



(11) **EP 1 845 255 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.10.2007 Patentblatt 2007/42**

(51) Int Cl.:  
**F02M 61/16<sup>(2006.01)</sup> F02M 55/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **07102492.1**

(22) Anmeldetag: **15.02.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

(30) Priorität: **13.04.2006 DE 102006017449**

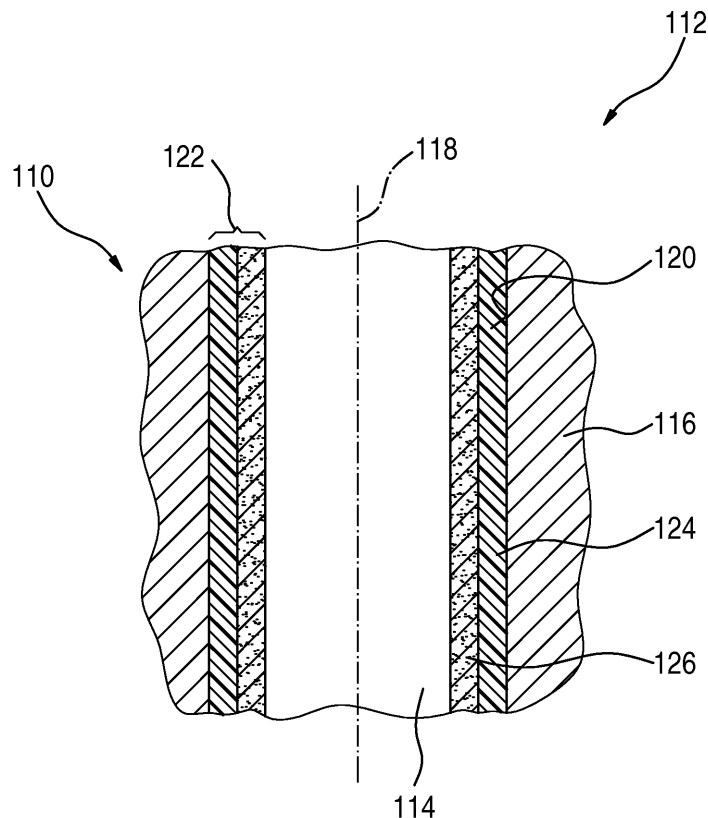
(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH  
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Sebastian, Thomas  
Erdmannhausen, 71729 (DE)**  
• **Mattes, Patrick  
70569, Stuttgart (DE)**  
• **Streicher, Bernd  
70794, Filderstadt (DE)**  
• **Boecking, Friedrich  
70499, Stuttgart (DE)**

(54) **Kraftstoffinjektor mit hoher Lebensdauer und Verschleißfestigkeit**

(57) Es wird ein System (112) zum Einspritzen von druckbeaufschlagtem Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine vorgeschlagen. Das System (112) weist mindestens eine Bauteilkomponente (110), beispielsweise einen Common-Rail-Injektor, auf, in welchem sich ein Hohlraum und/oder eine Bohrung

(114) befindet. Dieser Hohlraum und/oder diese Bohrung (114) verfügt über mindestens eine Innenwand (120), welche im Betrieb des Systems (112) in Kontakt mit druckbeaufschlagtem Kraftstoff ist. Diese mindestens eine Innenwand (120) verfügt über mindestens eine dem Kraftstoff zuweisende Schutzbeschichtung (122).



**EP 1 845 255 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein System zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine, welches eine hohe Lebensdauer und eine hohe Verschleißfestigkeit aufweist.

### Stand der Technik

**[0002]** Zur Versorgung von Brennräumen selbstzündender Verbrennungskraftmaschinen mit Kraftstoff können sowohl druckgesteuerte als auch hubgesteuerte Einspritzsysteme eingesetzt werden. Als Kraftstoffeinspritzsysteme kommen neben Pumpe-Düse-Einheiten, Pumpe-Leitung-Düse-Einheiten auch Speichereinspritzsysteme zum Einsatz. Speichereinspritzsysteme (Common-Rail) ermöglichen in vorteilhafter Weise, den Einspritzdruck an Last und Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine anzupassen.

**[0003]** Dabei werden insbesondere Common-Rail-Systeme eingesetzt, welche eine Magnetventilsteuerung oder eine Piezosteuerung aufweisen. Bei letzteren Systemen werden unter anderem auch Piezosteuerungen eingesetzt, bei welchen ein Piezoaktor direkt auf ein Einspritzventilglied einwirkt (direkte Nadelsteuerung). Auch hydraulisch verstärkte Injektionssysteme sind bekannt, beispielsweise die so genannten "HADI"-Systeme (hydraulically amplified diesel injection), bei welchen ein Kraftstoffdruck hydraulisch von ca. 1350 bar auf einen Druck von ca. 2500 bar nachverstärkt wird.

**[0004]** Diese Entwicklungen in den Kraftstoffeinspritztechnik sind jedoch allesamt mit der Problematik verbunden, dass zahlreiche Komponenten der Kraftstoffeinspritzsysteme mit extremen Drücken beaufschlagt werden, welche die Belastbarkeit der Bauteile und der verwendeten Werkstoffe teilweise bis an die Grenzen des technisch Machbaren treiben. Insbesondere macht sich dabei nachteilig bemerkbar, dass im Kraftstoff ein Wasserbestandteil enthalten ist, welcher die verwendeten Stähle oxidativ angreifen kann. So bilden sich in vielen Fällen Rostnarben in Systemkomponenten, welche die Hochdruckfestigkeit und die Funktionalität der Komponenten stark beeinträchtigen können und welche den Bauteilverschleiß stark erhöhen.

### Vorteile der Erfindung

**[0005]** Es wird daher ein System zum Einspritzen von druckbeaufschlagtem Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine vorgeschlagen, welches die oben beschriebenen Nachteile des Standes der Technik vermeidet.

**[0006]** Unter einem "System" kann in diesem Fall beispielsweise ein System verstanden werden, welches mindestens einen Kraftstoffinjektor umfasst, vorzugsweise einen Kraftstoffinjektor, bei welchem Drücke von über 1300 bar oder sogar über 2000 bar auftreten, beispielsweise einen Common-Rail-Injektor. Daneben kann

optional das System auch weitere Hochdruck-Komponenten umfassen.

**[0007]** Das vorgeschlagene System zum Einspritzen von Kraftstoff weist mindestens eine Bauteilkomponente mit einem Hohlraum und/oder einer Bohrung auf. Beispielsweise kann es sich dabei um eine Hochdruck-Bohrung, einen Hochdruckzulauf, einen Stabfilterbereich, ein Drosselement, einen Ventilbereich und/oder einen Düsenbereich oder eine beliebige Kombination dieser Elemente handeln. Das erfindungsgemäße System ist dabei derart ausgestaltet, dass mindestens eine Innenwand des Hohlraums und/oder der Bohrung im Betrieb des Systems mit druckbeaufschlagtem Kraftstoff in Kontakt ist. Eine Grundidee der vorliegenden Erfindung besteht darin, zur Vermeidung der oben beschriebenen Problematik einer Einwirkung von Korrosion und Abrasion auf diese mindestens eine Innenwand, die mindestens eine Innenwand ganz oder teilweise mit einer dem Kraftstoff zuweisenden Schutzbeschichtung zu versehen.

**[0008]** Vorzugsweise weist diese mindestens eine Schutzbeschichtung eine wasserundurchlässige und/oder wasserabweisende Schicht auf. Weiterhin kann die mindestens eine Schutzbeschichtung auch mindestens eine abrasions- und/oder erosionshemmende Schicht aufweisen.

**[0009]** Die mindestens eine wasserundurchlässige und/oder wasserabweisende Schicht und die mindestens eine abrasions- und/oder erosionshemmende Schicht, bei welchen es sich um zusätzliche, auf das Grundmaterial der mindestens einen Bauteilkomponente (zum Beispiel Stahl) aufgebrachte Schicht beziehungsweise Schichten handeln sollte, also Schichten, welche nicht Bestandteil des Grundmaterials sind, kann es sich um insgesamt eine einzelne Schicht oder mehrere einzelne Schichten handeln. In einer bevorzugten Ausführungsform werden dabei zwei einzelne Schichten verwendet. Dabei weist die mindestens eine Schutzbeschichtung in einer bevorzugten Ausführungsform, ausgehend von der Innenwand des Hohlraums und/oder der Bohrung, zunächst mindestens eine abrasions- und/oder erosionshemmende Schicht und anschließend mindestens eine wasserundurchlässige und/oder wasserabweisende Schicht auf. Auch eine umgekehrte Anordnung dieser Doppelschicht ist möglich.

**[0010]** Auf diese Weise werden Schichtsysteme möglich, die die Funktionen einer Wasserabweisung und somit einer Korrosionshemmung und die Funktion einer Abrasionshemmung trennen. Auf diese Weise können diese Funktionen durch geeignete Auswahl der Materialien optimiert werden. Auf diese Weise kann beispielsweise ein optimales Material zur Verbesserung der Wasserundurchlässigkeit gewählt werden, in Kombination mit einem Material, welches optimal vor Abrasion schützt, beispielsweise vor einer Abrasion durch unter hohem Druck und mit hoher Geschwindigkeit fließendem Kraftstoff oder einer Abrasion durch mechanischen Abrieb durch Zusammenwirken starrer Bauteilkomponenten (zum Beispiel eines Einspritzventilglieds in einer Düsenkam-

mer).

**[0011]** Vorzugsweise weist die mindestens eine Schutzbeschichtung mindestens einen Kunststoff und/oder mindestens einen Lack und/oder mindestens eine Keramik und/oder mindestens ein vom Material der vom mindestens einen Bauteilkomponente verschiedenes Metall auf. Unter einem Kunststoff kann dabei ein organisches oder auch ein anorganisches Polymer verstanden werden. Beispielsweise kann die Schutzbeschichtung mindestens ein Silan und/oder mindestens flouriertes Polymer insbesondere Teflon®, aufweisen. Auch andere Kunststoffe sind jedoch möglich. Derartige Kunststoffe eignen sich insbesondere zur Erzeugung wasser- und durchlässiger Eigenschaften. Auch die Abriebsfestigkeit derartiger Kunststoffe, insbesondere der Silane, weist erfahrungsgemäß gute Werte auf.

**[0012]** Weiterhin kann die mindestens eine Schutzbeschichtung mindestens einen organisch/anorganischen Verbundwerkstoff aufweisen, insbesondere mindestens ein Ormocer®. Beispielsweise kann eine organische Matrix mit einem anorganischen Füllkörpersystem eingesetzt werden. Ormocere® sind anorganisch/organische Hybridpolymere und werden beispielsweise als keramikähnliche transparente Schichten in der Optik eingesetzt oder als Dentalormocere in der Dentaltechnik. Die hohe Abriebsfestigkeit und Härte, welche derartige Schichten aufweisen können, bewirken eine hervorragende Eignung derartiger Materialien für die beschriebenen Anwendungen.

**[0013]** Als Keramiken bieten sich insbesondere Keramiken an, mit denen sich leicht dünne Beschichtungen erzeugen lassen. Beispielsweise können dies Pulverkeramiken sein, welche auf die Bauteile aufgeblasen werden, um anschließend einem Sinterungsprozess unterworfen zu werden. Auch eine nasschemische Auftragung, gefolgt von einem oder mehreren Behandlungsschritten zur Entfernung von Lösungsmitteln und anschließendem Sintern, ist möglich. Als Beispiel sei hier Korund genannt. Auch Siliziumcarbid (SiC) lässt sich einsetzen, sowie Siliziumoxid, Aluminiumoxid oder andere Arten von Oxidschichten, wobei diese nicht notwendig keramische Eigenschaften aufweisen müssen.

**[0014]** Weiterhin lassen sich auch abriebsfeste Beschichtungen mit Nanopartikeln, metallpigmenthaltige Sinterschichten, Nitrierschichten sowie Nickel-Phosphor- und/oder Nickel-Bor-Schichten einsetzen.

**[0015]** Als Material für eine Metallbeschichtung, welches ebenfalls, wie auch Keramiksichten, insbesondere zur Erhöhung der Abriebsfestigkeit verwendet werden kann, bietet sich beispielsweise eine Chromschicht an und/oder Schichten anderer Metalle, wie beispielsweise Hartchrom, Silber, Gold, Aluminium, Nickel, Gold und/oder Schichten, welche Legierungen von Metallen aufweisen, beispielsweise Goldlegierungen oder andere Edelmetalllegierungen. Als Verfahren zum Aufbringen dieser Schichten eignen sich beispielsweise galvanische Verfahren, Sputterverfahren oder auch andere bekannte Beschichtungsverfahren.

**[0016]** Die mindestens eine Schutzbeschichtung kann die mindestens eine Innenwand des Hohlraums und/oder der Bohrung großflächig bedecken. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine partielle Auftragung erfolgen, beispielsweise an als besonders kritisch bekannten Stellen. Diese kritischen Stellen sind insbesondere die Hochdruckzulaufbereiche des Kraftstoffinjektors. Auch können die Eigenschaften der Schutzbeschichtung lokal variiert werden, um auf die besonderen lokalen Erfordernisse einzugehen. So kann beispielsweise in Bereichen, in welchen eine hohe Druckbeaufschlagung mit Kraftstoffdruck erfolgt, nicht hingegen eine starke Abrasionsbelastung durch schnelle Strömungen oder Zusammenwirken mechanischer Bauteile, eine verstärkte Betonung auf der Wasserundurchlässigkeit liegen. Andererseits kann in Bereichen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit und/oder Bereichen mit hohem mechanischem Abrieb, beispielsweise in Bohrungen, in welchen ein Kolben gleitbar gelagert ist, in einem Düsenbereich und/oder einem Ventilbereich, eine verstärkte Betonung auf der Abriebsfestigkeit liegen. Entsprechend lassen sich die Zusammensetzungen der Schutzbeschichtungen lokal einstellen.

**[0017]** Auf diese Weise lassen sich Bauteile maßgeschneidert beschichten, welche die oben beschriebenen Nachteile des Standes der Technik ganz oder vollständig vermeiden. Einspritzsysteme mit derartigen Bauteilen weisen eine stark erhöhte Lebensdauer und Hochdruckfestigkeit auf, was zu einer drastigen Verringerung der Wartungsintensität und einer Erhöhung der Betriebssicherheit derartiger System führt.

#### Zeichnung

**[0018]** Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

**[0019]** Es zeigt:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer mit einer zweischichtigen Schutzbeschichtung versehenen Bauteilkomponente.

#### Ausführungsbeispiel

**[0020]** In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer Bauteilkomponente 110 eines Systems 112 zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine symbolisch dargestellt. Bauteilkomponente 110 und System 112 sind dabei nur auszugsweise dargestellt. Beispielsweise kann die Bauteilkomponente 110 ein Kraftstoffinjektor, insbesondere einen Common-Rail-Injektor, sein.

**[0021]** Die Bauteilkomponente 110 weist eine Bohrung 114 auf, welche in ein Gehäuse 116 der Bauteilkomponente 110 eingebracht ist. Dabei sei in diesem Ausführungsbeispiel angenommen, dass es sich bei der Bohrung 114 um eine zu einer Achse 118 rotationssymmetrische zylindrische Bohrung handelt, insbesondere eine

Bohrung eines Kraftstoffzulaufs, durch welche Kraftstoff unter hohem Druck, insbesondere Drücken über 2000 bar, sowie mit hohen Geschwindigkeiten (beispielsweise ca. 600 m/s) strömt. Dementsprechend ist eine in diesem Ausführungsbeispiel zylindermantelförmig ausgestaltete, dem Kraftstoff zuweisende Innenwand 120 der Bohrung 114 starken Belastungen durch Abrasion und Einwirken von im Kraftstoff enthaltender Feuchtigkeit ausgesetzt.

**[0022]** Zum Schutz der Innenwand 120 ist daher, in diesem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1, eine zweischichtige Schutzbeschichtung 122 auf die Innenwand 120 aufgebracht. Die Schutzbeschichtung 122 weist zunächst, ausgehend von der Innenwand 120, eine erste Schicht 124 auf, welche wasserundurchlässige Eigenschaften aufweist. Beispielsweise kann es sich bei dieser wasserundurchlässigen ersten Schicht 124 um eine Teflon®-Schicht handeln, welche beispielsweise mittels eines Pulverbeschichtungsverfahrens auf die Innenwand 120 aufgebracht worden ist.

**[0023]** An die 1. Schicht 124 schließt sich, dem Kraftstoff zuweisend, eine zweite Schicht 126 an, welche abrasions- und/oder erosionshemmende Eigenschaften aufweist. Diese zweite Schicht 126 verhindert somit, dass das Gehäuse 116 selbst durch Abrasion und/oder Erosion angegriffen wird und verhindert weiterhin, dass die erste Schicht 124 durch Abrasion und/oder Erosion abgetragen wird. Dies ist insbesondere bei Verwendung von Teflon® von Vorteil, da Teflon bekanntermaßen in vielen Fällen nur schlechte Abrasionsresistenz aufweist. In diesem Ausführungsbeispiel wird als Material für die zweite Schicht 126 ein Silan verwendet. Dieses Silan kann beispielsweise in einem nasschemischen Verfahren auf die erste Schicht 124 aufgebracht werden.

**[0024]** Wie oben beschrieben, lassen sich anstelle der in Figur 1 beispielhaft dargestellten zweischichtigen Schutzbeschichtung 122 auch Einschichtsysteme verwenden. Bei derartigen Einschichtsystemen werden beide Funktionen, also Wasserabweisung und Abrasionsbeziehungsweise Erosionshemmung, von der selben Schicht übernommen.

### Patentansprüche

1. System (112) zum Einspritzen von druckbeaufschlagtem Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das System (112) mindestens eine Bauteilkomponente (110) mit einem Hohlraum und/oder einer Bohrung (114) aufweist, wobei im Betrieb des Systems (112) mindestens eine Innenwand (120) des Hohlraums und/oder der Bohrung (114) mit druckbeaufschlagtem Kraftstoff in Kontakt ist und wobei die mindestens eine Innenwand (120) mindestens eine dem Kraftstoff zuweisende Schutzbeschichtung (122) aufweist.

2. System (112) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Schutzbeschichtung (122) eine wasserundurchlässige und/oder wasserabweisende Schicht (124) aufweist.
3. System (112) gemäß einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Schutzbeschichtung (122) mindestens eine abrasions- und/oder erosionshemmende Schicht (126) aufweist.
4. System (112) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Schutzbeschichtung (122) mindestens zwei einzelne Schichten (124, 126) aufweist.
5. System (112) gemäß einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Schutzbeschichtung (122), ausgehend von der Innenwand (120) des Hohlraums und/oder der Bohrung (114), zunächst mindestens eine abrasions- und/oder erosionshemmende Schicht (126) und anschließend mindestens eine wasserundurchlässige und/oder wasserabweisende Schicht (124) aufweist.
6. System (112) gemäß einem der Ansprüche 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Schutzbeschichtung (122), ausgehend von der Innenwand (120) des Hohlraums und/oder der Bohrung (114), zunächst mindestens eine wasserundurchlässige und/oder wasserabweisende Schicht (124) und anschließend mindestens eine abrasions- und/oder erosionshemmende Schicht (126) aufweist.
7. System (112) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Schutzbeschichtung (122) mindestens einen Kunststoff und/oder mindestens einen Lack und/oder mindestens eine Keramik und/oder mindestens ein vom Material der mindestens einen Bauteilkomponente (110) verschiedenes Metall aufweist.
8. System (112) gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzbeschichtung (122) mindestens ein Silan und/oder mindestens ein fluoriertes Polymer, insbesondere Teflon® aufweist.
9. System (112) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Schutzbeschichtung (122) mindestens einen organisch/anorganischen Verbundwerkstoff, insbesondere mindestens ein Ormocer®, und/oder mindestens eine Nanopartikelschicht aufweist.

10. System (112) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum und/oder die Bohrung (114) mindestens eines der folgenden Elemente umfasst: eine Hochdruck-Bohrung, einen Hochdruckzulauf, einen Stabfilterbereich, ein Drosselement, einen Ventilbereich, einen Düsenbereich.

5

10

15

20

25

30

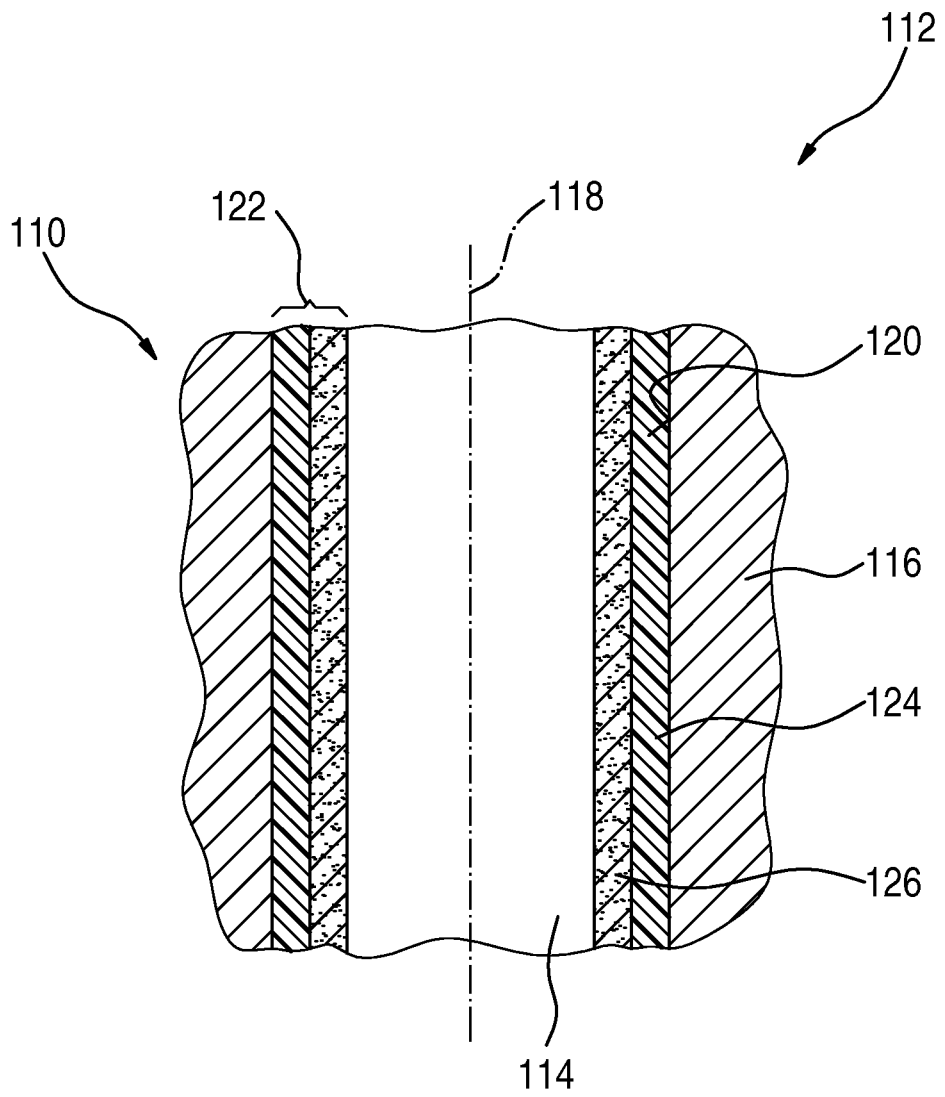
35

40

45

50

55





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2004/033895 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; MILLER FRANK [DE]) 22. April 2004 (2004-04-22) * Seite 3, Zeilen 12-30 * * Seite 10, Zeilen 7-11; Abbildungen 1,3,4 *	1-4,6-8,10	INV. F02M61/16  ADD. F02M55/02
X	EP 1 548 273 A1 (MANN & HUMMEL GMBH [DE]) 29. Juni 2005 (2005-06-29) * Absätze [0006], [0007]; Abbildung 1 *	1-4,6,7,10	
X	JP 59 180062 A (ISUZU MOTORS LTD) 12. Oktober 1984 (1984-10-12) * Zusammenfassung; Abbildungen 4,5 *	1-3,7,10	
X	JP 03 194164 A (ISUZU CERAMICS RES INST) 23. August 1991 (1991-08-23) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-3,7,10	
X	EP 1 498 603 A1 (WAERTSILAE SCHWEIZ AG [CH]) 19. Januar 2005 (2005-01-19) * Absätze [0025], [0026]; Abbildung 3 *	1-3,7,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	DE 199 19 413 A1 (HITACHI LTD [JP]) 4. November 1999 (1999-11-04) * Seite 2, Zeile 60 - Seite 3, Zeile 53; Abbildung 2 *	1,2,4,7-10	F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlussdatum der Recherche 8. August 2007	Prüfer Kolland, Ulrich
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 : mündliche 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 anderen Gründen angeführtes Dokument * : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

5  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 10 2492

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-08-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2004033895	A	22-04-2004	DE 10246230 A1	29-04-2004
			EP 1588046 A1	26-10-2005
			JP 2006502352 T	19-01-2006
			US 2006202049 A1	14-09-2006
-----				
EP 1548273	A1	29-06-2005	AT 338208 T	15-09-2006
			DE 10361576 A1	28-07-2005
-----				
JP 59180062	A	12-10-1984	KEINE	
-----				
JP 3194164	A	23-08-1991	KEINE	
-----				
EP 1498603	A1	19-01-2005	KEINE	
-----				
DE 19919413	A1	04-11-1999	JP 3567732 B2	22-09-2004
			JP 11311168 A	09-11-1999
			US 6273348 B1	14-08-2001
-----				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82