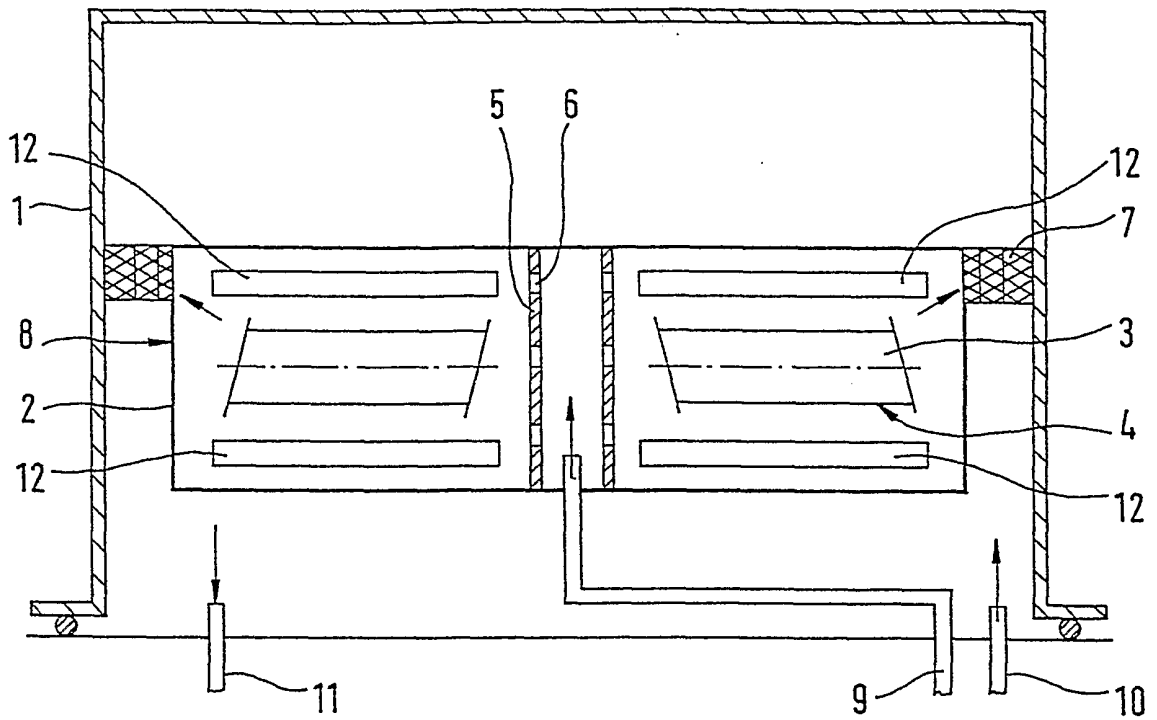


Fig. 1

Fig. 2

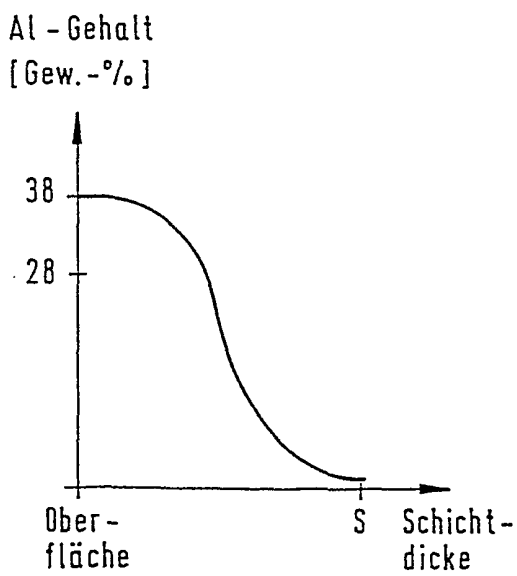


Fig. 3

