

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 82108405.0

51 Int. Cl.³: **C 23 D 5/10, C 23 C 7/00**
// F02B77/02, F02B77/11,
F02F3/14

22 Anmeldetag: 11.09.82

30 Priorität: 23.09.81 DE 3137731

71 Anmelder: **Battelle-Institut e.V., Am Römerhof 35 Postfach 900160, D-6000 Frankfurt/Main 90 (DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 30.03.83
Patentblatt 83/13

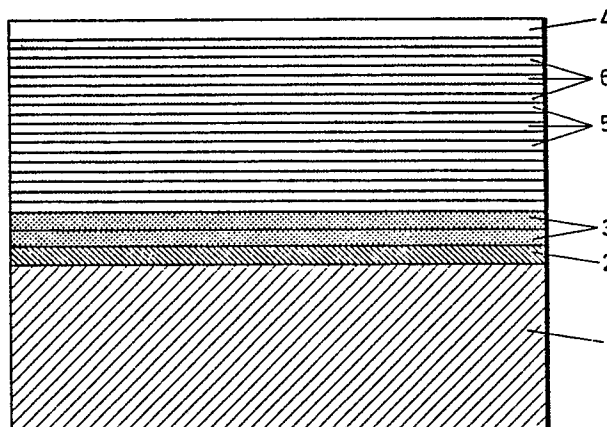
72 Erfinder: **Poeschel, Eva, Dr., Sodener Weg 51, D-6232 Bad Soden (DE)**
Erfinder: **Welbel, Guido, Kleine Strasse 4, D-3402 Dankelshausen (DE)**
Erfinder: **Schwämmlein, Wolfgang, Eleonore-Stearling-Strasse 58, D-6000 Frankfurt/Main 50 (DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

74 Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing., Am Römerhof 35, D-6000 Frankfurt (Main) 90 (DE)**

54 **Wärmedämmende, hochtemperatur- und thermoschockbeständige Beschichtung auf Keramikbasis.**

57 Wärmedämmende, hochtemperatur- und thermoschockbeständige Beschichtung auf der Basis von flamm- oder plasmagespritzten keramischen Materialien, weisen mehrere Schichtfolgen im wesentlichen gleicher Materialien auf. In jeder Schichtfolge wird mindestens je eine Schicht aus Keramik und Cermet und/oder Keramik und Metall und/oder Cermet und Metall vorgesehen.



EP 0 075 228 A2

392-64/43/81

30. August 1982

CASCH/UMA

5

BATTELLE - INSTITUT E.V., Frankfurt/Main

10

=====
Wärmedämmende, hochtemperatur-
und thermoschockbeständige
Beschichtung auf Keramikbasis
=====

15

Die Erfindung betrifft wärmedämmende, hochtemperatur- und
thermoschockbeständige Beschichtung auf der Basis von flamm-
20 oder plasmagespritzten keramischen Materialien.

Hochtemperaturbeständige Überzüge auf der Basis von Zirkonium-
dioxid und/oder Zirkoniumsilikat und Nickel-Aluminium- oder
Nickel-Chrom-Legierungen sind bekannt. Bei der Herstellung
25 solcher Beschichtungen wird die Konzentration der Metallkom-
ponente von Schicht zu Schicht allmählich derart geändert, daß
die Konzentration an Metall an der der Wärmequelle zugewandten
Seite am geringsten ist. Der wesentliche Nachteil solcher Über-
züge besteht darin, daß sie in ihrer Dicke begrenzt sind, da die
30 einzelnen Schichten oxidischer oder silikatischer Natur nur bis
zu bestimmten Schichtdicken spritzbar sind. Außerdem ist die
Thermoschockbeständigkeit dieser Überzüge begrenzt und nimmt mit
zunehmender Schicht ab. Dadurch sind sie in ihrer wärmedämmenden
Wirkung, die dickeabhängig ist, limitiert. Der vorliegenden
35 Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine weitgehend
wärmedämmende, hochtemperatur- und thermoschockbeständige
Beschichtung von metallischen Substraten zu schaffen.

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß sie mehrere Schichtfolgen im wesentlichen gleicher Materialien aufweist und daß in jeder Schichtfolge mindestens je eine Schicht aus Keramik und Cermet und/oder Keramik und Metall und/oder Cermet und Metall vorhanden ist. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben. Der Anspruch 12 be-
5 trifft die Verwendung der erfindungsgemäßen Beschichtung in Brennräumen von Antriebsaggregaten mit reduzierender oder oxidierender Atmosphäre.

10 Ein wesentliches Merkmal der erfindungsgemäßen, flamm- oder plasmagespritzten Beschichtung ist darin zu sehen, daß abweichend vom Stand der Technik, die funktionelle, wärmedämmende Beschichtung nicht aus einer monolithischen Einzelschicht besteht, die in ihrer Dicke auf ca. 1-2 mm begrenzt ist und über
15 verschiedene Haftungsvermittlerschichten dauerhaft mit dem Grundwerkstoff verbunden sein muß, sondern laminatartig aus alternierenden Schichten aus Keramik und Cermet und/oder Keramik und Metall und/oder Cermet und Metall besteht. Mit diesem Aufbau lassen sich größere Schichtdicken und somit eine bessere Wärme-
20 dämmung realisieren. Trotz des Metallanteils im erfindungsgemäßen Laminat ist -insbesondere bei einem Aufbau aus sehr dünnen Laminatschichten- die Wärmedämmung bei höheren Temperaturen von der gleichen Größenordnung wie bei den monolithischen Keramikbeschichtungen nach dem Stand der Technik. Die mechanische Belast-
25 barkeit, z.B. auf Stoß, sowie die Thermoschockbeständigkeit sind gegenüber den Keramikbeschichtungen erheblich verbessert.

In der erfindungsgemäßen Beschichtung wird vorzugsweise mit Magnesiumoxid, Calciumoxid oder Yttriumoxid stabilisiertes
30 Zirkoniumdioxid verwendet.

Ausschlaggebend für die Wahl des stabilisierenden Oxidzusatzes ist dabei die später im Einsatz auftretende thermische Belastung. Für hohe thermische Belastungsfälle bis ca. 1600 °C kommt dabei Yttriumoxid-stabilisiertes Zirkoniumdioxid in Frage. Für geringere thermische Belastungen bis ca. 1100 °C genügt die Zugabe von Calciumoxid oder Magnesiumoxid. Anstelle von Zirkoniumoxidschichten können auch Zirkoniumsilikatschichten oder aus Mischungen von Zirkoniumdioxid und -silikat bestehende Schichten verwendet werden.

10 Generell ist für den Zweck der Wärmedämmung eine niedrige Wärmeleitfähigkeit erforderlich. Dies bedingt, neben den gegebenen stoffspezifischen Eigenschaften, eine möglichst hohe Porosität der zum Einsatz gelangenden Schichten. Mit steigender Porosität sinkt jedoch die Festigkeit des Werkstoffs, und die mechanische
15 Belastbarkeit nimmt ab, so daß bei zunehmender mechanischer Belastbarkeit für gleiche Wärmedämmwirkung insgesamt größere Schichtdicken mit verringerter Porosität erforderlich sind. Die Porosität der Keramikschichten beträgt erfindungsgemäß ca. 3-15 Vol.-%.

20

Die Cermetschichten bestehen z.B. aus stabilisiertem Zirkoniumdioxid und/oder Zirkoniumsilikat sowie aus einer Metallkomponente. Als Metalle werden vorzugsweise Nickel-Aluminium- oder Nickel-Chrom-Aluminium-Legierungen verwendet. Die ebenfalls im
25 Laminat vorhandenen Metallschichten bestehen vorzugsweise aus den gleichen Legierungen, die auch in den Cermetschichten vorhanden sind.

Beschichtungen hoher Belastbarkeit und Thermoschockbeständigkeit
30 werden durch möglichst dünne Schichten der erfindungsgemäßen Schichtfolgen erhalten. Vorzugsweise beträgt die Gesamtdicke des Laminates zwischen 0,2 und 10 mm, wobei die einzelnen Schichten eine Dicke zwischen 5 und 1000 μ m, vorzugsweise 50 bis 200 μ m aufweisen.

35

Die minimal erreichbare Schichtdicke wird dabei von der Korngröße der eingesetzten Pulver vorgegeben und liegt etwa im Bereich von 5 μ m. Die einzelnen Schichten können gleiche oder unterschiedliche Dicken aufweisen. Nach einer Ausführungsform der Erfindung können die sich wiederholenden Metall- und Cermetschichten gleiche Dicken besitzen, während die Dicke der sich wiederholenden Keramiksichten zur Deckschicht hin allmählich zunimmt. Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können die Keramiksichten die gleiche Schichtdicke aufweisen, während die Dicke der Metall- und Cermetschichten zur Deckschicht hin allmählich abnimmt. Es ist auch möglich, zur Deckschicht hin allmählich dicker werdende Keramiksichten mit dazwischen, zur Deckschicht hin allmählich dünner werdenden Metall- oder Cermetschichten vorzusehen. Eine weitere Modifikation kann dadurch erzielt werden, daß man in den cermetischen Schichten zur Deckschicht hin den Metallanteil laufend verringert.

Vorzugsweise wird bei der Beschichtung gemäß der Erfindung die der Wärmequelle zugewandte Seite der Beschichtung mit einer keramischen, korrosions- oder verschleißhemmenden Schicht versehen.

Die Erfindung wird in der Beschreibung sowie an Hand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

25

Fig. 1 den üblichen Aufbau von Wärmedämmsystemen auf ZrO_2 -Basis und
Fig. 2 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Beschichtung.

30

Gemäß Fig. 1 bestehen bekannte Schichtsysteme aus einem metallischen Substrat 1, eine metallischen Haftschrift 2, meist mehreren cermetischen Zwischenschichten 3 und einer keramischen Deckschicht 4.

35

Die Wärmeausdehnungskoeffizienten von Substrat 1 und keramischer Deckschicht 4 weisen in der Regel erhebliche Unterschiede auf. Zu deren Kompensation werden zwischen Substrat 1 und Deckschicht 4 möglichst zahlreiche cermetische Zwischenschichten 3 vorgesehen. Allerdings ist man bei einer derartigen Anordnung in der Gesamtschichtdicke begrenzt. Bei bekannten Systemen erreicht man solche Gesamtschichtdicken von etwa 2 mm. Geht man über diese Dicke hinaus, so nimmt die Thermoschockbeständigkeit, die gegeben sein muß, erheblich ab.

- 10 Die erfindungsgemäße Beschichtung ergibt sich aus Fig. 2. Zwischen der keramischen Deckschicht 4 und der metallischen Haftschi-
15 chicht 2 sind mehrere alternierend angeordnete Oxid- oder Silikatschichten 5 und Metall- oder Cermetschichten 6 vorgesehen. Mit einer derartigen Anordnung können Dämmschichten realisiert
15 werden, die die Eigenschaften und die Wirksamkeit üblicher Anordnungen und ein Mehrfaches übertreffen. Trotz der zum Teil erheblichen Unterschied in den Wärmeausdehnungskoeffizienten der vorgesehenen Schichten werden durch den erfindungsgemäßen Schichtaufbau thermisch hochbelastbare, thermoschockbeständige
20 sowie wärmedämmende Beschichtungen erhalten. Die Thermoschockbeständigkeit steigt mit abnehmender Dicke der einzelnen Schichten der Schichtfolge oder des Laminats.

Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, die nach Fig. 2 vorgesehenen
25 Schichten im Wege des an sich bekannten Flamm- oder Plasmaspritzens aufzubringen, vgl. H.S. Ingham and A.P. Shopard, Metco
Flame Spray Handbook, Volume III, Plasma Flame Process, Metco
Ltd., Chobham, Woking, England 1965. Das Flamm- oder Plasma-
30 spritzen bietet darüber hinaus die Möglichkeit die erfindungsgemäße Beschichtung bei geometrisch relativ komplizierten Bauteilen einzusetzen, beispielsweise nichtebene Flächen, Vertiefungen aufweisende Kolbenböden, Rohrwandungen od. dgl.

Diese erfindungsgemäß angewandte Beschichtungstechniken ermöglichen es weiterhin, einzelne Schichten optimal an gegebene Belastungsverhältnisse anzupassen. Schließlich ermöglicht das Flamm- und Plasmaspritzen das Aufbringen einer äußeren Schicht auf eine hergestellte Beschichtung derart, daß nach Abtrennen
5 der Beschichtung von ihrem ursprünglichen Substrat sie durch Schweißen, Eingießen, Löten od. dgl. mit einem metallischen Bauteil verbunden werden kann. Die äußere Schicht ist in diesem Falle dann in der Regel eine Metallschicht.

- 10 In Abwandlung des gezeigten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 2 können die Schichten 5 und 6 auch aus Cermet und Metall bestehen. Darüber hinaus ist es möglich, daß die Schichtenfolge zwischen Deckschicht 4 und Haftschicht 2 aus einer
15 Vierschichten- oder Sechsschichtenfolge aus Keramik-Cermet, und/oder Keramik-Metall und /oder Cermet-Metall bestehen.

Bei Kompaktwerkstoffen sind laminatartig aus Metall und Keramik aufgebaute Systeme bekannt, die durch Sintern bzw. Heißpressen hergestellt werden. Bei diesen Herstellungsverfahren sind die
20 Möglichkeiten zur Realisierung geometrisch komplizierter Bauteile stark eingeschränkt. Außerdem kann die Porosität in den einzelnen Schichten gezielt im Sinne einer optimierten Anpassung des Werkstoffs an gegebene Belastungsverhältnisse nicht modifiziert und -mindestens ohne erheblichen Aufwand- die Schicht-
25 dicken der einzelnen Lagen nicht variiert werden, was bei Flamm- und Plasmaspritzen ohne weiteres gegeben ist. Außerdem lassen sich bei der Herstellung von kompakten Formteilen durch das Flamm- und Plasmaspritzen in einem Arbeitsgang als äußere Schicht Materialien aufspritzen, die das Verbinden des so hergestellten Werkstoffs mit anderen Bauteilen durch Einschweißen,
30 Eingießen, Auftragsschweißen, Auftragslöten und dergleichen ermöglichen.

Die Erfindung wird anhand nachfolgender Beispiele näher
35 erläutert:

Beispiel 1 (Metall/Cermet-Laminataufbau):

Zur Herstellung eines Rohrsegmentes aus dem erfindungsgemäßen Schichtwerkstoff wurde eine zylindrische Kernform aus Aluminium erwärmt, Natriumchloridlösung aufgesprüht und weiter auf 300 °C erwärmt. Anschließend wurden die Wärmedämmschichten gemäß Tabelle 1, mit der Plasmapistole aufgetragen.

Als äußerste Schicht wurde Nickel aufgebracht, wodurch das Einlöten des Rohrsegmentes in das vorgesehene rohrförmige Bauteil möglich war.

10

Aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungs-Koeffizienten von Aluminium und dem erfindungsgemäßen Schichtwerkstoff trennt sich dieser gut beim Abkühlen der Form. Zusätzlich begünstigt wurde dieses Abtrennen durch Eintauchen in Wasser, wodurch sich das Natriumchlorid auflöst. Der fertige Rohrabschnitt mit einem Innendurchmesser von 100 mm und einer Länge von 50 mm wurde dann in das vorgesehene rohrförmige Bauteil eingelötet. Zu diesem Zweck wurde Lötblech (Weichlot) in der entsprechenden Größe um das Rohr gelegt, in das rohrförmige Bauteil eingeschoben und auf ca. 350 °C erhitzt. Beginnend mit der Rohrrinnenseite war der Schichtaufbau wie in der Tabelle 1 zusammengestellt, gestaltet:

Tabelle 1

25

Schicht- folge	Schichtdicke µm	Werkstoffzusammensetzung in Gew.-%		
		Metall (NiAlCr)	Keramik ZrO ₂ (CaO stab.)	
1	200	100	0	Metall
2	50	60	40	Cermet
3	50	100	0	Metall
4	50	60	40	Cermet
5	50	100	0	Metall
6	50	60	40	Cermet

35

Fortsetzung Tabelle 1:

	7	50	100	0	Metall
	8	50	60	40	Cermet
5	9	50	100	0	Metall
	10	50	60	40	Cermet
	11	50	100	0	Metall
	12	50	60	40	Cermet
	13	50	100	0	Metall
10	14	50	60	40	Cermet
	15	50	100	0	Metall
	16	50	60	40	Cermet
	17	50	100	0	Metall
	18	50	60	40	Cermet
15	19	50	100	0	Metall
	20	50	60	40	Cermet

20 Für die Untersuchungen wurden insgesamt drei Rohrabschnitte mit unterschiedlichen Schichtdicken hergestellt.

Rohr Nr. 1 war aus fünf Schichtfolgen, Rohr Nr. 2 aus 11 und Rohr Nr. 3 aus 20 Schichtfolgen aufgebaut. Zusätzlich hatten die Rohre auf der Außenseite ein 50 μ m starke Nickelschicht. Bei den

25 Versuchen zum Einlöten der Rohrabschnitte in das vorgesehene Bauteil zeigte sich, daß Rohr Nr. 1 und Nr. 2, den thermischen Spannungen beim Abkühlen nach dem Einlöten nicht widerstand. Befriedigende Ergebnisse konnten mit dem dritten Rohrabschnitt, mit eine Gesamtwandstärke von 1,2 mm erzielt werden.

Beispiel 2 (Keramik/Cermet - Laminataufbau):

Zur Beschichtung eines Kolbenbodens (Dieselmotore) zum Zwecke der Wärmedämmung wurde dieser zunächst entfettet und sandgestrahlt, anschließend erfolgte die Plasmabeschichtung ohne

5 Unterbrechung. Die Schichtanordnung ergibt sich aus Tabelle 2:

Tabelle 2

10 Schicht- folge Nr.	Schicht- dicke μm	Werkstoffzusammen- setzung in Gew.-%		
		Metall (NiAlCr)	Keramik ZrO ₂ (CaO stab.)	
15	1	100	0	Metall
	2	100	34	Cermet
	3	100	67	Cermet
	4	50	100	Keramik
	5	50	67	Cermet
20	6	50	100	Keramik
	7	50	67	Cermet
	8	50	100	Keramik
	9	50	67	Cermet
	10	50	100	Keramik
25	11	50	67	Cermet
	12	50	100	Keramik
	13	50	67	Cermet
	14	50	100	Keramik
	15	50	67	Cermet
30	16	50	100	Keramik
	17	50	67	Cermet
	18	50	100	Keramik
	19	50	67	Cermet
	20	50	100	Keramik
35	21	50	67	Cermet
	22	50	100	Keramik
	24	200	100	Keramik

Um bei späteren Untersuchungen die Auswirkungen unterschiedlicher Wärmedämmmaßnahmen auf den Verbrennungsablauf feststellen zu können, wurden auch hier drei Beschichtungen mit unterschiedlicher Dicke realisiert.

5 Kolbenboden Nr. 1 hatte sechs Schichtfolgen, Kolbenboden Nr. 2, 12 Schichtfolgen und Kolbenboden Nr. 3 schließlich 24 Schichtfolgen. Bei Kolbenboden Nr. 1 und Nr. 2 hatte die jeweils letzte Schicht abweichend von der Tabelle 2 eine Schichtdicke von
200 μ m. Alle drei Kolbenböden wurden einem Probelauf von 10 h in
10 einem Dieselmotor (1 Zylinder Prüfmotor MWM KD 12E) unterzogen, ohne daß es zur Schädigung der Beschichtung kam.

Beispiel 3/4 (Metall/Keramik-, und Keramik/Cermet/
15 Keramik/Metall-Laminataufbau):

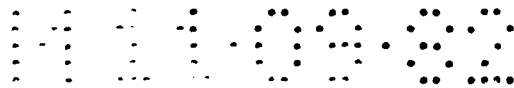
Zum Zwecke der Wärmeisolierung des Brennraumes bei einem Dieselmotor und des Bauteilschutzes vor thermischer Überlastung wurde die in Tabelle 3 angegebene Schichtfolge auf je ein Ein- und ein
20 Auslaßventil (Durchmesser 50 mm) aufgespritzt. Da auf Ventile sowohl thermischer als auch mechanische Belastungen einwirken, wurden zur weiteren Verbesserung der Schlagfestigkeit zusätzliche metallische Schichten in die Schichtfolge eingebaut.
Dieser Aufbau ist in Tabelle 4 gezeigt. Die Ventile wurden eben-
25 falls einem Testlauf von 100 h im beschriebenen Prüfmotor unterzogen, ohne daß die Beschichtungen Schaden nahmen.

Tabelle 3

Schicht- folge Nr.	Schichtdicke μ m	Werkstoffzusammen- setzung in Gew.-%		
		Metall (NiAlCr)	Keramik ZrO ₂ (CaO stab.)	
1	150	100	0	Metall
2	150	66	34	Cermet
3	150	33	67	Cermet
4	100	0	100	Keramik
5	50	100	0	Metall
6	100	0	100	Keramik
7	50	100	0	Metall
8	100	0	100	Keramik
9	50	100	0	Metall
10	100	0	100	Keramik
11	50	100	0	Metall
12	300	0	100	Keramik

Tabelle 4

Schicht- folge Nr.	Schichtdicke μm	Werkstoffzusammen- setzung in Gew.-%		
		Metall (NiAlCr)	Keramik ZrO_2 (CaO stab.)	
1	100	100	0	Metall
2	100	67	33	Cermet
3	100	33	67	Cermet
4	50	0	100	Keramik
5	50	67	33	Cermet
6	50	0	100	Keramik
7	50	100	0	Metall
8	50	0	100	Keramik
9	50	67	33	Cermet
10	50	0	100	Keramik
11	50	100	0	Metall
12	50	0	100	Keramik
13	50	67	33	Cermet
14	50	0	100	Keramik
15	50	100	0	Metall
16	50	0	100	Keramik
17	50	33	67	Cermet
18	150	0	100	Keramik
19	50	100	0	Metall



392-64-43/81
CASCH/KRU/AGD

30. August 1982

5

BATTELLE - INSTITUT E.V., Frankfurt/Main

10

Patentansprüche

- 15 1. Wärmedämmende, hochtemperatur- und thermoschockbeständige Beschichtung auf der Basis von flamm- oder plasmagespritzten keramischen Materialien, dadurch gekennzeichnet, daß sie mehrere Schichtfolgen im wesentlichen gleicher Materialien aufweist und daß in jeder Schichtfolge mindestens je eine
- 20 Schicht aus Keramik und Cermet und/oder Keramik und Metall und/oder Cermet und Metall vorhanden ist.
2. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß seine Dicke mindestens $200 \mu\text{m}$ beträgt und daß die einzelnen
- 25 Schichten eine Dicke von 5 bis $1000 \mu\text{m}$, vorzugsweise 50 bis $200 \mu\text{m}$ aufweisen.
3. Beschichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten unterschiedliche Dicken aufweisen.
- 30 4. Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Metall- und Cermetschichten gleiche Dicken aufweisen, während die Dicke der Keramikschichten zu einer Deckschicht hin zunimmt.

5. Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramiksichten die gleiche Dicken aufweisen, während die Dicke der Metall- und Cermetschichten zur Deckschicht hin abnimmt.
- 5 6. Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Keramiksichten zur Deckschicht hin zunimmt und die Dicke der Metall- und Cermetschichten zur Deckschicht hin abnimmt.
- 10 7. Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in den Cermetschichten die Konzentration der Metallkomponenten zur Deckschicht hin allmählich abnimmt.
- 15 8. Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten verschleiß- und korrosionsbeständig sind.
- 20 9. Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Cermetschichten aus Metall, vorzugsweise Nickel-Aluminium oder Nickel-Chrom-Aluminium, und stabilisiertem Zirkoniumdioxid und/oder Zirkoniumsilikat und die Keramiksichten aus stabilisiertem Zirkoniumdioxid und/oder Zirkoniumsilikat bestehen.
- 25 10. Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die der Belastung zugewandte Deckschicht aus Zirkoniumdioxid und/oder Zirkoniumsilikat besteht, welche vorzugsweise dicker ist als die übrigen Schichten.

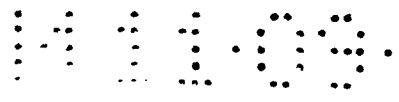
11. Beschichtung nach Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß sie ablösbar auf einem Substrat hergestellt ist und daß eine Außenschicht aus metallischem Material aufweist, über die die Beschichtung mit einem metallischen Werkstück verbindbar ist.

5

12. Verwendung der Beschichtung nach den Ansprüchen 1 bis 11 in Brennräumen von Antriebsaggregaten mit reduzierender oder oxidierender Atmosphäre.

10

1/1



0075228

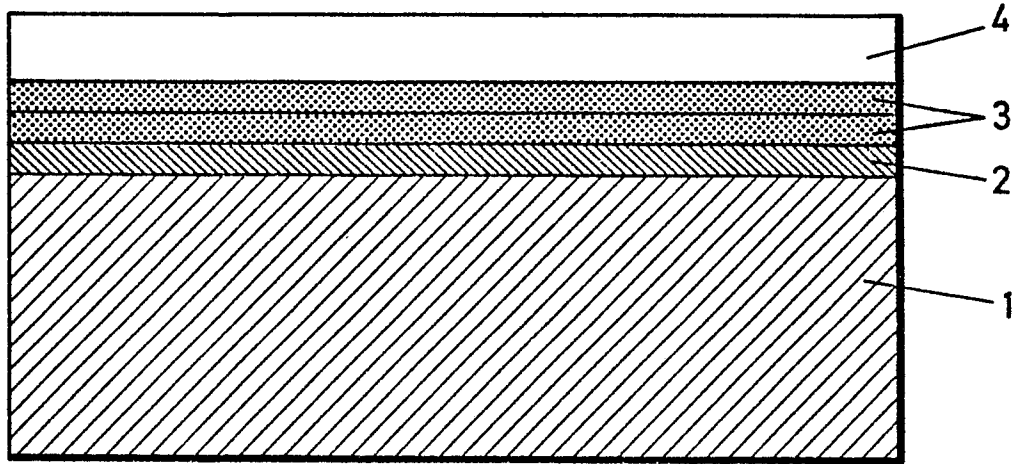


Fig. 1

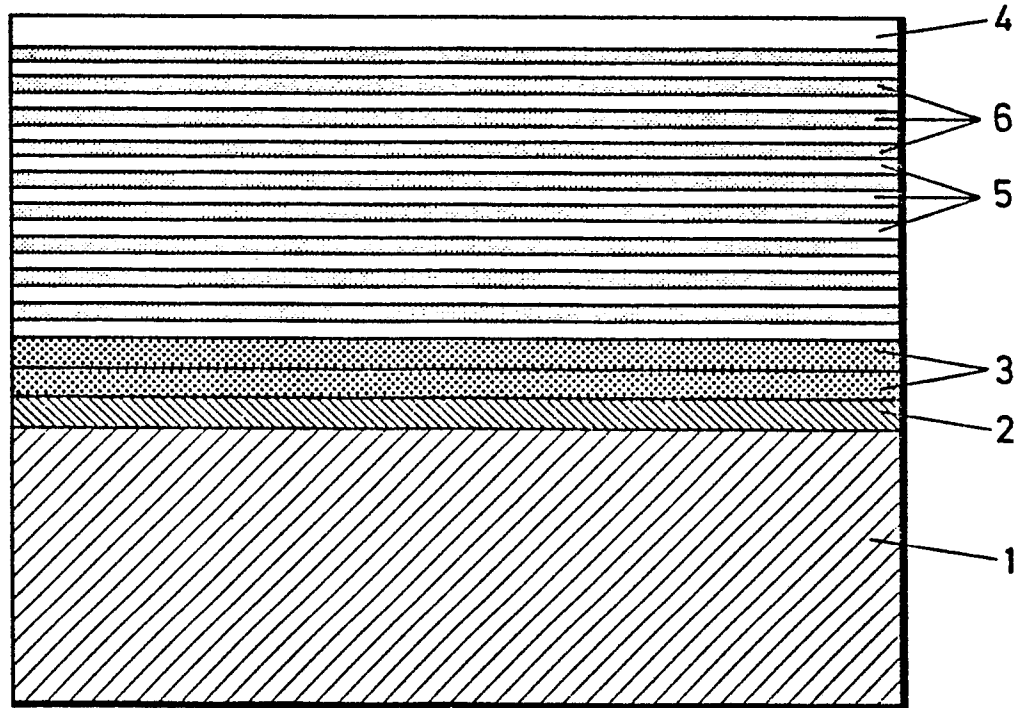


Fig. 2