



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2006 023 396 B4 2009.04.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2006 023 396.4

(22) Anmelddatum: 17.05.2006

(43) Offenlegungstag: 22.11.2007

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16.04.2009

(51) Int Cl.⁸: C23C 30/00 (2006.01)

F02F 3/00 (2006.01)

F02F 5/00 (2006.01)

F02F 1/00 (2006.01)

B22F 7/02 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, DK

(74) Vertreter:

Patentanwälte Munk, 86150 Augsburg

(72) Erfinder:

Benzon, Michael Eis, Fredensborg, DK; Moczulski, Lech, Hvidovre, DK; Fogh, Jesper Weis, Frederiksberg, DK

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 197 27 375 C1

DE 23 23 242 C3

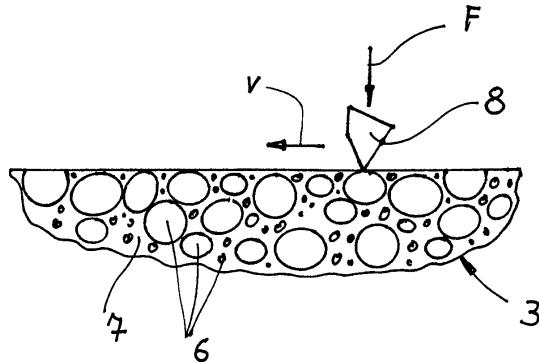
DE 197 56 580 A1

EP 07 73 844 B1

WO 02/0 53 311 A2

(54) Bezeichnung: Verschleißschutzbeschichtung sowie Verwendung und Verfahren zur Herstellung einer solchen

(57) Hauptanspruch: Verschleißschutzbeschichtung für aus einem metallischen Basismaterial (1) bestehende Bauteile von Maschinen, insbesondere von Zweitakt-Großdieselmotoren, die auf dem Basismaterial (1) angebracht ist und aus wenigstens einer Schicht (3) mit in einer aus einer Ni-Legierung bestehenden metallischen Matrix (7) aufgenommenen Partikeln (6) aus keramischem Material besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (7) aus einem Material besteht, dessen Schmelzpunkt niedriger als der Schmelzpunkt des Basismaterials ist, wobei die die Matrix (7) bildende Ni-Legierung zumindest noch P als Legierungselement enthält.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft gemäß einem ersten Erfindungsgedanken eine Verschleißschutzbeschichtung für aus einem metallischen Basismaterial bestehende Bauteile von Maschinen, insbesondere von Zweitakt-Großdieselmotoren, die auf dem Basismaterial aufgebracht ist und aus wenigstens einer Schicht mit in einer aus einer Ni-Legierung bestehenden metallischen Matrix aufgenommenen Partikeln aus keramischem Material besteht.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine Verwendung sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Verschleißschutzbeschichtung.

[0003] Aus der DE 103 19 141 A1 sind eine Verschleißschutzbeschichtung sowie ein Verfahren oben genannter Art bekannt. Hierbei ist die die keramischen Partikel aufnehmende Matrix als Ni, Cr, B, Si – Legierung ausgebildet. Der Schmelzpunkt dieses Materials liegt in einem Temperaturbereich von oberhalb 1300°C und damit sehr hoch, jedenfalls höher als der Schmelzpunkt von normalerweise als Basismaterial Verwendung findenden Materialien, wie Gusseisen etc.. Der Schmelzpunkt von Gusseisen liegt bei lediglich 1100°C. Infolge der hohen Schmelztemperatur der Matrix besteht die Gefahr, dass sich die Karbide, die in der Regel die Keramikpartikel bilden, auflösen oder in andere Karbidformen mit geringerer Größe und Härte umwandeln, was den gewünschten Verschleißschutz beeinträchtigen kann und daher unerwünscht ist. Außerdem ist bei Verwendung des genannten Matrix-Materials der Anteil der Karbide an der Beschichtung stark begrenzt. Bei der bekannten Anordnung ist ein Anteil von maximal 50% vorgesehen. Ein weiterer Nachteil des genannten Standes der Technik ist darin zu sehen, dass die Temperatur des auf das Grundmaterial aufzubringenden Beschichtungsmaterials infolge der hohen Schmelztemperatur des Matrix-Materials sehr hoch ist, so dass es zu einer Schädigung des Grundmaterials bzw. zu einem unerwünschten Verzug des Grundmaterials und zu inneren Spannungen innerhalb des Grundmaterials kommen kann, die eine Rissbildung begünstigen. Um dem vorzubeugen ist ein hoher Aufwand beim Auftragen des Beschichtungsmaterials und bei der Abkühlung der Beschichtung erforderlich.

[0004] Die EP 7 73 844 B1 beschreibt eine Verschleißschutzschicht für eine Gießwalze einer Bandgießanlage. Diese Gießwalze besitzt einen aus Kupfer, das eine gute Wärmeleitfähigkeit hat, bestehenden Mantel, der mit einer Verschleißschutzschicht mit in eine Nickel-Kobalt-Legierung eingebetteten keramischen Partikeln versehen ist. Als vorteilhafte Ausgestaltung der genannten Nickel-Kobalt-Legierung wird eine hochwarme Gasturbinenschaufellegierung vorgeschlagen. Der Schmelzpunkt derartiger

Legierungen liegt nicht nur weit über der Schmelztemperatur von hier als Basismaterial Verwendung findendem Kupfer, sondern auch über der Schmelztemperatur von Gusseisen etc. Es sind daher auch hier die obigen Nachteile zu befürchten.

[0005] Die DE 23 23242 C3 beschreibt eine Verschleißschutzbeschichtung auf der Schneide eines Stahlsägeblatts. Diese Verschleißschutzbeschichtung besteht aus in ein Bindemittel in Form einer Nickellegierung eingebetteten Hartmetallkörnern. Für das durch eine Nickellegierung gebildete Bindemittel wird hier mit einer Schmelztemperatur von ca. 1000°C gerechnet.

[0006] Die DE 197 27 375 C1 beschreibt eine Verschleißschutzschicht für ein Werkzeug zur Glasverarbeitung, insbesondere für einen Preßstempel oder Pegel zur Herstellung von Hohlgas. Auch hier liegt ein Werkzeug vor und kein Maschinenteil. Die Verschleißschutzbeschichtung besteht aus in einer Matrix aufgenommenen Metallcarbiden. Für das Matrixmaterial wird Nickel und eine Nickellegierung vorgeschlagen. Die Beschichtung wird in den Werkzeugrohling eingesintert oder eingeschmolzen, wobei eine Sintertemperatur von 1100°C bis 1160°C in Betracht gezogen wird.

[0007] Die DE 197 56 580 A1 beschreibt einen Motorstößel mit Verschleißschutzbeschichtung. Der Stößel besteht aus Stahl oder Gusseisen. Die Verschleißschutzschicht besteht aus einer Nickel-Matrix, in die harte Partikel eingelagert sind. Dieses Beschichtungsmaterial wird bei einer Temperatur von 1200°C und darüber gesintert.

[0008] Die WO 02/05 3311 A2 beschreibt eine ähnliche Anordnung wie die EP 773 844 B1, nämlich einen Kupfermantel einer Gießrolle einer Bandgießmaschine, der mit einer Schutzschicht versehen ist, die aus einer Nickellegierung oder Chromlegierung und hierin eingelagerten Keramikpartikeln besteht.

[0009] Hiervon ausgehend ist es daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, unter Vermeidung der eingangs genannten Nachteile die gattungsgemäße Verschleißschutzbeschichtung so zu verbessern, dass nicht nur eine hohe Tragfähigkeit gewährleistet ist, sondern auch negative Auswirkungen auf das Grundmaterial vermieden werden. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein einfaches und kostengünstiges Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Verschleißschutzbeschichtung zur Verfügung zu stellen.

[0010] Der auf die Verschleißschutzbeschichtung sich beziehende Teil der Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Matrix aus einem Material besteht, dessen Schmelzpunkt niedriger als der Schmelzpunkt des Basismaterials ist, wobei die die

Matrix bildende Ni-Legierung zumindest noch P als Legierungselement enthält.

[0011] Durch die Verwendung von P als Legierungselement kann die Schmelztemperatur von Nickel in vorteilhafter Weise von etwa 1400°C auf ca. 850°C reduziert werden. Die Schmelztemperatur der erfindungsgemäßen Matrix liegt daher deutlich unterhalb der Schmelztemperatur von Materialien, die für das Basismaterial in Frage kommen, wie Gusseisen. Hiermit werden die Nachteile des gattungsgemäßen Standes der Technik vollständig beseitigt. In Folge der niedrigen Schmelztemperatur des Matrixmaterials ist sichergestellt, dass eine Auflösung oder Umwandlung der vorhandenen Carbide nicht zu befürchten ist. Das Beschichtungsmaterial kann daher einen hohen Anteil an die keramischen Partikel bildenden Carbide enthalten, die in ihrer ursprünglichen Form und Zusammensetzung erhalten bleiben. Fremdkörper finden daher wenig Eindringmöglichkeiten. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass eine Schädigung des Basismaterials in Form von Verzug, Abkühlungsspannungen bzw. Rissen etc. ebenfalls nicht zu befürchten ist. Die erfindungsgemäßen Maßnahmen führen dementsprechend insgesamt zu einer hohen Tragfähigkeit und langen Lebensdauer.

[0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen und zweckmäßige Fortbildungen der vorstehenden Maßnahmen sind in den Unteransprüchen angegeben. So kann die die Matrix bildende Nickellegierung zweckmäßig außer P auch Si als Legierungselement enthalten. Durch die Anwesenheit von Silizium (Si) in Verbindung mit Phosphor (P) lassen sich die obigen Vorteile noch steigern.

[0013] Eine durch Versuche optimierte Zusammensetzung des Matrix-Materials besteht vorteilhaft aus 1–15 Vol%, vorzugsweise 3,65 Vol% P, 1–6 Vol%, vorzugsweise 2,15 Vol% Si und Rest zumindest Ni.

[0014] Je enger die Keramikpartikel einander benachbart sind, um so weniger Angriffsmöglichkeiten für Fremdkörper sind geboten. Zweckmäßig besteht das Beschichtungsmaterial daher überwiegend aus Keramikpartikeln. Vorteilhaft ist ein Volumenverhältnis von Keramik zu Matrix von mindestens 60 zu 40 bzw. ein Gewichtsverhältnis von mindestens 75 zu 25 vorgesehen.

[0015] Dieser Vorteil wird dadurch noch verstärkt, dass keramische Partikel unterschiedlicher Größe vorhanden sind, wobei die kleineren Teilchen die Zwischenräume zwischen den größeren Teilchen einnehmen können. Zweckmäßig können die keramischen Partikel daher etwa kugelförmig ausgebildet sein, wobei Durchmesser von 30 µm–400 µm vorgesehen sein können und bevorzugte Werte im Bereich von 40 µm–160 µm liegen. Die Härte liegt vorteilhaft bei 3000 HV.

[0016] Eine weitere vorteilhafte Maßnahme kann darin bestehen, dass die Beschichtung mehrschichtig ausgebildet ist, wobei unten und oben Schichten mit vergleichsweise wenig oder keinen keramischen Partikeln vorgesehen sind. Mit Hilfe der Mehrschichtigkeit lässt sich auf einfache Weise eine hohe Beschichtungs-Gesamtdicke erzielen. Die keramikfreien Schichten können dabei in vorteilhafter Weise eine dünne, untere Bindeschicht, welche die Anbindung an das Grundmaterial begünstigt, und eine obere Abdeckschicht, welche eine nachträgliche Bearbeitung erleichtert, bilden.

[0017] Infolge der niedrigen Schmelztemperatur des Matrix-Materials kann die Beschichtung in vorteilhafter Weise als Sinterformling ausgebildet sein, der auf das Basismaterial aufgesintert ist.

[0018] Die auf das Verfahren sich beziehende Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Basismaterial zumindest im zu beschichtenden Bereich höchstens bis kurz unterhalb des Schmelzpunkts des Basismaterials erwärmt wird und dass gleichzeitig oder im direkten Anschluss an diesen Erwärmungsvorgang auf die erwärmte Oberfläche des Basismaterials eine das der Matrix zugrunde liegende Material und die Keramikpartikel enthaltende Materialmischung aufgebracht und mittels der dem Basismaterial zugeführten Wärme auf dieses aufgesintert wird, wobei die Menge der jeweils aufgebrachten Materialmischung so bemessen ist, dass die dem Basismaterial zugeführte Wärme ausreicht, um das in der Materialmischung enthaltene Matrix-Material zu schmelzen.

[0019] Der niedrige Schmelzpunkt des Matrix-Materials ermöglicht in vorteilhafter Weise eine Nutzung der zugeführten Wärme zum direkten Aufsintern der Beschichtung. Das Beschichtungsmaterial kann daher in vorteilhafter Weise dem Basismaterial in einem festen Aggregatzustand zugeführt werden, was eine besonders einfache Arbeitsweise ergibt. Dennoch wird durch die genannte Bemessung ein zuverlässiger Sintervorgang erreicht.

[0020] Vorteilhaft kann nach einem ersten Sintervorgang wenigstens ein weiterer Erwärmungsvorgang erfolgen. Dies führt in vorteilhafter Weise zu einer Verfestigung der oberflächennahen Bereiche und zu einer glatten Ausbildung der Oberfläche.

[0021] Zweckmäßig kann die Materialmischung in Pulverform auf das Basismaterial aufgebracht werden. Dies ergibt eine einfache Gestaltung des Aufbringvorgangs.

[0022] In weiterer Fortbildung der übergeordneten Maßnahmen kann die zu beschichtende Oberfläche zumindest während des Sintervorgangs mit Schutzgas beaufschlagt werden. Hierdurch wird eine Oxi-

dierung verhindert.

[0023] Eine weitere zweckmäßige Maßnahme kann darin bestehen, dass die auf das Basismaterial aufzubringende Materialmischung vor und/oder während des Aufbringvorgangs vorgeheizt wird. Hierdurch wird die Sinterung beschleunigt.

[0024] Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und vorteilhafte Weiterbildungen der übergeordneten Maßnahmen sind in den restlichen Unteransprüchen angegeben und aus der nachstehenden Beispielsbeschreibung anhand der Zeichnung näher entnehmbar.

[0025] In der nachstehend beschriebenen Zeichnung zeigen:

[0026] [Fig. 1](#) einen Teilschnitt durch ein mit einer Verschleißschutzbeschichtung versehenes Bauteil,

[0027] [Fig. 2](#) einen Teilschnitt durch die Verschleißschutzbeschichtung im Betriebszustand in gegenüber [Fig. 1](#) vergrößertem Maßstab und

[0028] [Fig. 3–Fig. 5](#) mehrere Verfahrensschritte bei der Herstellung einer Verschleißschutzbeschichtung einer Kolbenringnut.

[0029] Die Erfindung ist überall dort einsetzbar, wo es darum geht, einen Verschleiß von verschleißgefährdeten Bauteilen zu mindern oder zu verhindern. Hauptanwendungsgebiet der Erfindung sind die Tragflächen von Kolbenringnuten, die Laufflächen von Kolbenringen, Zylinderbuchsen, Kolben, Kreuzkopfführungen und dergleichen von Großmotoren, insbesondere Zweitakt-Großdieselmotoren.

[0030] Bauteile der genannten Art bestehen, wie in [Fig. 1](#) angedeutet ist, aus einem metallischen Basismaterial 1, z. B. Gusseisen, und sind im Bereich der verschleißgefährdeten Oberfläche mit einer auf das Basismaterial 1 aufgebrachten Beschichtung 2 versehen. Bei dem der [Fig. 1](#) zugrundeliegenden Beispiel ist die Beschichtung 2 mehrschichtig ausgebildet. In jedem Fall ist eine hier durch die mittlere Schicht gebildete Tragschicht 3 vorgesehen, die aus keramischem Material, vorzugsweise Wolframkarbid (WC), bestehende Partikel enthält, die in einer aus metallischem Material bestehenden Matrix aufgenommen sind.

[0031] Unterhalb der Tragschicht 3 befindet sich im dargestellten Beispiel eine Bindeschicht 4, oberhalb der Tragschicht 3 eine Deckschicht 5. Die Bindeschicht 4 hat die Aufgabe, eine gute Anbindung der Beschichtung 2 an das Basismaterial 1 zu bewerkstelligen. Die Deckschicht 5 hat die Aufgabe, die nachträgliche Bearbeitung der Beschichtung 2 zu erleichtern.

[0032] Nach Entfernung der Deckschicht 5, das heißt im normalen Betriebszustand, ist die Tragschicht 3, wie [Fig. 2](#) anschaulich zeigt, freigelegt und bildet die einem Verschleißangriff ausgesetzte Außenseite des betreffenden Bauteils. Die Tragschicht 3 besteht, wie schon erwähnt, aus keramischen Partikeln 6, die in einer metallischen Matrix 7 aufgenommen sind. Die keramischen Partikel 6 sind zweckmäßig kugelförmig ausgebildet, wobei Durchmesser im Bereich von 30 µm bis 400 µm vorgesehen sein können. Bevorzugte Durchmesser liegen zwischen 40 µm und 160 µm. Auf diese Weise wird erreicht, dass zwischen größeren Keramikpartikeln 6 kleinere Keramikpartikel 6 positioniert sein können, wie [Fig. 2](#) anschaulich zeigt. Dies ermöglicht einen hohen Keramikgehalt der Tragschicht 3. Diese kann überwiegend aus keramischen Partikeln bestehen. Zweckmäßig ist dabei ein Volumenverhältnis von keramischen Partikeln 6 zu Matrix 7 von mindestens 60 zu 40 vorgesehen. Dies ergibt bei Verwendung der noch zu beschreibenden Materialien ein Gewichtsverhältnis von mindestens 75 zu 25.

[0033] In [Fig. 2](#) angedeutete Fremdkörper 8, wie Verbrennungsrückstände, Materialabrieb etc., die spitze Kanten haben können und mit einer Kraft F an die verschleißgefährdete Oberfläche angedrückt und mit einer Geschwindigkeit v gegenüber dieser bewegt werden, finden dabei wenig Möglichkeiten, in diese Oberfläche einzudringen, da sowohl die großen Keramikpartikel 6 als auch die Ansammlungen kleinerer Keramikpartikel 6 die Fremdkörper 8 abweisen, wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist.

[0034] Die Keramikpartikel 6 bestehen bevorzugt, wie schon erwähnt, aus WC und besitzen eine Härte im Bereich von mindestens 3000 HV. Das die Matrix 7 bildende Material besteht zweckmäßig aus einer Nickel-Legierung, die außer Nickel (Ni) zumindest noch Phosphor (P) enthält. Zusätzlich kann vorteilhaft auch noch Silizium (Si) vorgesehen sein. Durch P oder Si in Kombination mit Si wird die Schmelztemperatur von Ni von etwa 1400°C auf ca. 850°C gesenkt und damit deutlich unter die Schmelztemperatur des Basismaterials 1 gebracht, die z. B. bei Guss-eisen bei 1100°C liegt.

[0035] Materialien mit 1–15 Vol% P, 1–6 Vol% Si und Rest Ni sind zur Bildung der Matrix 7 gut geeignet. Bei einem Gehalt von 3,65 Vol% P, 2,15 Vol% Si und Rest Ni lassen sich besonders gute Ergebnisse erreichen, wie durch Versuche bestätigt werden konnte.

[0036] Im Bereich der Tragschicht 3 liegt eine etwa gleichmäßige Konzentration an Keramikpartikeln 6 vor. Diese Konzentration nimmt zur Ober- und Unterseite der Beschichtung 2 hin ab. Zweckmäßig bestehen die Bindeschicht 4 und die Deckschicht 5 nur aus Matrix-Material ohne Keramikeinlagerungen. Es wäre natürlich auch denkbar, zur Bildung der Binde-

schicht **4** und/oder Deckschicht **5** anstelle von Matrix-Material ein anderes geeignetes Metall zu verwenden.

[0037] Die Beschichtung **2** ist zweckmäßig als Sinterformling ausgebildet, der auf das Basismaterial **1** aufgesintert ist. Hierzu wird das Basismaterial **1** im Bereich der zu beschichtenden Oberfläche bis höchstens kurz unterhalb des Schmelzpunkts des Basismaterials **1** erwärmt. Im Falle der Verwendung von Gusseisen als Basismaterial **1** darf die Erwärmung daher höchstens nur bis kurz unterhalb von 1100°C, also beispielsweise bis höchstens ca. 1050°C gehen. Direkt im Anschluss an diese Erwärmung oder mit dieser wird das die Beschichtung **2** bildende Material auf das Grundmaterial **1** aufgebracht. Dabei kann es sich um eine Pulvermischung handeln, die das Matrix-Material und die Keramikpartikel in der gewünschten Konzentration enthält.

[0038] Das Pulvermaterial kann mechanisch oder pneumatisch aufgebracht werden. Es wäre aber auch denkbar, aus einer pulverförmigen Materialmischung, welche das Matrix-Material und die Keramikpartikel in der gewünschten Konzentration enthält, durch Sinterung einen Draht, ein Band oder an die Konfiguration der zu beschichtenden Oberfläche angepasste Formteile zu bilden und diesen bzw. diese auf die zu beschichtende Oberfläche aufzulegen, wobei in vorteilhafter Weise eine gewisse Fixierung durch Löten etc. möglich ist. Zur Fixierung der pulverförmigen Materialmischung kann ein Bindemittel, z. B. Wasserglas, Verwendung finden, das beim Sintervorgang verschwindet.

[0039] Wichtig ist in jedem Fall dass die aufgebrachte Menge der Materialmischung die Menge nicht übersteigt, deren Matrixanteil mittels der beim Erwärmungsvorgang zugeführten Wärme geschmolzen werden kann. Durch Einhaltung dieser Bedingung wird ein zuverlässiger Sintervorgang erreicht.

[0040] Die Wärmezufuhr kann auch in mehreren Stufen erfolgen. So kann mit Hilfe eines ersten Erwärmungsvorgangs eine Vorsinterung des aufgebrachten Materials durchgeführt werden. In einem nachfolgenden weiteren Erwärmungsvorgang kann dann eine Endsinterung durchgeführt werden. Im Falle einer vergleichsweise großen Dicke der Beschichtung **2** sind die Vorgänge der Erwärmung und der Materialzufuhr mehrmals hintereinander durchzuführen. Dabei können gleiche oder unterschiedliche Materialzusammensetzungen Verwendung finden. Zweckmäßig erfolgt die Materialzufuhr und Erwärmung bei aufeinanderfolgenden Vorgängen in einander kreuzenden Richtungen.

[0041] Die Materialzusammensetzung ist der jeweiligen Funktion angepasst. Bei einer mehrschichtigen Beschichtung der aus [Fig. 1](#) entnehmbaren Art sind

in jedem Fall mehrere Beschichtungsvorgänge erforderlich, wobei in einem ersten Schritt nur die Binde- schicht **4** und in wenigstens einem oder mehreren weiteren Schritten die Tragschicht **3** und dann schließlich die Deckschicht **5** aufgetragen werden. Es ist auch denkbar, zur Glättung der Oberfläche einen abschließenden Erwärmungsvorgang durchzuführen.

[0042] Die Erwärmung kann in unterschiedlicher Weise erfolgen, wobei die gewählten Einrichtungen an die Verhältnisse des Einzelfalls angepasst sein können. So ist z. B. für die Erwärmung schlecht zugänglicher Bereiche die Verwendung einer Induktionsspule denkbar. Dies kann beispielsweise im Falle von Kolbenringnuten besonders zweckmäßig sein. Denkbar wäre aber auch eine Erwärmung des zu beschichtenden Bauteils in einem Ofen oder durch eine Gasflamme oder einen Laserstrahl etc.. Bei der Erwärmung im Ofen kann der die Beschichtung **2** bildende Materialmix bereits vor der Einbringung des Bauteils in den Ofen oder unmittelbar nach Entnahme des Bauteils aus dem Ofen aufgebracht werden. Wärmequellen, die eine lokale Erwärmung bewerkstelligen, wie eine Gasflamme, ein Laserstrahl oder eine Induktionsspule werden zweckmäßig gegenüber dem zu beschichtenden Bauteil mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegt. Dabei kann die Zufuhr des Beschichtungsmaterials entweder dem sich bewegenden Heizfleck folgend unmittelbar neben diesem oder direkt in diesem erfolgen. Bei der Verwendung eines Laserstrahls wird das Beschichtungsmaterial zweckmäßig direkt zum vom Laserstrahl erzeugten Heizfleck zugeführt.

[0043] Auch eine Vorwärmung der die Beschichtung bildenden Materialmischung ist möglich. In diesem Fall wird die dem Grundmaterial **1** zur Bewerkstellig- gung einer Sinterung zuzuführende Wärme reduziert und dennoch ein guter Sintervorgang erreicht. In manchen Fällen kann die aufzubringende Materialmischung bereits soweit erhitzt sein, dass das Matrixmaterial bereits geschmolzen ist, so dass die erforderliche Erwärmung des Grundmaterials sehr stark reduziert werden kann oder ganz verzichtbar ist.

[0044] Den [Fig. 3–Fig. 5](#) liegt die Beschichtung der Tragfläche einer Kolbenringnut **9** eines Kolbens **10** eines Zweitakt-Großdieselmotors zugrunde. Das Oberteil des Kolbens **10**, das mit mehreren hintereinander angeordneten Kolbenringnuten **9** versehen ist, besteht in der Regel aus Gusseisen. Zur Erwärmung des durch Gusseisen gebildeten Grundmaterials findet im dargestellten Beispiel, wie aus [Fig. 3](#) entnehmbar ist, eine Induktionsspule **11** Verwendung, die oberhalb der zu beschichtenden Oberfläche in der Kolbenringnut **9** platziert wird. Es wäre denkbar, aus mehreren Induktionsspulen **11** eine über den ganzen Umfang der Kolbenringnut **9** umlaufende Anordnung zu bilden. In der Regel genügt jedoch eine

sich lediglich über einen Teilbereich des Nutumfangs erstreckende Induktionsspule **11**, die umlaufend bewegt wird. Selbstverständlich wäre es auch denkbar, die Induktionsspule **11** stationär anzurufen und dafür den Kolben **10** zu drehen. Wichtig ist, dass sich eine Relativbewegung ergibt, so dass die einen lokalen Fleck erwärmende Induktionsspule nacheinander den gesamten Umfang der zu beschichtenden Oberfläche erwärmen kann.

[0045] Der die Beschichtung bildende Materialmix wird hier in pulverförmiger Form zugeführt. Hierzu ist eine Blasdüse **12** vorgesehen, mittels welcher der pulverförmige Materialmix entweder direkt in den Bereich des von der Induktionsspule **11** erzeugten Heizflecks zugeführt wird, oder in einen diesem direkt folgenden Bereich.

[0046] Zweckmäßig wird der Bereich, in den die Zufuhr des Materialmixes erfolgt, mit Schutzgas beaufschlagt. Hierzu kann zur Bewerkstelligung des pneumatischen Transports des Materialmixes Schutzgas Verwendung finden. Im dargestellten Beispiel ist die Blasdüse **12** hierzu mit zusätzlichen, peripheren Schutzgasdüsen **13** versehen.

[0047] Zur Herstellung der der [Fig. 1](#) zugrundeliegenden, mehrschichtigen Beschichtung **2** wird der oben beschriebene Vorgang mehrmals wiederholt, wobei bei der Herstellung der Bindeschicht **4** und der Deckschicht **5** lediglich Matrixmaterial enthaltendes Pulver zugeführt wird. Sofern die Tragschicht **3** eine Dicke aufweist, die nicht auf einmal hergestellt werden kann, werden auch zur Herstellung der Tragschicht **3** mehrere Vorgänge oben genannter Art durchgeführt. In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, nach Aufbringung des gesamten, die Tragschicht **3** bildenden Materialmixes noch einen weiteren Erwärmungsvorgang ohne Materialaufbringung durchzuführen. Dies liegt der [Fig. 4](#) zugrunde. Dabei ist die Induktionsspule **11** aktiviert. Zur Vermeidung einer Oxidation können auch die Düsen **13** zur Zufuhr von Schutzgas aktiviert sein. Die Blasdüse **12** zur Zufuhr von Beschichtungsmaterial ist dabei passiviert. Dieser zusätzliche Erwärmungsvorgang sorgt in vorteilhafter Weise für eine zuverlässige Sinterung auch der oberflächennahen Bereiche sowie eine Glättung der Oberfläche.

[0048] Nach Abschluss des Beschichtungsvorgangs kann die aufgebrachte Beschichtung zwei, wie in [Fig. 5](#) angedeutet ist, für den Abkühlvorgang mittels eines durch ein Blech etc. gebildeten Deckelements **14** abgedeckt werden, das eine Oxidation während des Abkühlvorgangs verhindert. Das Abdeckelement **14** wird vor seiner Anbringung auf der mit der Oberseite der Beschichtung zwei in Kontakt kommenden Seite zweckmäßig mit einem Trennmittel behandelt, so dass es nach Beendigung des Kühlvorgangs leicht entferbar ist.

[0049] Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Beschichtung zwei in eine von einem radial inneren Steg **15** der Kolbenringnut **9** bis zum radial äußeren Rand der Kolbenringnut **9** sich erstreckende, taschenförmige Ausnehmung **16** eingebracht, die nach radial außen offen ist. Um dennoch eine zuverlässige Beschichtung auch im Bereich des radial äußeren Rands zu ermöglichen, ist die Ausnehmung **16** während der Herstellung der Beschichtung **2** durch eine umlaufende Verschlussleiste **17** verschlossen, die nach Herstellung der Beschichtung **2** abgenommen wird. Die Verschlussleiste **17** ist dementsprechend im Bereich ihrer Innenseite mit einem Trennmittel behandelt. Um bei der Durchführung des Beschichtungsvorgangs eine Verschmutzung des Stegs **15** und der dahinter liegenden Bereiche der Kolbenringnut **9** zu verhindern ist im dargestellten Beispiel ein Abdeckelement **18** vorgesehen, das während des Beschichtungsvorgangs in den radial inneren Bereich der Kolbenringnut **9** eingelegt wird. Auch hier ist eine Behandlung mit einem Trennmittel zweckmäßig.

Patentansprüche

1. Verschleißschutzbeschichtung für aus einem metallischen Basismaterial (**1**) bestehende Bauteile von Maschinen, insbesondere von Zweitakt-Großdieselmotoren, die auf dem Basismaterial (**1**) angebracht ist und aus wenigstens einer Schicht (**3**) mit in einer aus einer Ni-Legierung bestehenden metallischen Matrix (**7**) aufgenommenen Partikeln (**6**) aus keramischem Material besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Matrix (**7**) aus einem Material besteht, dessen Schmelzpunkt niedriger als der Schmelzpunkt des Basismaterials ist, wobei die die Matrix (**7**) bildende Ni-Legierung zumindest noch P als Legierungselement enthält.

2. Verschleißschutzbeschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (**7**) aus einem Material besteht, dessen Schmelzpunkt deutlich niedriger, vorzugsweise um wenigstens 200°C niedriger als der Schmelzpunkt des Basismaterials ist.

3. Verschleißschutzbeschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die die Matrix (**7**) bildende Ni-Legierung außer P auch Si als Legierungselement enthält.

4. Verschleißschutzbeschichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (**7**) 1–15 Vol% P, 1–6 Vol% Si und Rest Ni enthält.

5. Verschleißschutzbeschichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (**7**) 3,65 Vol% P, 2,15 Vol% Si und Rest Ni enthält.

6. Verschleißschutzbeschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich-

net, dass das Volumenverhältnis von keramischen Partikeln (6) zu Matrix (7) mindestens 60 zu 40 und/oder das Gewichtsverhältnis mindestens 75 zu 25 beträgt.

7. Verschleißschutzbeschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die keramischen Partikel (6) kugelförmig sind und einen Durchmesser von 30–400 µm vorzugsweise 40–160 µm aufweisen.

8. Verschleißschutzbeschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die keramischen Partikel (6) die vorzugsweise zumindest teilweise aus WC bestehen, eine Härte im Bereich von 3000 HV aufweisen.

9. Verschleißschutzbeschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (2) mehrschichtig aufgebaut ist, wobei unten und oben Schichten (4 bzw. 5) mit vergleichsweise wenig oder ohne keramische Partikel (6) vorgesehen sind.

10. Verschleißschutzbeschichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die untere Schicht (4) und die obere Schicht (5) zumindest teilweise, vorzugsweise ganz, aus dem der Matrix (7) zugrundeliegendem Material bestehen.

11. Verschleißschutzbeschichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (2) als Sinterformung ausgebildet ist, der auf das Basismaterial (1) aufgesintert ist.

12. Verwendung einer Verschleißschutzbeschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (2) einem aus temperaturempfindlichem Material, vorzugsweise Gusseisen, bestehenden Bauteil wie den Kolbenringen, Kolbenringnuten, Zylinderbuchsen, Kolben, Führungen von Zweizylindergroßdieselmotoren, zugeordnet ist.

13. Verfahren zur Herstellung einer Verschleißschutzbeschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1–11, dadurch gekennzeichnet, dass das Basismaterial (1) zumindest im zu beschichtenden Bereich höchstens bis kurz unterhalb des Schmelzpunkts des Basismaterials (1) erwärmt wird und dass gleichzeitig oder im direkten Anschluss daran auf die erwärmte Oberfläche des Basismaterials (1) eine das der Matrix (7) zugrundeliegende Material und die Keramikpartikel (6) enthaltende Materialmischung aufgebracht und mittels der dem Basismaterial (1) zugeführten Wärme auf dieses aufgesintert wird, wobei die Menge der jeweils aufgebrachten Materialmischung so bemessen ist, dass die dem Basismaterial (1) zugeführte Wärme ausreicht, um das in

der aufgebrachten Materialmischung enthaltende Matrixmaterial zu schmelzen.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass nach einem ersten Sintervorgang wenigstens ein Erwärmungsvorgang ohne Materialzufuhr erfolgt.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die das der Matrix (7) zugrundeliegende Material und die Keramikpartikel (6) enthaltende Materialmischung in Pulverform auf das Basismaterial (1) aufgebracht wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Erwärmung des Basismaterials (1) eine oberflächenparallele Relativbewegung zwischen der zur Erwärmung vorgesehenen Wärmequelle und der zu beschichtenden Oberfläche vorgesehen ist und dass die das der Matrix (7) zugrundeliegende Material und die Keramikpartikel (6) enthaltende Materialmischung in einen dem jeweils erwärmten Fleck unmittelbar folgenden oder direkt in den jeweils erwärmten Fleck zugeführt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–16, dadurch gekennzeichnet, dass die zu beschichtende Oberfläche zumindest während des Sintervorgangs mit Schutzgas beaufschlagt wird.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13–17, dadurch gekennzeichnet, dass die auf das Basismaterial (1) aufzubringende Materialmischung vor und/oder während des Aufbringvorgangs vorgeheizt wird.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13–18, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (2) in mehreren, aufeinander folgenden Lagen (4, 3, 5) aufgebracht wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die aufeinanderfolgenden Lagen (4, 3, 5) unterschiedliche Materialzusammensetzungen aufweisen.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine untere Bindeschicht (4) und/oder eine obere Deckschicht (5) vorgesehen ist bzw. sind, die zumindest weitgehend, vorzugsweise ganz keramikfrei ist bzw. sind, vorzugsweise aus dem der Matrix (7) zugrundeliegenden Material besteht bzw. bestehen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.2

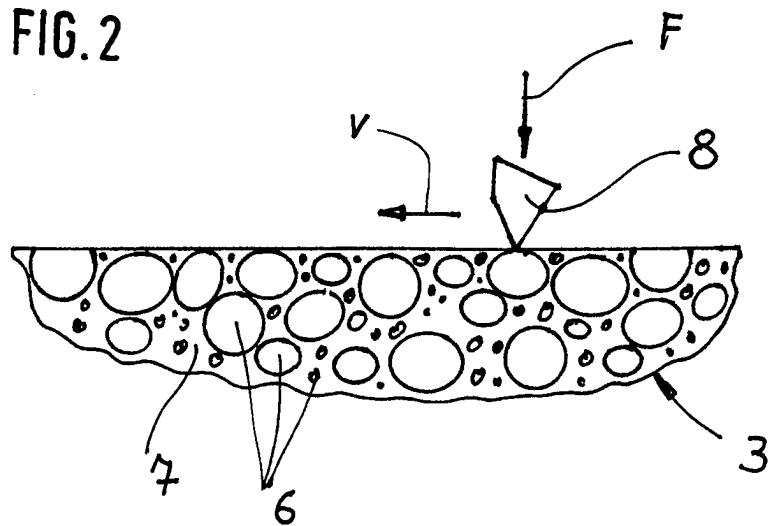


FIG.1

