



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**12.02.2014 Patentblatt 2014/07**

(51) Int Cl.:  
**C23C 10/20 (2006.01) C23C 10/60 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **13178306.0**

(22) Anmeldetag: **29.07.2013**

(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**

(72) Erfinder:  
• **Pillhöfer, Horst**  
**85244 Röhrmoos (DE)**  
• **Müller, Stefan**  
**80634 München (DE)**  
• **Bayer, Erwin**  
**85221 Dachau (DE)**  
• **Dautl, Thomas**  
**85285 Weichs (DE)**

(30) Priorität: **08.08.2012 DE 102012015586**

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

(54) **Duplex Phasen CrAl-Beschichtung für verbesserten Korrosions-/Oxidations-Schutz**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beschichtung zum Schutz eines Bauteils vor hohen Temperaturen und aggressiven Medien, welche mindestens einen Teilbereich aufweist, deren größter Bestandteil Chrom ist, wobei die Schicht zusätzlich Aluminium umfasst, wobei der Chromanteil zumindest in dem Teilbereich, in dem Chrom der größte Bestandteil ist, größer als 30 Gew.-% ist und wobei der Aluminium-Gehalt größer oder gleich 5 Gew.-% ist. Die Erfindung betrifft weiterhin

ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Beschichtung zum Schutz eines Bauteils vor hohen Temperaturen und aggressiven Medien, das einen Schritt zur Chromierung der zu beschichtenden Oberfläche und einen nachfolgenden Schritt der Alitierung der während der Chromierung erzeugten Chrom - reichen Schicht umfasst. Ferner ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Bauteil, insbesondere einer Gasturbine, das entsprechend hergestellt wurde bzw. eine entsprechende Beschichtung aufweist.

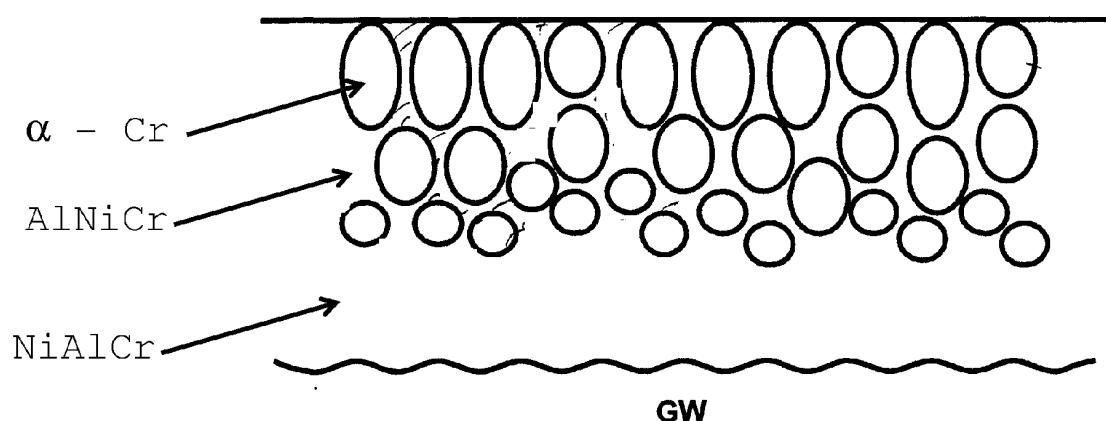


Fig. 3

## Beschreibung

### GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beschichtung für Bauteile, die hohen Temperaturen und aggressiven Medien ausgesetzt sind, wie Bauteile von Gasturbinen und insbesondere Flugtriebwerken. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung derartiger Beschichtungen sowie entsprechend hergestellte Bauteile.

### STAND DER TECHNIK

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Chrom und/oder Aluminium als Legierungsbestandteile zu Legierungen beizugeben, um bei den damit legierten Werkstoffen einen Korrosions- und/oder Oxidationsschutz im Hochtemperaturbereich zu bewirken. Durch die Beigabe von Chrom und/oder Aluminium werden unter entsprechenden korrosiven und oxidierenden Bedingungen häufig langsam wachsende Chromoxid- bzw. Aluminiumoxidschichten gebildet, die den Werkstoff vor weiterem Angriff schützen können. Abhängig von der Zusammensetzung des zu schützenden Werkstoffs und den konkreten Anwendungsbedingungen kommen entweder Chrom bzw. chromreiche Schichten oder Aluminium bzw. aluminiumreiche Schichten zur Anwendung.

**[0003]** Darüber hinaus ist es auch in vielen unterschiedlichen Anwendungsfällen bekannt Korrosions- und / oder Hochtemperaturoxidationsschutzschichten auszubilden, die ebenfalls Chrom und/oder Aluminium enthalten können.

**[0004]** Ferner gilt es, zu beachten, dass entsprechende Schutzschichten auch mechanische Eigenschaften aufweisen müssen, die bei den gegebenen Einsatzbedingungen eine Beschädigung oder Zerstörung der Schutzschichten vermeiden, da eine mechanische Beschädigung der Schichten wieder zu einem verstärkten Korrosionsangriff bzw. Oxidationsangriff führen kann. Entsprechend sind im Stand der Technik vielfältige Beschichtungen bekannt, die Chrom und/oder Aluminiumanteile aufweisen. Ein Beispiel ist in der WO 2006/026456 gegeben, in welchem Chromschichten mit 30% Chromanteil beschrieben sind, die zusätzlich Aluminium aufweisen. Ein weiteres Beispiel ist in der DE 10 2008 039 969 A1 beschrieben, die Chromschichten mit mehr als 30 Gew.-% Chromanteil offenbart.

**[0005]** Bei Gasturbinen und insbesondere Flugtriebwerken sind Bauteile im Einsatz, die in Umgebungen betrieben werden, bei denen sowohl hohe Temperaturen als auch aggressive Medien auftreten. So werden Flugzeuge beispielsweise über dem Meer oder nahe des Meeres betrieben, sodass salzhaltige Luft und entsprechen auch Salzpartikel in die Triebwerke eingebracht werden können. Darüber hinaus können durch den Treibstoff weitere Elemente, wie Schwefel, Natrium, Calcium und Kalium vorhanden sein, die Korrosion bewirken können.

Da die Triebwerke zudem bei Betrieb hohe Betriebstemperaturen aufweisen, sind auch harte Hochtemperaturoxidationsbedingungen gegeben. Folglich müssen entsprechende Komponenten, wie beispielsweise Turbinenschaufeln in der Niederdruckturbine eines Flugtriebwerks, sowohl hohen Temperaturen standhalten als auch gegenüber Korrosion, wie Sulfidation, geschützt sein. Die bisherigen Beschichtungen liefern hier jedoch noch kein zufriedenstellendes Ergebnis.

### OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

### AUFGABE DER ERFINDUNG

**[0006]** Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Beschichtung für hochtemperaturbelastete und korrosionsbelastete Bauteile, insbesondere Bauteile von Gasturbinen und Flugtriebwerken bereitzustellen, die gegenüber Hochtemperaturoxidation und Korrosion schützt. Darüber hinaus soll ein Verfahren zur entsprechenden Beschichtung von Bauteilen angegeben werden, welches einfach durchführbar ist und eine zuverlässige Beschichtung ermöglicht, die derartig belasteten Bauteilen Hochtemperaturoxidationsschutz und Korrosionsschutz bietet. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, entsprechende Bauteile, wie Turbinenschaufeln von Flugtriebwerken und insbesondere Niederdruckturbinenschaufeln bereitzustellen.

### TECHNISCHE LÖSUNG

**[0007]** Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Beschichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 11 und ein Bauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 21. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0008]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Idee zugrunde, dass und eine verbesserte Korrosionsschutzwirkung bei ausreichendem Oxidationsschutz erzielt werden kann, wenn ein Schichtsystem mit einem sehr hohen Chromgehalt und einem gleichzeitig erhöhten Aluminiumgehalt erzeugt wird. Die Beschichtung kann hierbei durch einen zweistufigen Prozess erzeugt werden, bei dem zuerst eine chromreiche Schicht durch Inchromierung erzeugt wird, um anschließend durch ein Alitieren einen deutlichen Aluminiumanteil in der Schicht zu erzeugen.

**[0009]** Vorzugsweise wird das Beschichtungssystem bzw. das Verfahren bei Bauteilen für Gasturbinen oder Flugtriebwerke eingesetzt, wobei derartige Bauteile vorzugsweise aus Nickelbasislegierungen bestehen können, sodass ein Anteil des erzeugten Schichtsystems durch Bestandteile des Grundwerkstoffs, also insbesondere Nickel als der Hauptkomponente mit dem größten Anteil an der Legierung, gebildet wird. Neben Nickelbasislegierungen kommen auch Eisen- oder Kobaltbasislegierung in Frage, so dass die Beschichtung auch ent-

sprechende Anteile an Eisen und/oder Kobalt aufweisen kann.

**[0010]** Durch einen hohen Cr - Anteil und einen ebenfalls hohen Al - Anteil in der Beschichtung wird der Anteil an Nickel, Eisen und/oder Kobalt an der Bauteiloberfläche jedoch gering gehalten, so dass ein Korrosionsangriff, wie z.B. eine Sulfidation vermieden werden kann. Hierzu kann der Anteil von Nickel, Eisen und / oder Kobalt insbesondere in einer äußeren, an die Oberfläche angrenzenden Zone auf einen Anteil von kleiner oder gleich 60 Gew.-%, insbesondere kleiner oder gleich 30 Gew.-% verringert werden. Die Beschichtung umfasst eine äußere und eine innere Zone. Die äußere Zone der Beschichtung ist zweiphasig ausgebildet. Das mindestens zwei - phasige oder bimodale Gefüge umfasst eine chromreiche  $\alpha$  - Phase, die in einer Matrix aus der Hauptkomponente der Legierung des beschichteten Bauteils, Chrom und Aluminium eingebettet ist, während die innere Zone eine Mischkristallzone mit denselben Bestandteilen ist.

**[0011]** Die Beschichtung kann vorzugsweise über die gesamte Beschichtung mehr als 30 Gew.-% Chrom, insbesondere 35 Gew.-% bis 90 Gew.-% Chrom, vorzugsweise 40 Gew.-% bis 60 Gew.-% Chrom aufweisen. In einer äußeren Zone der Beschichtung, in der  $\alpha$  - Chrom - Phasen in einer Matrix aus Mischkristallen mit im Wesentlichen der Hauptkomponente des beschichteten Bauteils, Aluminium und Chrom, ist der Chromgehalt höher und kann im Bereich von 40 Gew.-% bis 95 Gew.-% Chrom, vorzugsweise 50 Gew.-% bis 70 Gew.-% Chrom liegen, wobei der Chromgehalt in den  $\alpha$  - Chrom - Phasen größer oder gleich 70 Gew.-%, vorzugsweise größer oder gleich 80 Gew.-% betragen kann.

**[0012]** Der Aluminiumanteil kann in der äußeren Zone und/oder über die gesamte Beschichtung im Bereich von 10 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise 15 bis 30 Gew.-%, insbesondere 20 bis 25 Gew.-% Aluminium liegen.

**[0013]** Der jeweilige Rest wird durch Bestandteile des Grundwerkstoffs gebildet, in welchen die Schicht durch Eindiffundieren zumindest teilweise hineingewachsen ist, und / oder welche in die Beschichtung eindiffundiert sind. Bei Nickelbasislegierungen, die im Gasturbinenbau und bei Flugtriebwerken für temperaturbelastete Bauteile eingesetzt werden können, finden sich im Schichtsystem vor allem nickelhaltige Phasenbestandteile, wie beispielsweise Aluminium - Nickel - Chrom - Phasen. Insbesondere kann die Matrix der äußeren Zone und/oder die innere Mischkristallzone ein Gemisch aus Mischkristallen umfassen, die aus der Hauptkomponente der Legierung des beschichteten Bauteils und/oder Aluminium und/oder Chrom gebildet sind, wie beispielsweise bei einer Nickelbasislegierung  $Al_xNi_y$ ,  $AlNi$ ,  $Al_3Ni_2$ ,  $Al_3Ni$  oder  $Cr_2Al$ .

**[0014]** Die äußere Zone kann einen Anteil an der gesamten Beschichtung von größer oder gleich 50 % der Beschichtung ausmachen.

**[0015]** Die  $\alpha$  - Chrom - Phasen können als globulitische oder ellipsoide Körner vorliegen und einen Volumenan-

teil in der äußeren Zone von 10 bis 90 Vol.-% aufweisen. Der gemittelte Komdurchmesser, also bei nicht kreisförmiger Form beispielsweise der Mittelwert aus minimalem und maximalem Durchmesser, kann im Bereich von 2  $\mu m$  und 40  $\mu m$  liegen.

**[0016]** Die Beschichtung kann Oxide mit einem Anteil von 1 Gew.-% bis 15 Gew.-% aufweisen, die einen gemittelten Korndurchmesser von 2  $\mu m$  bis 20  $\mu m$  besitzen können. Die Schichtdicke der Beschichtung kann im Bereich von 20  $\mu m$  bis 150  $\mu m$  liegen.

**[0017]** Der Chromierungsschritt bei dem zweistufigen Verfahren zur Herstellung von hoch chromhaltigen Schichten mit hohem Aluminiumanteil kann durch Inchromierungsverfahren, wie Pulverpackverfahren oder Gasphaseninchromierung, durchgeführt werden, wobei die chemische Chrom - Aktivität größer oder gleich 0,4 ist.

**[0018]** Die Chromierung kann insbesondere durch eine Temperaturbehandlung in Anwesenheit von Chrom-Pulverpack und halogenidhaltigen Atmosphäre erzeugt werden, wobei das Pulverpack Aktivatoren und Bindemittel umfassen kann. Als Bindemittel kommen Alkohole oder sonstige

**[0019]** Lösungsmittel in Betracht, während als Aktivator Halogenide eingesetzt werden können. Bei Verwendung von Chrom-Pulverpack mit Chromaktivitäten (chemischer Aktivität) von mehr als 0,4 bzw. 40% kann bei einer Auslagerung in einem Temperaturbereich von 1050°C bis 1180°C, insbesondere 1090°C bis 1100 °C für Zeiten von 2 bis 20 Stunden, insbesondere 10 bis 15 Stunden, eine chromreiche Schicht mit einer Schichtdicke von 10  $\mu m$  bis 150  $\mu m$  und einem Chromgehalt von größer oder gleich 40 Gew.-%, insbesondere 50 Gew.-% bis 95 Gew.-% ausgebildet werden. Die Chrom-reiche Schicht weist eine äußere  $\alpha$  - Chrom - Teilschicht und eine innere Mischkristallschicht mit im Wesentlichen Chrom und der Hauptkomponente der Legierung des beschichteten Bauteils, z.B. Nickel auf.

**[0020]** Nach der Herstellung der chromreichen Schicht wird der so behandelte Grundwerkstoff, beispielsweise ein Bauteil einer Gasturbine oder eines Flugtriebwerks, einem Alitierverfahren (auch Gasphasen-Alitierung) unterzogen, bei dem das Bauteil beispielsweise in eine Pulverpackung mit hoher Aluminiumaktivität (chemische Aktivität) im Bereich größer oder gleich 0,3 bzw. 30 % eingepackt und bei Temperaturen im Bereich von 1050°C bis 1150 °C, vorzugsweise 1080°C bis 1100°C für 3 bis 20 Stunden, insbesondere 9 bis 15 Stunden, ausgelagert wird. Als Pulverpackungen kommen Gemische aus Aluminiumoxidpulver, Aluminiumpulver und einem Halogenid als Aktivator, in Frage, sodass Aluminium in der Größenordnung von 10 Gew.-% bis 30 Gew.-% in die Schicht eindiffundieren kann.

**[0021]** Nach dem Alitieren mit einer chemischen Aluminiumaktivität größer oder gleich 0,3 bzw. 30% kann eine zweite Alitierung mit einer niedrigeren chemischen Aluminium - Aktivität erfolgen, wobei die Aluminium - Aktivität im Bereich von 0,05 bis 0,3 gewählt werden kann.

Die Auslagerungstemperatur bei diesem zweiten Alitierschritt kann größer oder gleich 1050° C und die Auslagerungszeit 3 bis 20 Stunden betragen.

**[0022]** Zusätzlich kann nach dem Chromieren und Alitieren eine Diffusionsglühung bei einer Temperatur größer oder gleich 1050°C für eine Zeit von 2 bis 8 Stunden durchgeführt werden.

**[0023]** Vor, während oder nach dem Chromieren und/oder Alitieren kann eine Oberflächenbehandlung durch physikalische Dampfphasenabscheidung (Physical Vapor Deposition (PVD)) chemische Dampfphasenabscheidung (Chemical Vapor Deposition (CVD)), Lackieren, galvanisches Abscheiden und/oder direktes Aufbringen eines Stoffes durchgeführt werden, bei welchem eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe, die Platin, Palladium, Hafnium, Zirkon, Yttrium und Silizium umfasst, aufgebracht werden. Damit können in die Schicht eine oder mehrere dieser Elemente eingebracht werden, um so die Schichteigenschaften zusätzlich positiv zu beeinflussen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die beigefügten Darstellungen zeigen in

#### **[0024]**

Fig. 1 eine Darstellung zur Verdeutlichung der Zusammensetzung der erzeugten Beschichtung am Beispiel einer Chrom - Aluminium - Beschichtung auf einer Nickelbasislegierung;

Fig. 2 eine Darstellung einer Beschichtung, wie sie nach dem Chromierungsschritt vorliegt;

Fig. 3 eine Darstellung einer Beschichtung, wie sie im fertigen Zustand vorliegt.

#### AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

**[0025]** Weitere Vorteile, Kennzeichen und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Figuren deutlich. Allerdings ist die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt.

**[0026]** Die Fig. 1 zeigt ein ternäres Phasendiagramm, bei dem der Bereich der Zusammensetzung verdeutlicht wird, in dem die Beschichtung einzuordnen ist, welche gemäß der vorliegenden Erfindung auf einem Nickelbasiswerkstoff aufgebracht worden ist. Das schraffierte Feld zeigt den Bereich der Zusammensetzung, den die erfindungsgemäße Beschichtung aufweisen kann. Es liegt hier ein hoher Chromanteil von mehr als 30 Gew.-% Chrom, insbesondere im Bereich von 30 bis 90 Gew.-% Chrom und ein mittlerer Aluminiumanteil von 10 bis 35 Gew.-% Aluminium vor. Der Anteil des Basiswerkstoffs bzw. der Hauptkomponente desselben liegt unter 30 Gew.-%, also im vorliegenden Fall unter 30 Gew.-% Nickel.

**[0027]** Die Fig. 2 zeigt die Ausbildung einer chromreichen Schicht nach dem Hochaktivitätschromieren, wobei eine äußere  $\alpha$  - Chrom-Nickel - Teilschicht und eine chromhaltige Mischkristallteilschicht ausgebildet sind. Die Mischkristallteilschicht ist durch Mischkristalle aus Chrom und der Hauptkomponente des Basiswerkstoffs gebildet, also beispielsweise NiCr bei einer Aufbringung auf Nickelbasislegierungen. Die chromreiche Schicht aus der  $\alpha$  - Chrom-Nickel- Teilschicht und der Mischkristallschicht weist einen Chromanteil von größer oder gleich 40 Gew.-% auf. Sowohl in der Außenschicht als auch in der Innenschicht können Nickel, Elemente des Grundwerkstoffes und/oder gezielt eingebrachtes Platin und Palladium, Silizium, Hafnium, Yttrium und/oder Zirkon vorhanden sein.

**[0028]** Das Bauteil mit einer entsprechend ausgebildeten Zwischenschicht wird in einem zweiten Schritt einem Alitierschritt unterzogen, wobei Aluminium in die Zwischenschicht eindiffundiert, sodass sich eine AlNiCr - Matrix ausbildet, in der  $\alpha$  - Chrom - Phasen in einer äußeren Zone eingelagert sind, wie der Figur 3 gezeigt ist. Die  $\alpha$ -Chrom-Phasen können einen Cr-Gehalt von mehr als 40-Gew% aufweisen, wobei der Rest im Wesentlichen Nickel ist. Die äußere Zone mit dem bimodalen Gefüge hat einen Anteil von mehr als 60% der Gesamtschichtdicke. Die innere Zone umfasst lediglich eine NiAlCr-Mischkristall mit einer Zusammensetzung von mehr als 30-Gew% Nickel, weniger als 40-Gew% Cr und weniger als 30-Gew% Al. Im bimodalen Gefüge hat die  $\alpha$ -Chrom-Phase einen Volumenanteil 10-90% und ist in der Ausscheidungsform globulitisch und ellipsoid mit einem Durchmesser von 1 bis 40  $\mu\text{m}$ . Im bimodalen Gefüge hat die AlCrNi-Phase entsprechend 90-Vol%.

**[0029]** Die AlNiCr - Matrix der äußeren Zone umfasst insbesondere  $\text{Al}_x\text{Ni}_y$ , AlNi,  $\text{Al}_3\text{Ni}_2$ ,  $\text{Al}_3\text{Ni}$  und  $\text{Cr}_2\text{Al}$ -Phasen während in der NiAlCr - Mischkristallzone der inneren Zone im Wesentlichen NiAl - Mischkristalle mit Chromanteilen vorliegen.

**[0030]** Die  $\alpha$  - Chrom - Phase der äußeren Zone weist Chromgehalte von größer oder gleich 70 Gew.-% Chrom auf, wobei im Wesentlichen zusätzlich Nickel in den  $\alpha$ -Chrom - Phasen gelöst ist. Die Gesamtschicht hat eine chemische Zusammensetzung von Chrom 30 bis 90-Gew%, Aluminium 10 bis 35 Gew.-%, Nickel bis 60-Gew%, Anteile von Platin, Palladium bis zu 25-Gew%, Silizium bis zu 15-Gew%, Hafnium, Zirkonium bis zu 15-Gew%. Die Gesamtschichtdicke kann von 20 bis 150  $\mu\text{m}$  betragen.

**[0031]** Obwohl die vorliegende Erfindung anhand der beigefügten Ausführungsbeispiele detailliert beschrieben worden ist, ist die Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern es sind vielmehr Abwandlungen in der Weise möglich, dass einzelne Merkmale weggelassen oder andersartige Kombinationen von Merkmalen realisiert werden, ohne dass der Schutzbereich der beigefügten Ansprüche verlassen wird.

## Patentansprüche

1. Beschichtung zum Schutz eines metallischen Bauteils vor hohen Temperaturen und aggressiven Medien, wobei das Bauteil aus einer Legierung gebildet ist, die eine metallische Hauptkomponente aufweist, die den größten Anteil an der Legierung besitzt, und wobei die Beschichtung Chrom und Aluminium umfasst und eine äußere und eine innere Zone aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Zone  $\alpha$  - Chrom - Phasen in einer Matrix aus einer Mischung aus Mischkristallen mit im Wesentlichen den Bestandteilen der metallischen Hauptkomponente des Bauteils, Aluminium und Chrom und die innere Zone eine Mischkristallzone mit im Wesentlichen den Bestandteilen der metallischen Hauptkomponente des Bauteils, Aluminium und Chrom aufweist, wobei der Chromanteil in der gesamten Beschichtung größer als 30 Gew.-% ist und der Aluminium-Gehalt größer oder gleich 5 Gew.-% ist.
2. Beschichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Chromanteil in der äußeren Zone 30 Gew.-% bis 95 Gew.-% Chrom, vorzugsweise 50 Gew.-% bis 70 Gew.-% Chrom ist und/oder in den  $\alpha$  - Chrom - Phasen größer oder gleich 70 Gew.-%, vorzugsweise größer oder gleich 80 Gew.-% beträgt.
3. Beschichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumanteil in der äußeren Zone 10 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise 15 bis 30 Gew.-%, insbesondere 20 bis 25 Gew.-% Aluminium ist und/oder der Bestandteil der Hauptkomponente kleiner oder gleich 40 Gew.-%, insbesondere kleiner oder gleich 30 Gew.-% ist.
4. Beschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der inneren Zone der Chromanteil kleiner oder gleich 30 Gew.-%, der Aluminiumanteil kleiner oder gleich 30 Gew.-% und der Bestandteil der Hauptkomponente größer oder gleich 30 Gew.-% ist.
5. Beschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Chromanteil über die gesamte Beschichtung im Bereich von 30 Gew.-% bis 90 Gew.-% Chrom, vorzugsweise 40 Gew.-% bis 60 Gew.-% Chrom ist und/oder der Aluminiumanteil über die gesamte Schicht im Bereich von 10 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise 15 bis 30 Gew.-%, insbesondere 20 bis 25 Gew.-% Aluminium ist.
6. Beschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Zone der Beschichtung größer oder gleich 50% der gesamten Beschichtung ist.
7. Beschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die  $\alpha$  - Chrom - Phasen als globulitische oder ellipsoide Körner, vorzugsweise mit einem gemittelten Durchmesser im Bereich von 2  $\mu\text{m}$  bis 40  $\mu\text{m}$ , insbesondere mit einem Volumenanteil von 10 % bis 90 % vorliegen. Beschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung bis zu 10 Vol.-% Poren mit gemittelten Durchmessern im Bereich von 2  $\mu\text{m}$  bis 20  $\mu\text{m}$  aufweist.
8. Beschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung 1 bis 15 Gew.-% Oxide, insbesondere mit gemittelten Korndurchmessern im Bereich von 2  $\mu\text{m}$  bis 20  $\mu\text{m}$  aufweist.
9. Beschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung Bestandteile aus dem Grundwerkstoff des zu beschichtenden Bauteils umfasst und/oder die Hauptkomponente Nickel, Eisen und/oder Kobalt ist.
10. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung zum Schutz eines Bauteils vor hohen Temperaturen und aggressiven Medien, insbesondere einer Beschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das einen Schritt zur Chromierung der zu beschichtenden Oberfläche und einen nachfolgenden Schritt der Alitierung der während der Chromierung erzeugten Chrom - reichen Schicht umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Chromierung mit einer chemischen Chrom - Aktivität größer oder gleich 0,4 durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Chromierung mit einem Flüssigphasen enthaltenden, Cr - reichen Schlicker durchgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schlicker durch Spritzgießen aufgebracht wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Chromierung so durchgeführt wird, dass eine Chrom - reiche Schicht mit einer äußeren  $\alpha$  - Chrom - Teilschicht und einer inneren Mischkristallschicht aus im Wesentlichen Chrom und einer Hauptkomponente, die den größten Anteil an der Legierung des beschichteten Bauteils besitzt, entsteht, wobei insbesondere der Chromgehalt der Chrom - reichen Schicht größer oder gleich 40 Gew.-% ist.

dem Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 20.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Chromierung bei einer Temperatur von 1020°C bis 1180°C, insbesondere 1080°C bis 1140 °C über einen Zeitraum von 2 bis 20 Stunden, insbesondere 10 bis 15 Stunden durchgeführt wird. 5 10
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Alitieren bei einer Temperatur von 1050°C bis 1150 °C, vorzugsweise 1080°C bis 1100°C über einen Zeitraum von 3 bis 20 Stunden, insbesondere 9 bis 15 Stunden durchgeführt wird. 20
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die chemische Aluminium - Aktivität beim Alitieren größer oder gleich 0,3 ist. 25
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach einem ersten Alitierschritt eine zweite Alitierung mit niedrigerer chemischer Aluminium - Aktivität erfolgt, insbesondere mit einer chemischen Aluminium - Aktivität von 0,05 bis 0,3 bei einer Temperatur größer oder gleich 1050° C für eine Zeit von 3 bis 20 Stunden. 30 35
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Chromieren und Alitieren ein Diffusionsglühen bei einer Temperatur größer oder gleich 1050° C für eine Zeit von 2 bis 8 Stunden durchgeführt wird. 40 45
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor, während oder nach dem Chromieren und/oder Alitieren eine Oberflächenbehandlung durch PVD, CVD, Lackieren, galvanisches Abscheiden und/oder direktes Aufbringen eines Stoffes durchgeführt wird, bei welchem eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe, die Platin, Palladium, Hafnium, Zirkon, Yttrium und Silizium umfasst, eingebracht werden. 50 55
20. Bauteil einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks mit einer Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, vorzugsweise hergestellt mit

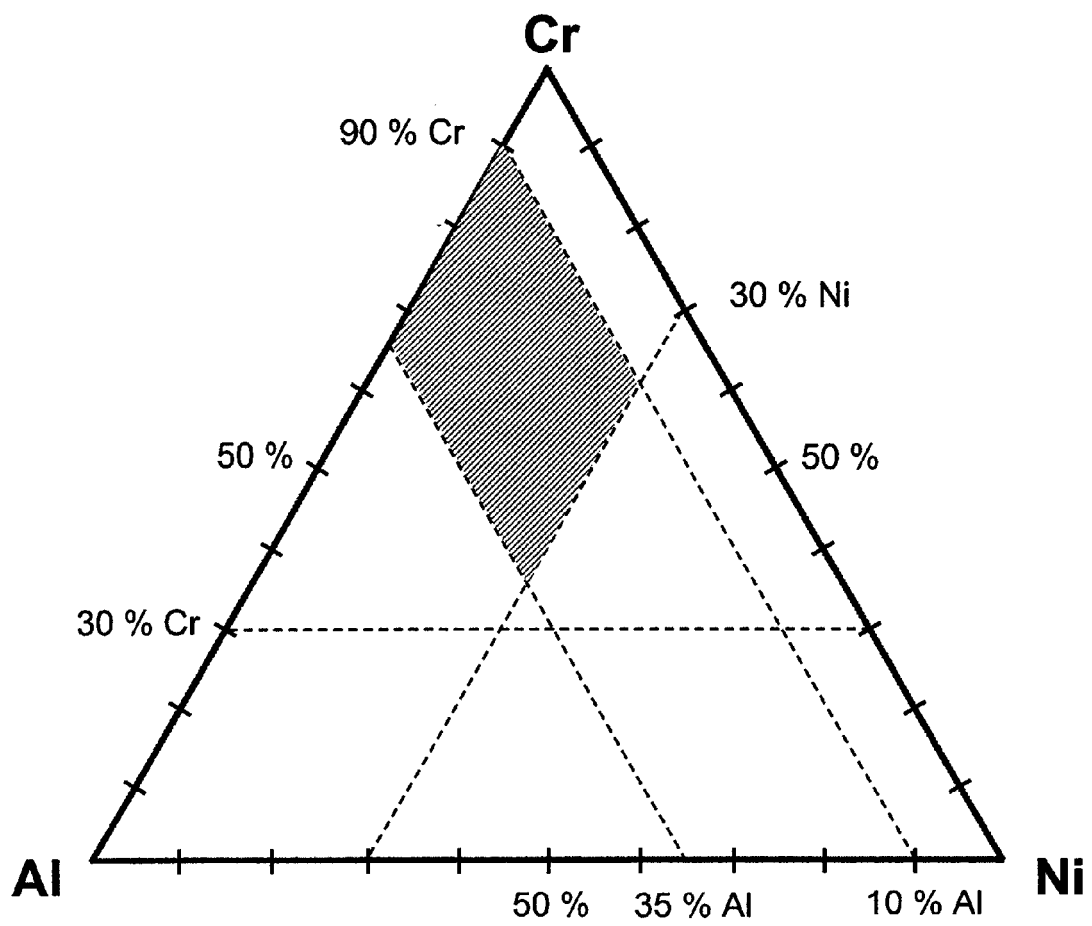


Fig. 1

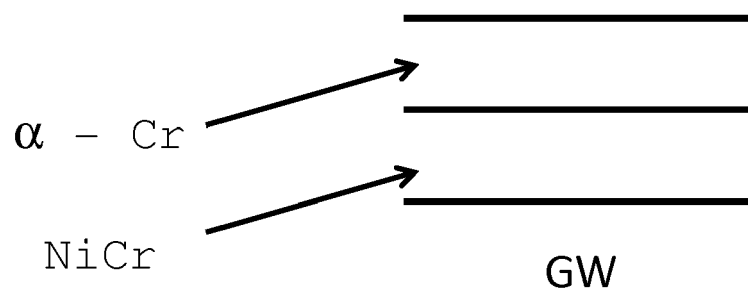


Fig. 2



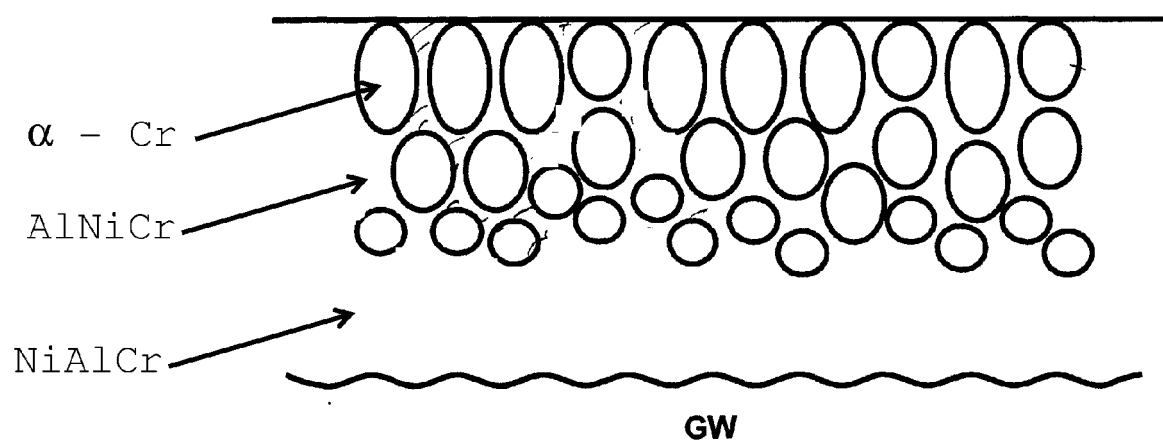


Fig. 3

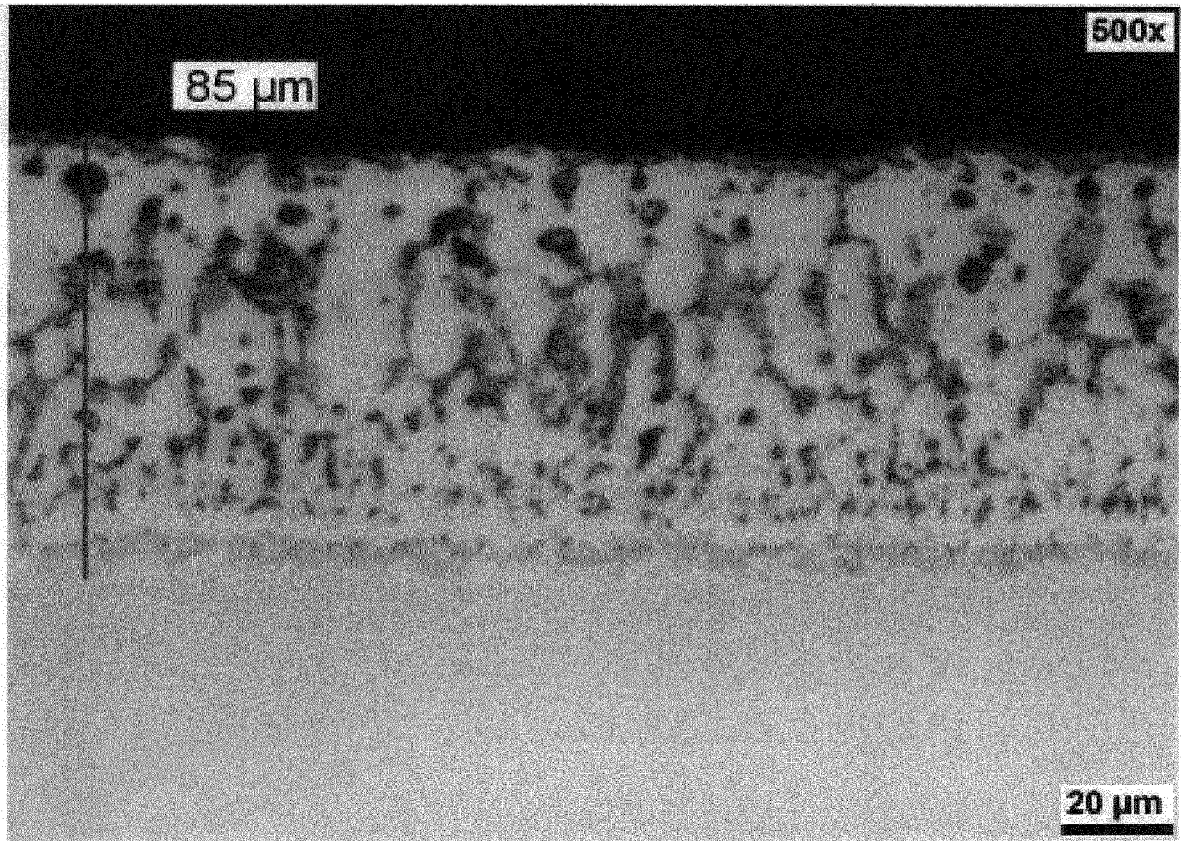


Fig. 4

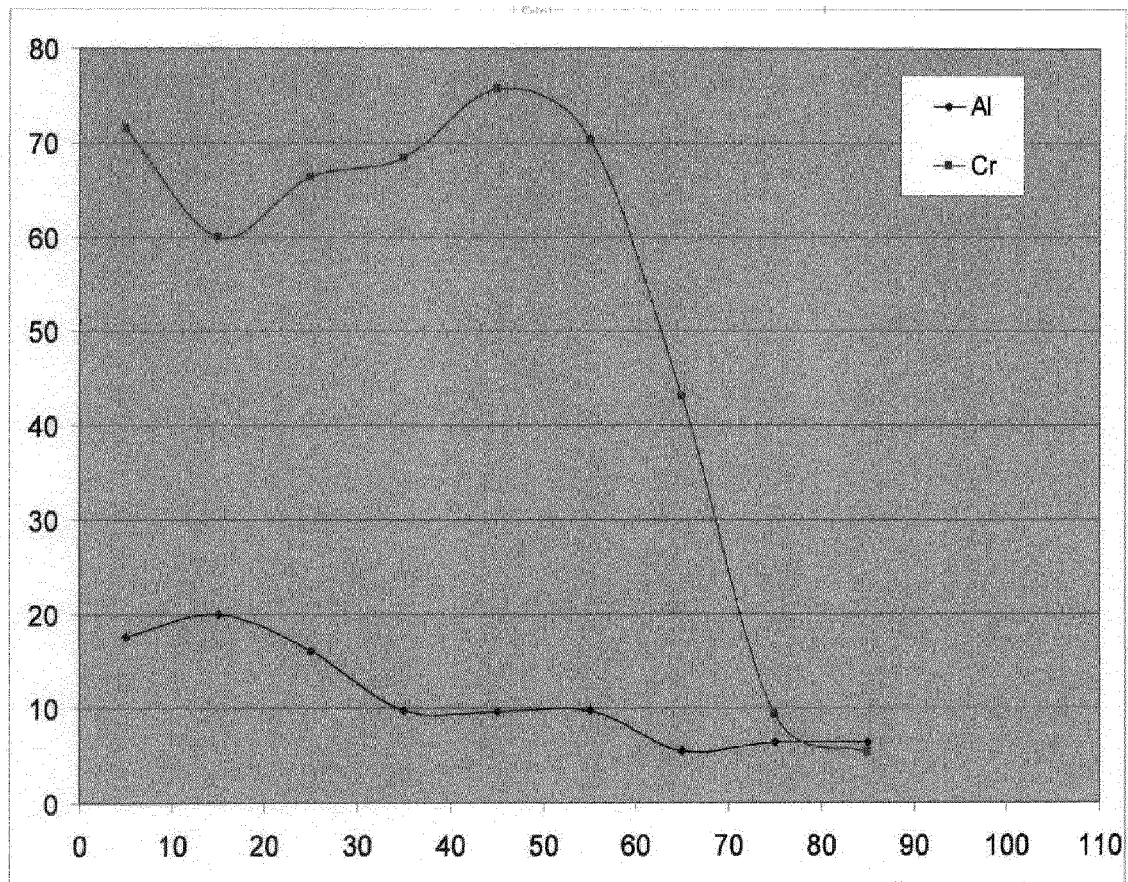


Fig. 5

**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**

- WO 2006026456 A [0004]
- DE 102008039969 A1 [0004]