



(11) **EP 2 035 170 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.11.2010 Patentblatt 2010/46

(51) Int Cl.:
B22D 15/02 ^(2006.01) **C22C 38/00** ^(2006.01)
F02F 3/00 ^(2006.01) **F02F 3/22** ^(2006.01)
C22C 38/42 ^(2006.01) **C22C 38/58** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07725968.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2007/005155

(22) Anmeldetag: **12.06.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/000347 (03.01.2008 Gazette 2008/01)

(54) **GEGOSSENER STAHLKOLBEN FÜR VERBRENNUNGSMOTOREN**

CAST STEEL PISTON FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

PISTON COULÉ EN ACIER POUR MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR IT

- **REHM, Wolfgang**
89077 Ulm (DE)
- **WEISSKOPF, Karl**
73635 Rudersberg (DE)

(30) Priorität: **30.06.2006 DE 102006030699**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.03.2009 Patentblatt 2009/12

(74) Vertreter: **JENSEN & SON**
366-368 Old Street
London
EC1V 9LT (GB)

(60) Teilanmeldung:
09014391.8 / 2 184 120

(73) Patentinhaber: **Daimler AG**
70327 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 238 146 **EP-A- 1 450 080**
EP-A- 1 612 395 **WO-A-02/10571**
WO-A-91/03579 **WO-A-02/088411**
WO-A-02/101109 **WO-A-03/029504**
WO-A-2006/014741 **DE-A1- 19 901 705**
GB-A- 1 096 826 **GB-A- 2 075 550**
US-A1- 2001 029 840

(72) Erfinder:
• **HAUG, Tilmann**
89264 Weissenhorn (DE)

EP 2 035 170 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen gegossenen Stahlkolben für Verbrennungsmotoren, aus einer dichter reduzierten Stahllegierung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder einen teilweise aus einer dichter reduzierten Stahllegierung gebildeten Stahlkolben mit den Merkmalen des Anspruchs 11, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines einstückigen und materialeinheitlichen Stahlkolbens mit den Merkmalen des Anspruchs 14.

[0002] Aufgrund der zunehmenden Anforderungen möglichst hoher Spitzendrücke in Hubkolben-Verbrennungsmotoren die bei bis zu 250 bar liegen, sind die Leichtbau-Aluminiumkolben zunehmend an ihre Leistungsgrenze gestoßen. Daher werden für den LKW-Bereich auch den PKW-Bereich zunehmend wieder Stahlkolben gefordert. Die hohen Anforderungen an Lebensdauer und Zuverlässigkeit machen dabei insbesondere vollständig aus Stahl gefertigte Kolben erforderlich, welche die derzeit noch häufig eingesetzten Kolben aus Stahl und Aluminium ersetzen sollen.

[0003] Gegenüber den Aluminium-Kolben haben die Stahlkolben aber den Nachteil eines höheren Gewichts.

[0004] Die Herstellung von vollständig aus Stahl gefertigten Kolben ist aufgrund der schwierigen Verarbeitbarkeit von Stahl für filigrane Bauteile häufig aufwändig und kostspielig.

[0005] So ist es beispielsweise üblich, die Herstellung des Kolbens durch Verschweißung zweier Schmiedeteile vorzunehmen. Hierdurch ist auch den Einsatz unterschiedlicher Werkstoffe für Ober- und Unterteil möglich.

[0006] Die DE 102 44 513 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines mehrteiligen gekühlten Kolbens. Das Kolbenoberteil ist aus warmfestem Stahl und das Kolbenunterteil aus geschmiedetem AFP-Stahl gefertigt. Das nachfolgende Fügen bzw. Verbinden der Ringrippe des Kolbenoberteils mit der Tragrippe des Kolbenunterteils erfolgt mittels eines Schweiß- oder Lötverfahrens. Die Vorbereitung der Teile zum Fügen und das Fügeverfahren selbst stellen kostenintensive Verfahrensschritte dar.

[0007] In der EP 1612 395 A1 wird vorgeschlagen, den gesamten Kolben aus Stahl zu gießen. Es wird vorgeschlagen eine der beiden folgenden Stahlzusammensetzungen (in Massenprozent) als Gusslegierung zu verwenden:

$C \leq 0.8\%$, $Si \leq 3\%$, $Mn \leq 3\%$, $S \leq 0.2\%$, $Ni \leq 3\%$, $Cr \leq 6\%$, $Cu \leq 6\%$, $Nb \leq 0.01-3\%$, Rest Fe mit unvermeidbaren Verunreinigungen oder $C \leq 0.1-0.8\%$, $S \leq 3\%$, $Si \leq 3\%$, $Mn \leq 3\%$, $S \leq 0.2\%$, $Ni \leq 10\%$, $Cr \leq 30\%$, $Cu \leq 6\%$, $Nb \leq 0.05-8\%$ und Rest Fe mit unvermeidbaren Verunreinigungen. Dabei spielen insbesondere die gute Raumtemperatur Streckgrenze sowie eine hohe Hochtemperatur-Zugfestigkeit und Bruchfestigkeit einer Rolle.

[0008] Die WO 2006/014741 A1 offenbart einen Kol-

ben, der einstückig aus Stahl gegossen wird. Der verwendete Stahl ist ein SAE 4140H-Stahl einer Zusammensetzung mit C: 0,38 - 0,43; Cr: 0.8 -1.1; Mg: 0.75 -1; Mo: 0.15 - 0.25; Si: 0.15 - 0.35.

[0009] Aus der WO 02/101109 A ist ein Leichtbaustahl, insbesondere für Karosseriebauteile, aus der WO 03/029504 A2 ein Duplex/Triplex-Leichtbaustahl, insbesondere für Karosseriekomponenten und aus der WO 91/03579 A1 ein Aluminium-Mangan-Eisen Stahl, bevorzugt für die Weiterbearbeitung als Walzstahl bekannt.

[0010] Aufgrund der filigranen Bauweise eines Kolbens werden besonders hohe Ansprüche an die Fließfähigkeit des Gießmetalls, sowie an das Gießverfahren gestellt. Das Gießverfahren und die Fließfähigkeit des Metalls sind von entscheidender Bedeutung für die Erzielung eines geeigneten und fehlerfreien Gefüges, welches für die hohen Festigkeitsanforderungen der gegossenen Bauteile unerlässlich ist. Bereits kleinste Gefügefehler und Lunker im Gussteil können in den dünnen Wandungen des Kolbens zu einem katastrophalen Werkstoffversagen führen.

[0011] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Kolben aus mechanisch hochbelastbaren, kostengünstig zu formenden und leichtgewichtigen Stählen bereit zu stellen. Eine weitere erfindungsgemäße Aufgabe ist es, kostengünstiges und einfaches Verfahren zur Herstellung dieser Stahlkolben aufzuzeigen.

[0012] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, durch einen Stahlkolben für Verbrennungsmotoren, der zumindest ein Kolbenoberteil mit Verbrennungsmulde und eine Ringwand sowie ein Kolbenunterteil mit Pleuellager umfasst, welcher aus einer dichter reduzierten Stahllegierung gegossen ist, mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch einen Stahlkolben der nur teilweise aus einer dichter reduzierten Stahllegierung gegossen ist, mit den Merkmalen des Anspruchs 11. Eine weitere erfindungsgemäße Lösung ist durch ein Verfahren zur Herstellung eines einstückigen und materialeinheitlichen Stahlkolbens durch ein Niederdruckgießverfahren mit den Merkmalen Anspruchs 14 gegeben.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0014] Erfindungsgemäß wird der Stahlkolben somit einstückig und materialeinheitlich gegossen. Hierdurch wird eine wesentliche Vereinfachung des Herstellungsverfahrens erreicht. Für die Erfindung ist es damit von wesentlicher Bedeutung, Stahllegierungen zu verwenden, die gießtechnisch gut verarbeitbar sind, eine hohe Festigkeit, beziehungsweise Streckgrenze bei den hohen Einsatztemperaturen aufzuweisen und eine möglichst geringe Materialdichte zu besitzen.

[0015] Die erste erfindungsgemäß eingesetzte Stahllegierung ist eine dichter reduzierte Stahllegierung der folgenden Zusammensetzung (folgende Angaben in Gew. %, soweit nicht anders beschrieben)

Mn: 12-35

Al: 6-16

Si: 0,3-3
C: 0,8-1,1
Ti: bis 0,03

Rest Fe sowie unvermeidliche Stahlbegleitelemente.

[0016] Diese Legierung zeichnet sich durch ein gutes Fließvermögen aus. Darüber hinaus ist die Dichte des Materials mit ca. 6,8 g/ccm vergleichsweise niedrig. Ein weiterer Vorteil dieser Legierung liegt in der hohen Hochtemperatur-Korrosionsbeständigkeit begründet. Der hohe Al-Gehalt trägt dabei besonders zu dieser Korrosionsbeständigkeit bei. Derartige Legierungen sind auch den hohen mechanischen Anforderungen gewachsen.

[0017] Besonders bevorzugt liegt der Anteil von Mn und Al im Bereich von Mn 18-32% und Al 8-12%.

[0018] Es ist vorgesehen, den Stahlkolben einstückig und materialeinheitlich zu gießen. Darunter ist zu verstehen, dass Kolbenoberteil mit Verbrennungsmulde und Ringwand sowie ein Kolbenunterteil mit Pleuellager aus einem Guss hervorgehen und aus dem gleichen Material bestehen. Hierunter sind aber auch Stahlkolben zu verstehen die weitere An- oder Einbauteile enthalten, die sich hinsichtlich des Materials vom gegossenen Kolben unterscheiden können, oder die nicht während des Gussvorgangs des Kolbens gebildet werden. Unter diesen weiteren Teilen sind beispielsweise Einlege­teile zu verstehen, die an- oder eingegossen werden. Je nach Material und Qualität des Ein- oder Angusses können die An- oder Einlege­teile vom Stahlkolben nicht mehr unterschieden werden, so dass auch Stahlkolben und An- oder Einlege­teile als einstückig und materialeinheitlich gegossen erscheinen.

[0019] Zur Erläuterung der Erfindung werden schematische Zeichnungen herangezogen.

[0020] Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Kolben (1) im Querschnitt, mit Schmel­zezufluss (2), eingegossenem Stahlrohr (3), Kühlkanal (4), Ringwand (5), Öffnungen des Kühlkanals zur Ringwand (7') und Ringnuten (10),

Fig. 2 einen Kolben (1) im Querschnitt, mit Oberteil (12) und Unterteil (13), Ringwand (5), Kühlkanal (4), Öffnung des Kühlkanals (7), Pleuellager (8), Pleuellagerwand (9) und Verbrennungsmulde (11)

Fig. 3 einen Kolben (1) im Schnitt, mit Oberteil (12) und Unterteil (13), Ringwand (5), Kühlkanal (4), Verschluss­teil (6), Pleuellager (8), Pleuellagerwand (9) und Verbrennungsmulde (11)

[0021] In einer bevorzugten Ausführung weist der Kolben im Kolbenoberteil (12) einen oder mehrere Kühlkanäle (4) auf. Der Kühlkanal kann dabei durchgängig, oder in mehrere Segmente aufgeteilt sein. Im Letzteren Fall kann auch von mehreren Kühlkanälen gesprochen werden. Der zumindest eine Kühlkanal weist Durchbrüche oder Öffnungen (7, 7') zum Kolbeninneren und/oder zur

Ringwand (5) aufweisen.

[0022] Die Durchbrüche oder Öffnungen zum Kolbeninneren (7) dienen zum Austausch von Kühlmittel bzw. Öl. Typischerweise handelt es sich hierbei um runde Öffnungen oder um Bohrungen. Es können aber je nach Erfordernis auch andere Geometrien realisiert werden. Dies ist insbesondere durch das erfindungsgemäß gewählte Herstellungsverfahren des Gießens einfach zu bewerkstelligen, beispielsweise indem geeignet geformte Gießkerne oder Einlege­teile verwendet werden. In diesem Fall kann das Bohren von Öffnungen eingespart werden.

[0023] Des Weiteren kann der Kühlkanal (4) auch zur Ringwand hin unterbrochen sein, so dass eine Öffnung (7') entsteht. Damit der Kühlkanal (4) mit Öffnungen zur Ringwand (5) nicht nach außen geöffnet bleibt, ist er durch mindestens ein Verschluss­teil (6) nach außen abgeschlossen. Das Kühlrohrsystem ist somit mehrteilig aufgebaut. Das Verschluss­teil (6) ist bevorzugt durch ein Blech oder Verschlussblech oder einen Stahlring gebildet. Zur Verklammerung kann das Verschluss­teil dabei in den Kühlkanal hineinragen. Das Verschluss­teil ist typischerweise angeschweißt oder angelötet. Durchbruch bzw. Öffnung (7') und Verschluss­teil (6) sind bevorzugt im Bereich oder innerhalb einer Ringnut (10) angeordnet.

[0024] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der mindestens eine Kühlkanal (4) durch ein eingegossenes Stahlrohr (3) ausgebildet. In der Regel ist das Stahlrohr auch im gegossenen Stahlkolben aufgrund der im Grenzbereich bzw. Angussbereich herrschenden Unregelmäßigkeiten des Gefüges noch identifizierbar. Ist das Stahlrohr vor dem Eingießen zum Besseren Verbinden beschichtet, beispielsweise mit Sn, so bildet sich ein Grenzbereich aus Misch­legierung um den Kühlkanal (4) herum aus.

[0025] In einer weiteren erfindungsgemäßen Variante ist der, beziehungsweise sind die Kühlkanäle (4) vollständig durch eingegossene Stahlrohre (3) gebildet und die Kühlkanäle (4) weisen keine Öffnung (7') zur Ringwand hin auf. Sie sind nach außen geschlossen und erfordern kein Verschluss­teil (6). Bevorzugt sind auch hier Öffnungen (7) nach innen vorhanden. Das Kühlrohrsystem ist somit einteilig aufgebaut.

[0026] Es ist möglich, dass der Stahl des Kolbens und der Stahl des eingegossenen Stahlrohrs (3) eine unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen. Ebenso kann zwischen Kolben und eingegossenem Stahlrohr eine Zwischenschicht gebildet sein, die eine vom Stahl des Kolbens unterschiedliche Zusammensetzung aufweist. Bevorzugt werden die Stahlrohre aus hochschmelzenden Stählen oder hochwarmfesten Stählen gebildet. Die Verwendung der gut gießfähigen Stähle ist nicht erforderlich.

[0027] Bei dem Material des eingegossenen Stahlrohrs kann es sich auch um die bewährten Stähle aus der Gruppe MoCr4, 42CrMo4, CrMo4 oder 31CrMoV6 handeln.

[0028] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die Pleuellagerwand (9) eine Lagerschale auf, beziehungsweise ist die Pleuellagerwand (9) zumindest teilweise durch eine Lagerschale gebildet, die aus einem Eingussteil besteht. Das Eingussteil, beziehungsweise die hierdurch gebildete Lagerschale besteht bevorzugt aus einem hochverschleißfesten Stahl. Durch das erfindungsgemäß gewählte Gießen des Stahlkolbens kann in einfacher Weise durch Anguss ein besonders geeignetes Material für eine Lagerschale eingebracht werden. Als Material der Lagerschale wird insbesondere ein Stahl aus der Gruppe MoCr4, 42CrMo4, CrMo4 oder 31CrMoV6 gewählt. Die Lagerschale kann gegebenenfalls auch spezielle Gleitbeschichtungen tragen.

[0029] In einer weiteren Variante der Erfindung wird nicht der gesamte Kolben einstückig und Material einheitlich gegossen, sondern nur das Kolbenoberteil. Erfindungsgemäß ist ein Kolben für Verbrennungsmotoren vorgesehen, der zumindest ein Kolbenoberteil (12) mit Verbrennungsmulde (11) und Ringwand (5) sowie ein Kolbenunterteil (13) mit Pleuellager (8) umfasst, wobei das Kolbenunterteil (13) aus einer dichtereduzierten Stahllegierung der Zusammensetzung Mn: 18-35, Al: 8-12, Si: 0,3-3, C: 0,8-1,1, Ti: bis 0,03, Rest Fe sowie unvermeidliche Stahlbegleitelemente einstückig und materialeinheitlich gegossen ist und mit dem Kolbenoberteil (12) aus Stahl durch Schweißen verbunden ist.

[0030] Hierbei kann das Kolbenoberteil auf konventionelle Weise gefertigt sein. Bevorzugt ist das Kolbenoberteil (13) ein Schmiedeteil.

[0031] Das Material des Kolbenoberteils ist nicht auf die Stähle des Unterteils beschränkt. Vielmehr kann auf die bereits bewährte Stähle zurückgegriffen werden. Zu den geeigneten Stählen zählen unter anderem MoCr4, 42CrMo4, CrMo4 oder 31CrMoV6.

[0032] Das Fügen von Kolbenoberteil (12) und Kolbenunterteil (13) erfolgt erfindungsgemäß durch Schweißen. Besonders bevorzugt ist das Reibschweißen. Die Trennlinie zwischen Ober- und Unterteil kann je nach Ausgestaltung des Kolbens in unterschiedlicher Höhe des Kolbens verlaufen. Bevorzugt ist die Trennlinie in etwa am unteren Ende der Ringwand (5) (vergleiche Fig. 3) angeordnet.

[0033] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein besonders geeignetes Verfahren zur gießtechnischen Herstellung eines Stahlkolbens.

[0034] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines einstückigen und materialeinheitlichen Stahlkolbens der zumindest ein Kolbenoberteil (12) mit Verbrennungsmulde (11) und Ringwand (5) sowie ein Kolbenunterteil (13) mit Pleuellager (8) umfasst, sieht vor, dass ein Niederdruckgießverfahren angewendet wird. Dabei wird die Stahlschmelze mittels eines Steigrohrs kontrolliert von unten her in den Formhohlraum der aufgesetzten Gießform, mit einem Überdruck von 0,3 bis 5 bar gedrückt wird, wobei der Anguss des Kolbens von unten über den Bereich der Kolbenmulde (11) erfolgt. Fig. 1 zeigt schematisch den Zufluss (2) der

Schmelze von unten in den Bereich der Kolbenmulde (11).

[0035] Von wesentlicher Bedeutung ist dabei die erfindungsgemäße Anwendung des Niederdruckgussverfahrens auf Stahlschmelzen. Bei dem Niederdruckgießverfahren wird eine Gießanordnung, gewählt bei der die Metallschmelze mittels eines Steigrohrs kontrolliert von unten her, also entgegen der Schwerkraft, in den Formhohlraum der aufgesetzten Gießform eingedrückt wird. Als Gießform kann eine Kokille oder auch Sandformen verwendet werden. Der komplexen Form des abzugießenden Kolbens gemäß ist es zweckmäßig die Kokille mit Sandkernen zu kombinieren, beziehungsweise Sandkerne oder Kernpakete in die Gießform einzulegen.

[0036] Der beim Niederdruckgießen angewandte Druck ist üblicherweise relativ niedrig und bewegt sich je nach notwendiger Steighöhe und der Dichte des Gusswerkstoffes zwischen 0,02 und 0,1 MPa.

[0037] Der Gießdruck liegt erfindungsgemäß bei einem Überdruck von ca. 0,3 bis 5 bar. Eine präzise Regelung des Gießdrucks, sowie des Druckverlaufs (Druckaufbau, Haltephase und Nachdruck) ist für eine gleichmäßige und lunkerfreie Formfüllung erforderlich. Bevorzugt werden 0,5 bis 1,5 bar angewendet.

[0038] Der Gießofen und die Kokille bilden eine Kokillenguss-Einheit, welche durch das Steigrohr verbunden sind. Der Gießofen ist insgesamt druckdicht abgeschlossen. Der Ofen dient in der bevorzugt nur zum Warmhalten und nicht zum Erschmelzen des Metalls. Dabei wird die Metallschmelze über die Druckbeaufschlagung des Warmhalteofens mit geregelter Gießdruck und gesteuerter Gießgeschwindigkeit turbulenzarm von unten in die Gießform eingegossen. Anstelle von Druckluft kann auch ein inertes Gas verwendet werden. Bevorzugt wird mit Stickstoff gearbeitet. Der entstehende Kolben wird über den anstehenden Gießdruck bis zum Ende seiner Erstarrung nachgespeist. Hierdurch wird ein dichteres Gefüge als beim Kokillenguss oder Schwerkraftguss erreicht wird.

[0039] Aufgrund der filigranen Form des Kolbens, insbesondere der dünnen Wände, ist ein möglichst lunkerfreier Guss von entscheidender Bedeutung.

[0040] In einer ersten Ausgestaltung wird auf einen Speiser fast vollständig verzichtet, da die Speisung durch das Steigrohr erfolgt. Um diesen Vorteil nutzen zu können, wird in der das Verfahren so ausgelegt, dass die Erstarrung von oben her bis zu einer definierten Stelle direkt über dem Steigrohr erfolgt und im Steigrohr flüssig bleibt. Das kann beispielsweise erreicht werden, indem das Steigrohr beheizt wird oder eine besondere Wärmeisolierung erhält. Des Weiteren ist es möglich alleine oder zusätzlich zum beheizten Steigrohr die Form an speziellen Stellen zu kühlen. Dies ist besonders effektiv, wenn es sich um eine Kokille aus Metall oder Graphit handelt.

[0041] Eine weitere Variante sieht die Verwendung von Sandformen vor und die Vorteile der steigenden Formfüllung zu nutzen, aber auf die Speisung durch das Steigrohr zu verzichten. Bevor der gegossene Kolben

vollständig erstarrt ist, wird der Anschnitt der Form verschlossen. Hierauf wird der Druck im Niederdruckgussosen gesenkt und die Schmelze läuft aus dem Steigrohr in den Ofen zurück. Hierdurch lässt sich die Prozesszeit verkürzen.

[0042] Gegenüber den konventionellen Gießverfahren hat das Niederdruckgussverfahren auch den Vorteil, dass die Temperatur der Schmelze kann genau eingestellt werden kann. Hierdurch ist der Gießverlauf, beziehungsweise die exakte Formfüllung gut berechenbar.

[0043] Ein weiterer Vorteil des Niederdruckgusses ist es, dass Gießfehler, wie Gaseinschlüsse durch turbulente Formfüllung oder Kaltlauf durch zu langsame Formfüllung, durch eine genau gesteuerte Formfüllung, insbesondere genau gesteuerte Füllgeschwindigkeit verhindert werden.

[0044] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Gussteil gebildet, das einstückig und materialeinheitlich ist. Weist der Stahlkolben weitere spezielle Bauteile auf, wie beispielsweise Kühlkanäle, besteht die Möglichkeit, dass diese im fertigen Kolben einstückig und materialeinheitlich mit dem Gusstück sind.

[0045] Besonders bevorzugt wird die hinsichtlich Materialeigenschaften und Gießfähigkeit besonders geeignete dichterduzierte Stahllegierung der folgenden Zusammensetzung eingesetzt:

Mn: 18-35
Al: 8-12
Si: 0,3-3
C: 0,8-1,1
Ti: bis 0,03

Rest Fe sowie unvermeidliche Stahlbegleitelemente.

[0046] In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung werden in die Gießform eines oder mehrere Einlege Teile zur Bildung spezieller Bauteile des Kolbens eingelegt. Unter Einlege teilen sind dabei im Gegensatz zu den ebenso beim Guss verwendbaren Sandkernen Teile zu verstehen, die im gegossenen Kolben verbleiben.

[0047] Die Einlege teile sind dabei zweckmäßigerweise aus Stahl, da hier gute Materialkompatibilität zum Stahl des Kolbens besteht. Mit den Einlege teilen werden besonders bevorzugt mindestens ein Kühlkanal (4) und/oder eine Pleuellagerwand (9) gebildet. Hierzu werden entsprechend Stahlrohre (3) oder Stahlschalen in die Gießform eingelegt. Bevorzugt sind die Einlege teile Bestandteil von Sand-Kernpaketen.

[0048] Beim Stahlrohr kann sich auch um ein sandgefülltes Rohr handeln. Durch die Sandfüllung des Rohrs ist ein gleichmäßiges Vorformen des Rohrs möglich. Beim Gießen verhindert die Sandfüllung ein unbeabsichtigtes Durchbrechen der Schmelze durch partielles Aufschmelzen des Rohrs.

[0049] Besonders bevorzugt ist das Stahlrohr dann mit Formsand gefüllt, wenn es eine Öffnung (7') zur Ringwand (5) oder große Öffnungen (7) zum Kolbeninneren aufweist.

[0050] Die Öffnungen (7) zum Kolbeninneren können gießtechnisch und/oder durch spätere Bearbeitung des Gussteils eingebracht werden. Dagegen wird die Öffnung (7') zur Ringwand (5) zweckmäßigerweise beim Guss gebildet, da die große Öffnung ein leichtes und vollständiges Entfernen von im Stahlrohr enthaltenen Kernsand ermöglicht.

10 Patentansprüche

1. Stahlkolben für Verbrennungsmotoren, der zumindest ein Kolbenoberteil (12) mit Verbrennungsmulde (11) und Ringwand (5) sowie ein Kolbenunterteil (13) mit Pleuellager (8) umfasst,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Stahlkolben aus einer dichterduzierten Stahllegierung der Zusammensetzung in Gew. %
Mn: 12-35
Al: 6-16
Si: 0,3-3
C: 0,8-1,1
Ti: bis 0,03
Rest Fe sowie unvermeidliche Stahlbegleitelemente, einstückig und materialeinheitlich gegossen ist.

2. Stahlkolben nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kolben im Kolbenoberteil (12) einen oder mehrere Kühlkanäle (4) aufweist, die zumindest teilweise Durchbrüche oder Öffnungen (7, 7') zum Kolbeninneren und/oder zur Ringwand (5) aufweisen.

3. Stahlkolben nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das mindestens ein Kühlkanal (4) durch ein eingegossenes Stahlrohr (3) gebildet ist.

4. Stahlkolben nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Stahl des Kolbens und der Stahl des eingegossenen Stahlrohrs (3) eine unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen und/oder zwischen Kolben und eingegossenem Stahlrohr eine Zwischenschicht gebildet ist, die eine vom Stahl des Kolbens unterschiedliche Zusammensetzung aufweist.

5. Stahlkolben einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kühlkanäle (4) mit Öffnungen zur Ringwand (5) durch mindestens ein Verschluss teil (6) nach außen abgeschlossen sind.

6. Stahlkolben Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Verschluss teil (6) durch ein Blech oder Stahlring gebildet ist.

7. Stahlkolben nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
Kühlkanäle (4) keine Öffnung (7') zur Ringwand hin aufweisen und vollständig durch eingegossene Stahlrohre (3) gebildet sind. 5
8. Stahlkolben nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Pleuellagerwand (9) eine Lagerschale aufweist, die durch ein Eingsussteil gebildet ist. 10
9. Stahlkolben nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Eingsussteil der Lagerschale durch einen hochverschleißfesten Stahl gebildet ist. 15
10. Stahlkolben nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Eingsussteil der Lagerschale oder das eingegossene Stahlrohr (3) aus einem Stahl der Gruppe MoCr4, 42CrMo4, CrMo4 oder 31CrMoV6 gebildet ist. 20
11. Stahlkolben für Verbrennungsmotoren, der zumindest ein Kolbenoberteil (12) mit Verbrennungsmulde (11) und Ringwand (5) sowie ein Kolbenunterteil (13) mit Pleuellager (8) umfasst,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Kolbenunterteil (13) aus einer dichter reduzierten Stahllegierung der Zusammensetzung in Gew. %
Mn: 18-35
Al: 8-12
Si: 0,3-3
C: 0,8-1,1
Ti: bis 0,03
Rest Fe sowie unvermeidliche Stahlbegleitelemente, einstückig und materialeinheitlich gegossen ist und mit dem Kolbenoberteil (12) aus Stahl durch Schweißen verbunden ist. 30 40
12. Stahlkolben nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Kolbenoberteil (13) ein Schmiedeteil ist. 45
13. Stahlkolben nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Kolbenoberteil (13) und das Kolbenunterteil (13) durch Reibschweißen miteinander verbunden sind. 50
14. Verfahren zur Herstellung eines einstückigen und materialeinheitlichen Stahlkolbens der zumindest ein Kolbenoberteil (12) mit Verbrennungsmulde (11) und Ringwand (5) sowie ein Kolbenunterteil (13) mit Pleuellager (8) umfasst, wobei ein Niederdruckgießverfahren angewendet wird, bei dem eine Stahlschmelze mittels eines

Steigrohrs kontrolliert von unten her in den Formhohlraum der aufgesetzten Gießform, mit einem Überdruck von 0,3 bis 5 bar gedrückt wird, wobei der Anguss des Kolbens von unten über den Bereich der Kolbenmulde (11) erfolgt,
dadurch gekennzeichnet, dass der Stahl ausgewählt wird aus einer dichter reduzierten Stahllegierung der Zusammensetzung in Gew. %
Mn: 18-35
Al: 8-12
Si: 0,3-3
C: 0,8-1,1
Ti: bis 0,03
Rest Fe sowie unvermeidliche Stahlbegleitelemente.

15. Verfahren nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
in die Gießform eines oder mehrere Einlege Teile aus Stahl zur Bildung von mindestens einem Kühlkanal und/oder der Pleuellagerwand (9) eingelegt werden.
16. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Bildung eines Kühlkanals (4) ein geschlossenes Stahlrohr (3) oder ein mit Kernsand gefülltes teilweise geöffnetes Stahlrohr (3) eingelegt wird. 25
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
in die Gießform mindestens ein Gießkern oder ein Kernpaket zur Bildung von Kühlkanälen (4) eingelegt wird. 30 35
18. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Kernpaket Einlege Teile aus Stahl aufweist.

Claims

1. Steel piston for internal combustion engines, comprising at least a piston crown (12) with a combustion recess (11) and an angular wall (5) and a piston skirt (13) with a small end bearing (8),
characterised in that
the steel piston is cast in one piece and with material uniformity from a density-reduced steel alloy with the following composition in % by weight:

Mn: 12-35
Al: 6-16
Si: 0.3-3
C: 0.8-1.1
Ti: up to 0.03

rest Fe and unavoidable impurities.

2. Steel piston according to claim 1,
characterised in that
the piston has one or more cooling passages (4) in the piston crown (12) which have at least in part through-holes or openings (7, 7') towards the interior of the piston and/or towards the annular wall (5). 5
3. Steel piston according to claim 2,
characterised in that
the at least one cooling passage (4) is represented by a cast-in steel pipe (3). 10
4. Steel piston according to claim 2,
characterised in that
the steel of the piston and the steel of the cast-in steel pipe (3) differ in their composition and/or **in that** an intermediate layer is formed between the piston and the cast-in steel pipe, which has a composition which differs from the steel of the piston. 15
5. Steel piston according to any of the preceding claims,
characterised in that
the cooling passages (4) with openings towards the annular wall (5) are blocked against the outside by at least one closing part (6). 25
6. Steel piston according to claim 6,
characterised in that
the closing part (6) is represented by sheet metal or ring steel. 30
7. Steel piston according to any of claim 1 to 4,
characterised in that
the cooling passages (4) have no opening (7') towards the annular wall and are completely represented by cast-in steel pipes (3). 35
8. Steel piston according to any of the preceding claims,
characterised in that
the small end bearing wall (9) comprises a bearing shell which is represented by a cast-in part. 40
9. Steel piston according to claim 8,
characterised in that
the cast-in part of the bearing shell is made of a highly wear-resistant steel. 45
10. Steel piston according to any of the preceding claims,
characterised in that
the cast-in part of the bearing shell or the cast-in steel pipe (3) is made of a steel of the group including MoCr4, 42CrMo4, CrMo4 or 31CrMoV6. 50

11. Steel piston for internal combustion engines, comprising at least a piston crown (12) with a combustion recess (11) and an annular wall (5) and a piston skirt (13) with a small end bearing (8),

characterised in that

the piston skirt (13) is cast in one piece and with material uniformity from a density-reduced steel alloy with the following composition in % by weight:

Mn:	18-35
Al:	8-12
Si:	0.3-3
C:	0.8-1.1
Ti:	up to 0.03

rest Fe and unavoidable impurities and joined to the steel piston crown (12) by welding.

12. Steel piston according to claim 11,
characterised in that
the piston crown (13) is a forged part.
 13. Steel piston according to two claims 11 or 12,
characterised in that
the piston crown (13) is joined to the piston skirt (13) by friction welding.
 14. Method for producing a one-piece and Material uniform steel piston comprising at least a piston crown (12) with a combustion recess (11) and an annular wall (5) and a piston skirt (13) with a small end bearing (8),
wherein a low-pressure casting process is used in which a steel melt is pressed by means of an ascending pipe in a controlled manner from below into the cavity of the casting mould at a positive pressure of 0.3 to 5 bar.
the piston being cast on from below over the region of the piston recess (11), **characterised in that**
the steel is chosen from a density-reduced steel alloy with the following composition in % by weight:
- | | |
|-----|------------|
| Mn: | 18-35 |
| Al: | 8-12 |
| Si: | 0.3-3 |
| C: | 0.8-1.1 |
| Ti: | up to 0.03 |
- rest Fe and unavoidable impurities.
15. Method according to claim 14,
characterised in that
one or more inserts made of steel are installed into the casting mould to form at least one cooling passage and/or the small end bearing wall (9).

16. Method according to claim 15,
characterised in that
a closed steel pipe (3) or a partially open steel pipe (3) filled with core sand is installed to form a cooling passage (4). 5
17. Method according to claim 15 or 16,
characterised in that
at least one casting core or a core package is installed into the casting mould to form cooling passages (4). 10
18. Method according to claim 17,
characterised in that
the core package comprises inserts made of steel. 15

Revendications

1. Piston coulé en acier pour moteurs à combustion interne, qui comprend au moins une partie de piston supérieure (12) avec une cavité de combustion (11) et une paroi annulaire (5) ainsi qu'une partie de piston inférieure (13) avec un coussinet de bielle (8),
caractérisé en ce que
le piston en acier est coulé dans un alliage d'acier allégé avec une composition en pourcentage pondéral de
Mn: 12 - 35
Al: 6 - 16
Si: 0,3 - 3
C : 0,8 - 1,1
Ti : jusqu'à 0,03
de fer résiduel ainsi des éléments-traces de fer inévitables, en une seule pièce et homogène. 20 25 30 35
2. Piston coulé en acier selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le piston présente dans la partie de piston supérieure (12) un ou plusieurs conduits de refroidissement (4), qui comportent au moins partiellement des claques ou ouvertures (7. 7') en direction de l'intérieur du piston et/ou de la paroi annulaire (5). 40
3. Piston coulé en acier selon la revendication 2,
caractérisé en ce que
au moins un conduit de refroidissement (4) est formé par un tube en acier coulé (3). 45
4. Piston coulé en acier selon la revendication 3,
caractérisé en ce que
l'acier du piston et l'acier du tube coulé (3) présentent des compositions différentes et/ou qu'entre ledit piston et le tube en acier coulé se forme une couche intermédiaire, qui présente une composition différente de l'acier du piston. 50 55
5. Piston coulé en acier selon l'une quelconque des

revendication précédentes,
caractérisé en ce que
les conduits de refroidissement (4), qui comportent des ouvertures orientées vers la paroi annulaire (5) sont fermés par au moins un élément de fermeture (6) vers l'extérieur.

6. Piston coulé en acier selon la revendication 5,
caractérisé en ce que
l'élément de fermeture (6) est constitué par une tôle ou une bague en acier.
7. Piston coulé en acier, selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que**
les conduits de refroidissement (4) ne présentent aucune ouverture (7') en direction de la paroi angulaire et que lesdits conduits sont formés par des tubes en acier coulés (3).
8. Piston coulé en acier, selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
la paroi du coussinet de bielle (9) présente une coquille de coussinet, qui est formée par une pièce moulée.
9. Piston coulé en acier selon la revendication 8,
caractérisé en ce que
la pièce moulée de la coquille de coussinet est constituée d'un acier hautement résistant à l'abrasion.
10. Piston coulé en acier selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
la pièce moulée de la coquille de coussinet ou le tube en acier coulé (3) sont constitués d'un acier du groupe MoCR4, 42CrMo4, CrMo44 ou 31 CrMoV6.
11. Piston coulé en acier pour moteurs à combustion interne, qui comprend au moins une partie de piston supérieurs (12) avec une cavité de combustion (11) et une paroi annulaire (5) ainsi qu'une partie de piston inférieure (13) avec un coussinet de bielle (8),
caractérisé en ce que
la partie de piston inférieure (13) est coulée dans un alliage d'acier allégé avec une composition en pourcentage pondéral de
Mn: 18 - 35
Al: 8 - 12
Si: 0,3 - 3
C: 0.8 - 1,1
Ti: jusqu'à 0,03
de fer résiduel ainsi des éléments-traces de fer inévitables, en une seule pièce et homogène, et qui est liée avec la partie de piston supérieure (12) en acier par soudage.
12. Piston coulé en acier selon la revendication 11,
caractérisé en ce que

la partie de piston supérieure (13) est une pièce forgée.

l'ensemble de noyaux présente des inserts en acier.

13. Piston coulé en acier selon l'une des revendications 11 ou 12, 5
caractérisé en ce que
 la partie de piston supérieure (13) et la partie de piston inférieure (13) sont liées ensemble par soudage de fraction. 10
14. Procédé de fabrication d'un piston coulé en acier en une seule pièce et homogène, qui comporte au moins une partie de piston supérieure (12) avec une cavité de combustion (11) et une paroi annulaire (5), ainsi qu'une partie de piston inférieure (13) avec un coussinet de bielle (8), 15
 en utilisant un procédé de coulée à basse tension, durant lequel une coulée d'acier est enfoncée à l'aide d'une colonne montante de façon dirigée depuis le bas dans l'empreinte du moule monté avec une surpression de 0,3 à 5 bar, le coulage se faisant depuis le bas au dessus de la zone de la cavité du piston (11), 20
caractérisé en ce que
 l'acier est sélectionné à partir d'un alliage d'acier allégé avec une composition en pourcentage pondérale de 25
 Mn: 18 - 35
 Al: 8 - 12
 Si 0,3 - 3 30
 C : 0,8 - 1,1
 Ti : jusqu'à 0,03
 de fer résiduel ainsi des éléments-traces de fer inevitables. 35
15. Procédé selon la revendication 14, 35
caractérisé en ce que
 un ou plusieurs inserts en acier peuvent être insérés dans le moule pour la formation d'au moins un conduit de refroidissement et/ou de la paroi du coussinet à bielle (9). 40
16. Procédé selon la revendication 15, 45
caractérisé en ce que
 pour la formation d'un conduit de refroidissement (4) 45
 un tube fermé en acier (3) ou un tube en acier (3) rempli avec du sable de noyautage, partiellement ouvert, est inséré.
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 ou 16, 50
caractérisé en ce que
 au moins un noyau de coulée ou un ensemble de noyaux est inséré pour la formation des conduits de refroidissement (4). 55
18. Procédé selon la revendication 17,
caractérisé en ce que

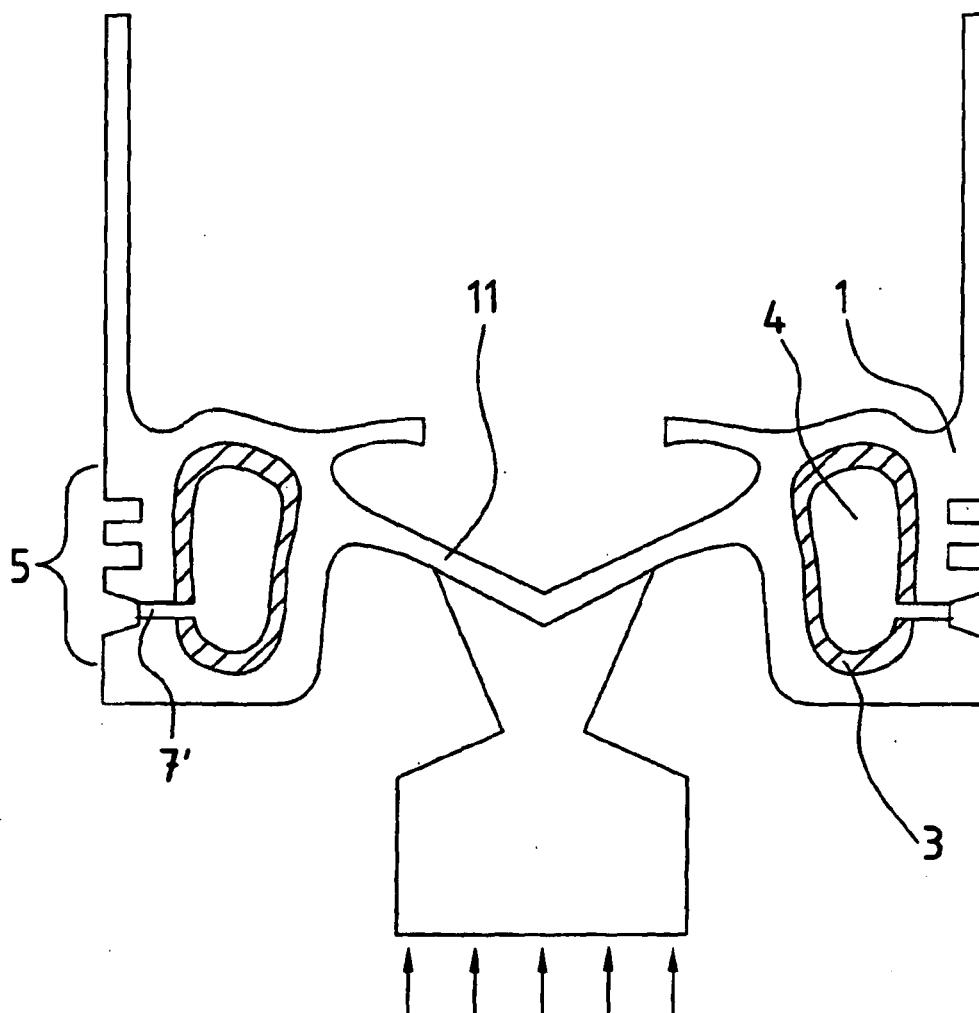


Fig.1

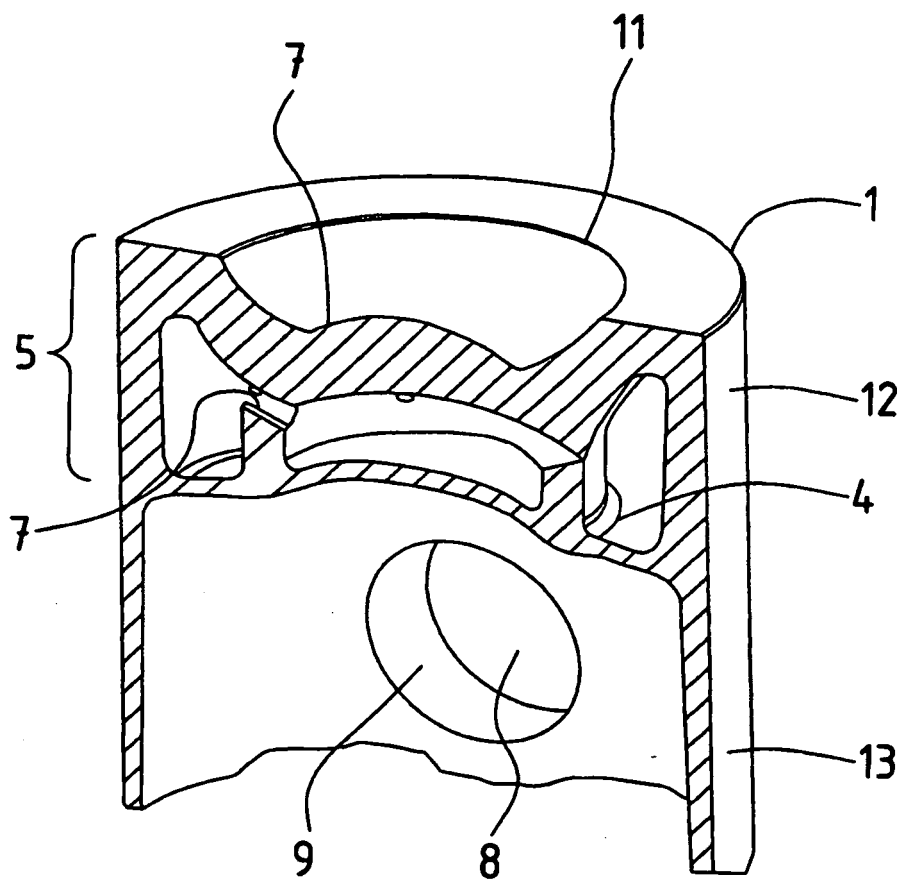


Fig.2

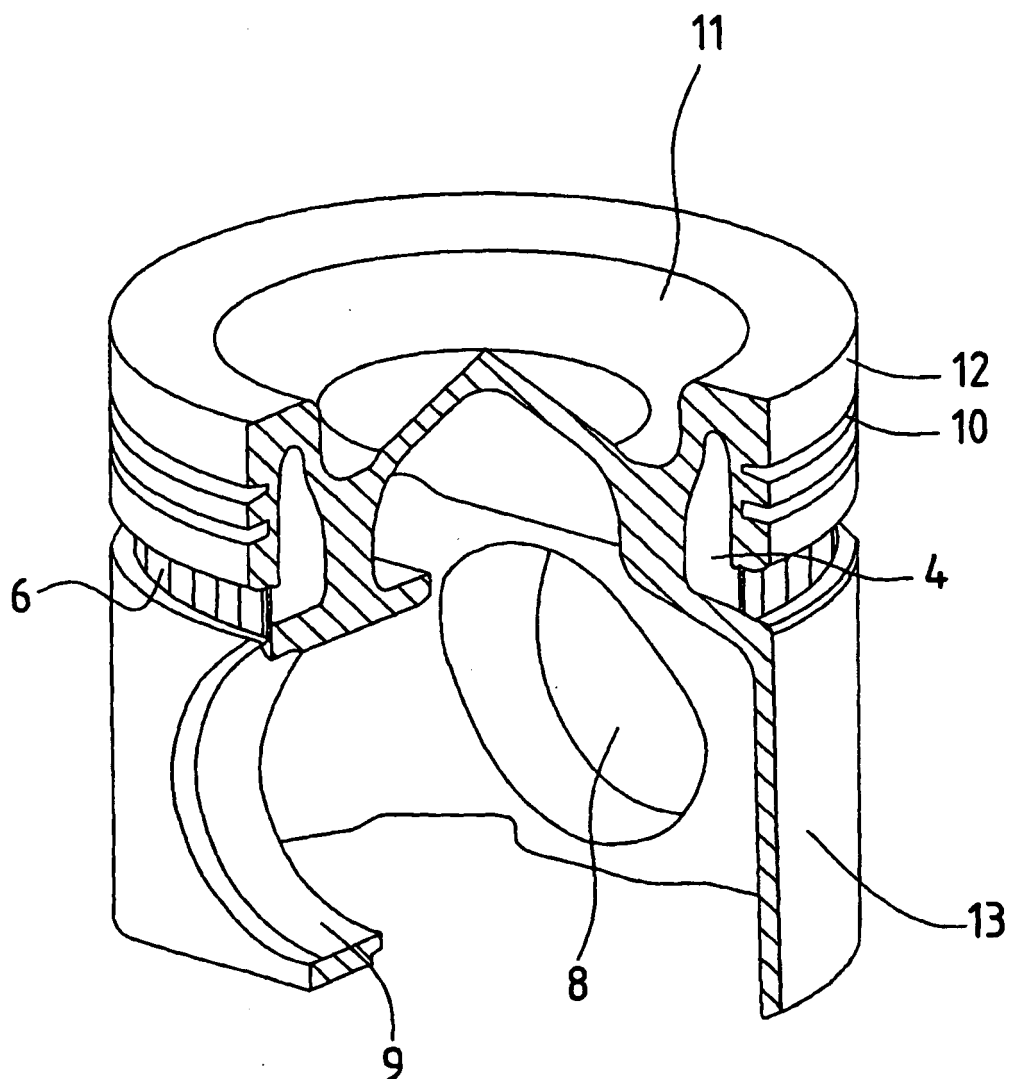


Fig.3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10244513 A1 [0006]
- EP 1612395 A1 [0007]
- WO 2006014741 A1 [0008]
- WO 02101109 A [0009]
- WO 03029504 A2 [0009]
- WO 9103579 A1 [0009]