

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 50092/2017 (51) Int. Cl.: **C23C 14/24** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 19.05.2017 **C23C 16/34** (2006.01)  
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.07.2018 **C23C 18/32** (2006.01)  
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2018

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 19949291 A1  
KR 20140106337 A  
DE 102013105200 A1  
JP H0517863 A  
CN 102787297 A

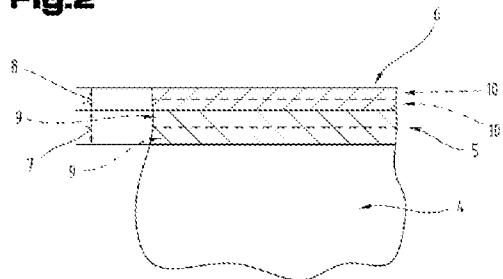
(73) Gebrauchsmusterinhaber:  
HIGH TECH COATINGS GMBH  
4663 LAAKIRCHEN (AT)

(74) Vertreter:  
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt  
GmbH  
4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Verfahren zur Verbesserung der Verschleißbeständigkeit eines Bauteils**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Verschleißbeständigkeit eines, mit einer Korrosionsschutzschicht versehenen, hochbelasteten Bauteils, nach dem auf dem Bauteil eine chemisch Nickel-Schicht als Korrosionsschutzschicht (5) mit einer Schichtdicke (7) von maximal 20 µm abgeschieden wird und auf dieser eine PVD-Schicht oder eine CVD-Schicht als Hartstoffbeschichtung (6) mit einer Schichtdicke (8) von maximal 10 µm abgeschieden wird.

**Fig.2**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Verschleißbeständigkeit eines, mit einer Korrosionsschutzschicht versehenen, hochbelasteten Bauteils, nach dem auf das Bauteil eine chemisch Nickelschicht als Korrosionsschutzschicht abgeschieden wird.

**[0002]** Weiter betrifft die Erfindung ein hochbelastetes Bauteil mit einer chemisch Nickelschicht als Korrosionsschutzschicht.

**[0003]** Die Erfindung betrifft zudem die Verwendung des Bauteils.

**[0004]** Verdichterräder von Turboladern unterliegen im Betrieb aufgrund Beschuss mit abrasiven Partikeln aus dem Abgasstrom und der sehr hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten sehr hohen mechanischen und dynamischen Belastungen. Andererseits sollten derartige Verdichterräder ein relativ geringes Gewicht aufweisen, um die zu bewegende Masse zu verringern. Es werden daher häufig Leichtmetalllegierungen zur Herstellung der Verdichterräder eingesetzt. Dies wiederum ist in Hinblick auf die Lebensdauer der Verdichterräder problematisch. Darüber hinaus wirken die Abgase aus der Verbrennung korrosiv.

**[0005]** Zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit wurde im Stand der Technik bereits eine sogenannte chemisch Nickel-Beschichtung vorgeschlagen. Beispielsweise ist von der Fa. AHC Oberflächentechnik GmbH ein Verfahren für die Beschichtung von Verdichterrädern aus Aluminiumsubstraten mit der Bezeichnung DURNICOAT® bekannt. Für starke Beanspruchungen werden hier Schichtdicken der chemisch Nickel-Schicht zwischen 25 µm und 50 µm, bei sehr starken Beanspruchungen sogar Schichtdicken von über 50 µm, vorgeschlagen.

**[0006]** Im Stand der Technik wurden aber auch andere Beschichtungen vorgeschlagen. Beispielsweise beschreibt die DE 10 2013 105 200 B4 eine relativ komplizierte Beschichtung für ein geschlossenes Laufrad mit variierender Schichtdicke. Es soll damit der vorzeitige Unwucht aufgrund einer beschleunigten Abnutzung an den Einlass- und Auslassbereichen der Schaufeln entgegnet werden.

**[0007]** In der DE 10 2013 105 200 B4 wird in Absatz [10] auch festgehalten, dass CVD- und PVD-Techniken kein optimales Beschichtungssystem bereitstellen, da sie im Hinblick auf die Größenordnung der Dicke des Beschichtungssystems eingeschränkt sind. Die Dicke der Beschichtung auf einer Schaufel eines geschlossenen Laufrades sollte mindestens etwa 35 µm betragen. Ein weiterer Nachteil des PVD Prozesses ist, dass Schichtdickenuneinheitlichkeiten bei komplexer Geometrie der Bauteile nur eingeschränkt vermieden werden können. Zudem ist der Korrosionsschutz in abgeschatteten Bereichen schwer realisierbar.

**[0008]** Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Verbesserung der Verschleißbeständigkeit eines hochbelastbaren, korrosionsgeschützten Bauteils. Es ist weiter eine Teilaufgabe der Erfindung, Baugruppen mit hochbelasteten Bauteilen zur Verfügung zu stellen, bei denen die hochbelasteten Bauteile eine verbesserte Standzeit aufweisen.

**[0009]** Die Aufgabe wird mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, nach dem vorgesehen ist, dass die chemisch Nickelschicht mit einer Schichtdicke von maximal 20 µm abgeschieden wird und dass auf dieser eine PVD-Schicht oder eine CVD-Schicht als Hartstoffbeschichtung mit einer Schichtdicke von maximal 10 µm abgeschieden wird.

**[0010]** Weiter wird die Aufgabe der Erfindung auch mit dem eingangs genannten Bauteil gelöst, bei dem die chemisch Nickelschicht eine Schichtdicke von maximal 20 µm aufweist und wobei auf der chemisch Nickelschicht eine PVD-Schicht und/oder CVD-Schicht als Hartstoffbeschichtung mit einer Schichtdicke von maximal 10 µm angeordnet ist.

**[0011]** Zudem wird die Aufgabe durch die Verwendung des hochbelasteten Bauteils als Verdichterrad in einem Turbolader oder als Förderbauteil in einem Kompressor oder als Ventilkolben oder als Pumpengehäuse in einem Flugzeug oder als Turbinenbauteil in einem Flugzeug oder als Fahrwerksbauteil in einem Flugzeug gelöst.

**[0012]** Unter einem mechanisch und dynamisch hochbelasteten Bauteil versteht man ein Bauteil, das im Betrieb einer Belastung von mehr als  $10^5$  g ausgesetzt ist.

**[0013]** Von Vorteil ist dabei, dass durch das Zusammenspiel der chemisch Nickel-Schicht und der PVD- oder CVD Hartstoffbeschichtung nicht nur die Verschleißbeständigkeit und die Korrosionsbeständigkeit verbessert wird, sondern dass dadurch die PVD- oder CVD-Hartstoffbeschichtung auch eine verbesserte Haftfestigkeit (bedingt u.a. durch den geringeren Härtegradienten am Übergang zur PVD- oder CVD-Hartstoffbeschichtung) am Untergrund aufweist. Es ist damit möglich, die Schichtdicken der einzelnen Schichten zu reduzieren, wodurch wiederum die zu bewegende Masse reduziert werden kann. Durch die geringere zu bewegende Masse sind auch die wirkenden Fliehkräfte während der Bewegung reduziert, wodurch die Bruchgefahr des Bauteils reduziert werden kann. Durch die Ermöglichung der reduzierten Schichtdicken der Bauteile treten Probleme mit Bauteilunwuchten praktisch nicht zu Tage. Diese Unwuchten können auftreten, da das Bauteil, insbesondere ein Verdichterrad für einen Turbolader, sehr viele Abschattungen aufweist, und damit die Ausbildung einer gleichmäßigen Schichtdicke der PVD-Hartstoffbeschichtung kaum oder nicht erreicht wird. Dies ist auch der Grund, warum PVD-Beschichtungsverfahren in der Beschichtung derartiger Bauteile nicht bzw. kaum eingesetzt werden.

**[0014]** Bevorzugt wird die chemisch Nickel-Schicht mit einem Gehalt an Phosphor hergestellt bzw. enthält die chemisch Nickelschicht Phosphor. Es kann damit der Korrosionsschutz des Bauteils durch die chemisch Nickel-Schicht verbessert werden.

**[0015]** Nach einer anderen Ausführungsvariante des Verfahrens bzw. des Bauteils kann vorgesehen sein, dass die chemisch Nickel-Schicht aus mehreren Subschichten hergestellt wird bzw. dass die chemisch Nickel-Schicht aus mehreren Subschichten besteht. Es kann damit die Funktionalität der chemisch Nickel-Schicht verbessert werden, indem die einzelnen Subschichten besser auf die ihnen zugeordneten Aufgaben abgestimmt werden können. Somit ist es auch möglich, dass die chemisch Nickel-Schicht nicht nur hinsichtlich der Korrosionsvermeidung wirkt sondern auch einen Grundverschleißschutz bieten kann.

**[0016]** Nach einer Ausführungsvariante dazu kann vorgesehen sein, dass die Subschichten mit einem unterschiedlichen Phosphorgehalt hergestellt werden bzw. dass die Subschichten einen unterschiedlichen Phosphorgehalt aufweisen. Einerseits können damit die soeben beschriebenen Effekte verbessert werden. Andererseits ist es damit aber auch möglich, die Haftfestigkeit der Beschichtung auf dem Substrat zu verbessern, indem in der an dem Substrat anliegenden Subschicht der Nickelanteil am niedrigsten ist und in Richtung auf die PVD- bzw. CVD-Hartstoffbeschichtung mit einem Gradienten zunimmt.

**[0017]** Bevorzugt wird die Hartstoffbeschichtung als Chromnitridbeschichtung hergestellt bzw. besteht aus dieser. Im Vergleich zu anderen Hartstoffbeschichtungen wurden damit die besten Ergebnisse erzielt.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens bzw. des Bauteils dazu kann vorgesehen sein, dass die Chromnitridbeschichtung mit zumindest einem Element aus der Gruppe umfassend Ti, Al, Si, Zr, Y, O hergestellt wird bzw. zumindest eines dieser Elemente enthält. Es wird damit der Vorteil erreicht, dass auch der Hartstoffbeschichtung eine gewisse Korrosionsbeständigkeit verliehen werden kann.

**[0019]** Es ist weiter möglich, dass auch die PVD- oder CVD-Schicht aus mehreren Subschichten unterschiedlicher Zusammensetzung hergestellt wird bzw. dass die PVD- oder CVD-Schicht aus mehreren Subschichten unterschiedlicher Zusammensetzung besteht. Es ist damit die Hartstoffbeschichtung einfacher mit gleichmäßiger Schichtdicke herzustellen. Zudem kann damit einfacher die Schichthärte, die Haftung der Schicht am Untergrund und deren Verschleißbeständigkeit eingestellt werden.

**[0020]** Vorzugsweise besteht das Bauteil zumindest teilweise aus einer Leichtmetalllegierung, um damit die zu bewegende Masse zu reduzieren, wodurch die darauf angeordnete Beschichtung besser vor Bruch geschützt werden kann.

**[0021]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

**[0022]** Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

**[0023]** Fig. 1 ein Verdichterrad für einen Turbolader;

**[0024]** Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem Bauteil im Querschnitt.

**[0025]** Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

**[0026]** In Fig. 1 ist ein mechanisch und dynamisch hochbelastetes Bauteil in Form eines Verdichterrad 1 für einen Turbolader, insbesondere einen Abgasturbolader, dargestellt. Das Verdichterrad 1 weist eine Nabe 2 zur Aufnahme einer Antriebswelle auf. Rund um die Nabe 2 sind mehrere Verdichterschaukeln 3 angeordnet.

**[0027]** Verdichterräder 1 für Turbolader an sich sind aus dem einschlägigen Stand der Technik bekannt, sodass zu weiteren konstruktiven Einzelheiten auf diesen Stand der Technik verwiesen sei.

**[0028]** Das mechanisch und dynamisch hochbelastete Bauteil kann auch ein als Förderbauteil in einem Kompressor oder als Ventilkolben oder als Pumpengehäuse in einem Flugzeug oder als Turbinenbauteil in einem Flugzeug oder als Fahrwerksbauteil in einem Flugzeug ausgebildet sein. Generell kann das mechanisch und dynamisch hochbelastete Bauteil ein Laufrad einer Strömungsmaschine sein.

**[0029]** Aufgrund der hohen mechanischen und dynamischen Belastung des Bauteils während des Betriebs unterliegt es sowohl einem korrosiven als auch einem abrasiven Angriff. Bedingt wird dieser Angriff durch das geförderte Fluid, also beispielsweise den Abgasstrom eines Verbrennungsmotors. Zur Reduktion der Auswirkungen dieses Angriffs auf die Lebensdauer (Standzeit) des Bauteils weist das Bauteil zumindest in jenen Bereichen, die dem korrosiven und abrasiven Angriff unterliegen, eine Schutzbeschichtung auf.

**[0030]** In Fig. 2 ist Ausschnittsweise eine derartige Schutzbeschichtung dargestellt. Das Bauteil, das ein zu beschichtendes Substrat 4 bildet, weist an der Oberfläche (zumindest bereichsweise) eine Korrosionsschutzschicht 5 und eine Hartstoffbeschichtung 6 auf. Die Korrosionsschutzschicht 5 ist dabei zwischen der Hartstoffbeschichtung 6 und dem Substrat 4 angeordnet. Insbesondere ist die Korrosionsschutzschicht 5 direkt auf dem Substrat 4 angeordnet und/oder die Hartstoffbeschichtung 6 direkt auf der Korrosionsschutzschicht 5.

**[0031]** Die Korrosionsschutzschicht 5 ist eine sogenannte chemisch Nickel-Schicht, also eine Schicht aus außenstromlos auf dem Substrat 4 abgeschiedenem Nickel oder einer außenstromlos auf dem Substrat 4 abgeschiedener Nickelbasislegierung mit Nickel als Hauptbestandteil der Legierung.

**[0032]** Die Korrosionsschutzschicht 5 weist eine Schichtdicke 7 von maximal 20 µm auf. Bevorzugt weist die Korrosionsschutzschicht 5 eine Schichtdicke 7 von maximal 10 µm, insbesondere eine Schichtdicke 7 zwischen 4 µm und 10 µm, auf. Die Schichtdickenvarianz beträgt dabei bevorzugt maximal ± 2 µm. Jedenfalls ist die Korrosionsschutzschicht 5 an keiner Stelle dicker als 20 µm.

**[0033]** Die Hartstoffbeschichtung 6 ist eine CVD-Schicht (chemical vapour deposition) und/oder eine PVD-Schicht (physical vapour deposition). Sie weist eine Schichtdicke 8 von maximal 10 µm auf. Bevorzugt weist die Hartstoffbeschichtung 6 eine Schichtdicke 8 von maximal 6 µm, insbesondere eine Schichtdicke 8 zwischen 0,2 µm und 5 µm, auf. Die Schichtdickenvarianz

beträgt dabei bevorzugt maximal  $\pm 2 \mu\text{m}$ . Jedenfalls ist die Hartstoffbeschichtung 6 an keiner Stelle dicker als  $10 \mu\text{m}$ .

**[0034]** Vorzugsweise ist die chemisch Nickel-Schicht eine chemisch Nickel-Schicht mit einem Gehalt an Phosphor. Der Gehalt an Phosphor beträgt insbesondere zwischen 7 Gew.-% und 14 Gew.-%, wobei den Rest Nickel bildet.

**[0035]** Ein Anteil des Nickels kann aber auch ersetzt sein durch Bismut und/oder Antimon und/oder Blei und/oder Zink. Der Gesamtanteil an diesen Elementen beträgt insbesondere zwischen 0,1 Gew.-% und 2 Gew.-%. Auch in diesem Fall kann die Nickellegierung Phosphor enthalten, insbesondere in den voranstehend genannten Gehaltsangaben.

**[0036]** Wie strichliert in Fig. 2 angedeutet, kann vorgesehen sein, dass die Korrosionsschutzschicht 5 aus mehreren Subschichten 9 aufgebaut ist. Die Anzahl der Subschichten 9 kann dabei zwischen 2 und 10 betragen.

**[0037]** Bevorzugt weisen diese Subschichten 9 eine unterschiedliche Zusammensetzung auf. So ist es beispielsweise möglich, dass der Phosphorgehalt in den Subschichten 9 in Richtung auf die Hartstoffbeschichtung 6 abnimmt. Die Änderung des Phosphorgehalts kann dabei von 7 Gew.-% in der dem Substrat 4 am nächsten gelegenen Subschicht 9 auf 14 Gew.-% in der der Hartstoffbeschichtung 6 am nächsten gelegenen Subschicht 9 betragen. Nach einer anderen Ausführungsvariante kann auch vorgesehen sein, dass die dem Substrat 4 am nächsten gelegene Subschicht 9 aus Nickel oder einer Nickellegierung ohne Phosphor besteht. Die weitere Subschicht(en) 9 kann(können) hinsichtlich ihrer Zusammensetzung gleich ausgeführt sein, wobei es aber auch möglich ist, dass der Phosphorgehalt bei dieser Ausführungsvariante in den weiteren Subschichten 9 in Richtung auf die Hartstoffbeschichtung zunimmt.

**[0038]** Sofern zumindest eines der voranstehend genannten weiteren Legierungselemente in der chemisch Nickel-Schicht vorhanden ist, kann auch der Gehalt des zumindest einen oder zumindest eines dieser Elemente in den Subschichten 9 unterschiedlich sein.

**[0039]** Die Ausbildung eines Konzentrationsgradienten in der chemisch Nickel-Schicht kann durch entsprechende Veränderung des Elektrolyten während der Abscheidung der chemisch Nickel-Schicht erreicht werden.

**[0040]** Die Hartstoffbeschichtung 6 besteht bevorzugt aus Chromnitrid. Insbesondere weist diese Chromnitridbeschichtung zumindest ein Element aus der Gruppe umfassend Ti, Al, Si, Zr, Y, O auf. Der Gehalt an dem zumindest einen Element in der Chromnitridbeschichtung kann zwischen 0,01 Gew.-% und 5 Gew.-% betragen. Den Rest bildet das Chromnitrid. Die Hartstoffbeschichtung 6 kann zumindest teilweise aus einer binären, ternären, quaternären, etc. Legierung bestehen.

**[0041]** Die Hartstoffbeschichtung 6 ist mit einem CVD-Verfahren und/oder einem PVD-Verfahren abgeschieden. Als CVD-Verfahren wird insbesondere PACVD verwendet. Bevorzugte PVD-Verfahren sind Sputtern, insbesondere Reaktivgassputtern.

**[0042]** Die Hartstoffbeschichtung 6 kann ebenfalls aus mehreren Subschichten 10 bestehen, wobei die Subschichten 10 eine zueinander unterschiedliche Zusammensetzung haben können. Es kann dabei nur eine oder können mehrere der Subschichten 10 eine zu den restlichen Subschichten 10 unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen. Die Anzahl der Subschichten 10 der Hartstoffbeschichtung 6 kann zwischen 2 und 10 betragen.

**[0043]** In Hinblick auf die Zusammensetzung der Subschichten 10 kann vorgesehen sein, dass die Konzentration von zumindest einem Element aus der Gruppe Ti, Cr, Al, Si, Zr, Y, N, O von der äußeren Oberfläche des Bauteils in Richtung auf die Korrosionsschutzschicht 5 abnimmt.

**[0044]** Bevorzugt ist die Hartstoffbeschichtung 6 nickelfrei.

**[0045]** Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass die an die Korrosionsschutzschicht 5 unmittelbar anschließende Subschicht 10 der Hartstoffbeschichtung durch ein Reinsteinmetall, wie beispielsweise eine Chromschicht, gebildet ist. Es kann damit die Haftung der Hartstoffbeschich-

tung 6 auf der Korrosionsschutzschicht 5 verbessert werden. Die Schichtdicke dieser ersten Subschicht 10 kann zwischen 10 nm, und 500 nm insbesondere zwischen 10 nm und 100 nm, betragen. Die äußerste Subschicht 10 der Hartstoffbeschichtung 6, also jene Subschicht 10, die die Oberfläche des Bauteils bildet, kann eine keramische Schicht sein, beispielsweise aus Chromnitrid(en), TiAlCr-Nitrid(e), bestehen. Die Schichtdicke dieser äußersten Subschicht 10 kann zwischen 0,2 µm und 5 µm, insbesondere zwischen 2,5 µm und 3 µm, betragen. Zwischen dieser äußersten Subschicht 10 und der ersten Subschicht 10 kann zumindest eine, eine Übergangsschicht bildende Subschicht 10 ausgebildet sein. In dieser zumindest einen Übergangsschicht kann ein Konzentrationsgradient an dem zumindest einen Legierungselement der Hartstoffbeschichtung ausgebildet sein, um damit einen gradierten Übergang zwischen der Konzentration Null in der ersten, unmittelbar an die Korrosionsschutzschicht 5 anschließenden Subschicht 10 und der maximalen Konzentration an diesem Element in der äußersten Subschicht 10 zu erzeugen. Es kann damit die Haftung der Subschichten 10 aneinander im Schichtverbunde der Subschichten 10 der Hartstoffbeschichtung 6 verbessert werden.

**[0046]** Bevorzugt besteht die erste Subschicht 10 aus dem Metall oder der Metalllegierung, das oder die auch in der äußersten Subschicht 10 als Basismetall(legierung) eingesetzt wird.

**[0047]** Das Substrat 4 besteht vorzugsweise aus einem Leichtmetall bzw. einer Leichtmetalllegierung, wie insbesondere Aluminium oder Magnesium und deren Legierungen. Es können aber auch Stahlsubstrate oder Substrate aus einer Kupferlegierung beschichtet werden.

**[0048]** Im Folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zur Herstellung der Kombinationsschicht des Bauteils 1 wiedergegeben.

**[0049]** Als Bauteil wurde ein Verdichterrad 1 aus einer Aluminiumlegierung als Substrat 4 beschichtet.

**[0050]** 1. Vorbehandlung des Substrats 4:

**[0051]** Die Vorbehandlung der zu beschichtenden Oberfläche des Substrats 4 erfolgte nach dem sogenannten Doppelpinkatverfahren umfassend die folgenden Prozessschritte:

**[0052]** - 10 Minuten bis 30 Minuten alkalische Entfettung

**[0053]** - 1 Minute bis 5 Minuten alkalische Beize

**[0054]** - 1 Minute bis 10 Minuten Aufhellung

**[0055]** - 0,5 Minuten bis 4 Minuten Zinkatbeize

**[0056]** - 0,5 Minuten bis 3 Minuten Zinkatstripper

**[0057]** - 5 Sekunden bis 1 Minute Zinkatbeize

**[0058]** Die verwendeten Chemikalien sind kommerziell für diese Einsatzzwecke erhältlich, sodass sich eine weitere Erörterung erübrigt.

**[0059]** Zwischen den einzelnen Schritten wurde jeweils mit Wasser gespült.

**[0060]** Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Vorbehandlung des Substrats 4 auch mit anderen im Bereich der chemisch Nickel-Schichten bekannten Verfahren durchgeführt werden kann, also nicht zwingenderweise nach dem Doppelpinkatverfahren erfolgen muss.

**[0061]** 2. Abscheidung der Korrosionsschutzschicht 5:

**[0062]** Es wurde folgender Elektrolyt verwendet:

**[0063]** Nickelsulfat als Metalllieferant, Natriumhypophosphit als Reduktionsmittel, organische Säuren als Puffer und Komplexbildner, Bleiacetat als Stabilisator (kommerzieller HighPhos Elektrolyt) Pb-stabilisiert

**[0064]** Parameter während der Abscheidung

[0065] - Temperatur: 85 °C bis 90 °C (generell 80 °C bis 95 °C)

[0066] - pH-Wert: 4.6 (generell zwischen 3,8 und 5,4)

[0067] - Abscheiderate: 6 µm/h bis 7 µm/h (generell 4 µm/h bis 8 µm/h)

[0068] - Schichtdicke der abgeschiedenen Schicht: 10 µm ± 2 µm

[0069] Nach der Abscheidung der Korrosionsschutzschicht 5 wurde diese bei 160 °C, für 3 Stunden wärmebehandelt (generell: 120 °C bis 180 °C für 1 Stunde bis 5 Stunden).

[0070] 3. Abscheidung der Hartstoffbeschichtung 6 mittels Sputterverfahren:

[0071] Zur Abscheidung der Hartstoffbeschichtung 6 mittels Reaktivgassputtern wurde die hierfür bekannten Parameter verwendet.

[0072] Legierungszusammensetzung CrN

[0073] Vorbehandlung der Korrosionsschutzschicht 5: Plasmaätzen

[0074] Es wurde eine mehrlagige Beschichtung mit einer ersten metallischen Subschicht 10 aus Chrom mit einer Schichtdicke von weniger als 500 nm, einer zweite Subschicht 10 darauf als Übergangsschicht aus CrN mit zunehmenden Stickstoffgehalt und einer auf dieser angeordneten Subschicht 10 aus stöchiometrischem Chromnitrid als harte Deckschicht erzeugt.

[0075] - Gesamtschichtdicke: 3 µm

[0076] - Beschichtungshärte: größer 2000 HV0.002

[0077] - Abscheidegeschwindigkeit: 0,5 µm/h (generell 0.1 µm/h bis 3 µm/h)

[0078] Es wurde mit diesem Ausführungsbeispiel eine Korrosionsschutzschicht 5 mit einem möglichst hohem Phosphorgehalt (12 Gew.-%) mit Druckspannungen und guter Haftung auf dem Substrat 4 erzeugt. Die geringe Schichtdicke der Korrosionsschutzschicht 5 führt zu einer Verlängerung der Lebensdauer und/oder Erhöhung der maximal zulässigen Drehzahl des Verdichterrades 1 sowie zu einer Verbesserung des Ansprechverhaltens des Turboladers durch Verringerung der rotierenden Masse und des Trägheitsmomentes. Der Verlust an Abrasions- und Korrosionswiderstand durch die geringere Schichtdicke wurde durch die auf der Korrosionsschutzschicht 5 abgeschiedene PVD-Schicht zumindest ausgeglichen.

[0079] Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten, wobei auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

[0080] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Verdichterrades 1 bzw. der Beschichtung diese nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt wurden.

## BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Verdichterrad
- 2 Nabe
- 3 Verdichterschaukel
- 4 Substrat
- 5 Korrosionsschutzschicht
- 6 Hartstoffbeschichtung
- 7 Schichtdicke
- 8 Schichtdicke
- 9 Subschicht
- 10 Subschicht

## Ansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung der Verschleißbeständigkeit eines, mit einer Korrosionsschutzschicht versehenen, hochbelasteten Bauteils, nach dem auf dem Bauteil eine chemisch Nickel-Schicht als Korrosionsschutzschicht (5) abgeschieden wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemisch Nickel-Schicht mit einer Schichtdicke (7) von maximal 20 µm abgeschieden wird und dass auf dieser eine PVD-Schicht oder eine CVD-Schicht als Hartstoffbeschichtung (6) mit einer Schichtdicke (8) von maximal 10 µm abgeschieden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemisch Nickel-Schicht mit einem Gehalt an Phosphor hergestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemisch Nickel-Schicht aus mehreren Subschichten (9) hergestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Subschichten (9) mit einem unterschiedlichen Phosphorgehalt hergestellt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hartstoffbeschichtung (6) als Chromnitridbeschichtung hergestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Chromnitridbeschichtung mit zumindest einem Element aus der Gruppe umfassend Ti, Al, Si, Zr, Y, O hergestellt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PVD- oder CVD-Schicht aus mehreren Subschichten (10) unterschiedlicher Zusammensetzung hergestellt wird.
8. Hochbelastetes Bauteil mit einer chemisch Nickel-Schicht als Korrosionsschutzschicht (6), **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemisch Nickel-Schicht eine Schichtdicke (7) von maximal 20 µm aufweist und dass auf der chemisch Nickel-Schicht eine PVD-Schicht oder CVD-Schicht als Hartstoffbeschichtung (6) mit einer Schichtdicke (8) von maximal 10 µm angeordnet ist.
9. Bauteil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemisch Nickel-Schicht Phosphor enthält.
10. Bauteil nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemisch Nickel-Schicht aus mehreren Subschichten (9) besteht.
11. Bauteil nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Subschichten (9) einen unterschiedlichen Phosphorgehalt aufweisen.
12. Bauteil nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hartstoffbeschichtung (6) eine Chromnitridbeschichtung ist.
13. Bauteil nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Chromnitridbeschichtung zumindest ein Element aus der Gruppe umfassend Ti, Al, Si, Zr, Y, O enthält.
14. Bauteil nach Anspruch 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PVD- oder CVD-Schicht aus mehreren Subschichten (10) unterschiedlicher Zusammensetzung besteht.
15. Bauteil nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser zumindest teilweise aus einer Leichtmetalllegierung besteht.
16. Verwendung des Bauteils nach einem der Ansprüche 8 bis 15 als Verdichterrad in einem Turbolader oder als Förderbauteil in einem Kompressor oder als Ventilkolben oder als Pumpengehäuse in einem Flugzeug oder als Turbinenbauteil in einem Flugzeug oder als Fahrwerksbauteil in einem Flugzeug.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**C23C 14/24** (2006.01); **C23C 16/34** (2006.01); **C23C 18/32** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**C23C 14/24** (2013.01); **C23C 16/34** (2013.01); **C23C 18/32** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):  
 C23C

Konsultierte Online-Datenbank:  
 WPIAP, EPODOC, PAJ, PATDEW, Espacenet

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **19.05.2017** eingereichten Ansprüchen **1-16** erstellt.

Kategorie <sup>1)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 19949291 A1 (DRESDEN VAKUUMTECH GMBH ) 31. Mai 2000 (31.05.2000) ganzes Dokument	1, 5, 8, 12
A		2-4, 6-7, 9-11, 13- 16
X	KR 20140106337 A (KOREA MACH & MATERIALS INST ) 03. September 2014 (03.09.2014) ganzes Dokument	1, 5, 8, 12
A		2-4, 6-7, 9-11, 13- 16
A	DE 102013105200 A1 (KENNAMETAL INC ) 19. Dezember 2013 (19.12.2013) Anspruch 1, Zusammenfassung	1-16
A	JP H0517863 A (RIKEN KK) 26. Januar 1993 (26.01.1993) Zusammenfassung (online); erhalten aus Espacenet Datenbank; erhalten am 08.11.2017	1-16
A	CN 102787297 A (UNIV DALIAN TECHNOLOGY) 21. November 2012 (21.11.2012) Zusammenfassung (online); erhalten aus WPIAP in EPOQUE Daten- bank; erhalten am 08.11.2017	1-16

Datum der Beendigung der Recherche:  
 10.11.2017

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

STEPANOVSKY Martin

<sup>1)</sup> **Kategorien** der angeführten Dokumente:

**X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmel-  
 gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf  
 erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

**Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldegegenstand kann nicht  
 als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Ver-  
 öffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser  
 Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen  
 Fachmann naheliegend** ist.

**A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.  
**P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach  
 dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.  
**E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem  
 ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch  
 nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage  
 stellen).  
**&** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.