



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 18 356 T2** 2007.10.31

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 524 459 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 18 356.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 030 436.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **18.03.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.04.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.02.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.10.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F16J 9/26** (2006.01)  
**C23C 30/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**0101089      27.03.2001      SE**

(73) Patentinhaber:

**Koncentra Marine & Power AB, Mölnlycke, SE**

(74) Vertreter:

**Le-Sattler, A., Lebensmittelchem., Pat.-Anw.,  
44793 Bochum**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, SE**

(72) Erfinder:

**Aram, Mehdi, 433 44 Partille, SE; Samuelsson, Per,  
433 50 Öjersjö, SE; Gong, Karin, 443 43 Grabo, SE;  
Li, Changhai, 425 41 Hisingskär, SE**

(54) Bezeichnung: **Einen verschleissfesten Werkstoff enthaltender Kolbenring**

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

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kolbenringsubstrat umfassenden Kolbenring. Die Erfindung betrifft außerdem einen Kolbenring, der eine abriebresistente Verbundzusammensetzung umfasst und einen Kolbenring, der eine abriebresistente Zusammensetzung umfasst, wobei die abriebresistente Verbundzusammensetzung eine keramische Verbindung umfasst.

### Stand der Technik

**[0002]** Sehr hohe Beanspruchungen müssen bei Hochtemperaturanwendungen bewältigt werden, z.B. Kolbenringe, die zur Verwendung in zum Beispiel Schiffsdieselmotoren bestimmt sind, besonders was Beanspruchbarkeit, antikorrosive Merkmale, Abriebresistenz und Materialnachgiebigkeit betrifft. Bei Verwendung in einem Dieselmotor ist der Kolbenring angeordnet, um einerseits gegen eine zugehörige Kolbenauskehlung, andererseits gegen eine Motorzylinderbohrung zu stoßen.

**[0003]** Folglich sollte der Ring abriebresistent sein, besonders an der Berührungsfläche zu der Zylinderbohrung, wo hohe Reibung erzeugt wird, wenn der Motor in Betrieb ist. Der Kolbenring sollte deshalb auch eine inhärente Federkraft oder Rückfederung besitzen, wodurch der Kolbenring konstant nach außen gezwungen werden wird, in Angrenzung gegen die Zylinderbohrung. Zusätzlich auf jeden explosiven Hub des Motors, wird der Kolbenring mit erheblicher Kraft radial nach außen gedrängt, in Angrenzung gegen die Zylinderbohrung, mit daraus folgender Steigerung von Belastung. Aufgrund einer hohen Arbeitstemperatur in Motoren und besonders aufgrund der Einwirkung von produzierter Hitze, von Berührung zwischen Kolbenringen und Zylinderbuchse während des Verfahrens, verlieren viele Materialien etwas von ihrer Streckfestigkeit und zeigen Erweichung.

**[0004]** Bei Betrieb sind besonders einige Kontaktflächen zwischen dem Kolbenring und dem Zylinderbuchsenmaterial hohen Temperaturen, erheblichen Temperaturdifferenzen und den Auswirkungen von einer höchst korrosiven Umgebung ausgesetzt.

**[0005]** Um den Auswirkungen dieser Belastung veranlassenden Ursachen standzuhalten, muss der Kolbenring deshalb auch erhebliche Abriebresistenz, Duktilität und thermische Beständigkeit vorweisen. Bei Duktilität ist hierin die größtmögliche Deformation des Materials bevor Rissbildung beginnt zu verstehen.

**[0006]** Heutzutage sind Kolbenringe üblicherweise aus gusseisernen Rohlingen hergestellt, welches die dem Material auferlegten Anforderungen bezüglich Beanspruchbarkeit und Nachgiebigkeit, aber nicht Abriebresistenz auf der Oberfläche davon, die der Zylinderbohrung gegenüberliegt, erfüllt. Gusseisen besitzt nicht die erforderliche thermische Beständigkeit bei Hochtemperatur. Ein gusseiserner Kolbenringrohling ist deshalb üblicherweise mit einer abriebresistenten Abnutzungsschicht auf den Oberflächen, die Abnutzung meist ausgesetzt ist, ausgestattet.

**[0007]** Die Abnutzungsschicht, welche üblicherweise durch ein Chromverbindungsmaterial gebildet ist, ist üblicherweise auf den Kolbenringrohling in einem Elektrolyseverfahren aufgebracht, wie z.B. in EP 0 668 375 beschrieben. In Übereinstimmung mit den Lehren dieser Spezifikation ist dem Kolbenringrohling eine harte Chromschicht in einem Elektrolyseverfahren gegeben. Jedoch kommen Schwierigkeiten beim Erzielen einer ausreichend starken Bindung zwischen dem Material des Rohlings und dem Material der Abnutzungsschicht auf, welches Probleme aufgrund des Risikos verursacht, dass das Material der Abnutzungsschicht von dem Material des Rohlings weggerissen wird. Wenn dies passiert, ist das vergleichsweise weiche Material der Rohlingmaterialoberfläche Abnutzung in dem Kontaktbereich gegen die Zylinderbohrung ausgesetzt, mit resultierender erheblicher Verkürzung der Lebensdauer des Kolbenrings.

**[0008]** Ein anderes Problem ist, dass die Beschichtung sich allmählich abnutzt, auch wenn die Bindung zwischen den Oberflächen vergleichsweise stark ist. Die Abnutzung des Kolbenringes schreitet langsam fort solange die Abnutzungsschicht intakt ist, aber sehr schnell sobald die Schicht verschwunden ist. Als ein Ergebnis kann es schwierig sein rechtzeitig zu bestimmen, wann ein Kolbenringwechsel gemacht werden soll.

**[0009]** Ein anderes Thema ist die Oxidationsbeständigkeit des Kolbenrings bei Hochtemperaturen zu erhöhen. In WO9532314 ist eine intermetallische Nickel-Aluminium-Basislegierung vorgesehen, die geeignet bedacht für Stücke, wie Gasturbinenblätter ist, die einer hohen und kontinuierlichen thermischen Belastung ausgesetzt sind. Diese Legierung wird beansprucht, um thermische, Oxydations- und Temperaturwechselbeständigkeit zu verbessern. Jedoch die Härteeigenschaften und die Abriebresistenz dieser Verbindung sind ausrei-

chend zur Verwendung bei anderen Stücken und Elementen bedacht, die Abnutzung und thermischer Belastung ausgesetzt sind.

**[0010]** Das Dokument EP-0 645 463 offenbart einen Kolbenring, der aus intermetallischen Verbindungen von zumindest 40 Volumenanteil hergestellt ist.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0011]** Das Ziel der vorliegenden Erfindung ist ein Material vorzusehen, das besonders für Medium- bis Hochtemperaturanwendungen wie Kolbenringe bestimmt ist, das Anforderungen notwendig hinsichtlich Abriebresistenz, Nachgiebigkeit, Anti-Korrosivität, Härte, thermische Beständigkeit und Duktilität erfüllt.

**[0012]** Ein anderes Ziel ist einen Kolbenring vorzusehen, welcher nicht an den vorstehenden, im Stand der Technik gefundenen, Nachteilen leidet. Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der Erfindung ersichtlich.

**[0013]** Die vorliegende Erfindung ist in den unabhängigen Ansprüchen 1, 7 und 14 definiert.

**[0014]** Der erfinderische Kolbenring, der eine intermetallische Legierung umfasst, hat unerwartet gute Leistungsmerkmale im Verhältnis zu Kolbenringen gezeigt, welche ein Kolbenringsubstrat aus Gusseisen umfassen, die mehr vom herkömmlichen Typ sind.

**[0015]** Vorzugsweise umfasst das Kolbenringssubstrat zumindest 70 Volumen%, und wünschenswerter 90–100 Volumen%, von intermetallischer Legierung, basierend auf dem gesamten Volumen des Kolbenringsubstrats.

**[0016]** Es ist entdeckt worden, dass ein Kolbenring, welcher im Wesentlichen durch zumindest eine intermetallische Legierung gebildet ist, sehr gute Leistungsmerkmale für die extreme Umgebung zeigt, welcher die Kolbenringe ausgesetzt sind. Für große Kolbenringe, die für Schiffsdieselmotoren bestimmt sind, verursachen die Eigenschaften eines Kolbenringes mit der erfinderischen Zusammensetzung derart erhebliche Qualitätsverbesserung, dass die Notwendigkeit für weitere Beschichtung, um Abnutzung standzuhalten, reduziert ist. Dies wird unnötig zu vielen der herkömmlichen Preis treibenden Nachbehandlungsschritten hinsichtlich Beschichtung führen, um gleichwertige Qualität zu erreichen.

**[0017]** In Fällen, wenn es bevorzugt wird, kann eine Beschichtung auf einen Kolbenringsubstrat angeordnet werden, um den Kolbenring weiter erfindungsgemäß zu verbessern. Entsprechend umfasst so eine Beschichtung erfindungsgemäß eine intermetallische Legierung, obgleich auch andere Beschichtungen möglich sind.

**[0018]** Erfindungsgemäß umfasst das Kolbenringsubstrat zumindest eine von den intermetallischen Legierungen FeAl und Fe<sub>3</sub>Al. Eine Mischung der intermetallischen Legierungen ist auch eine Möglichkeit.

**[0019]** Eines der Vorteile der abriebresistenten Zusammensetzung, die in den Ansprüchen spezifiziert ist, ist die Fähigkeit Streckfestigkeit standzuhalten, die bis zu einer Temperatur von ungefähr 600°C erweicht. Es ist nicht ungewöhnlich, dass ein Kolbenring vor Ort Temperaturen in dem Bereich von 400 bis 500 °C oder mehr unter Arbeitsbedingungen standhalten muss. Falls das metallische Material (die Matrix) in so einem Verbund aus irgendeinem Grund, z.B. durch Hochtemperatur verursachte Erweichung, nicht Bewegung der harten Phase in dem Verbund standhalten kann, wird die harte Phase wahrscheinlich nicht an der Stelle bleiben. Die harte Phase wird ihren Platz verlassen und dann wie ein Poliermittel arbeiten und höhere Abnutzung verursachen (drei Körper abnutzend).

**[0020]** Es ist so vorteilhaft eine intermetallische Legierung zum Unterstützen der keramischen Verbindung in dem Verbundmaterial zu verwenden. Ein wichtiges Ziel für die intermetallische Legierung ist die harte Phase bei Kontakt mit Buchsenmaterial am Platz zu halten, um den schon beschriebenen Poliereffekt auch in dem vorstehend erwähnten Temperaturbereich zu vermeiden.

**[0021]** Es ist so vorteilhaft eine intermetallische Legierung zu verwenden, z.B. eine Nickel-Aluminide Matrix zum Unterstützen der keramischen Verbindung in dem Verbundmaterial. Ein wichtiges Ziel für die intermetallische Nickel-Aluminide Matrix ist die harte Phase am Platz zu halten.

**[0022]** Die abriebresistente Zusammensetzung umfasst auch eine harte Phase, die vorzugsweise aus zumin-

dest einer keramischen Verbindung besteht, die von einer Gruppe gewählt wurde, die aus Aluminiumoxid, Chromcarbid, Chromoxid und Siliciumcarbid, z. B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , und Sic, besteht.

**[0023]** Die harte Phase verbessert die Abriebresistenz und die Fähigkeit thermischer Ermüdungsdeformation des Verbundes zu widerstehen. Gleichzeitig ist der Wärmeausdehnungskoeffizient der erfinderischen Zusammensetzung reduziert. Die Kompatibilität von harter Phase und Matrix ist in diesem Fall ein wichtiger Faktor.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wird zusammen mit basierenden intermetallischen Legierungen aufgrund höherer Berührungsflächenbindung mit dem Matrixmaterial bevorzugt, aber die anderen harten Phasen arbeiten auch gut in dieser Hinsicht.

**[0024]** Es ist auch ein Ziel der vorliegenden Erfindung einen Kolbenring, wie in Anspruch 14 definiert, der besonders für große Schiffsdieselmotoren bestimmt ist, vorzusehen. Durch Verwendung der abriebresistenten Zusammensetzung, besonders als Beschichtung auf einem Substrat, ist ein kosteneffizienteres Produkt erreicht, insbesondere in jenen Fällen, wenn die Materialkosten einen großen Teil der gesamten Produktionskosten bilden.

**[0025]** Während die Erfindung im Detail mit Bezugnahme auf spezifische Ausführungsformen davon beschrieben worden ist, wird es für einen Fachmann offensichtlich sein, dass verschiedenartige Veränderungen und Modifikationen darin vorgenommen werden können, ohne von dem Bereich davon abzuweichen. So ist es selbstverständlich, dass verschiedenartige Verfahren, wie Plasma-, HVOF-Spritzung oder andere entsprechende Verfahren des Standes der Technik verwendet werden können, um die erfinderische Zusammensetzung an einem Substrat, wie z.B. einem Kolben, einem Kolbenring und einer Zylinderbuchse oder zumindest Teilen von ihnen, aufzubringen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0026]** Derzeitig bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun detailliert mit Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

**[0027]** [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung von Supergitter-Dislokationen in einem zweidimensionalen einfachen kubischen Gitter.

**[0028]** [Fig. 2](#) ist ein Schema, das den Abnutzungsgrad bezüglich Druckaussetzung in Versuchen einer Zusammensetzung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung im Vergleich zu einem bekannten Gusseisen für Kolbenringe, Darcast genannt, zeigt.

**[0029]** [Fig. 3](#) ist ein SEM-Bild einer erfindungsgemäßen Zusammensetzung.

**[0030]** [Fig. 4](#) ist eine Ausführungsform eines Kolbenrings gemäß der vorliegenden Erfindung.

#### Detaillierte Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen

**[0031]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine abriebresistente Verbundzusammensetzung vorgesehen, die für Medium- und Hochtemperaturanwendungen und besonders für Kolbenringe bestimmt ist, worin die abriebresistente Verbundzusammensetzung eine keramische Mischung von intermetallischer Zusammensetzung und einer keramischen Verbindung umfasst. Die abriebresistente Verbundzusammensetzung umfasst besonders mindestens eines von  $\text{FeAl}$  und  $\text{Fe}_3\text{Al}$ .

**[0032]** Wie hierin verwendet, ist die Bezeichnung intermetallische Verbindungen eine Klasse von Materialien, welche als eine Zwischenposition besetzend hinsichtlich der Eigenschaften des Materials zwischen metallischen Legierungen und keramischen betrachtet werden kann. Sie werden auch als eine unikale Klasse von metallischen Materialien angesehen, die weit reichend angeordnete Kristallstrukturen unterhalb einer kritischen Temperatur bilden, üblicherweise bezeichnet als die kritische anordnende Temperatur ( $T_k$ ).

**[0033]** Die wesentliche Bedingung für eine stellvertretende solide Lösung von einer geeigneten Zusammensetzung geordnet zu werden, ist dass ungleiche Atome, d.h. unterschiedliche Elemente sich einander mehr anziehen müssen als gleiche Atome, um die freie Energie auf Bestellung zu senken. Mit anderen Worten ist der Ordnungsgrad von metallischen Verbindungen eng Verwand mit der Art der Bindung. Diese geordneten Intermetallischen existieren üblicherweise in relativ begrenzten zusammengesetzten Bereichen rund um einfachen stöchiometrischen Verhältnis.

**[0034]** Ein vorstehend erwähnter Effekt, der von der Kristallstruktur abhängt, ist schematisch in [Fig. 1](#) durch eine Supergitter-Dislokation in einen zweidimensionalen einfachen kubischen Gitter dargestellt. Intermetallische Verbindungen weisen eine sehr hohe Streckgrenze auf, die häufig zu erhöhten Temperaturen führt. Deformation in geordneten Legierungen wird durch das Gleitstück von Supergitter oder paarweisen Dislokationen gesteuert, wie Superdislokationen, außerdem in [Fig. 1](#) für ein zweidimensional geordnetes Gitter veranschaulicht, das eine AB-Zusammensetzung besitzt. Die erste, oder führende, Dislokation erzeugt eine Schicht von Anti-Phasen-Domäne, welche einfach als einer Schicht von falscher Bindung gedacht werden kann, und die zweite, oder folgende, Dislokation stellt die Ordnung wieder her. Die relativ geringe Beweglichkeit von Superdislokationen ergibt höhere Streckfestigkeit; das heißt, Streckfestigkeit steigt mit steigender Temperatur eher als, dass sie sinkt.

**[0035]** Beispiele von Ausführungsformen werden nachstehend gegeben.

Beispiel 1 (aus dem Erfindungsbereich)

**[0036]** Eine Zusammensetzung wurde durch Bilden einer Mischung von den folgenden Ingredienzien in den Teilen nach Gewicht, die in Tabelle 1 angegeben sind, erstellt:

Tabelle 1

No.	Name	Element	Ni	Al	Cr	Zr	Nb
1	NiAl-Nb	Wt%	65-66	27-28	2-3	0,5-1	4-4,5

**[0037]** Ein Pulver wurde durch Bilden der Mischung von Komponenten, wie in Tabelle 1 von Beispiel 1 dargelegt, erstellt. Außerdem wurde 5-10 Volumen% der anfänglichen Mischung durch 5-10 Volumen% von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ersetzt. Die resultierende Zusammensetzung wurde erhitzt und auf ein Substrat gemäß Verfahren des Standes der Technik appliziert, um eine abriebresistente Zusammensetzung auf dem Substrat zu bilden. Der resultierende Verbund besaß gute Abriebresistenz, Duktilität und thermische Beständigkeitsmerkmale.

**[0038]** [Fig. 2](#) ist eine Darstellung, die den Abnutzungsgrad bezüglich Druckaussetzung in Versuchen einer Zusammensetzung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung im Vergleich zu einem bekannten Gusseisen für Kolbenringe, Darcast genannt, zeigt.

**[0039]** Um die Merkmale der Erfindung weiter zu veranschaulichen, wird Bezug auf [Fig. 3](#) genommen, welche ein SEM-Bild einer bevorzugten Ausführungsform einer abriebresistenten Zusammensetzung gemäß der Erfindung ist. Das Bild offenbart eine Matrix, die dunklere „Inseln“ einer Hartphase umfasst. In diesem Fall ist die harte Phase ein Chromcarbid. Mittels Diffusion zwischen Matrix und Hartphase ist eine gemischte Zone gebildet, welche auch klar sichtbar auf dem Bild ist. Die gemischte Zone sieht vor, dass eine harte Bindung zwischen Hartphase und Matrix gebildet ist und vorzugsweise die gemischte Zone symmetrisch rund um die Hartphase gebildet ist.

**[0040]** Eine weitere Ausführungsform einer abriebresistenten Zusammensetzung für einen Kolbenring ist in dem folgenden Beispiel 2 dargestellt.

Beispiel 2 (aus dem Erfindungsbereich)

Tabelle 2

No	Name	Element	Ni	Al	Fe	Mn	Ti	Zr	B
2	Ni <sub>3</sub> Al-Fe	Wt%	77-78	9-10	11-12	0,5	0,5	0,01	0,1

**[0041]** Ein Pulver wurde durch Bilden einer anfänglichen Mischung von Komponenten, wie in Tabelle 2 von Beispiel 2 dargelegt, erstellt. Außerdem wurde 5-10 Volumen% der anfänglichen Mischung durch 5-10 Volumen% von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ersetzt. Die resultierende Zusammensetzung wurde einer Wärmebehandlung ausgesetzt und auf ein Substrat gemäß z.B. Verfahren des Standes der Technik appliziert, um eine abriebresistente Zusam-

mensetzung auf einem Substrat zu bilden. Der resultierende Verbund besaß gute Abriebresistenz, Duktilität und thermische Beständigkeit.

Beispiel 3 (aus dem Erfindungsbereich)

Tabelle 3

No	Name	Element	Ni	Al	Cr	C	Mn	Ti	Zr	B
3	Ni <sub>3</sub> Al-Cr	Wt%	81-83	8-9	7-8	0,1	0,4-0,5	1	0,6	0,1

**[0042]** Eine abriebresistente Zusammensetzung wurde durch Bilden der Mischung von Komponenten, wie in Tabelle 2 von Beispiel 2 dargelegt, erstellt. In diesem Beispiel ist Chromcarbid als eine harte Phase verwendet im Gegensatz zu vorstehend gegebenen Beispielen. Durch, gemäß den vorhergehenden Beispielen, Zufügen der harten Phase Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> stattdessen, ist eine erhöhte thermische Beständigkeit erreicht verglichen mit der Mischung gemäß Tabelle 3. Obgleich Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> als die bevorzugte Alternative für eine harte Phasenverbindung in den vorstehend angegebenen Beispielen angegeben ist, wurden exzellente Ergebnisse mit anderen harten Phasenverbindungen ebenso erreicht.

Beispiel 4 (aus dem Erfindungsbereich)

**[0043]** Eine abriebresistente Zusammensetzung ist in der nachfolgenden Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

No	Name	Element	Fe	Al	Cr	C	Mo	Ti	Zr	B
4	Fe <sub>3</sub> Al-Cr	Wt%	Re*	13-17	2-6	0,1	0,1-1,5	1	0,6	0,1

\*Re = restlich

**[0044]** Es ist natürlich möglich irgendwelche harten Phasen aus der Gruppe, die aus Chromcarbid, Chromoxid, Siliciumoxid und Aluminiumoxid, z. B. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, Sic und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, bestehen, in Kombination mit irgendeiner Zusammensetzung, die in den Tabellen 1-4 angegeben ist, zu verwenden. Es wird außerdem erkannt, dass gemäß eines ersten Aspektes der Erfindung ein Kolbenring durch Gießen einer optionalen Zusammensetzung gemäß zum Beispiel den Tabellen 1-4 ohne Zufügen einer Hartphase vorgesehen werden kann.

**[0045]** Gießen eines Kolbenringsubstrates gemäß eines ersten Aspektes der Erfindung wird nun beschrieben. Das Rohmaterial für das Gießen wird in Gegenwart eines Inertgases geschmolzen. Ein Beispiel des Schmelzprozesses für Verarbeitung einer Materialzusammensetzung, die Ni<sub>3</sub>Al, von ungefähr 100kg umfasst, ist in der nachstehenden Tabelle 5 gegeben:

Tabelle 5

Schritt	Zeit	Effekt	Aktion
1	0	60 kW 300Hz	Wärmebehandlung beginnt
2	+20 min	80 kW 400 Hz	Reaktion beginnt
3	+65 min	145 kW	All Ni ist geschmolzen
4	+85 min	100 kW	1530 Grade C
5	+85 min	100 kW	Beschichten mit Ca-Verb.
6	+90 min	100 kW	Zufügen von Verbindungen
7	+95 min	100 kW	1533 Grade C

**[0046]** Danach wird die Zusammensetzung zu einer Form transferiert. Die Form ist vorzugsweise vom Sandtyp, die durch CO<sub>2</sub> geeignet gehärtet ist. Nach dem Formgebungsschritt kann das Kolbenringssubstrat wie ein bekanntes Substrat behandelt werden, um einen erfindungsgemäßen Kolbenring vorzusehen.

**[0047]** [Fig. 4](#) ist eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kolbenrings. Der Kolbenring umfasst vorzugsweise eine Beschichtung der abriebresistenten Zusammensetzung. In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besteht der Kolbenring aus der abriebresistenten Zusammensetzung.

**[0048]** Wie es offensichtlich sein wird, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die hierin beschriebenen Ausführungsformen und Beispiele begrenzt. Zum Beispiel können weitere Substanzen zu der abriebresistenten Zusammensetzung zugefügt werden, um ihre Merkmale in mancher Hinsicht zu modifizieren. Auch andere Mischungen und Kombinationen, als die in den Tabellen 1–3 aufgelisteten, sind innerhalb des Bereiches der Erfindung möglich. Für spezielle Bedingungen kann bis zu 50 %, vorzugsweise 1–30 %, und wünschenswerter zwischen 5–10 Volumen% der gesamten Zusammensetzung harte Phase, wie Chromoxid, Siliciumcarbid, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sein.

### Patentansprüche

1. Kolbenring, umfassend ein Kolbenringsubstrat, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kolbenringsubstrat zumindest 50 Volumen, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kolbenringsubstrates, einer intermetallischen Legierung umfasst, worin die intermetallische Legierung zumindest eine von FeAl und Fe<sub>3</sub>Al ist.

2. Kolbenring nach Anspruch 1, worin das Kolbenringsubstrat zumindest 70 Volumen% und mehr bevorzugt 90–100 Volumen% der intermetallischen Legierung, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kolbenringsubstrats umfasst.

3. Kolbenring nach einem der Ansprüche 1 und 2, worin das Kolbenringsubstrat durch zumindest eine intermetallische Legierung gebildet ist.

4. Kolbenring nach einem der Ansprüche 1–3, worin das Kolbenringsubstrat eine Beschichtung aufweist.

5. Kolbenring nach Anspruch 4, worin die Beschichtung des Kolbenringsubstrates zumindest eine intermetallische Legierung umfasst.

6. Kolbenring nach einem der Ansprüche 1–5, worin die intermetallische Legierung eine Mischung aus FeAl und Fe<sub>3</sub>Al ist.

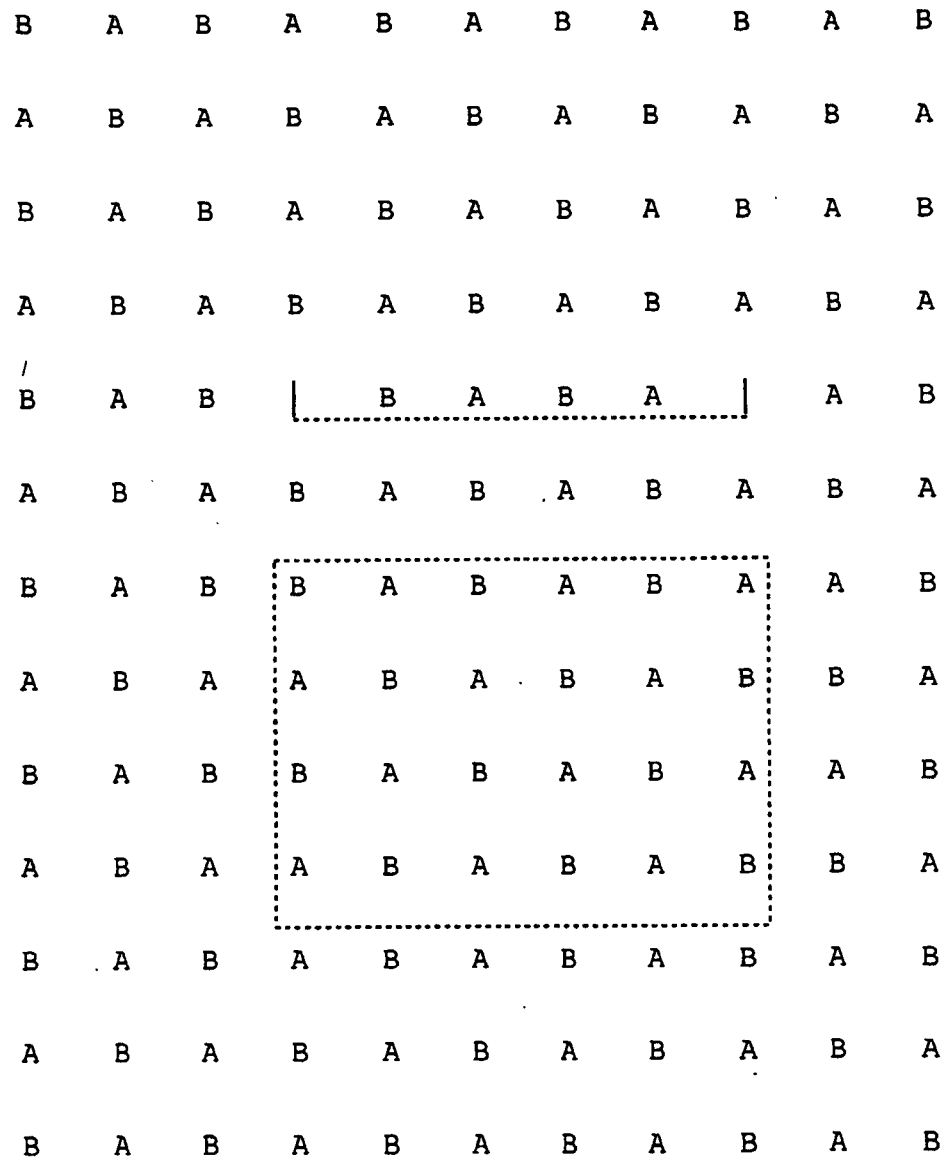
7. Kolbenring, umfassend eine Beschichtung aus einer abriebsresistenten Verbundzusammensetzung, wobei die abriebsresistente Verbundzusammensetzung eine keramische Verbindung umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die abriebsresistente Verbindung ebenfalls zumindest 50 Volumen% der intermetallischen Legierung, bezogen auf das Gesamtvolumen der abriebsresistenten Zusammensetzung umfasst, worin die intermetallische Legierung zumindest eines von FeAl und Fe<sub>3</sub>Al ist.

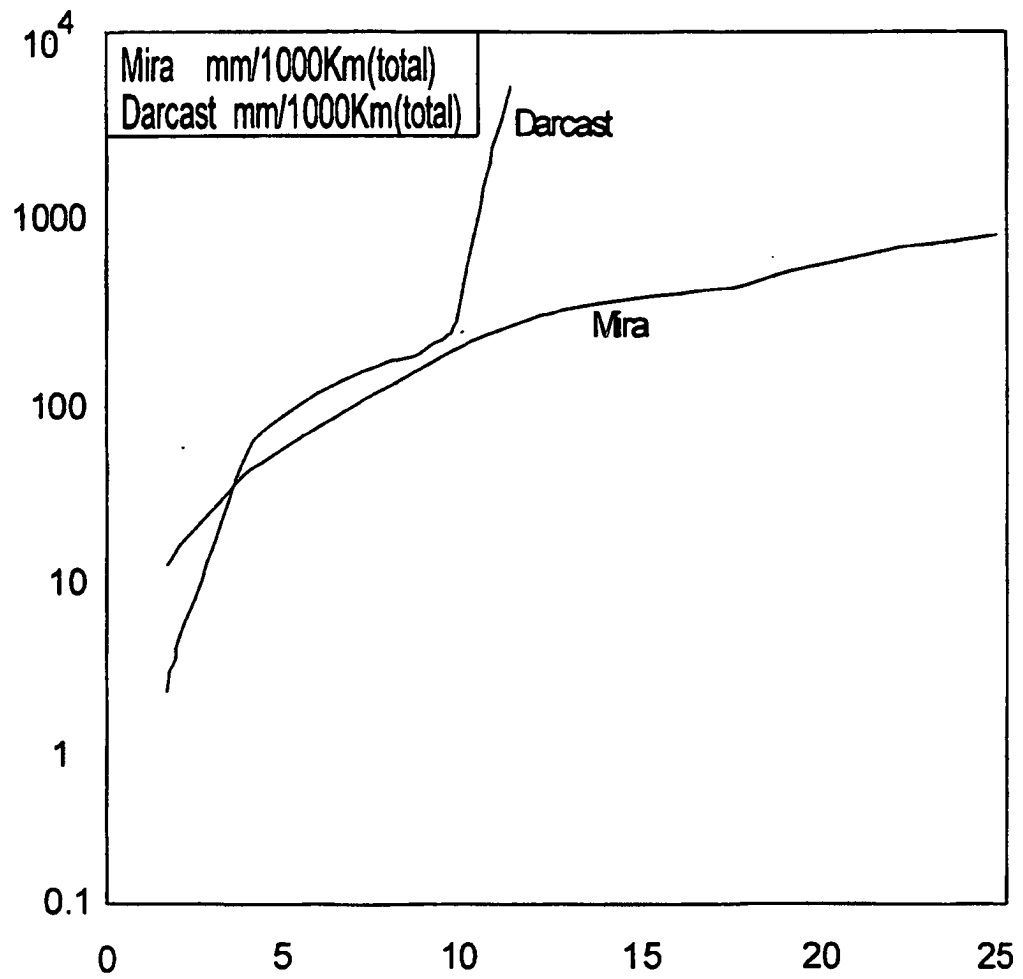
8. Kolbenring nach Anspruch 7, worin die Zusammensetzung eine Matrix enthält, die durch zumindest eine intermetallische Legierung gebildet ist.
9. Kolbenring nach einem der Ansprüche 7 und 8, worin die keramische Verbindung  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  ist.
10. Kolbenring nach einem der Ansprüche 7 und 8, worin die keramische Verbindung ein Chromoxid ist.
11. Kolbenring nach einem der Ansprüche 7 und 8, worin die keramische Verbindung SiC ist.
12. Kolbenring nach einem der Ansprüche 7 und 8, worin die keramische Verbindung Aluminiumoxid ist.
13. Kolbenring nach einem der Ansprüche 7–12, worin die Zusammensetzung bevorzugt zwischen 70 und 99 Volumen einer intermetallischen Legierung enthält, bezogen auf das Gesamtvolumen der abriebsresistenten Zusammensetzung.
14. Kolbenring, umfassend eine abriebsresistente Verbundzusammensetzung, wobei die abriebsresistente Verbundzusammensetzung eine keramische Verbindung enthält, dadurch gekennzeichnet, dass die abriebsresistente Zusammensetzung ebenfalls zumindest 50 Volumen% der intermetallischen Legierung, bezogen auf das Gesamtvolumen der abriebsresistenten Zusammensetzung, enthält, worin die intermetallische Legierung zumindest eines von FeAl und  $\text{Fe}_3\text{Al}$  ist.
15. Kolbenring nach Anspruch 14, worin die Zusammensetzung eine Matrix umfasst, gebildet durch zumindest eine intermetallische Legierung.
16. Kolbenring nach einem der Ansprüche 14 und 15, worin die keramische Verbindung  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  ist.
17. Kolbenring nach einem der Ansprüche 14 und 15, worin die keramische Verbindung ein Chromoxid ist.
18. Kolbenring nach einem der Ansprüche 14 und 15, worin die keramische Verbindung SiC ist.
19. Kolbenring nach einem der Ansprüche 14 und 15, worin die keramische Verbindung Aluminium ist wie  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
20. Kolbenring nach einem der Ansprüche 14–19, worin die Zusammensetzung bevorzugt zwischen 70 und 99 Volumen der intermetallischen Legierung enthält, bezogen auf das Gesamtvolumen der abriebsresistenten Zusammensetzung.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

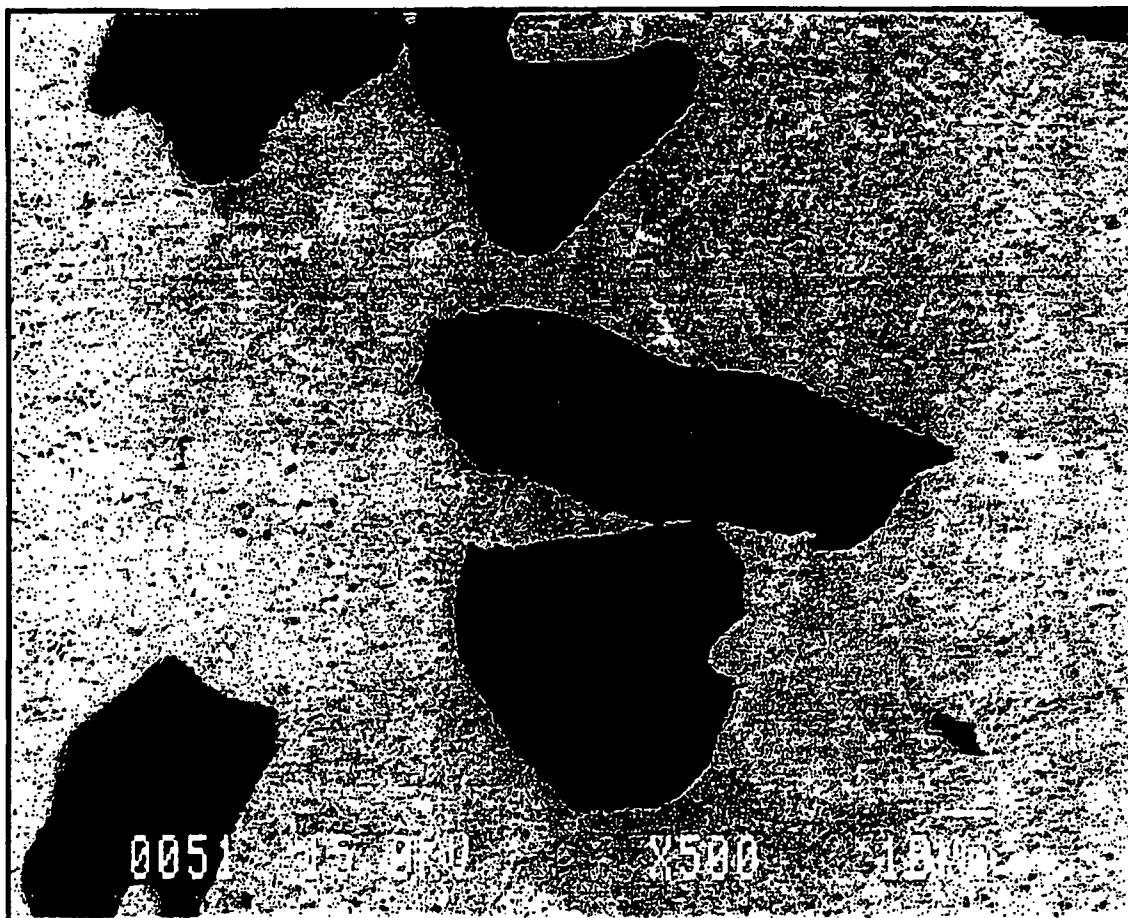


## Anhängende Zeichnungen

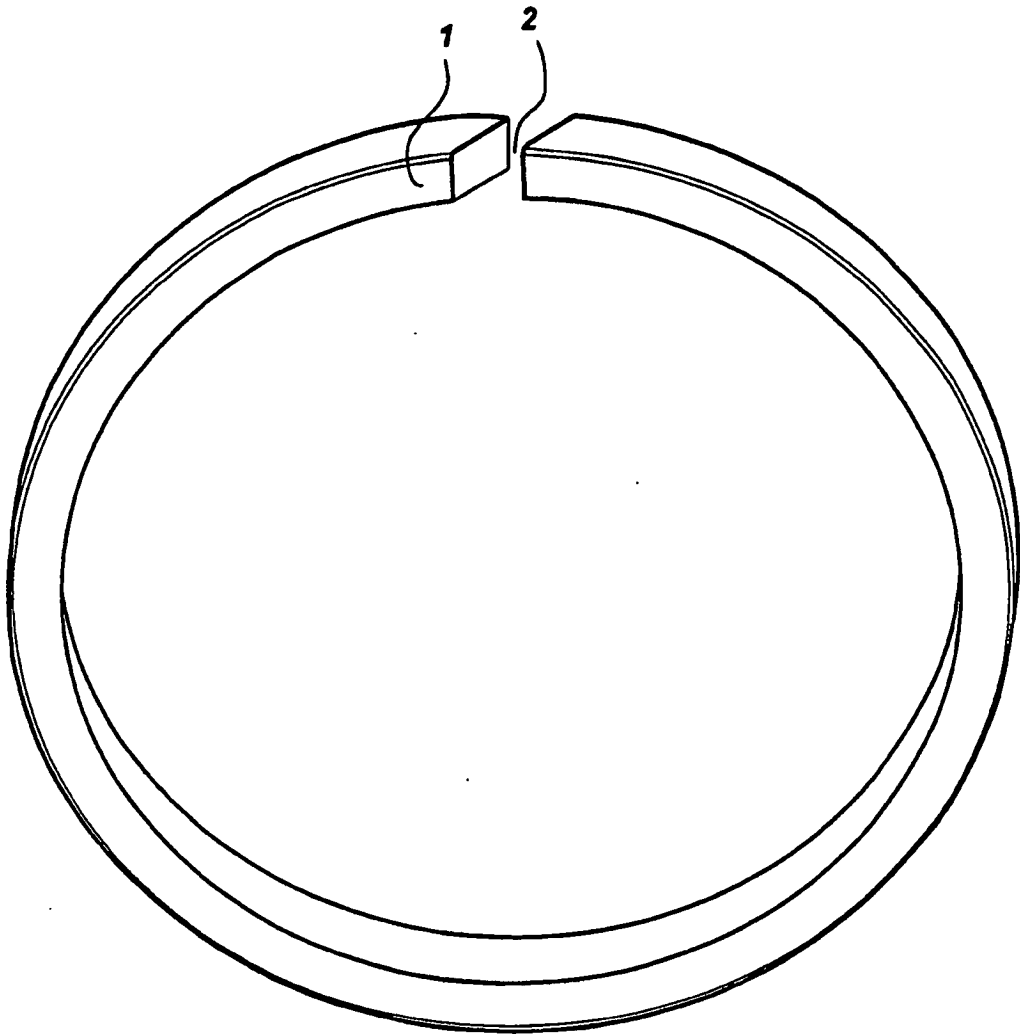
**Fig. 1**



**Fig. 2**



*Fig. 3*



***Fig. 4***