



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 148 229 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.10.2001 Patentblatt 2001/43

(51) Int Cl.7: **F02F 1/10, F02F 1/16**

(21) Anmeldenummer: **01105578.7**

(22) Anmeldetag: **06.03.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **20.04.2000 DE 10019793**

(71) Anmelder: **Federal-Mogul Friedberg GmbH
86316 Friedberg (DE)**

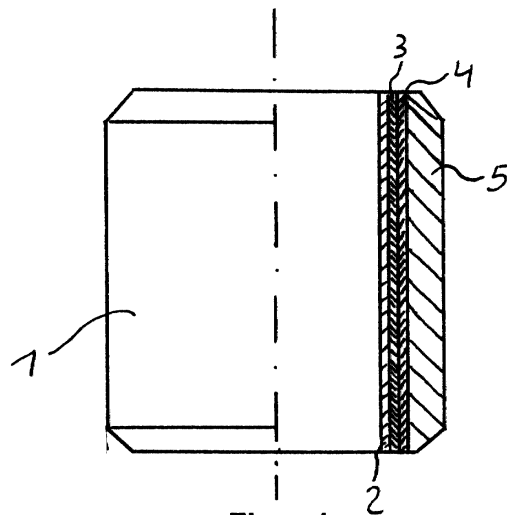
(72) Erfinder:
• **Fischer, Manfred, Dr.
42799 Leichingen (DE)**
• **Mundl, Rudolf
87616 Marktoberdorf (DE)**

- **Gödel, Peter
86495 Freienried (DE)**
- **Reichle, Wolfgang
73252 Lenningen (DE)**
- **Trübenbach, Werner
86573 Obergriesbach (DE)**
- **Müller, Markus
51399 Burscheid (DE)**
- **Rosert, Reinhard, Dr.
01217 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Becker Kurig Straus
Patentanwälte
Bavariastrasse 7
80336 München (DE)**

(54) **Zylinderlaufbuchse für Verbrennungskraftmaschinen und Herstellungsverfahren**

(57) Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Zylinderlaufbuchse für Verbrennungskraftmaschinen und eine Zylinderbuchse offenbart, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbar ist. Das Verfahren weist ein thermisches Aufspritzen, beispielsweise mit einem Lichtbogenspritzverfahren, einer Verschleißschicht auf einem Stützkörper und auf die Verschleißschicht ein Aufspritzen einer Deck- bzw. Anbindeschicht auf. Die Verschleißschicht umfasst eine übereutektische Aluminium/Silizium-Legierung und die Deck- bzw. Anbindeschicht umfasst eine untereutektische Aluminium/Silizium-Legierung. Zwischen diesen beiden Schichten kann eine Schmelzbremse, beispielsweise aus Eisen, angebracht werden. Die Schmelzbremse weist dabei eine höhere Schmelztemperatur als die beiden Aluminium/Silizium-Legierungen auf und verhindert dadurch ein Anschmelzen der Verschleißschicht beim Eingießen der Zylinderlaufbuchse in eine Zylinderbohrung.



Figur 1

EP 1 148 229 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Zylinderlaufbuchse für Verbrennungskraftmaschinen aus Leichtmetall durch thermisches Aufspritzen, sowie eine nach diesem Verfahren hergestellte Zylinderlaufbuchse.

[0002] Bei Verbrennungskraftmaschinen mit einem Motorblock aus Gusseisen- oder Aluminiumlegierungen ist es vielfach üblich, in die Zylinderbohrungen des Motorblocks Zylinderlaufbuchsen einzusetzen. Die Buchsen bestehen aus zylindrischen Rohrabschnitten und begrenzen im Motor mit ihren Innenflächen den Brennraum der Verbrennungskammer, wobei die Innenflächen gleichzeitig als Laufflächen für die Kolbenringe dienen. Entsprechend der hohen Verschleißbelastung werden als Laufbuchsenwerkstoffe verschleißfeste Gusseisen- oder Stahllegierungen oder auch Sinterwerkstoffe verwendet. Die Laufflächen der Buchsen müssen zusätzlich aufwendig spanabhebend bearbeitet werden, und gegebenenfalls sind die Laufflächen mit verschleißfesten Beschichtungen versehen.

[0003] In der DE 196 05 946 C1 wird ein Herstellungsverfahren für Zylinderlaufbuchsen offenbart, mit dem eine Zylinderlaufbuchse bei hoher Verschleißfestigkeit einfach und kostengünstig mit optimal dünner Wandstärke hergestellt werden kann und anschließend als eigenständiges Bauteil in einem Motorblock einsetzbar ist. Auf die Außenfläche eines als Formkörper dienenden Dorns wird durch ein thermisches Spritzverfahren eine erste Verschleißschicht und darauf eine Deckschicht aufgebracht und anschließend wird die gebildete Zylinderlaufbuchse vom Dorn abgezogen.

[0004] Im Automobilbau werden immer mehr Graugusskurbelgehäuse von Hubkolbenmaschinen durch solche aus Leichtmetallen verdrängt, um das Kraftfahrzeugesamtgewicht zu verringern und damit die Kraftstoffausnutzung zu verbessern. Zur Herstellung von Kurbelgehäusen aus Leichtmetall bietet sich aus wirtschaftlichen und technischen Gründen zunächst ein Druckgießen von niedrig legiertem Aluminium, beispielsweise AlSi9Cu3, an. Solche Legierungen zeigen im Gegensatz zum im Motorenbau etablierten aber erheblich aufwendigeren atmosphärischen Guss von übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierungen, beispielsweise AlSi17, ein unbefriedigendes Reibungs- und Verschleißverhalten im Kontakt mit Aluminiumkolben und Kolbenringen und sind daher als Reibpartner ungeeignet. Daher kann auch für Leichtmetall-Motoren auf das Eingießen von tribologisch geeigneten Buchsen aus Grauguss oder übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierungen nicht verzichtet werden.

[0005] In der DE 197 33 205 A1 wird eine Beschichtung einer Zylinderlauffläche einer Hubkolbenmaschine auf Eisen-, Aluminium- oder Magnesium-Basis mit einer übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung und/oder einem Aluminium/Silizium-Verbundwerkstoff und ein Verfahren zur Herstellung dieser Beschichtung of-

fenbart. Die Beschichtung wird hier direkt auf der Innenwand der Zylinderbohrung im Motorblock aufgetragen. Hierzu wird entweder ein um die Mittelachse der Zylinderbohrung rotierender Innenbrenner, der auf einem rotierenden Aggregat aufgebaut ist, in die Zylinderbohrung eingeführt und axial bewegt. Oder es wird der Innenbrenner in die Zylinderbohrung des rotierenden Kurbelgehäuses eingeführt und entlang der Mittelachse der Zylinderbohrung axial bewegt, um die Beschichtung auf die Zylinderwand aufzuspritzen.

[0006] Die Herstellung der Beschichtung direkt auf der Wand der Zylinderbohrung benötigt ein kompliziertes Aggregat mit Innenbrenner, das selber innerhalb der Bohrung rotiert, um die Beschichtung gleichmäßig auftragen zu können. Für die zweite Möglichkeit der Beschichtung, bei der der Innenbrenner nicht rotiert, ist es jedoch erforderlich, dass der gesamte Motorblock mit der Zylinderbohrung um den Innenbrenner rotiert. Beide Verfahren sind nur aufwendig und kostenintensiv umzusetzen und durchzuführen. Somit existiert ein Bedarf an einem einfachen Verfahren, um Zylinderlaufbuchsen herzustellen, die in Zylinderbohrungen von Leichtmetall-Motoren einsetzbar bzw. eingießbar sind.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein einfaches und kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von Zylinderlaufbuchsen für Leichtmetall-Motoren mit guten tribologischen Eigenschaften bereitzustellen. Desweiteren ist es Aufgabe der Erfindung, Zylinderlaufbuchsen zu liefern, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbar und in Zylinderbohrungen der Leichtmetall-Motoren einsetzbar sind.

[0008] Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dokumentiert.

[0009] In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird auf einem Stützkörper aus Aluminium eine Schicht aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung durch ein thermisches Spritzverfahren aufgetragen. Unter einer übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung wird in dieser Beschreibung eine Legierung verstanden, deren Silizium-Gehalt (im Aluminium) größer ist als der Silizium-Gehalt (im Aluminium) einer Legierung mit eutektischem Mischungsverhältnis. Bei binären Systemen versteht man unter einem Eutektikum ein in ganz bestimmter Zusammensetzung vorliegendes Gemenge - das eutektische Gemisch - zweier Substanzen, die in festem Zustand nicht, in flüssigem dagegen völlig miteinander mischbar sind. In einem Zustandsdiagramm eines binären Systems heißt der Punkt mit der niedrigstmöglichen Schmelztemperatur eutektischer Punkt. Bei ihm allein stehen Schmelze bzw. Lösung, die sie bildenden Komponenten als Feststoffe und die Gasphase miteinander im Gleichgewicht. Das Mischungsverhältnis des binären Systems im eutektischen Punkt ist das eutektische Mischungsverhältnis. Bei einer Aluminium/Silizium-Legierung beträgt der Siliziumanteil einer eutektischen Mischung etwa 12 Gew.-%. Eine Deck-

bzw. Anbindeschicht der Laufbuchse wird anschließend aus einer untereutektischen oder eutektischen Aluminium/Silizium-Legierung gebildet, die ebenfalls durch ein thermisches Spritzverfahren aufgetragen wird. Die Deck- bzw. Anbindeschicht bewirkt aufgrund ihrer Zusammensetzung eine gute Anbindung an eine Innenwand einer Zylinderbohrung beim Eingießen der Zylinderlaufbuchse. Eine untereutektische Legierung enthält weniger Silizium als eine eutektische Legierung.

[0010] Bevorzugt wird ein Lichtbogenspritzverfahren zur Aufbringung der beiden Schichten aus Aluminium/Silizium-Legierungen angewendet.

[0011] Bevorzugt ist ein Lichtbogenspritzverfahren, bei dem ein Fülldraht mit geschlossener Hülle verwendet wird. Der Fülldraht wird mit einer Siliziumlegierung, bevorzugt Siliziumkörnern durch gerichtetes Rütteln gefüllt. Im anschließenden Zieh- und Walzprozess zur Reduzierung des Drahtes auf einen Enddurchmesser werden die Körner zerkleinert und dadurch gleichmäßig verteilt. Dadurch ist auch die aufgespritzte Schicht gleichmäßig zusammengesetzt. Durch den Zieh- und Walzprozess wird ebenfalls die Oberfläche des Drahtes verfestigt. Die Verfestigung bewirkt eine gute und gleichmäßige Förderfähigkeit des Drahtes. Die Zusammensetzung der heterogenen Legierung der Spritzschicht ist durch die Zusammensetzung der Fülldrahtlegierung steuerbar.

[0012] Bevorzugt ist eine heterogene Aluminium/Silizium-Legierung für die Verschleißschicht mit einem Silizium-Gehalt im Bereich von etwa 12,5 Gew.-% bis etwa 50 Gew.-%. Bevorzugter ist ein Bereich des Silizium-Gehaltes von etwa 15 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-%. Noch bevorzugter ist ein Silizium-Gehalt im Bereich von etwa 20 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-%. Am bevorzugtesten ist ein Silizium-Gehalt in der Verschleißschicht von etwa 25 Gew.-%.

[0013] Vorteilhaft ist es, wenn die anschließend aufgetragene Deck- bzw. Anbindeschicht einen Silizium-Gehalt im Bereich von etwa 2 Gew.-% bis etwa 12 Gew.-% aufweist. Bevorzugter ist ein Bereich des Silizium-Gehaltes von etwa 3 Gew.-% bis etwa 9 Gew.-%. Noch bevorzugter ist ein Silizium-Gehalt im Bereich von etwa 4 Gew.-% bis etwa 6 Gew.-%. Am bevorzugtesten ist ein Silizium-Gehalt in der Deck- bzw. Anbindeschicht von etwa 5 Gew.-%. Durch den geringen Silizium-Gehalt wird eine bessere Anbindung an die Innenwand der Zylinderbohrung bewirkt.

[0014] Vorteilhaft ist es, zwischen diesen beiden Schichten aus Aluminium/Silizium-Legierungen, der Verschleißschicht sowie der Deck- bzw. Anbindeschicht, eine Schmelzbremse anzuordnen, die eine höhere Schmelztemperatur als die beiden Schichten aus Aluminium/Silizium-Legierungen aufweist. Beim Eingießen der Zylinderlaufbuchse in eine Zylinderbohrung ohne Schmelzbremse wird die Verschleißschicht aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung angeschmolzen bzw. kann sogar komplett aufgeschmolzen werden. Die Schmelzbremse wirkt als thermische

Barriere bzw. thermischer Schutzwall zwischen den beiden Aluminium/Silizium-Legierungen. Dadurch wird ein Anschmelzen bzw. Aufschmelzen der übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung der Verschleißschicht verhindert.

[0015] Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von Eisen als Material für die Schmelzbremse, da Eisen gegenüber den Aluminium/Silizium-Legierungen eine deutlich höhere Schmelztemperatur aufweist.

[0016] Vorzugsweise wird der Stützkörper aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung gebildet.

[0017] Bevorzugt wird der Stützkörper erst nach dem Eingießen spanabhebend ausgedreht. Auf diese Weise ergibt sich eine Kostenersparnis, da beim obligatorischen Aufdrehen der Zylinderlaufbuchse relativ wenig von der Übereutektischen Schicht abgetragen werden muss.

[0018] Bevorzugt ist eine Zylinderlaufbuchse, die eine Verschleißschicht aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung und eine Deck- bzw. Anbindeschicht aus einer eutektischen oder untereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung aufweist.

[0019] Bevorzugt weist die Zylinderlaufbuchse zwischen der Verschleißschicht und der Deck- bzw. Anbindeschicht eine Schmelzbremse auf, die eine höhere Schmelztemperatur als die beiden Schichten aus Aluminium/Silizium-Legierungen aufweist und die ein Anschmelzen der Verschleißschicht beim Eingießen der Zylinderlaufbuchse in einer Zylinderbohrung verhindert.

[0020] Vorteilhaft ist es, wenn die Schmelzbremse Eisen umfasst. Eisen hat eine deutlich höhere Schmelztemperatur als Legierungen aus Aluminium und Silizium, aus denen die Verschleißschicht und die Deck- bzw. Anbindeschicht gebildet werden.

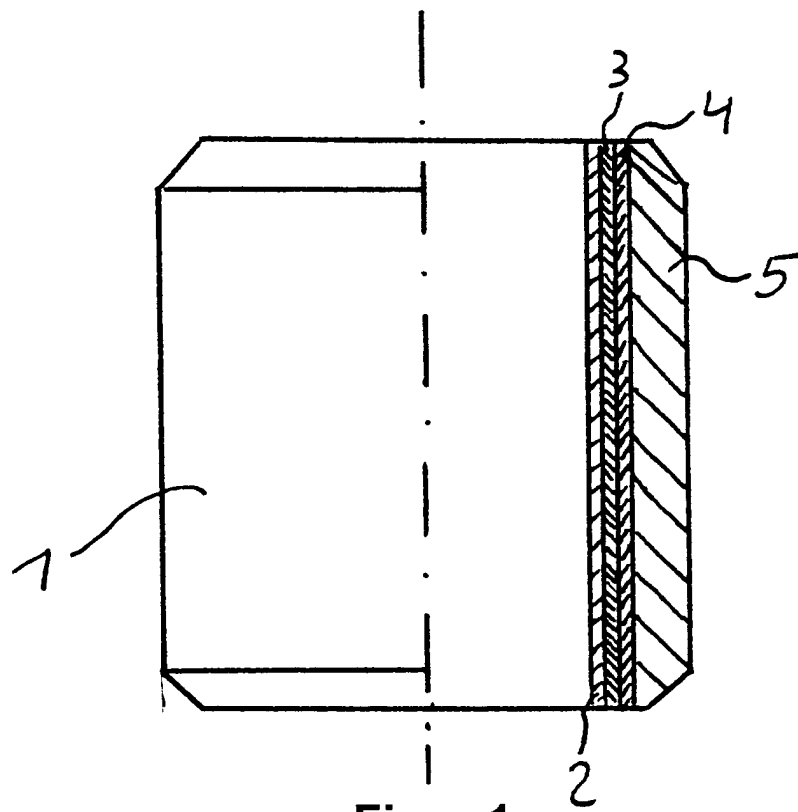
[0021] Durch die Erfindung ist somit eine Zylinderlaufbuchse für Leichtmetall-Motoren geschaffen, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren einfach und kostengünstig herstellbar ist. Die erfindungsgemäße Zylinderlaufbuchse ist weiterhin mit optimalen Verschleißfestigkeitswerten und tribologischen Eigenschaften herstellbar.

[0022] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der beigefügten Zeichnung dargestellt. Die Zylinderlaufbuchse 1 ist aus vier übereinanderliegenden Schichten gebildet. Auf die äußere Umfangsfläche des Aluminium-Stützkörpers 2 ist eine Verschleißschicht 3 aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung mittels eines thermischen Spritzverfahrens aufgetragen. Das thermische Spritzverfahren in diesem Ausführungsbeispiel ist ein Lichtbogenspritzverfahren. Die Verschleißschicht 3 weist bevorzugt einen Siliziumanteil von etwa 25 Gew.-% in der Aluminium/Silizium-Legierung auf; allgemein hat die Legierung einen Anteil in Gew.-% von 60-85 % Al, 15-40 % Si, max. 3 % Mg, max. 5 % Mn und max. 2 % B. Dabei ist etwa 75 % Al bevorzugt. Auf dieser Schicht 3 ist eine Schmelzbremse 4 aus Eisen aufgebracht, die ein Anschmelzen der Verschleißschicht 3 beim Eingie-

ßen der Zylinderlaufbuchse in einer Zylinderbohrung verhindert. Die darauf aufgebrachte Deck- bzw. Anbindeschicht 5 umfasst eine untereutektische Aluminium/Silizium-Legierung, mit einem Siliziumanteil von etwa 5 Gew.-%, wobei der Rest i.w. A1 ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Zylinderlaufbuchse (1) für Verbrennungskraftmaschinen durch thermisches Aufspritzen einer Verschleißschicht (3) auf einen Stützkörper (2) und anschließendes thermisches Aufspritzen einer Deck- bzw. Anbindeschicht (5) auf die Verschleißschicht (3), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschleißschicht (3) eine übereutektische Aluminium/Silizium-Legierung aufweist und die Deck- bzw. Anbindeschicht (5) eine eutektische oder untereutektische Aluminium/Silizium-Legierung aufweist. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das thermische Spritzverfahren ein Lichtbogenspritzverfahren umfasst. 15
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Lichtbogenspritzverfahren ein Fülldraht mit geschlossener Hülle verwendet wird, wobei der Fülldraht mit einer Siliziumlegierung gefüllt ist. 20
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Silizium-Gehalt der Aluminium/Silizium-Legierung der Verschleißschicht (3) etwa 12,5 Gew.-% bis etwa 50 Gew.-% beträgt. 25
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Silizium-Gehalt der Aluminium/Silizium-Legierung der Verschleißschicht (3) etwa 15 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-% beträgt. 30
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Silizium-Gehalt der Aluminium/Silizium-Legierung der Verschleißschicht (3) etwa 20 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-% beträgt. 35
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Silizium-Gehalt der Aluminium/Silizium-Legierung der Verschleißschicht (3) etwa 25 Gew.-% beträgt. 40
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Silizium-Gehalt der Aluminium/Silizium-Legierung der Deck- bzw. Anbindeschicht (5) etwa 2 Gew.-% bis etwa 12 Gew.-% beträgt. 45
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Silizium-Gehalt der Aluminium/Silizium-Legierung der Deck- bzw. Anbindeschicht (5) etwa 3 Gew.-% bis etwa 9 Gew.-% beträgt. 50
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Silizium-Gehalt der Aluminium/Silizium-Legierung der Deck- bzw. Anbindeschicht (5) etwa 4 Gew.-% bis etwa 6 Gew.-% beträgt. 55
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Silizium-Gehalt der Aluminium/Silizium-Legierung der Deck- bzw. Anbindeschicht (5) etwa 5 Gew.-% beträgt.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Verschleißschicht (3) und der Deck- bzw. Anbindeschicht (5) eine Schmelzbremse (4) aus einem Material angebracht wird, das eine höhere Schmelztemperatur als die Verschleißschicht (3) und die Deck- bzw. Anbindeschicht (5) aufweist.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material der Schmelzbremse (4) Eisen umfasst.
14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stützkörper (2) aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung gebildet wird.
15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stützkörper (2) zunächst in der Zylinderlaufbuchse (1) verbleibt und erst nach dem Eingießen ausgedreht wird.
16. Zylinderlaufbuchse (1) für Verbrennungskraftmaschinen zum Eingießen in Zylinderbohrungen, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Verschleißschicht (3) aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung und eine darüber angeordnete Deck- bzw. Anbindeschicht (5) aus einer eutektischen oder untereutektischen Aluminium/Silizium-Legierung aufweist.
17. Zylinderlaufbuchse (1) gemäß Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Verschleißschicht (3) und der Deck- bzw. Anbindeschicht (5) eine Schmelzbremse (4) angeordnet ist, die eine höhere Schmelztemperatur als die Verschleißschicht (3) und die Deck- bzw. Anbindeschicht (5) aufweist.
18. Zylinderlaufbuchse (1) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schmelzbremse (4) Eisen umfasst.



Figur 1