



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 019 510 B3** 2008.09.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 019 510.0**
(22) Anmeldetag: **25.04.2007**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.09.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F16C 33/12** (2006.01)
F16J 9/26 (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 Diesel A/S, Copenhagen, DK

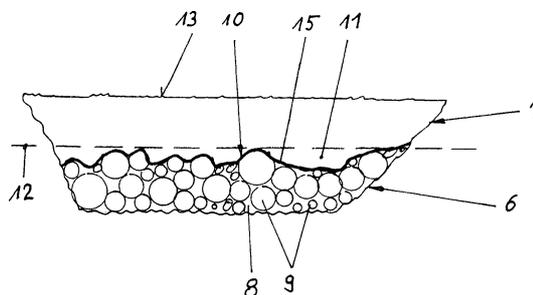
(74) Vertreter:
Munk, L., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 86150 Augsburg

(72) Erfinder:
Eis Benzon, Michael, Fredensborg, DK; Moczulski, Lech, Hvidovre, DK; Weis Fogh, Jesper, Frederiksberg, DK

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE10 2006 023396 A1
DE10 2005 017059 A1

(54) Bezeichnung: **Zu einer Gleitpaarung gehörendes Maschinenteil sowie Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Bei einem zu einer Gleitpaarung gehörenden Maschinenteil (4), das zumindest im Bereich der dem hiermit zusammenwirkenden Maschinenteil zugewandten Seite eine verschleißfeste Struktur (6) mit in einer metallischen Matrix aufgenommenen, vergleichsweise harten Partikeln und mit rauer und unebener Oberfläche aufweist, lassen sich dadurch der Herstellungsaufwand senken und ein gutes Einlaufverhalten erreichen, dass auf die verschleißfeste Struktur (6) eine deren obere Unebenheit und Rauheit ausgleichende Einlaufauflage (7) aufgebracht wird, die aus einem für Verschleiß während eines Einlaufvorgangs geeigneten Einlaufmaterial besteht, das vom Material der darunter sich befindenden, verschleißfesten Struktur (6) verschieden und metallurgisch hiermit verbunden ist und das weicher als die verschleißfeste Struktur (6) und höchstens gleich verschleißfest wie die Gleitfläche des jeweils gegenüberliegenden Maschinenteils ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Maschinenteil, das zu einer Gleitpaarung mit zwei gegeneinander bewegbaren Maschinenteilen eines Großmotors gehört, insbesondere eines Zweitakt-Großdieselmotors, und zumindest im Bereich der dem jeweils anderen Maschinenteil zugewandten Seite eine verschleißfeste Struktur mit in einer metallischen Matrix aufgenommenen Partikeln aus vergleichsweise hartem Material und mit rauher und unebener Oberfläche aufweist und das als Kolbenring oder Zylinderbüchse oder Kolben mit wenigstens einer Kolbenringnut oder anderes Gleitelement eines Großmotors ausgebildet ist.

[0002] Aus der DE 10 2006 023 396 A1 (nicht veröffentlicht) ergibt sich ein verschleißfeste Struktur in Form einer Verschleißschutzbeschichtung aufweisendes Maschinenteil eines Großmotors. Die Verschleißschutzbeschichtung besteht dabei aus in eine durch eine Ni-Legierung gebildete Matrix eingelagerten Keramikpartikeln. Dabei ist an der Oberseite der Beschichtung eine dünne, nur aus dem Matrixmaterial bestehende Deckschicht vorgesehen. Die Oberfläche dieser Deckschicht erweist sich jedoch, wie die Praxis gezeigt hat, als sehr rau und uneben, was für einen Einlaufvorgang ungünstig ist. Es ist daher eine Bearbeitung in Form eines Schleifvorgangs erforderlich. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dieser sehr zeitaufwendig und kostspielig ist. Hinzu kommt, dass die Ni-Legierung in Folge ihrer Härte für Einlaufzwecke ohnehin ungünstig ist.

[0003] Aus der DE 10 2005 017 059 A1 ergibt sich eine pressbeständige Beschichtung für ein gleitendes Maschinenteil, die als Pulver aufgebracht wird, z. B. nach dem HVOF-Verfahren. Bei dem Pulver handelt es sich um ein Composit-Pulver mit einem ersten FeMo-basierten Anteil und einem zweiten aluminiumbronze-basierten Anteil. Hiermit lassen sich jedoch die obigen Nachteile nicht beseitigen.

[0004] Hiervon ausgehend ist es daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Anordnung eingangs erwähnter Art so zu verbessern, dass der Herstellungsaufwand gesenkt und ein gutes Einlaufverhalten erreicht werden. Eine weitere Aufgabe geht auf ein einfaches und kostengünstiges Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Maschinenteils.

[0005] Der erste Teil der Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass auf die verschleißfeste Struktur ein deren obere Unebenheit und Rauheit ausgleichender Einlaufauftrag aufgebracht ist, der aus einem für Verschleiß während eines Einlaufvorgangs geeigneten Einlaufmaterial besteht, das von den Materialien der darunter sich befindenden, verschleißfesten Struktur verschieden und metallurgisch mit der verschleißfesten Struktur verbunden ist und

das weicher als die verschleißfeste Struktur und höchstens gleich verschleißfest wie die Gleitfläche des jeweils gegenüberliegenden Maschinenteils ist.

[0006] Hiermit werden die oben geschilderten Nachteile der bekannten Anordnung vollständig beseitigt. Da die Einlaufauflage aus Einlaufmaterial besteht, sind gute Einlaufeigenschaften zu erwarten. Da die Einlaufauflage die Rauheit und Unebenheit der darunter sich befindenden, verschleißfesten Struktur ausgleicht, ist in vorteilhafter Weise eine Schleifbearbeitung entbehrlich. Außerdem wird hierdurch sicher gestellt, dass auch die in den oberen Zonen sich befindenden, harten Teilchen der verschleißfesten Struktur auch dann noch einen zuverlässigen Halt finden, wenn ihre Oberfläche gegen Ende des Einlaufvorgangs freigelegt wird, so dass ein Ausbrechen dieser Teilchen nicht zu befürchten ist. Die ungeschliffene Oberfläche ergibt in vorteilhafter Weise auch von Anfang an eine gasdichte Anlage, was insbesondere bei Gleitpaarungen zwischen Kolbenring und Zylinderbüchse sehr erwünscht ist. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Maßnahmen ist darin zu sehen, dass in Folge der metallurgischen Anbindung der Einlaufauflage ein zuverlässiger Halt der Einlaufauflage auf der darunter sich befindenden, verschleißfesten Struktur gewährleistet ist, womit ein Abschälen sicher vermieden wird.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen und zweckmäßige Fortbildungen der übergeordneten Maßnahmen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] So kann die Einlaufauflage zweckmäßig eine Härte von 100 bis 200 HV aufweisen. Hierbei ist ein besonders gutes Einlaufverhalten zu erwarten. Dennoch ist eine ausreichende Beständigkeit gewährleistet, um eine ausreichend lange Einlaufzeit sicher zu stellen.

[0009] Eine weitere Fortbildung der übergeordneten Maßnahmen kann darin bestehen, dass das die Einlaufauflage bildende Material eine Schmelztemperatur von unter 1050°C, vorzugsweise von 600°C bis 800°C aufweist. Diese Maßnahme ermöglicht in vorteilhafter Weise eine einfache Herstellung der Einlaufauflage, bei der nur das Material der Einlaufauflage geschmolzen wird und das Material der darunter sich befindenden, verschleißfesten Struktur im erstarrten Zustand bleibt. Hierdurch wird sicher gestellt, dass sehr dünne, die metallurgische Anbindung der Einlaufauflage an die darunter sich befindende, verschleißfeste Struktur bewirkende Grenzschichten erreicht werden können. Die in diesen Grenzschichten vielfach zu erwartende Sprödhheit wirkt sich daher in vorteilhafter Weise nur geringfügig auf das Gesamtergebnis aus.

[0010] Vorteilhaft kann die Einlaufauflage im Neuzustand eine durchschnittliche Dicke von 50 bis 300 Mi-

krometer (μm) aufweisen. Eine derartige Dicke reicht erfahrungsgemäß für eine Einlaufzeit von 1000 bis 2000 Stunden aus, wobei der Abrasivität der gegen überliegenden Gleitfläche durch Anpassung der Dicke Rechnung getragen werden kann. Je abrasiver die gegenüberliegende Gleitfläche ist, desto dicker kann die Einlaufauflage sein.

[0011] Eine weitere Fortbildung der übergeordneten Maßnahmen kann darin bestehen, dass die Einlaufauflage im Neuzustand eine Oberflächenrauheit von 1 bis 20 Ra aufweist. Dies macht eine Nachbearbeitung völlig entbehrlich und gewährleistet dennoch von Anfang an eine besonders gute Abdichtung.

[0012] Eine besonders zweckmäßige Fortbildung der übergeordneten Maßnahmen kann darin bestehen, dass in das der Einlaufauflage zugrunde liegende Einlaufmaterial demgegenüber härtere Teilchen, vorzugsweise aus keramischem Material, wie Al_2O_3 und/oder CrO und/oder Cr_3C_2 , eingelagert sind. Hierdurch kann die Standzeit der Einlaufauflage und damit die Einlaufzeit verlängert werden. Zweckmäßig kann der Anteil der eingelagerten Teilchen am Gesamtvolumen der Einlaufauflage im Bereich zwischen 5 bis 30 Vol% betragen. Hierdurch wird sichergestellt, dass die eingelagerten Teilchen das Einlaufverhalten nicht unzulässig stark beeinträchtigen können.

[0013] Vorteilhaft kann das der Einlaufauflage zugrunde liegende Einlaufmaterial zumindest Kupfer (Cu) und/oder Zinn (Sn) enthalten. Dies gestattet eine Optimierung der gewünschten Einlaufeigenschaften je nach Einzelfall.

[0014] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung kann dabei darin bestehen, dass die Einlaufauflage ca. 70% Kupfer (Cu) und ca. 30% Zinn (Sn) enthält. Ein derartiges Material ist in vorteilhafter Weise für viele Fälle verwendbar. Es ist auch denkbar, zusätzlich noch einen Bestandteil an Antimon (Sb) hinzuzufügen. Dabei entsteht ein sog. Weißmetall, das in der Praxis als Lagermetall Verwendung findet und daher günstig erhältlich ist.

[0015] Die die Einlaufauflage aufnehmende, verschleißfeste Struktur kann zweckmäßig eine durch eine Ni-Legierung gebildete Matrix enthalten, in die aus keramischem Material bestehende Partikel eingelagert sind, wobei der Volumenanteil des keramischen Materials am Gesamtvolumen der verschleißfesten Struktur mehr als 60%, vorzugsweise 85% betragen kann. Diese Maßnahmen ergeben eine besonders hohe Tragfestigkeit und Verschleißfestigkeit. Durch kleinere Zusätze von Phosphor (P) und/oder Silizium (Si) lässt sich die Schmelztemperatur der Matrix unter die Schmelztemperatur von Gusseisen etc. absenken, was die Aufbringung der Einlaufauflage auf die verschleißfeste Struktur und/oder dieser

auf einen Basiskörper erleichtern kann.

[0016] Die auf das Verfahren sich beziehende Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das eine verschleißfeste Struktur aufweisende Maschinenteil mit einer die verschleißfeste Struktur überdeckenden Einlaufauflage beschichtet wird, wobei beim Beschichtungsvorgang der verschleißfesten Struktur und/oder dem die Einlaufauflage bildenden Material so viel Energie zugeführt wird, dass sich eine gewünschte metallurgische Anbindung der Einlaufauflage an die verschleißfeste Struktur ergibt. Sofern eine dicke Grenzschrift zwischen verschleißfester Struktur und Einlaufauflage erwünscht ist, wird so viel Energie zugeführt, dass die Einlaufauflage anliegt wird. Wo dies nicht erwünscht ist, wird die Energiezufuhr demgegenüber so weit reduziert, dass die Einlaufauflage andiffundiert wird. Dabei wird nur so viel Energie benötigt, dass lediglich das die Einlaufauflage bildende Material schmilzt und die darunter sich befindende verschleißfeste Struktur im erstarrten Zustand bleibt. Infolgedessen werden hierbei vergleichsweise dünne Grenzschriften erreicht. Zudem ist eine Schädigung der tragenden Struktur ausgeschlossen.

[0017] Vorteilhaft kann zur Beschichtung der verschleißfesten Struktur eine gegenüber dieser relativ bewegbare, auf dieser einen Heizfleck erzeugende Heizeinrichtung Verwendung finden, wobei das die Einlaufauflage bildende Material in den Heizfleck oder einen diesem direkt benachbarten Bereich zugeführt wird. Dies ermöglicht einen einfachen Aufbau der Beschichtungsvorrichtung, sowie eine kontrollierte Energiezufuhr in engen Grenzen. Das dem Heizfleck oder einem diesem direkt benachbarten Bereich zugeführte Material kann dabei in Pulverform und/oder in Form eines Drahts oder Bands zugeführt werden.

[0018] Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei als Beschichtung eines Basismaterials ausgebildeter verschleißfester Struktur diese und die Einlaufauflage in gleicher Weise auf die jeweils zugeordnete Unterlage aufgebracht werden. Dies ist gleichzeitig oder mit zeitlichem Abstand möglich. In jedem Fall wird der gerätetechnische Aufwand gering gehalten.

[0019] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und zweckmäßige Fortbildungen der übergeordneten Maßnahmen sind in den restlichen Unteransprüchen angegeben und aus der nachstehenden Beispielsbeschreibung anhand der Zeichnung näher entnehmbar.

[0020] In der nachstehend beschriebenen Zeichnung zeigen:

[0021] **Fig. 1** ein Anwendungsbeispiel in Form eines mit einer Zylinderbüchse zusammenwirkenden,

mit einer tragenden Struktur und hierauf angeordneter Einlaufauflage versehenen Kolbenrings im Schnitt;

[0022] [Fig. 2](#) einen Ausschnitt aus der Einlaufauflage mit angrenzendem Bereich der verschleißfesten Struktur;

[0023] [Fig. 3](#) einen Ausschnitt aus einer mit eingelagerten Keramikteilchen versehenen Einlaufauflage;

[0024] [Fig. 4](#) eine Beschichtungsvorrichtung mit zwei Laserkanonen mit jeweils zugeordneter Zuführeinrichtung für die verschleißfeste Struktur bildendes Material und die Einlaufauflage bildendes Material und

[0025] [Fig. 5](#) eine Variante zu [Fig. 4](#) mit einer Laserkanone und einer zweikanaligen Zuführeinrichtung.

[0026] Die Erfindung ist überall dort mit Vorteil anwendbar, wo Gleitpaarungen mit hohen Standzeiten einen gewissen Einlauf benötigen, z. B. bei Maschinen der Hüttenindustrie, Mühlenindustrie, Nahrungsmittelindustrie, Motoren etc. Ein besonders bevorzugtes Anwendungsgebiet sind Großmotoren, insbesondere Zweitakt-Großdieselmotoren und hier insbesondere die mit einer Zylinderbüchse und zugeordneten Kolbenringnuten zusammenwirkenden Kolbenringe.

[0027] Die [Fig. 1](#) zeigt einen schematisch angedeuteten Abschnitt einer Zylinderbüchse **1**, in der ein auf- und abgehender Kolben **2** angeordnet ist. Dieser ist mit umfangsseitigen Kolbenringnuten **3** versehen, in denen jeweils ein zugeordneter, mit seiner Umfangsfläche an der Innenseite der Zylinderbüchse **1** anliegender Kolbenring **4** aufgenommen ist. In [Fig. 1](#) sind lediglich eine Kolbenringnut **3** und ein Kolbenring **4** angedeutet. Der Kolbenring **4** besteht aus einem aus Stahlguss hergestellten Basisteil **5** und besitzt im Bereich seiner dem gegenüberliegenden Bauteil, hier der Zylinderbüchse **1** zugewandten Seite eine verschleißfeste Struktur **6**, hier in Form einer auf das Basisteil **5** aufgetragenen Schutzschicht. Es wäre selbstverständlich auch denkbar, dass die verschleißfeste Struktur auch bereits dem Basisteil zugrunde liegt. Die verschleißfeste Struktur **6** ist umfangsseitig mit einer der Lauffläche der Zylinderbüchse **1** zugewandten Einlaufauflage **7** versehen.

[0028] Die verschleißfeste Struktur **6** besteht, wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist, aus in eine Matrix **8** eingelagerten Partikeln **9** aus hartem Material. Dabei kann es sich um keramisches Material, wie Wolframkarbid (WC) mit einer Härte von 3000 HV bis 5000 HV handeln. Zur Bildung der Matrix **8** ist zweckmäßig eine Nickellegierung mit Phosphor (P) und/oder Silizium (Si) vorgesehen. Diese Materialien sind nicht toxisch,

was einen Einsatz auch im Lebensmittelsektor ermöglicht. Zweckmäßig kann die Nickellegierung 1 bis 15 Vol%, vorzugsweise 3,65 Vol% P, 1 bis 6 Vol%, vorzugsweise 2,15 Vol% Si und Rest Ni enthalten. Der Volumenanteil der keramischen Teilchen am Gesamtvolumen der verschleißfesten Struktur **6** ist größer als 60% und kann vorzugsweise bis zu 85% betragen. Die eingelagerten keramischen Teilchen **9** besitzen zweckmäßig eine kugelförmige Konfiguration mit einem Durchmesser von 40 bis 160 Mikrometer (μm). Die Dicke der durch die verschleißfeste Struktur **6** gebildeten Beschichtung kann an die Verhältnisse des Einzelfalls angepasst werden. Bei Kolbenringen hier vorliegender Art kann die durch die verschleißfeste Struktur **6** gebildete Beschichtung eine Dicke von 0,2 bis 2 mm aufweisen.

[0029] Die radiale Oberfläche der verschleißfesten Struktur **6** ist vor Anbringung der Einlaufauflage **7**, wie [Fig. 2](#) erkennen lässt, vergleichsweise rau und uneben, d. h. es ergeben sich Erhebungen **10** und zwischen diesen sich befindende Täler **11**, was für einen Einlaufvorgang schädlich wäre. Die auf der verschleißfesten Struktur **6** aufgetragene Einlaufauflage **7** hat daher die Aufgabe, die Rauheit der Oberfläche der verschleißfesten Struktur **6** auszugleichen und die Täler **11** aufzufüllen, so dass gegen Ende eines Einlaufvorgangs eine in [Fig. 2](#) durch eine unterbrochene Linie **12** angedeutete Oberfläche ohne vorspringende Kanten und Ecken vorliegt. Da die Täler **11** aufgefüllt sind, sind auch die die Täler **11** seitlich begrenzenden, nach oben vorspringenden harten Teilchen **9** zuverlässig in sie umgebendes Material eingebettet, so dass ein Ausbrechen nicht zu befürchten ist. Die Einlaufauflage **7** macht eine Bearbeitung der verschleißfesten Struktur **6** entbehrlich. Bei der Herstellung der Einlaufauflage **7** ergibt sich eine Oberfläche **13** mit einer in [Fig. 2](#) angedeuteten, geringen Rauheit. Diese beträgt zweckmäßig 1 bis 20 Ra. Diese Rauheit ermöglicht eine gasdichte Anlage des Kolbenrings **4** an der zugeordneten Lauffläche der Zylinderbüchse **1**. Eine zusätzliche Bearbeitung ist dabei nicht erforderlich.

[0030] Die Einlaufauflage **7** kann aus jedem geeigneten Einlaufmaterial bestehen, das während der Einlaufphase langsam abgetragen wird und verschwindet. Bei Großmotoren wie Zweitakt-Großdieselmotoren, wie sie für Schiffsantriebe Verwendung finden, beläuft sich die Einlaufphase auf ca. 1000 bis 2000 Betriebsstunden. Hierzu beträgt die Dicke der Einlaufauflage **7** zweckmäßig 50 bis 300 Mikrometer (μm). Das der Einlaufauflage **7** zugrunde liegende Einlaufmaterial soll wesentlich weicher als die darunter sich befindende, verschleißfeste Struktur **6** und jedenfalls nicht härter, vorzugsweise ebenfalls etwas weicher als die gegenüberliegende Gleitfläche, hier die Gleitfläche der Zylinderbüchse **1** sein. Zweckmäßig besitzt die Einlaufauflage **7** eine Härte von 100 bis 200 HV.

[0031] Zur Bildung der Einlaufauflage **7** kann ein Kupfer (Cu) und/oder Zinn (Sn) enthaltendes Metall Verwendung finden. Mit einer Bronze in Form einer Cu-Sn-Legierung mit 70% Cu und 30% Sn konnten bei Versuchen gute Ergebnisse erreicht werden. Denkbar wäre auch die Verwendung von Weißmetall, das zusätzlich zu Kupfer und Zinn noch Antimon (Sb) und/oder Zink (Zn) mit den bei Weißmetall üblichen Anteilen enthält. Der Schmelzpunkt derartiger Materialien liegt im Bereich zwischen 600 und 900°C, was den Beschichtungsvorgang erleichtert. Die untere Grenze der Schmelztemperatur der Einlaufauflage **7** soll 200°C, nicht unterschreiten.

[0032] Um die Einlaufzeit zu verlängern, d. h. die Standzeit der Einlaufauflage **7** zu vergrößern, kann diese wie in [Fig. 3](#) angedeutet ist, mit eingelagerten, harten Teilchen **14** versehen sein. Dabei kann es sich zweckmäßig um Keramikteilchen vorzugsweise mit kugelförmiger Struktur und mit einem Durchmesser bis zu 50 Mikrometer (μm) handeln. Als keramisches Material kann Al_2O_3 , CrO, Cr_3C_2 oder dergleichen Verwendung finden. Der Anteil der harten Teilchen **14** am Gesamtvolumen der Einlaufauflage **7** kann je nach gewünschter Standzeit der Einlaufauflage **7** 5 bis 30 Vol% betragen.

[0033] Die die Einlaufauflage **7** bildende Beschichtung wird so auf die verschleißbare Struktur **6** aufgebracht, dass sich im Grenzbereich eine metallurgische Verbindung zwischen der verschleißfesten Struktur **6** und der Einlaufauflage **7** ergibt. Diese metallurgische Verbindung tritt in Form einer in [Fig. 2](#) für den Grenzbereich zwischen der verschleißfesten Struktur **6** und der Einlaufauflage **7** angedeuteten Grenzschicht **15** in Erscheinung, die aus Elementen beider angrenzenden Schichten gebildet wird. In [Fig. 1](#) ist die Grenzschicht **15** lediglich durch eine unterbrochene Linie angedeutet. Die Grenzschicht **15** kann durch Bildung einer Legierung oder Herbeiführung eines Diffusionsvorgangs gebildet werden. Im ersten Fall werden die Einlaufauflage **7** an die verschleißfeste Struktur **6** bzw. diese an den Basiskörper **5** anlegiert, im zweiten Fall andiffundiert. Dasselbe gilt für die Anbindung der die verschleißfeste Struktur **6** bildenden Beschichtung an den Basiskörper **5**. Auch hier wird eine als Legierungszone oder Diffusionszone ausgebildete Grenzschicht gebildet, die nur in [Fig. 1](#) durch eine unterbrochene Linie angedeutet ist. Beim Anlegieren ergibt sich eine vergleichsweise große Dicke der Grenzschicht **15**, was eine sehr gute gegenseitige Verbindung gewährleistet. Vielfach bilden sich in der Grenzschicht jedoch sehr spröde Kristalle, was die Gefahr von Sprödbruch erhöht. Diese Gefahr lässt sich dadurch vermeiden, dass die Grenzschicht als Diffusionsschicht ausgebildet wird. Eine Diffusionsschicht besitzt lediglich eine der Diffusionstiefe entsprechende Dicke, wodurch einerseits der Volumenanteil an spröden Kristallen in engen Grenzen gehalten wird und andererseits den noch eine gute

metallurgische Verbindung gewährleistet wird. Je nach Art der gewünschten Aufbringung wird beim Aufbringvorgang mehr oder weniger Energie zugeführt. Beim Anlegieren werden sowohl das Beschichtungsmaterial als auch ein oberer Bereich des darunter sich befindende Materials geschmolzen. Beim Andiffundieren wird lediglich das Beschichtungsmaterial geschmolzen. Das darunter sich befindende Material wird erwärmt, verbleibt aber im erstarrten Zustand.

[0034] Keramisches Material in Form von Karbiden kann bei höheren Temperaturen zerfallen bzw. sich in andere Karbide mit anderen geometrischen Formen umwandeln. Sofern die harten Teilchen **9** der verschleißfesten Struktur **6** durch Karbide gebildet werden, wird die Einlaufauflage **7** zur Schonung dieser Karbide zweckmäßig so aufgebracht, dass die verschleißfeste Struktur **6** nicht über die Zerfallstemperatur der Karbide erwärmt wird. Dasselbe gilt natürlich auch für die Aufbringung der verschleißfesten Struktur **6** auf den Basiskörper **5**. Zweckmäßig wird dabei so vorgegangen, dass die zur Durchführung eines Beschichtungsvorgangs erfolgende Wärmeübertragung auf die zu beschichtende Oberfläche und auf das dieser zugeführte Beschichtungsmaterial so kontrolliert erfolgt, dass nur das Beschichtungsmaterial vollständig schmilzt und das darunter sich befindende Material vollständig im erstarrten Zustand bleibt, was dann gemäß obigen Erläuterungen zu einer Diffusionsbindung führt.

[0035] Die Beschichtungsvorgänge können durch Aufsprühen des Beschichtungsmaterials, Aufschmelzen des Beschichtungsmaterials oder Aufsintern des Beschichtungsmaterials erfolgen.

[0036] Zum Aufbringen der verschleißfesten Struktur **6** auf den Basiskörper **5** sowie zum Aufbringen der Einlaufauflage **7** auf die verschleißfeste Struktur **6** kann zweckmäßig eine einen Heizfleck erzeugende, gegenüber der zu beschichtenden Oberfläche relativ bewegliche Heizeinrichtung Verwendung finden. Zur Bildung der Heizeinrichtung kann zweckmäßig wenigstens eine einen Laserstrahl erzeugende Laserkanone und/oder wenigstens eine Induktionsspule Verwendung finden. Anstelle eines Laserstrahls kann auch ein sog. Plasma Transfer Arc (PTA) Verwendung finden. Dabei können die verschleißfeste Struktur und die Einlaufauflage in getrennten Arbeitsgängen oder in einem gemeinsamen Arbeitsgang aufgebracht werden. In jedem Fall kann dies zweckmäßig in derselben Weise erfolgen, so dass zum Aufbringen einer die verschleißfähige Struktur **6** bildenden Beschichtung und zum Aufbringen der Einlaufauflage **7** dieselbe Vorrichtung bzw. eine gleich aufgebaute Vorrichtung verwendbar ist bzw. sind.

[0037] Die eine verschleißfähige Struktur **6** bildende Beschichtung und/oder die Einlaufauflage **7** können, wie schon erwähnt, an die jeweils zugeordnete Unter-

lage anlegiert oder andiffundiert werden. Zum Anlegieren wird eine einen Übergangsbereich bildende Schmelze erzeugt, welche sowohl die Bestandteile der aufnehmenden Schicht als auch der auf diese aufzubringenden Schicht enthält. Hierzu werden sowohl das aufzubringende Material als auch eine oberflächennahe Zone der Unterlage so weit erhitzt, dass ein Übergang in die flüssige Phase erfolgt. Zum Andiffundieren wird lediglich das jeweils aufzubringende Material in die flüssige Phase überführt.

[0038] Geeignete Vorrichtungen sind in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) angedeutet. In beiden Fällen werden die verschleißfeste Struktur **6** in Form einer Beschichtung auf einen Basiskörper **5** und die Einlaufauflage **7** in Form einer weiteren Beschichtung auf die verschleißfeste Struktur **6** aufgebracht.

[0039] Bei der Ausführung gemäß [Fig. 4](#) sind zwei hintereinander angeordnete Energiequellen in Form von zwei hintereinander angeordneten Laserkanonen **16**, **17** vorgesehen, die jeweils einen Laserstrahl **16a**, **17a** erzeugen. Anstelle einer Laserkanone könnte auch ein PTA-Brenner (Plasma Transfer Arc-Brenner) und/oder eine Induktionsspule oder dergleichen vorgesehen sein. Jeder Energiequelle bzw. jedem Energieübertragungsstrahl ist eine Materialzuführereinrichtung **18** bzw. **19** zugeordnet, die einen Versorgungseingang **18a**, **19a** aufweist und eine als Materialübertragungsstrahlen **18b** bzw. **19b** angedeutete Materialzuführung zum Energieübertragungsstrahl bewirkt.

[0040] Das jeweilige Beschichtungsmaterial kann der zu beschichtenden Oberfläche in Form eines runden oder eckigen Drahts, eines Bands oder in Pulverform zugeführt werden. Im dargestellten Beispiel soll pulverförmiges Material verarbeitet werden. Dem entsprechend werden die Versorgungseinrichtungen **18**, **19** über die Eingänge **18a**, **19a** mit entsprechendem pulverförmigem Material versorgt und geben einen pulverförmigen Materialstrom **18b** bzw. **19b** ab. Das Pulver wird dabei zweckmäßig durch Schutzgas transportiert, das gegen Oxydation schützt.

[0041] Durch den Energieübertragungsstrahl **16a** bzw. **17a**, im dargestellten Beispiel jeweils in Form eines Laserstrahls, wird auf der zu beschichtenden Unterlage ein Heizfleck erzeugt. Der jeweils zugeordnete Materialübertragungsstrahl **18b** bzw. **19b** ist dabei so ausgerichtet, dass das Beschichtungsmaterial direkt in den Heizfleck oder einem diesem direkt benachbarten Bereich zugeführt wird. Im ersten Fall wird das zugeführte Material vom zugeordneten Energieübertragungsstrahl getroffen und trifft daher im geschmolzenen Zustand auf die jeweils zugeordnete Unterlage auf, die durch die Restenergie ebenfalls erwärmt wird. So fern eine durch eine Legierung gebildete Grenzschicht **15** gewünscht wird, wird die Ener-

giequelle **16** bzw. **17** so eingestellt, dass die zugeführte Energie ausreicht, um sowohl das Beschichtungsmaterial als auch eine oberflächennahe Zone der Unterlage zu schmelzen. Sofern die Zwischenschicht **15** lediglich als Diffusionsschicht ausgebildet werden soll, wird die Energiequelle **16** bzw. **17** so eingestellt, dass nur das Beschichtungsmaterial vollständig schmilzt und die jeweils zugeordnete Unterlage im erstarrten Zustand verbleibt. Bei Verwendung einer Laserkanone ist dabei eine exakte Kontrolle der Energiezufuhr auf einfache Weise möglich.

[0042] Die in [Fig. 4](#) vorgesehenen Energiequellen **16**, **17** mit jeweils zugeordneter Materialübertragungseinrichtung **18**, **19** sind mit Abstand hintereinander angeordnet. Dieser Abstand kann so gewählt werden, dass die verschleißfeste Struktur **6** bereits vollständig erstarrt ist, bevor die Einlaufauflage **7** aufgebracht wird oder dass die verschleißfeste Struktur **6** zumindest an der Oberseite noch nicht erstarrt ist, wenn die Einlaufauflage **7** aufgebracht wird.

[0043] Im vorliegenden Beispiel mit einer auf einen eisenhaltigen Basiskörper **5** aufgebracht, aus einer Nickellegierung mit eingelagerten Keramikpartikeln bestehenden, verschleißfesten Struktur **6** und mit einer durch eine Kupfer und Zinn enthaltende Bronze gebildeten Einlaufauflage **7** werden sowohl die verschleißfeste Struktur **6** als auch die Einlaufauflage **7** durch Diffusion mit der jeweils zugeordneten Unterlage verbunden. Der oben genannte Abstand zwischen den Energieerzeugungseinrichtungen **16**, **17** wird daher so gewählt, dass die zunächst erzeugte verschleißfeste Struktur **6** bereits vollständig erstarrt ist, bevor die Einlaufauflage **7** aufgebracht wird. Die Energieübertragung wird dabei, wie oben bereits erwähnt, so gesteuert, dass nur das jeweils aufzubringende Material geschmolzen wird und die jeweilige Unterlage im erstarrten Zustand bleibt.

[0044] In [Fig. 4](#) ist ein dritter Energieübertragungsstrahl **20** angedeutet, der dem zweiten Energieübertragungsstrahl **17a** nachgeordnet ist. Mit Hilfe des nachgeordneten Energieübertragungsstrahls **20** wird nur so viel Energie übertragen, dass die Oberfläche der Einlaufauflage **7** geglättet und für einen Einlaufvorgang geeignet gemacht wird. Anstelle der Verwendung eines eigenen, zur Glättung vorgesehenen Energieübertragungsstrahls **20** wäre es auch denkbar, nach erfolgter Beschichtung mit Hilfe des Energieübertragungsstrahls **16a** und/oder **17a** ohne entsprechende Materialzuführung eine Glättung zu bewirken.

[0045] Im dargestellten Beispiel sind die Energiequellen **16**, **17** sowie die diesen zugeordneten Materialzuführereinrichtungen **18**, **19** und die den nachgeordneten Energieübertragungsstrahl **20** erzeugende Energiequelle stationär angeordnet. Dementsprechend wird der Basiskörper **5** zur Herstellung der ge-

wünschten Beschichtung entsprechend Pfeil v bewegt. Es wäre aber auch denkbar, den Basiskörper **5** stationär anzuordnen und die Beschichtungseinrichtungen zu bewegen. Dabei können sämtliche Energieerzeugungseinrichtungen mit gegebenenfalls zugeordneter Materialzuführeinrichtung zu einem einheitlich bewegbaren Baugruppe bildenden Beschichtungskopf zusammengefasst werden.

[0046] Bei der Ausführung gemäß [Fig. 5](#) ist lediglich eine Energiequelle **21** in Form einer Laserkanone vorgesehen, die einen Energieübertragungsstrahl **21a** erzeugt. Diesem werden zwei Materialstrahlen zur Bildung einer ersten, die verschleißfeste Struktur **6** bildenden Beschichtung und einer zweiten, die Einlaufauflage **7** bildenden Beschichtung zugeführt wird. Hierzu können zwei Materialzuführeinrichtungen vorgesehen sein. Im dargestellten Beispiel ist lediglich eine Materialzuführeinrichtung **22** vorgesehen, die zweikanalig ausgebildet ist. Dementsprechend ist die Materialzuführeinrichtung **22** mit zwei Materialeingängen **22a** bzw. **22a'** für das die verschleißfeste Struktur **6** bildende Material bzw. das die Einlaufauflage **7** bildende Material versehen. Die Materialzuführeinrichtung **22** erzeugt auch zwei in Beschichtungsrichtung einander nachgeordnete Materialübertragungsstrahlen **22b**, **22b'** für das die verschleißfeste Struktur **6** bildende bzw. das die Einlaufauflage **7** bildende Material.

[0047] Die Materialübertragungsstrahlen **22b**, **22b'** sind so positioniert, dass zunächst der das die verschleißfeste Struktur **6** bildende Materialübertragungsstrahl **22b** auf die noch nicht beschichtete Oberfläche des Basiskörpers **5** auftrifft und anschließend der das die Einlaufauflage **7** bildende Materialübertragungsstrahl **22b'** auf die Oberseite der mittels des Strahls **22b** bereits erzeugten, verschleißfesten Struktur **6** auftrifft. Der Abstand zwischen den Strahlen **22b**, **22b'** kann im vorliegenden Fall so gering sein, dass die bereits aufgebrachte, die verschleißfeste Struktur **6** bildende Schicht noch genügend Energie abgeben kann, um das zur Bildung der Einlaufauflage **7** aufgebrachte Material zu schmelzen.

[0048] Zur Erzeugung einer für Einlaufzwecke gut geeigneten Oberfläche kann wie bei der Ausführung gemäß [Fig. 4](#) ebenfalls ein nachlaufender Energieübertragungsstrahl **20** Verwendung finden. Bezüglich der Bauweise als einheitliche Baugruppe bzw. der Bewegung von Basisteil **5** bzw. Beschichtungskopf gilt ebenfalls dasselbe wie oben.

Patentansprüche

1. Zu einer Gleitpaarung mit zwei gegeneinander bewegbaren Maschinenteilen gehörendes Maschinenteil, insbesondere in Form eines Kolbenrings (**4**) und/oder einer Zylinderbüchse (**1**) und/oder Kolbenringnut (**3**) bei einem Großmotor, vorzugsweise ei-

nem Zweitakt-Großdieselmotor, das zumindest im Bereich der dem anderen Maschinenteil zugewandten Seite eine verschleißfeste Struktur (**6**) mit in einer metallischen Matrix (**8**) aufgenommenen Partikeln (**9**) aus vergleichsweise hartem Material und mit rauer und unebener Oberfläche aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die verschleißfeste Struktur (**6**) eine deren obere Unebenheit und Rauheit ausgleichende Einlaufauflage (**7**) aufgebracht ist, die aus einem für Verschleiß während eines Einlaufvorgangs geeigneten Einlaufmaterial besteht, das vom Material der darunter sich befindenden, verschleißfesten Struktur (**6**) verschieden und metallurgisch hiermit verbunden ist und das weicher als die verschleißfeste Struktur (**6**) und höchstens gleich verschleißfest wie die Gleitfläche des jeweils gegenüberliegenden Maschinenteils ist.

2. Maschinenteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlaufauflage (**7**) eine Härte von 100 bis 200 HV aufweist.

3. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das die Einlaufauflage (**7**) bildende Material eine Schmelztemperatur von höchstens 1050°C aufweist.

4. Maschinenteil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das die Einlaufauflage (**7**) bildende Material eine Schmelztemperatur von 600°C bis 800°C aufweist.

5. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlaufauflage (**7**) im Neuzustand eine durchschnittliche Dicke von 50 bis 300 Mikrometer (μm) aufweist.

6. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlaufauflage (**7**) im Neuzustand eine Oberflächenrauheit von 1 bis 20 Ra aufweist.

7. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in das Einlaufmaterial der Einlaufauflage (**7**) Teilchen (**14**) aus härterem Material eingelagert sind.

8. Maschinenteil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die eingelagerten Teilchen (**14**) aus keramischem Material bestehen.

9. Maschinenteil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die eingelagerten Teilchen (**14**) aus Al_2O_3 , und/oder CrO und/oder Cr_3C_2 bestehen.

10. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil der eingelagerten Teilchen (**14**) am Gesamtvolumen der Einlaufauflage (**7**) 5 bis 30 Vol% beträgt.

11. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das der Einlaufauflage (7) zugrunde liegende Einlaufmaterial zumindest Kupfer und/oder Zinn enthält.

12. Maschinenteil nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das der Einlaufauflage (7) zugrunde liegende Einlaufmaterial als Bronze mit 70% Cu und 30% Sn ausgebildet ist.

13. Maschinenteil nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Einlaufmaterial der Einlaufauflage (7) durch Weißmetall gebildet wird, das neben Kupfer und Zinn Antimon (Sb) enthält.

14. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die die Einlaufauflage (7) aufnehmende, verschleißfeste Struktur (6) eine Ni-Legierung als Matrix (8) enthält, in die Partikel (9) aus keramischem Material eingelagert sind.

15. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die die Einlaufauflage (7) aufnehmende, verschleißfeste Struktur (6) als Beschichtung eines metallischen, vorzugsweise aus Eisenwerkstoff bestehenden Basiskörpers (5) ausgebildet ist.

16. Maschinenteil nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die die Matrix (8) bildende Ni-Legierung 1 bis 15 Vol% P, 1 bis 6 Vol% Si, und Rest Ni enthält.

17. Maschinenteil nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die die Matrix (8) bildende Ni-Legierung 3,65 Vol% P, und 2,15 Vol% Si, sowie Rest Ni enthält.

18. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Volumenanteil der keramischen Partikel (9) am Gesamtvolumen der die Einlaufauflage aufnehmenden verschleißfesten Struktur (6) mehr als 60 Vol%, vorzugsweise bis zu 85 Vol% oder 85 Vol% beträgt.

19. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die keramischen Partikel (9) der verschleißfesten Struktur (6) zumindest teilweise aus Wolframkarbid (WC) bestehen und eine Härte von 3000 bis 5000 HV aufweisen.

20. Maschinenteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vorzugsweise keramischen Partikel (19) der verschleißfesten Struktur (6) kugelförmig sind und vorzugsweise einen Durchmesser von 40 bis 160 Mikrometer (μm) aufweisen.

21. Maschinenteil nach einem der Ansprüche 7 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die in die Einlaufauflage (7) eingelagerten vorzugsweise keramischen Teilchen (14) kugelförmig sind und vorzugsweise einen Durchmesser von 20 bis 50 Mikrometer (μm) aufweisen.

22. Verfahren zur Herstellung eines Maschinenteils nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das eine verschleißfeste Struktur (6) aufweisende Maschinenteil mit einer die verschleißfeste Struktur (6) überdeckenden Einlaufauflage (7) beschichtet wird, wobei beim Beschichtungsvorgang so viel Energie zugeführt wird, dass sich eine metallurgische Anbindung der Einlaufauflage (7) an die verschleißfeste Struktur (6) ergibt.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlaufauflage (7) an die verschleißfeste Struktur (6) anlagert wird.

24. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlaufauflage (7) an die verschleißfeste Struktur (6) andiffundiert wird, wobei beim Beschichtungsvorgang nur so viel Energie zur Verfügung gestellt wird, dass nur das dem Einlaufauflage (7) zugrunde liegende Einlaufmaterial schmilzt und das darunter sich befindende Material der verschleißfesten Struktur (6) im erstarrten Zustand bleibt.

25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlaufauflage (7) auf die verschleißfeste Struktur (6) aufgesprüht wird.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlaufauflage (7) auf die verschleißfeste Struktur (6) aufgeschmolzen wird.

27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beschichtung der verschleißfesten Struktur (6) mit der Einlaufauflage (7) eine gegenüber der verschleißfesten Struktur (6) relativ bewegbare, auf dieser einen Heizfleck erzeugende Heizeinrichtung (17; 21) Verwendung findet und dass das die Einlaufauflage (7) bildende Material in den Heizfleck oder einen diesem direkt benachbarten Bereich zugeführt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des Heizflecks eine Laserkanone oder ein PTA-Brenner Verwendung findet.

29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass das die Einlaufauflage (7) bildende Material als Pulver, Draht oder Band

dem Heizfleck zugeführt wird.

30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass bei als Beschichtung eines Basiskörpers (5) ausgebildeter, verschleißfester Struktur (6) diese und die auf dieser aufgenommene Einlaufauflage (7) in gleicher Weise auf die jeweils zugeordnete Unterlage aufgebracht werden.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die verschleißfeste Struktur (6) und die Einlaufauflage (7) in einem Arbeitsgang hergestellt werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

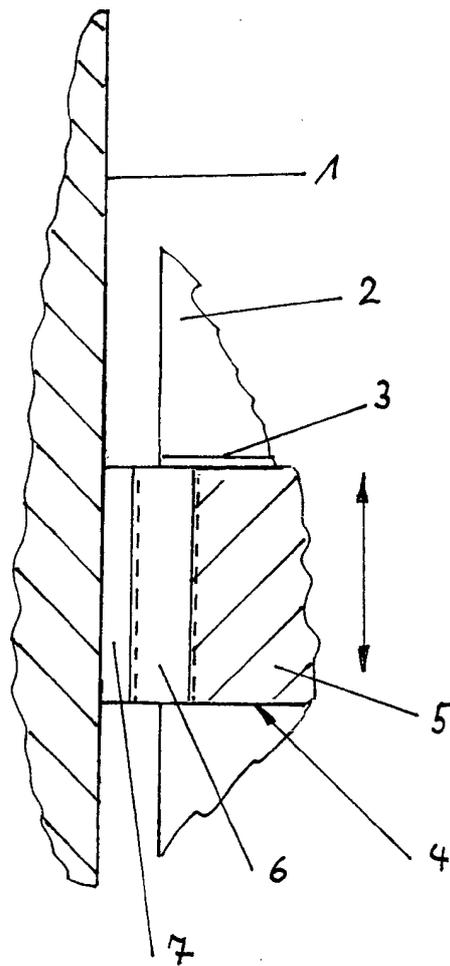


FIG. 2

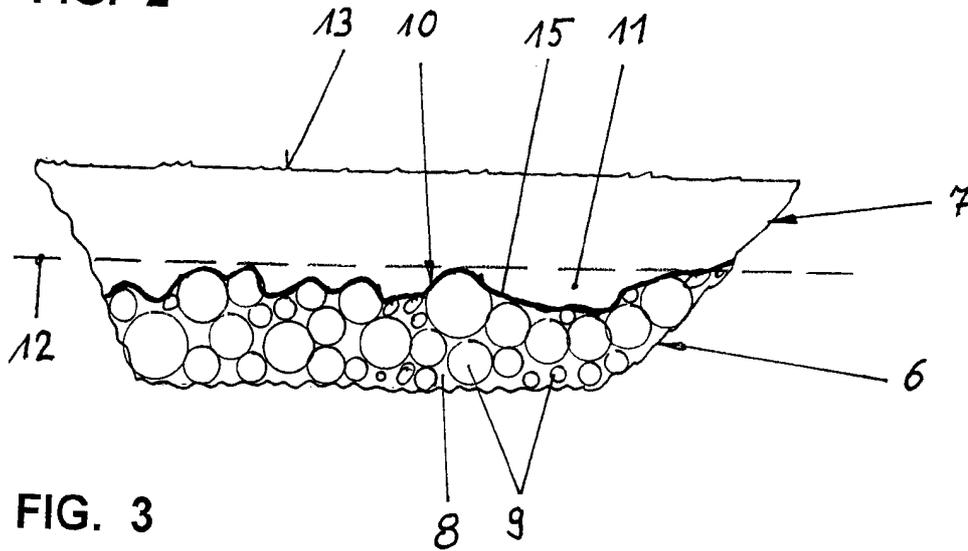


FIG. 3

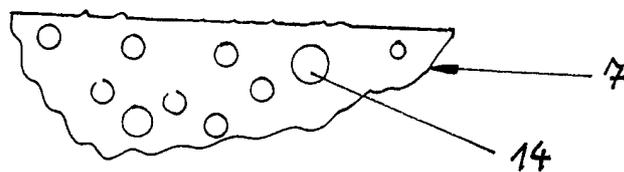


FIG. 4

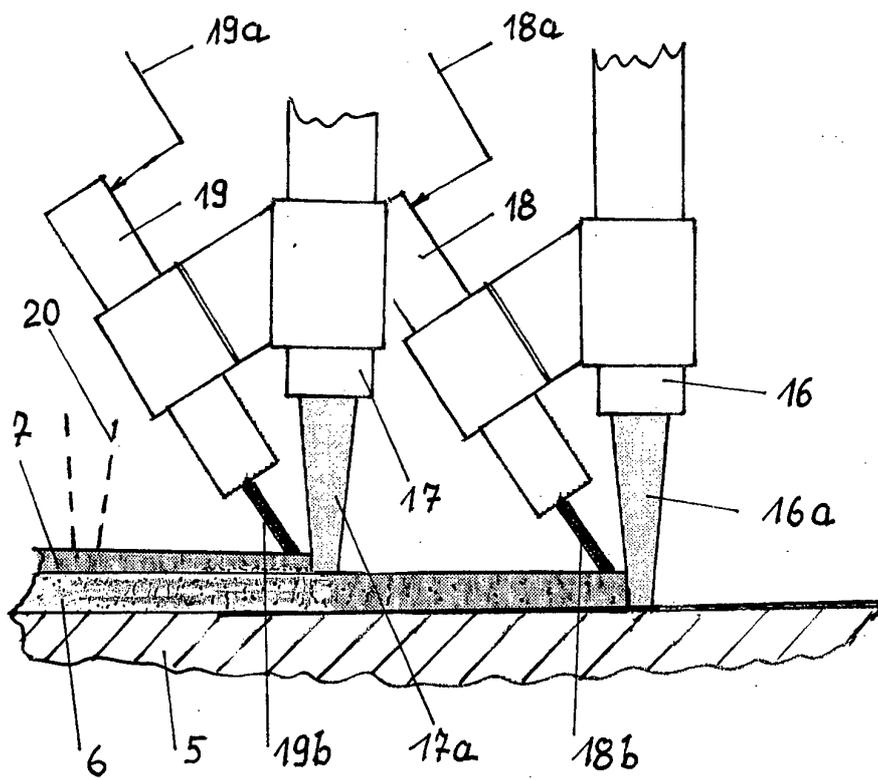


FIG. 5

