

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 872 567 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.10.1998 Patentblatt 1998/43

(51) Int. Cl.⁶: **C22C 37/00**, C22C 37/10

(21) Anmeldenummer: **97810236.6**

(22) Anmeldetag: **16.04.1997**

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

(71) Anmelder:
**Wärtsilä NSD Schweiz AG
8401 Winterthur (CH)**

(72) Erfinder:
• **Habegger, Georg
8474 Dinhard (CH)**
• **Mayer, Herbert, Dr.
8472 Seuzach (CH)**

(74) Vertreter: **Heubeck, Bernhard
Sulzer Management AG,
KS Patente/0007,
Zürcherstrasse 12
8401 Winterthur (CH)**

(54) **Gusseisen und daraus hergestellte Zylinderlaufbuchse**

(57) Offenbart wird Gusseisen mit Vermiculargra-
phit sowie mit einer Hartphase in Form räumlich scharf
begrenzter Zementit-/Steaditanteile, die das Gefüge
des Gusseisens netzartig und gleichmässig verteilt
durchsetzen und einen Volumenanteil zwischen 2% und
20%, insbesondere zwischen 4% und 10%, einnehmen.

EP 0 872 567 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Gusseisen sowie eine daraus hergestellte Zylinderlaufbuchse für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere einen Dieselmotor und speziell einen Grossdieselmotor.

In Hubkolbenbrennkraftmaschinen, insbesondere in grossvolumigen Dieselmotoren, wie sie beispielsweise im Schiffbau verwendet werden, unterliegen die Zylinderlaufbuchsen im Betriebszustand einer extrem starken mechanischen und thermischen Belastung. Besonders im Explosionsbereich des Brennstoffgemischs muss die Zylinderlaufbuchse hohen Drücken und hohen Temperaturen standhalten. Zudem nutzt sich die Zylinderlaufbuchse während des Betriebs der Brennkraftmaschine ab. Auch solche beispielsweise durch Abrieb bedingten Verschleisserscheinungen führen zu Schäden, die aufwendige und kostspielige Reparaturen verursachen. Ferner sind die daraus resultierenden Stillstandszeiten der Brennkraftmaschine insbesondere unter wirtschaftlichen Aspekten nachteilig. Daher spielen auch die Lauf- und Verschleisseigenschaften bei einer Zylinderlaufbuchse eine wichtige Rolle.

Somit kommt dem Werkstoff, aus dem solche Zylinderlaufbuchsen, insbesondere für grossvolumige Dieselmotoren, hergestellt werden, eine wesentliche Bedeutung zu. Der Werkstoff muss eine hohe Festigkeit aufweisen, um den bei der Explosion des Brennstoffgemischs entstehenden Spannungen standzuhalten. Es muss ferner genügend Dehnung und Verformungsvermögen haben, um z. B. die Spannungsspitzen zumindest teilweise abzubauen, und es muss genügend abriebfest sein, um den Werkstoffverschleiss möglichst gering zu halten.

Häufig werden Zylinderlaufbuchsen für Brennkraftmaschinen mittels Giessverfahren aus Gusseisen, speziell aus Grauguss-Legierungen hergestellt. Die EP-A-0 525 540 offenbart beispielsweise eine Zylinderlaufbuchse, die aus Gusseisen mit Kugelgraphit als Basislegierung gegossen ist, wobei der Basislegierung Zusätze von Bor, Phosphor und gegebenenfalls Vanadium zugesetzt werden, wodurch das Gefüge des Gusseisens neben den kugelförmigen Graphiteinlagerungen auch netzförmig verteilte sehr harte Zementit-/Steaditanteile aufweist. Solche Zylinderlaufbuchsen sind jedoch von ihren Lauf- und Verschleisseigenschaften, insbesondere in solchen Situationen, in denen die Kolbenringe trocken, also ohne Schmierfilm, an der Zylinderlaufbuchse reiben, nicht befriedigend.

Auch ist es bekannt, Zylinderlaufbuchsen aus Gusseisen mit Lamellengraphit herzustellen. Diese haben zwar sehr gute Laufeigenschaften, genügen aber hinsichtlich ihrer Belastbarkeit (Festigkeit, Dehnung) immer weniger den Anforderungen, wie sie in modernen Hubkolbenbrennkraftmaschinen, insbesondere mit grosser Leistung, gestellt werden.

Auch sind vom Stand der Technik Konstruktionen

bekannt, bei denen ein recht voluminöser Stahlring auf seiner inneren Begrenzungsfläche mit einer Graugusschicht mit Lamellengraphit versehen ist. Durch den Stahlring wird dabei die Bruchfestigkeit der Zylinderlaufbuchse erhöht und die Graugusschicht dient der Verbesserung der Laufeigenschaften. Solche Zylinderlaufbuchsen sind herstellungstechnisch sehr aufwendig und zudem kostenintensiv.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Legierung mit solchen mechanischen und thermischen Eigenschaften bereitzustellen, dass sie insbesondere für die Herstellung von Zylinderlaufbuchsen für Hubkolbenbrennkraftmaschinen geeignet ist. Die Legierung soll insbesondere eine hohe Festigkeit und Dehnung aufweisen und ferner abriebfest sein. Weiterhin ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Zylinderlaufbuchse für Hubkolbenbrennkraftmaschinen bereitzustellen, die einerseits eine derart hohe Festigkeit und Dehnung aufweist, dass sie auch den Anforderungen in leistungsstarken Brennkraftmaschinen, speziell Grossdieselmotoren, genügt, und die andererseits sehr gute Lauf- und Verschleisseigenschaften aufweist. Die Zylinderlaufbuchse soll also eine möglichst gute Kombination aus mechanischen Eigenschaften, wie z. B. Festigkeit und Dehnung, sowie Verschleisseigenschaften, wie z. B. Abriebfestigkeit, aufweisen. Zudem soll sie einfach und kostengünstig in einem Giessvorgang herstellbar sein und für die rationelle Massenproduktion geeignet sein.

Diese Aufgaben werden durch eine Gusseisenlegierung gemäss dem unabhängigen Anspruch 1 sowie durch eine Zylinderlaufbuchse für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere für einen Dieselmotor, gemäss dem unabhängigen Anspruch 3 gelöst. Gemäss der Erfindung wird also Gusseisen mit Vermiculargraphit sowie mit einer Hartphase vorgeschlagen, wobei die Hartphase in Form räumlich scharf begrenzter Zementit-/Steaditanteile ausgebildet ist, die das Gefüge des Gusseisens netzartig und gleichmässig verteilt durchsetzen und einen Volumenanteil zwischen 2% und 20%, insbesondere zwischen 4% und 10%, einnehmen.

Bevorzugt sind dabei zur Ausbildung der Hartphase zumindest weniger als 0,1 Gewichtsprozent Bor und/oder weniger als ein Gewichtsprozent Phosphor als Hartphasenbildner beigelegt.

Die erfindungsgemässe Gusseisenlegierung bzw. Zylinderlaufbuchse weist eine deutlich höhere Festigkeit, z. B. Zugfestigkeit, und Dehnung auf als Gusseisen mit Lamellengraphit bzw. daraus hergestellte Buchsen. Zudem bringt Gusseisen mit Vermiculargraphit den Vorteil mit sich, dass die thermischen Eigenschaften der erfindungsgemässen Legierung, insbesondere die Wärmeleitfähigkeit, besser sind als beispielsweise in Gusseisen mit Kugelgraphit. Die Hartphase in Form der Zementit-/Steaditanteile, die das Gefüge netzartig und gleichmässig verteilt durchsetzen, verleihen der erfin-

dungsgemässen Legierung eine hohe Abriebfestigkeit. Zusätzlich wirken sie sich bei der erfindungsgemässen Zylinderlaufbuchse vorteilhaft auf die Laufeigenschaften aus, weil sie den Schmierfilm an der Oberfläche der Zylinderlaufbuchse halten und somit das Gleiten der Kolbenringe verbessern.

Auch in solchen Betriebszuständen, in denen an der Zylinderlaufbuchse der Zustand trockener Reibung auftritt, erweist sich der Vermiculargraphit als vorteilhaft, weil der Graphit hier wesentlich effizienter als Trockenschmierstoff dienen kann als beispielsweise bei Gusseisen mit Kugelgraphit.

Die erfindungsgemässe Zylinderlaufbuchse lässt sich mit an sich bekannten Giessverfahren einfach und kostengünstig in einem Giessvorgang herstellen.

Im folgenden wird die Erfindung näher erläutert.

Für die erfindungsgemässe Legierung wird Gusseisen mit Vermiculargraphit als Basislegierung verwendet. Das Grundgefüge des Gusseisens ist dabei vorzugsweise perlitisch, weil sich dadurch höhere Festigkeiten und geringerer Verschleiss erzielen lassen. Das Gefüge der Basislegierung umfasst das metallische Grundgefüge des Gusseisens sowie wurmartig geformte Graphiteinlagerungen, von denen die Bezeichnung "Vermiculargraphit" herrührt. Die Ausscheidung des Graphits in Form der wurmartigen Gebilde, die das metallische Grundgefüge durchsetzen, kann in an sich bekannter Weise z. B. durch die Zugabe von Magnesium oder Magnesium und Cer erzwungen werden.

Im folgenden wird mit beispielhaftem Charakter die chemische Zusammensetzung eines Gefüges aus Gusseisen mit Vermiculargraphit angegeben, das als Basislegierung für die erfindungsgemässe Legierung geeignet ist. Die angegebenen Prozentzahlen sind jeweils Gewichtsprozente. Das Gusseisen mit Vermiculargraphit enthält in diesem Beispiel 3,5% Kohlenstoff; 2,5% Silizium; 0,4% Mangan; 1,0% Kupfer und 0,02% Magnesium. Der Rest des Gefüges der Basislegierung ist im wesentlichen Eisen, d. h. der Eisenanteil in Gewichtsprozent ergibt sich im wesentlichen aus der Differenz von 100% und der Summe der angegebenen Prozentzahlen.

Die Herstellung der erfindungsgemässen Legierung kann in sinngemäss gleicher Weise mittels Verfahren erfolgen wie sie von der Herstellung anderer Gusseisenlegierungen bereits bekannt sind.

Zur Bildung der Zementit-/Steaditanteile - im folgenden als Hartphase bezeichnet - werden der Schmelze der Basislegierung Zusätze von mindestens einem Hartphasenbildner beigegeben. Als Hartphasenbildner eignen sich Bor, Phosphor und Vanadium, wobei Bor und/oder Phosphor bevorzugt werden, weil die Praxis zeigt, dass sich damit die netzartige und gleichmässige Verteilung der Hartphase am besten realisieren lässt. Die Zusätze von Hartphasenbildnern sind mengenmässig gering, sie betragen z. B. für Bor weniger als etwa 0,1 Gewichtsprozent und für Phosphor weniger als

etwa 1 Gewichtsprozent.

Die Praxis hat gezeigt, dass es insbesondere vorteilhaft ist, wenn die Menge der Hartphasenbildner Phosphor und/oder Bor zwischen 0,2 und 0,5 Gewichtsprozent (für Phosphor bzw. zwischen 0,01 und 0,03 Gewichtsprozent für Bor liegt).

Durch die Zugabe des oder der Hartphasenbildner in die Schmelze der Basislegierung wird die Ausscheidung der Hartphase in Form räumlich scharf begrenzter Zementit-/Steaditanteile, die das Gefüge des Gusseisens mit Vermiculargraphit gleichmässig verteilt durchsetzen, bewirkt. Dabei lassen sich die gewünschten Eigenschaften des herzustellenden Gussteils für den jeweiligen Anwendungsfall optimieren, indem die zugesetzten Mengen an Hartphasenbildnern in den obengenannten Grenzen anwendungsspezifisch variiert werden. D. h. über die Menge an Hartphasenbildnern lassen sich die speziell gewünschten Eigenschaften des herzustellenden Gussteils kontrolliert beeinflussen. Insbesondere lässt sich über die Menge des oder der Hartphasenbildner auch der Volumenanteil kontrollieren, den die Hartphase einnimmt. Die Praxis zeigt, dass ein Volumenanteil der Hartphase von mehr als 20% nicht sehr günstig ist, weil dann die Festigkeit und die Dehnung der Legierung bzw. des Gussteils zu gering werden. Hartphasenanteile von weniger als 2 Volumenprozent sind ebenfalls für die meisten Anwendungen ungünstig, weil dann die Abriebfestigkeit zu gering wird.

Insbesondere für die erfindungsgemässe Zylinderlaufbuchse ist es besonders vorteilhaft, wenn der Hartphasenanteil zwischen 4 und 10 Volumenprozent und speziell im Bereich von 7 Volumenprozent liegt. Solche Hartphasenanteile führen zu einer besonders guten Kombination von Festigkeit, Dehnung und Abriebfestigkeit. Die Festigkeit und die Dehnung sind dann so hoch, dass die Zylinderlaufbuchse auch den Anforderungen in leistungstarken Grossdieselmotoren genügt, andererseits ist auch die Abriebfestigkeit ausreichend, um einen störungsfreien Dauerbetrieb zu gewährleisten. Die Zugfestigkeit beträgt beispielsweise etwa 370 N/mm², die Dehnung beispielsweise etwa 3% und die Abnutzung ist z. B. geringer als 0,1 mm pro 1000 Betriebsstunden des Motors.

Die räumlich scharf begrenzten Zementit-/Steaditanteile, welche die Hartphase bilden, durchsetzen das Gefüge des Gusseisens mit Vermiculargraphit netzartig und gleichmässig verteilt. Sie geben der erfindungsgemässen Legierung bzw. den daraus hergestellten Gussteilen eine hohe Abriebfestigkeit. Auch in der Oberfläche des Gussteils bilden die Zementit-/Steaditanteile eine netzartige Struktur, die insbesondere für die erfindungsgemässe Zylinderlaufbuchse vorteilhaft ist, weil durch sie der Schmierfilm gut haften kann, was sich positiv auf das Laufverhalten der Kolbenringe auswirkt.

Die Ausscheidung des Kohlenstoffs in Form von Vermiculargraphit bringt den Vorteil mit sich, dass die

erfindungsgemässe Legierung eine deutlich höhere Wärmeleitfähigkeit aufweist als beispielsweise vergleichbare Legierungen mit Kugelgraphit. Dies ist insbesondere für die erfindungsgemässe Zylinderlaufbuchse vorteilhaft, weil die bei der Explosion des Brennstoffs entstehende Wärme rascher abgeführt wird und somit die Gefahr eines thermisch verursachten Schadens reduziert wird.

Ferner ist die Ausscheidung des Kohlenstoffs als Vermiculargraphit für die erfindungsgemässe Zylinderlaufbuchse vorteilhaft, weil der Graphit in dieser wurmartigen Form im Vergleich z. B. mit Kugelgraphit wesentlich besser als Trockenschmiermittel dienen kann. Diese Tatsache ist insbesondere für solche Betriebszustände der Brennkraftmaschine von grossem Vorteil, in denen sich kein oder nur ein ungenügender Schmierfilm auf der als Läuflfläche dienenden Oberfläche der Zylinderlaufbuchse befindet, so dass hier zumindest partiell der Zustand trockener Reibung bzw. Mischreibung auftritt.

Die erfindungsgemässe Zylinderlaufbuchse für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere für einen Grossdieselmotor, kann mit an sich bekannten Giessverfahren aus der erfindungsgemässen Gusseisenlegierung in einem Giessvorgang hergestellt werden. Sie ist somit einfach und kostengünstig herzustellen und eignet sich insbesondere auch für die rationelle Massenproduktion.

Die erfindungsgemässe Zylinderlaufbuchse weist eine sehr gute Kombination aus Festigkeit, Dehnung und Abriebfestigkeit auf, die sie auch für sehr leistungsstarke Grossdieselmotoren geeignet macht. Die Festigkeit und die Dehnung sind ausreichend gross, um den extremen Beanspruchungen insbesondere im Explosionsbereich des Brennstoffs dauerhaft standzuhalten. Die grosse Abriebfestigkeit, die sich mittels der Hartphase erzielen lässt, verleiht der Zylinderlaufbuchse eine lange Lebensdauer, was insbesondere unter dem Aspekt eines wirtschaftlichen Betriebs der Brennkraftmaschine vorteilhaft ist.

Es versteht sich, dass die erfindungsgemässe Legierung auch für die Herstellung anderer Teile als Zylinderlaufbuchsen geeignet ist, insbesondere solcher Teile, die eine hohe Festigkeit und Dehnung sowie eine gute Verschleissbeständigkeit, speziell eine hohe Abriebfestigkeit, aufweisen sollen, z. B. Kolbenringe. Mit der erfindungsgemässen Legierung lassen sich Zugfestigkeiten von mehr als 300 N/mm² und Dehnungen von 3% realisieren. Um ein Mass für die Abriebfestigkeit zu geben, die sich mit der erfindungsgemässen Legierung erzielen lässt, sei hier nochmals erwähnt, dass die Abnutzung einer erfindungsgemässen Zylinderlaufbuchse in einem Grossdieselmotor in der Grössenordnung von 0,1 mm pro 1000 Betriebsstunden liegt.

Patentansprüche

1. Gusseisen mit Vermiculargraphit sowie mit einer

Hartphase in Form räumlich scharf begrenzter Zementit-/Steaditanteile, die das Gefüge des Gusseisens netzartig und gleichmässig verteilt durchsetzen und einen Volumenanteil zwischen 2% und 20%, insbesondere zwischen 4% und 10%, einnehmen.

2. Gusseisen mit Vermiculargraphit gemäss Anspruch 1, wobei zur Ausbildung der Hartphase zumindest weniger als 0,1 Gewichtsprozent Bor und/oder weniger als ein Gewichtsprozent Phosphor als Hartphasenbildner beigelegt sind.
3. Gusseisen mit Vermiculargraphit gemäss Anspruch 2, wobei als Hartphasenbildner zwischen 0,2 und 0,5 Gewichtsprozent Phosphor und/oder zwischen 0,01 und 0,03 Gewichtsprozent Bor beigelegt sind.
4. Zylinderlaufbuchse für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere für einen Dieselmotor, die aus einer Gusseisenlegierung gemäss einem der vorangehenden Ansprüche hergestellt ist.
5. Dieselmotor, insbesondere Grossdieselmotor, gekennzeichnet durch mindestens eine Zylinderlaufbuchse gemäss Anspruch 4.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0236

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 8612 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M27, AN 86-077784 XP002040562 & JP 61 003 866 A (TOA KOKI KK) , 9.Januar 1986 * Zusammenfassung * ---	1-5	C22C37/00 C22C37/10
X	CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 120, no. 10, 7.März 1994 Columbus, Ohio, US; abstract no. 112753, XP002040561 * Zusammenfassung * & Y. ZHANG ET AL: "Tribological properties of boron-bearing cast iron under dry sliding wear" ZHUZAO JISHU, Nr. 5, 1992, CHINA, Seiten 38-41, ---	1-3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A,D	EP 0 525 540 A (MAN B & W DIESEL AG) 3.Februar 1993 ---		C22C
A	DE 37 06 516 A (AUGUST KUEPPER GMBH & CO KG) 8.September 1988 -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 12.September 1997	Prüfer Ashley, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)