



(11) **EP 1 329 533 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.06.2007 Patentblatt 2007/24

(51) Int Cl.:
C23C 8/24 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02028827.0**

(22) Anmeldetag: **21.12.2002**

(54) **Lasernitrieren von Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen**

Lasernitriding of aluminium-based composites

Nitruration de composites à base d'aluminium au moyen d'un laser

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **22.01.2002 DE 10202184**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.07.2003 Patentblatt 2003/30

(73) Patentinhaber: **Federal-Mogul Nürnberg GmbH**
90441 Nürnberg (DE)

(72) Erfinder:
• **Otte, Bernhard, Dr.**
90513 Zirndorf (DE)
• **Reichstein, Simon, Dr.**
91341 Röttenbach (DE)

(74) Vertreter: **HOFFMANN EITLE**
Patent- und Rechtsanwälte
Arabellastrasse 4
81925 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 745 450	WO-A-99/32677
DD-A- 294 289	DE-A- 3 112 460
DE-A- 10 059 802	DE-A- 10 059 903
DE-A- 19 815 019	DE-C- 4 205 307

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 007, no. 019 (C-147), 25. Januar 1983 (1983-01-25) & JP 57 174446 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA), 27. Oktober 1982 (1982-10-27)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 008, no. 187 (C-240), 28. August 1984 (1984-08-28) & JP 59 080763 A (HINO JIDOSHA KOGYO KK), 10. Mai 1984 (1984-05-10)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 009, no. 108 (C-280), 11. Mai 1985 (1985-05-11) & JP 60 002697 A (TOSHIBA KK), 8. Januar 1985 (1985-01-08)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 329 533 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Verschleißschuttschicht in oberflächennahen Bereichen von Bauteilen, insbesondere Kolben für Verbrennungskraftmaschinen, aus einem Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff, wobei zumindest Teile der Oberfläche der Bauteile eine Härtung erfahren haben und die Verschleißschuttschicht aus Aluminiumnitriden in einer Aluminiummatrix gebildet wird.

[0002] In vielen Bereichen der Industrie spielt der Verschleiß von Bauteilen, die in Gleitkontakt mit anderen Bauteilen stehen, eine bedeutende Rolle. Unter anderem in der Automobilindustrie und hier speziell im Motorenbau sind die Bestrebungen, ein möglichst optimales tribologisches System zu schaffen, besonders groß. Neben der Anforderung, ein möglichst verschleißfreies tribologisches System zu schaffen, spielt die Gewichtsminderung in Motoren eine immer größere Rolle, so dass Aluminium die Eisenbasiswerkstoffe mehr und mehr ersetzt. Aluminium ist zwar ein sehr leichter Werkstoff, jedoch sind seine Verschleißigenschaften denen von Eisenbasiswerkstoffen weit unterlegen. Aus diesem Grund hat es in der Vergangenheit eine ganze Reihe von Versuchen gegeben, die Verschleißigenschaften herkömmlicher Aluminiumbasis-Werkstoffe zu verbessern.

[0003] Eine Möglichkeit, die Oberfläche von Aluminiumbasis-Werkstoffen verschleißbeständiger zu gestalten, ist die Härtung der Oberfläche. In der US 4,750,945 werden Aluminium und Aluminiumlegierungen mittels Lasers aufgeschmolzen und gehärtet. Hierbei werden lokal gehärtete Zonen erzeugt, wobei der Laser in definierten Abständen über den Werkstoff geführt wird, so dass regelmäßige Muster auf der Oberfläche des Werkstoffes entstehen, die maximal 60 % der Werkstoffoberfläche überdecken und als tragende Bereiche auf der Oberfläche verschleißmindernd wirken. Durch diese Laserbearbeitung steigt die Härte von 80 HV in den unbehandelten Bereichen auf 200 HV in den laserbehandelten Bereichen.

[0004] Erfolgt die Laserbehandlung der Oberfläche der Bauteile unter Zugabe von Stickstoff, so kann es zur Bildung von Aluminiumnitrid kommen. Die Attraktivität eines solchen Verfahrens liegt in den erheblich besseren mechanischen und korrosiven Eigenschaften von Aluminiumnitrid im Vergleich zu Aluminium. So beträgt beispielsweise die Härte von Al etwa 100 HV, die von AlN aber etwa 1230 HV und auch der E-Modul kann von 70 GPa bei Reinaluminium auf 350 GPa bei Aluminiumnitriden gesteigert werden.

In dem Aufsatz: "Aufbau und Eigenschaften von lasernitrierten Randschichten auf Aluminiumwerkstoffen" aus der Zeitschrift: HTM, Band 53, Heft 5 aus dem Jahre 1985, wird ein Verfahren zur Lasernitrierung von Rein- und Reinstaluminium sowie von verschiedenen binären AlSi-Gußlegierungen und einer AlSiMg-Legierung beschrieben. Bei diesem Verfahren entstehen durch die Belichtung mit UV-Laserstrahlung in einer Stickstoffatmo-

sphäre viele μm dicke, festhaftende, deckende Randschichten. Dem Aufsatz ist zu entnehmen, dass sich die entstehenden Randschichten durch einen hohen, von der Oberfläche in die Tiefe abfallenden Gehalt an AlN-Kristalliten in einer Al-Matrix auszeichnen.

Die Veränderung der Mikrostruktur in den Randschichten geht einher mit einer deutlichen Steigerung der Härte und einer deutlichen Verbesserung des Verschleißverhaltens.

[0005] Die EP 0 745 450 A2 offenbart ein vergleichbares Lasernitrierverfahren zum Bearbeiten der Oberfläche von Werkstücken aus einer Aluminiumlegierung, insbesondere der Zylinderlaufflächen von Hubkolbenbrennkraftmaschinen. Hierbei wird die Energie des Lasers impulsförmig unter Beeinflussung der Oberflächenstruktur im Mikrobereich indiziert, wobei zur Erzielung einer verschleißfesten und korrosionsbeständigen Aluminiumnitridschicht die Bearbeitung unter überwiegender Stickstoffumgebung durchgeführt wird. Als Werkstoff wird bevorzugt eine untereutektische AlSi-Legierung verwendet, wobei die Oberflächen bei einem Druck von bis zu 3 bar mit einem Laser zwischen 25 und 70 mal bei Energiedichten von 10 - 60 mJ/mm^2 belichtet werden.

[0006] Dass diese Verfahren auch für Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffe eingesetzt werden können oder welche Einflüsse Verstärkungsphasen, wie sie üblicherweise in Verbundwerkstoffen vorliegen, auf das Nitrierverhalten haben, kann der Schrift nicht entnommen werden.

[0007] Die Einbringung von Verstärkungsphasen in Aluminiumbasis-Werkstoffe zur Bildung von Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen ist eine weitere Möglichkeit, die mechanischen Eigenschaften von Aluminiumbasis-Werkstoffen zu beeinflussen und so deren Einsatzspektrum zu erweitern.

Bei Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen sind in einer Aluminiummatrix Partikel, Fasern, Whisker oder Dispersoide als Verstärkungsphase eingelagert. Diese zweite Phase ist in der Regel inkohärent in das Kristallgitter der Al-Matrix eingelagert und bildet so wirksame Hindernisse für Versetzungen. Dadurch erreichen Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffe, insbesondere bei hohen Temperaturen, hervorragende mechanische Eigenschaften, welche diese Werkstoffe für den Einsatz in Verbrennungskraftmaschinen prädestinieren.

[0008] Ein derartiger Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff wird in der US 5,511,603 offenbart. Es handelt sich hierbei um einen dispersionsgehärteten Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff, bei dem in eine Matrix aus technisch reinem Aluminium Dispersoide, die nicht größer als 3 μm sind, als Verstärkungsphase eingelagert sind. Aufgrund der Verfügbarkeit, der leichten Herstellbarkeit, der geringen Kosten bzw. des extremen Einflusses auf die mechanischen Eigenschaften dienen dazu als Dispersoide vornehmlich Al_2O_3 , SiC, B₄C, MgO, Y₂O₃, etc. Der Anteil der Verstärkungsphase in der Aluminiummatrix liegt dabei zwischen 15 und 50 Gew.-%.

Dass dieser Werkstoff zum Einsatz in mechanischen Sy-

stemen einer weiteren Behandlung unterworfen werden sollte oder muß kann der Druckschrift nicht entnommen werden. Es wird auch kein Hinweis auf eine Vergütung oder Härtung der Oberflächen gegeben.

Ein wesentlicher Nachteil von Verstärkungsphasen in Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen ist auch, dass deren harte und hochschmelzende Partikel, Fasern, Whisker oder Dispersoide stark abrasiv auf den Verschleißpartner wirken können. Deshalb ist eines der größten Probleme beim Einsatz von Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen deren schlechtes Verschleißverhalten.

[0009] Ein Bauteil, das aus einem Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff besteht und das eine Nitrierhärtung auf der Oberfläche erfahren hat wird in der WO 99/32677 offenbart. Durch den Einsatz von Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen in Verbindung mit der Oberflächenhärtung ist es hiernach möglich, Bauteile die ursprünglich aus Stahl gefertigt wurden, durch Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffe zu ersetzen. Dabei erfolgt die Festigkeitssteigerung über eine Nitrierbehandlung, die in einer reinen Stickstoffatmosphäre, in sehr großen Zeitintervallen und in unterschiedlichen Temperaturbereichen durchgeführt wird.

[0010] Welche Verstärkungsphasen in die Matrix des Verbundwerkstoffes eingebracht wurden oder wie die Verteilung der Nitride in der Oberfläche vorliegen, kann der Druckschrift nicht entnommen werden. Wesentliche Nachteile bei dieser Art der Oberflächenvergütung sind die extrem lange Verfahrenszeit und die geringen erzielbaren Schichtdicken. Bei einer punktuellen Belastung der Oberfläche tritt der sogenannte "Eierschaleneffekt" auf. Dabei kommt es, aufgrund unzureichender Haftung der Nitridschicht mit dem Grundwerkstoff, zu einem Abplatzen der Nitridschicht, die Bruchstelle ähnelt dabei in ihrer Form einer aufgeschlagenen Eierschale. Im Allgemeinen kommt es bei einer plastischen Verformung des Werkstoffes zu einer Rißbildung.

[0011] Die DD 294 289 A5 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von verschleißfesten Schichten auf Aluminiumwerkstoffen, bei dem in einer ersten Stufe durch ein Plasmanitrierverfahren eine AlN-Schicht erzeugt wird, die in einer zweiten Stufe einer Umschmelzbehandlung unterzogen wird.

[0012] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, den Stand der Technik zu erweitern und ein Verfahren zu entwickeln, mit dem eine Verschleißschuttschicht auf einem Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff erzeugt werden kann, die sehr gute Verschleiß- und Korrosionseigenschaften besitzt. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 gelöst, vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen dokumentiert.

[0013] Der erfindungsgemäße Gedanke überwindet die vorgenannten technischen Nachteile dadurch, dass die Verschleißschuttschicht mittels einer Lasernitrierbehandlung erzeugt wird, wobei Energie impulsförmig in die Oberfläche eingebracht wird, so dass sich in den

oberflächennahen Bereichen eine Umschmelzschicht und dass es dabei zu einer Umsetzung von Stickstoff aus einer Stickstoffatmosphäre oder aus der Luft mit Aluminium aus dem Verbundwerkstoff kommt, so dass die Aluminiumnitride fein dispers und gradiert vorliegen.

Durch die während des Lasernitrierens eingebrachten hochenergetischen Impulse entstehen kurzzeitig sehr hohe Drücke und Temperaturen und es bildet sich ein Film von geschmolzenem Aluminium. Aufgrund der hohen Drücke und Temperaturen wird Stickstoff in den Aluminiumbasis-Werkstoff eingebracht, so dass beim Abkühlen Aluminiumnitride entstehen. Diese bilden sich nicht, wie beim Plasmanitrieren, an der Oberfläche aus, sondern in der Aluminium-Matrix. Sie reichen bis in die Tiefe, in die der Stickstoff in die Aluminiumschmelze eindringen konnte. Dieser Prozess wird beim Lasernitrieren viele Male wiederholt, wodurch es zu einer Anreicherung der Schmelzschicht mit Stickstoff kommt. Parallel dazu kommt es zu einer Durchmischung der Schmelze, die einen Transport des in Oberflächennähe gebildeten Aluminiumnitrids in tiefere Bereiche der Randschicht bewirkt.

[0014] Ein besonderer Vorteil der Lasernitrierung ergibt sich durch den erfindungsgemäßen Einsatz auf Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen. Diese Eignung beruht auf zwei Faktoren. Zum Ersten führt das Lasernitrieren zu einem gemeinsamen Umschmelzen der Al-Matrix und der eingelagerten Verstärkungsphase, weshalb sich keine Partikel mehr aus der Oberfläche herauslösen und abrasiv wirken können. Zum Zweiten stören die hochschmelzenden Verstärkungspartikel die Konvektion im aufgeschmolzenen Werkstoff.

Hieraus ergibt sich ein weiterer erfindungsgemäßer Vorteil, nämlich der, dass zur Erreichung einer bestimmten Oberflächengüte erheblich weniger und energieärmere Pulse notwendig sind, als dies bei einer Lasernitrierbehandlung bei konventionellen Aluminiumlegierungen erforderlich wäre. Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffe können somit also erheblich effizienter lasernitriert werden als herkömmliche Aluminiumlegierungen.

Die Lasernitrierung des Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffes ermöglicht somit den Einsatz von Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen in Anwendungsbereichen, in denen diese Werkstoffklasse üblicherweise aufgrund zu schlechter Verschleißigenschaften nicht einsetzbar wäre. Ein weiterer Vorteil ist, dass dieses Verfahren auch lokal einsetzbar ist.

Versuche an Bauteilen, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt wurden, haben gezeigt, dass der Verschleiß des Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffes wie auch der Verschleißpartner deutlich verringert wurde.

[0015] Als besonders vorteilhaft hat sich ein Anteil der Verstärkungsphase in der Aluminiummatrix zwischen 15 Gew.-% und 50 Gew.-% herausgestellt. In den Versuchen wurde vornehmlich mit Al₂O₃ als Verstärkungsphase gearbeitet, es sind aber natürlich auch alle anderen üblichen Verstärkungsphasen vorstellbar, die als Parti-

kel, Fasern, Whisker oder Dispersoide vorliegen können. Solche Verstärkungsphasen bestehen meist aus harten, hochschmelzenden Materialien wie aus Oxiden, Karbiden und Boriden. Beispielhaft sollen hier Al_2O_3 , SiC , TiC und TiB_2 genannt sein. Sie sollen erfindungsgemäß in einer Ausdehnung von bis zu $50\text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt in einer Ausdehnung zwischen $0,01$ und $1\text{ }\mu\text{m}$, vorliegen.

[0016] Die Behandlung der Oberfläche erfolgt mit gepulster Laserstrahlung. Bevorzugt werden hierzu XeCl-Eximerlaser oder Nd:YAG-Laser mit den spezifischen Wellenlängen der Strahlung eingesetzt (XeCl-Eximer; 308 nm , Nd:YAG: 532 nm bzw. 1064 nm). Das Lasernitrieren kann jedoch prinzipiell auch mit jeder anderen Energiequelle realisiert werden, die in ausreichend kurzer Zeit ausreichend hohe Energiemengen in eine Oberfläche einbringt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in einer Stickstoffatmosphäre, aber auch an der Luft erfolgen. Die hierbei einzustellenden Drücke liegen zwischen $0,1$ und 9 bar , ein bevorzugter Druckbereich liegt in einem Bereich von 2 bis 4 bar .

Als weitere Verfahrensparameter können die Energiedichte mit einer Bandbreite von $0,7$ bis etwa 6 J/cm^2 , vorzugsweise 2 bis 4 J/cm^2 , und die Belichtungsvorgänge je Flächeneinheit mit 5 bis 300 Belichtungsvorgängen je Flächeneinheit, vorzugsweise aber etwa 120 Belichtungsvorgänge je Flächeneinheit, angegeben werden.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels dargestellt werden. Das Ausführungsbeispiel beschreibt das Lasernitrieren der ersten Ringnut eines Kolbens für eine Verbrennungskraftmaschine.

Als Werkstoff wurde ein dispersionsgehärteter Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff, bei dem in eine Matrix aus technisch reinem Aluminium $40\text{ Gew.}\%$ an Dispersoiden aus Al_2O_3 eingelagert sind, ausgewählt. Dieser Werkstoff wurde ausgewählt, weil er über hervorragende Hochtemperatureigenschaften verfügt, die denen konventioneller Kolbenlegierungen weit überlegen sind. Nachteilig wirkt sich allerdings das Verschleißverhalten dieses Werkstoffs in der ersten Ringnut aus. Üblicherweise wird in diesem Bereich, der insbesondere bei sehr stark belasteten Dieselskolben sehr kritisch ist, ein Ringträger aus hochlegierten Eisenbasiswerkstoffen eingegossen. Dies ist aber bei Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen, die in aller Regel nicht gießbar sind, nicht möglich. Statt dessen wird die notwendige Verschleißbeständigkeit durch das Lasernitrieren erreicht.

Zur Laserbelichtung der ersten Ringnut wurde ein XeCl-Excimerlaser eingesetzt. Dieser Lasertyp liefert hochenergetische Pulse von bis zu 2 J und einer Pulsdauer von etwa 50 ns . Die Behandlung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren der ersten Ringnut erfolgte in einer Stickstoffatmosphäre, unter einem Druck von 3 bar , mit einer Energiedichte von 4 J/cm^2 , bei einer Frequenz von 8 Hz und mit ca. 120 Belichtungsvorgängen je Flächenelement.

Zur Auswertung der Ergebnisse wurde ein

Verschleißtest durchgeführt. Dabei wurde der Volumenverlust des Kolbenmaterials und der Massenverlust des Verschleißgegenkörpers (hier der Kolbenring) gemessen. Aufgenommen wurden die Werte eines Ringträgers aus einer hochlegierten Eisenbasislegierung sowie die Werte des lasernitrierten, dispersionsgehärteten Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffes. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass der Verschleiß bei einem System mit einer lasernitrierter Ringnut im Gegensatz zu einem System mit einem üblichen Ringträger erheblich minimiert werden konnte.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren des Lasernitrieren der Ringnut bei dispersionsgehärteten Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen lassen sich im Vergleich zu heutigen Kolben erheblich geringere Verschleißraten erreichen. Aus diesem Grund können Kolben aus Aluminiumbasis-Verbundwerkstoffen mit lasernitrierten Bereich, bezüglich Verbrennungsdruck- und temperatur, in eine Leistungsklasse gelangen, die bisher nur den sehr viel teureren und schwereren Stahlskolben vorbehalten war.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer Verschleißschuttschicht in oberflächennahen Bereichen von Bauteilen, insbesondere Kolben für Verbrennungskraftmaschinen, aus einem Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff, wobei zumindest Teile der Oberfläche der Bauteile eine Härtung erfahren haben und die Verschleißschuttschicht aus Aluminiumnitriden in einer Aluminiummatrix gebildet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschleißschuttschicht mittels einer Lasernitrierbehandlung erzeugt wird, wobei Energie impulsförmig in die Oberfläche eingebracht wird, so dass sich in den oberflächennahen Bereichen eine Umschmelzschicht bildet und dass es dabei zu einer Umsetzung von Stickstoff aus einer Stickstoffatmosphäre oder aus der Luft mit Aluminium aus dem Verbundwerkstoff kommt, so dass die Aluminiumnitride in der Umschmelzschicht fein dispers und gradiert vorliegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff aus einer Aluminiummatrix und einer inkohärent vorliegenden Verstärkungsphase besteht und dass die Verstärkungsphase aus Oxiden, Karbiden, Nitriden oder Boriden gebildet wird, wobei der Anteil der Verstärkungsphase in der Aluminiummatrix zwischen $5\text{ Gew.}\%$ und $50\text{ Gew.}\%$, vorzugsweise zwischen $20\text{ Gew.}\%$ und $40\text{ Gew.}\%$, liegt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oxide, Karbide, Nitride oder Boride der Verstärkungsphase in einer Ausdehnung von bis zu $50\text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt in einer Ausdehnung zwischen $0,01$ und $1\text{ }\mu\text{m}$, vorliegen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lasernitrierbehandlung der Bauteile mittels ultravioletter, grüner oder infraroter Laserstrahlung, bevorzugt mittels eines Excimerlasers, oder eines Nd:YAG-Lasers, durchgeführt wird. 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lasernitrierbehandlung der Bauteile bei Drücken zwischen 0,1 bis 9 bar, bevorzugt bei Drücken zwischen 2 und 4 bar, durchgeführt wird. 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lasernitrierbehandlung mit einer Energiedichte von 0,7 bis 6 J/cm², vorzugsweise von 2 bis 4 J/cm², durchgeführt wird. 15
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der Belichtungsvorgänge je Flächenelement mittels des Lasers zwischen 5 und 300 Belichtungsvorgängen je Flächeneinheit variiert, wobei die Belichtung der Bauteile bevorzugt mit ca. 120 Belichtungsvorgängen je Flächeneinheit durchgeführt wird. 20 25
8. Bauteil hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil aus einem Aluminiumbasis-Verbundwerkstoff besteht und zumindest in Teilbereichen eine mittels einer Lasernitrierbehandlung erzeugte Verschleißschicht aufweist, in der die Aluminiumnitride fein dispers und gradiert vorliegen. 30 35
3. Process according to one of claims 1 and 2, **characterised in that** the oxides, carbides, nitrides or borides of the reinforcing phase are present in a range of up to 50 µm, preferably in a range between 0.01 and 1 µm.
4. Process according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the laser-nitriding treatment of the components is carried out by means of ultraviolet, green or infrared laser radiation, preferably by means of an excimer laser, or an Nd: YAG laser.
5. Process according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the laser-nitriding treatment of the components is carried out at pressures between 0.1 to 9 bar, preferably at pressures between 2 and 4 bar.
6. Process according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the laser-nitriding treatment is carried out at an energy density of 0.7 to 6 J/cm², preferably from 2 to 4 J/cm².
7. Process according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the number of exposure processes per surface element by means of the laser varies between 5 and 300 exposure processes per surface unit, wherein exposure of the components is preferably carried out using about 120 exposure processes per surface unit.

Claims

1. Process for producing a wear-resistant layer in regions of components which are close to the surface, in particular pistons for internal combustion engines, from an aluminium-based composite material, wherein at least parts of the surface of the components have experienced hardening and the wear-resistant layer is formed from aluminium nitrides in an aluminium matrix, **characterised in that** the wear-resistant layer is produced by means of a laser-nitriding treatment, wherein energy is introduced into the surface in the form of pulses, so that a remelting layer is formed in the regions close to the surface and that there is thus a reaction of nitrogen from a nitrogen atmosphere or from the air with aluminium from the composite material, so that the aluminium nitrides are present in the remelting layer in finely dispersed and graduated form. 40 45 50 55
2. Process according to claim 1, **characterised in that** the aluminium-based composite material consists of an aluminium matrix and an incoherently present reinforcing phase and **in that** the reinforcing phase is formed from oxides, carbides, nitrides or borides, wherein the proportion of reinforcing phase in the aluminium matrix lies between 5 wt.% and 50 wt.%, preferably between 20 wt.% and 40 wt.%.
8. Component produced according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** the component consists of an aluminium-based composite material and has, at least in part regions, a wear-resistant layer produced by means of a laser-nitriding treatment, in which the aluminium nitrides are present in finely dispersed and graduated form.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une couche de protection contre l'usure dans des zones proches de la surface de composants, en particulier des pistons pour des machines à combustion interne, à partir d'un matériau composite à base d'aluminium, sachant qu'au moins des parties de la surface des composants ont subi un durcissement et la couche de protection contre l'usure est formée de nitrures d'aluminium dans une matrice d'aluminium, **caractérisé en ce que** la couche de protection contre l'usure est produite à

l'aide d'un traitement de nitruration au laser, sachant que de l'énergie est introduite par impulsions dans la surface, de manière que, dans les zones proches de la surface, se forme une couche de remise en fusion, et qu'alors se produise une conversion de l'azote, issu de l'atmosphère contenant de l'azote, ou de l'air, avec de l'aluminium issu du matériau composite, de manière que le nitrure d'aluminium se présente dans la couche de remise en fusion de façon finement dispersé et graduée.

5

10

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le matériau composite à base d'aluminium est composé d'une matrice d'aluminium et d'une phase de renforcement se présentant de façon incohérente, et **en ce que** la phase de renforcement est formée d'oxydes, de carbures, de nitrures, ou de borures, la proportion de la phase de renforcement dans la matrice d'aluminium étant située dans la fourchette comprise entre 5 % en poids et 50 % en poids, de préférence entre 20 % en poids et 40 % en poids. 15
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** les oxydes, les carbures, les nitrures, ou les borures de la phase de renforcement se présentent en une étendue allant jusqu'à 50 μm , de préférence en une étendue comprise dans la fourchette entre 0,01 et 1 μm . 20 25 30
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le traitement de nitruration au laser des composants est effectué en utilisant un rayonnement laser ultra-violet, vert ou infrarouges, de préférence au moyen d'un laser excimère, ou d'un laser Nd: YAG. 35
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le traitement de nitruration au laser des composants est effectué à des pressions comprises dans la fourchette entre 0,1 et 9 bar, de préférence à des pressions comprises entre 2 et 4 bar. 40
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le traitement de nitruration au laser est effectué avec une densité d'énergie de 0,7 joule/cm² à 6 joules/cm², de préférence de 2 à 4 joules/cm². 45 50
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le nombre des processus d'irradiation par élément de surface, au moyen du laser, varie entre 5 et 300 processus d'irradiation par unité de surface, l'irradiation des composants étant effectuée de préférence avec environ 120 processus d'irradiation par unité de surface. 55

8. Composant fabriqué selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le composant est composé d'un matériau composite à base d'aluminium et présente, au moins dans des zones partielles, une couche de protection contre l'usure produite à l'aide d'un traitement de nitruration au laser, couche dans laquelle les nitrures d'aluminium se présentent de façon finement dispersé et graduée.

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

- US 4750945 A [0003]
- EP 0745450 A2 [0005]
- US 5511603 A [0008]
- WO 9932677 A [0009]
- DD 294289 A5 [0011]