

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50401/2013
(22) Anmeldetag: 19.06.2013
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2014

(51) Int. Cl.: **F02F 3/02** (2006.01)
F02B 77/08 (2006.01)
G01M 15/06 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 4741253 A
DE 2736815 A1
DE 3440565 A1
EP 1820948 A1
DE 602005004482 T2
WO 2005121538 A1
AT 392351 B

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
Winklhofer Ernst Dipl.Ing. Dr.
8565 St. Johann (AT)
Huber Christopher Dipl.Ing. Dr.techn.
8020 Graz (AT)
Neumann Franz Ing.
8503 St. Josef 38 (AT)

(74) Vertreter:
BABELUK MICHAEL DIPL.ING. MAG.
WIEN

(54) Kolben mit einem Ringträger und einem Glaskolben

(57) Die Erfindung betrifft einen Kolben (1) mit einem Ringträger (2) und einem Glaskolben (3) zur Beobachtung von Vorgängen in einem Brennraum (B) einer Brennkraftmaschine, wobei der Glaskolben (3) auf den Ringträger (2) aufgesetzt und im Bereich einer inneren Mantelfläche (8) des Ringträgers (2) fest mit diesem verbunden ist. Um zu hohe Wärmespannungen im Glaskolben (3) zu vermeiden, ist vorgesehen, dass der Glaskolben (3) mit dem Ringträger (2) über zumindest eine Formschlussverbindung (20), und vorzugsweise über eine Kraftschlussverbindung (30), verbunden ist.

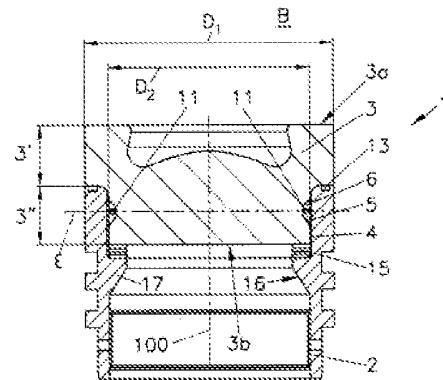


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kolben mit einem Ringträger und einem Glaskolben zur Beobachtung von Vorgängen in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei der Glaskolben auf den Ringträger aufgesetzt und im Bereich einer inneren Mantelfläche des Ringträgers fest mit diesem verbunden ist, wobei der Glaskolben mit dem Ringträger über zumindest eine durch den Glaskolben und zumindest einen Befestigungsring gebildete Formschlussverbindung, und über eine durch den zumindest einen Befestigungsring und den Ringträger gebildete Kraftschlussverbindung, verbunden ist.

[0002] Es ist bekannt, Kolben mit einem Sichtfenster oder Glaskolben auszuführen, um Vorgänge im Brennraum optisch beobachten zu können. Verschiedene Kolben mit Glasfenstern oder Glaskolben sind beispielsweise aus den Veröffentlichungen JP 2009-209752 A2, EP 1 820 948 A1, DE 60 2005 004 482 T2, WO 05/121 538 A1, LU 90 747 A1, JP 10 142 106 A, AT 392 351 B, JP 54047 016 A2 und US 2,919,688 A bekannt. Die Glasfenster oder Glaskolben sind zumeist über eine Klebeverbindung mit dem Ringträger verbunden.

[0003] Die US 4,741,253 A beschreibt einen Kolben für Brennkraftmaschinen, welcher einen metallischen Kolbenkörper und einen keramischen Kolbenkopf aufweist. Der Kolbenkopf ist in einen oberen Bereich des Kolbenkörpers eingebettet und ist mit einer Schraubverbindung am Kolbenkörper befestigt.

[0004] Die DE 27 36 815 A2 zeigt ebenfalls einen aus einem Metallkörper und einem Kolbenkopf bestehenden Kolben, wobei der zentrale Teil des Kolbenkopfes aus einem Keramikeinsatz besteht und wobei ein den Keramikeinsatz umfangsmäßig umgebender ringförmiger Einsatzhalte teil vorgesehen ist, durch den der Keramikeinsatz in Stellung gehalten und an dem Metallkörper des Kolbens befestigt ist.

[0005] Aus der DE 34 40 565 A1 ist ein isolierter Kolben für schnelllaufende Fahrzeug- Dieselmotoren bekannt, welcher aus einem metallischen Zylinderschaft und aus einer Isolierscheibe aus Quarz, Glas oder hochfester Keramik besteht. Die dickwandige Isolierscheibe mit integriertem Brennraum ist in eine konische stirnseitige Bohrung bzw. Ausnehmung des Zylinderschaftes eingepresst oder eingegossen.

[0006] Bei den bekannten Kolben mit Glasfenstern oder Glaskolben besteht die Gefahr, dass es in Folge von unterschiedlichen Wärmedehnungen zwischen dem meist aus Quarzglas oder Saphirglas bestehende Glaskolben und dem aus Stahl oder Aluminium bestehenden Ringträger zu Wärmespannungen und in weiterer Folge zu Rissen im Glaskolben kommen kann, was die Standzeit des Kolbens wesentlich vermindert.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, diesen Nachteil zu vermeiden und die Standzeit von Kolben zur Beobachtung von Vorgängen im Brennraum einer Brennkraftmaschine zu erhöhen.

[0008] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass der Glaskolben einen ersten, oberen Glaskolbenabschnitt und einen zweiten, unteren Glaskolbenabschnitt mit jeweils unterschiedlichen Durchmesser aufweist, wobei der erste, obere Durchmesser größer ist als der zweite, untere Durchmesser, und zwischen dem oberen und dem unteren Glaskolbenabschnitt ein Vorsprung in Form einer normal zur Kolbenachse ausgebildeten Auflagefläche vorgesehen ist, und wobei der Ringträger an seinem gasdruckseitigen Ende eine zu der Auflagefläche des Glaskolbens korrespondierende Ringstirnfläche aufweist.

[0009] Die Formschlussverbindung kann dabei mindestens eine Umfangsnut im Bereich einer äußeren Mantelfläche des Glaskolbens aufweisen, in welcher der entsprechend reziprok zur Umfangsnut geformte Befestigungsring angeordnet ist. Die Kraftschlussverbindung weist bevorzugt ein Außengewinde an der äußeren Mantelfläche des Befestigungsringes und ein korrespondierendes Innengewinde der inneren Mantelfläche des Ringträgers auf, wobei der Befestigungsring über das Außengewinde in das Innengewinde des Ringträgers eingeschraubt ist.

[0010] Der Ringträger ist dabei bevorzugt als innen hohl ausgeführtes zylinderförmiges Element

mit einer inneren und einer äußeren Mantelfläche ausgeführt.

[0011] Die Umfangsnut kann als Keilnut ausgeführt sein, so dass bei einer Wärmedehnung des Befestigungsringes eine kraftschlüssige Verbindung zum Ringträger erhalten bleibt. Die Keilform der Keilnut ist bevorzugt in einer Weise ausgeführt, dass die Krafteinleitung in den Glaskolben ein kritisches Maß nicht überschreitet. Die Keilnut weist dabei einander zugewandte erste und zweite Keilflächen auf, wobei die zweite Keilfläche zu einer gasdruckseitigen Stirnseite des Kolbens einen geringeren Abstand aufweist, als die erste Keilfläche. Die gasdruckseitige Stirnseite ist im eingebauten Zustand dem Brennraum zugewandt und wird im Betrieb von Gaskräften beaufschlagt. Die erste Keilfläche spannt mit einer Normalebene auf die in Hubrichtung des Kolbens angeordnete Kolbenachse des Kolbens einen ersten Keilwinkel auf. Vorzugsweise beträgt der erste Keilwinkel etwa zwischen 30° und 70°, vorzugsweise zwischen etwa 40° und 60°. Tests und Simulationen haben besonders gute Ergebnisse für einen ersten Keilwinkel von etwa 52° ergeben.

[0012] Durch einen solcherart ausgebildeten ersten Keilwinkel können Zugspannungen im Glas innerhalb eines zulässigen Bereichs gehalten werden, wodurch Sprünge und Brüche - insbesondere zu Folge auf den Kolben wirkender Zentripetalkräfte - vermieden werden können.

[0013] Der Befestigungsring, welcher vorzugsweise aus Aluminium besteht, kann die Wärmedehnungen des Ringträgers gegenüber dem Glaskolben teilweise ausgleichen und somit ein Lockern oder Lösen des Glaskolbens verhindern.

[0014] Der Befestigungsring kann ein- oder mehrteilig ausgeführt sein. In einer beispielweise einteiligen Ausführung kann der Befestigungsring an zumindest einer Stelle - vorzugsweise vollständig - durchtrennt ausgebildet sein, wodurch der sich elastisch verformende Befestigungsring bei der Montage über den Glaskolben aufgespannt werden kann, bis er in der Umfangsnut zu liegen kommt.

[0015] Es ist aber auch möglich, dass der Befestigungsring durch zumindest zwei Teile, zum Beispiel Ringsegmente, gebildet ist, welche im Bereich von zueinander zugewandten Fügeflächen - vorzugsweise über zumindest einen in Bohrungen der Fügeflächen angeordneten Verbindungsstift - miteinander verbunden sind.

[0016] Um ein Verdrehen des Befestigungsringes insbesondere bei der Montage zu vermeiden, ist der Befestigungsring mit dem Glaskolben drehfest verbunden. Die drehfeste Verbindung kann beispielsweise durch eine Klebeverbindung oder Formschlussverbindung gebildet sein.

[0017] Als Material für den Befestigungsring kann Aluminium oder eine Aluminiumlegierung gewählt werden.

[0018] Wesentlich ist, dass an Berührungs punkten zwischen dem Glaskolben und dem Ringträger unterschiedliche Wärmedehnungen kompensierende Teile vorgesehen sind. Zum Ausgleich der unterschiedlichen Wärmedehnungen ist es vorteilhaft wenn der Glaskolben einen vorzugsweise gasdruckseitig an die Umfangsnut anschließenden ringförmigen Vorsprung aufweist, wobei im Bereich des Vorsprunges eine normal zur Kolbenachse angeordnete ringförmige Auflagefläche ausgebildet ist. Günstigerweise liegt die Auflagefläche auf einer stirnseitigen Ringfläche des Ringträgers auf, wobei vorzugsweise zwischen dem Glaskolben und dem Ringträger zumindest ein Dichtelement, vorzugsweise eine Silikondichtung, angeordnet ist. Das Dichtelement dichtet das Innere des Ringträgers gegen Fremdkörper ab. Die ringförmige Auflagefläche kann auch als umlaufende Nut ausgeführt sein. Dabei ist es von Vorteil, wenn der Glaskolben nicht direkt auf diesem Dichtelement aufliegt, um ein Einleiten von Spannungen in das Glas zu vermeiden.

[0019] Weiters kann im Rahmen der Erfindung vorgesehen sein, dass der Glaskolben an seinem dem Brennraum abgewandten Ende an zumindest einem sich am Ringträger abstützenden Dehnungsring über zumindest ein Gegenhalterelement anliegt. Der Dehnungsring fungiert dabei als "thermische Feder" und besteht aus einem Material, welches eine höhere Wärmedehnung als Stahl hat, beispielsweise aus Aluminium. Durch den Dehnungsring wird ein Kraft-

schluss zwischen Glaskolben und dem Ringträger bewirkt und aufrecht erhalten. Dadurch wird der Glaskolben nur in einer Richtung an die Flanken des Gewindes gepresst und somit Wechselbelastungen und ein Hin- und Herbewegen ("Klappern") des Glaskolbens im Gewinde - was zu Spannungen und Bruchstellen im Glaskolben führen könnte - vermieden. Dabei kann in einer einfachen Ausführung vorgesehen sein, dass das Gegenhalterelement durch einen von der inneren Mantelfläche des Ringträgers vorspringenden Absatz gebildet ist. Der Absatz kann in einem oder mehreren Umfangssektoren des Ringträgers angeordnet sein. Um ein Entstehen von definierten Bruchstellen zu vermeiden, ist es aber vorteilhaft, wenn der Absatz umlaufend ausgebildet ist. Der Dehnungsring stützt sich und den Glaskolben am Gegenhalter ab. Wärmedehnungen des Glaskolbens werden durch den Dehnungsring kompensiert.

[0020] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass das Gegenhalterelement durch eine Gegenverschraubung gebildet ist, welche kraftschlüssig mit der inneren Mantelfläche des Ringträgers lösbar verbunden ist. Über die Gegenverschraubung kann gegebenenfalls der Glaskolben nach einer bestimmten Betriebszeit nachgespannt werden, um dessen unbeabsichtigtes Lösen zu verhindern. Die Gegenverschraubung kann durch eine ein Außengewinde aufweisende Hohlschraube gebildet sein, welche in ein Innengewinde des Ringträgers von der dem Glaskolben abgewandten Seite eingeschraubt und - vorzugsweise über den Dehnungsring - gegen den Glaskolben gepresst ist.

[0021] Der Zusammenbau des Glaskolben und des Ringträgers erfolgt in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wird auf die Umfangsnut des Glaskolbens der Befestigungsring aufgespannt, wobei vorzugsweise der Befestigungsring mit dem Glaskolben verklebt wird. Der Glaskolben samt Befestigungsring wird nun samt dem aufgespannten Befestigungsring in den Ringträger eingeschraubt, bis der Glaskolben mit seinem dem Brennraum abgewandten Ende am Dehnungsring aufliegt. Der Dehnungsring bewirkt einen Dehnungsausgleich zwischen dem Glaskolben und dem Ringträger und vermeidet, dass unzulässig hohe Wärmespannungen in den Glaskolben eingeleitet werden. Alternativ dazu kann - nach einschrauben des Glaskolbens - die Gegenverschraubung mit einem definierten Drehmoment gegen den Dehnungsring bzw. den Glaskolben verschraubt werden. Durch das definierte Drehmoment wird ein Einbringen von unzulässig hohen Spannungen in den Glaskolben vermieden. Die Gegenverschraubung kann bei Bedarf nachgespannt werden.

[0022] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Figuren dargestellten, nicht einschränkenden Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0023] Es zeigen:

[0024] Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Kolben in einem Meridianschnitt in einer ersten Ausführungsvariante,

[0025] Fig. 2 diesen Kolben in einer Explosionsdarstellung,

[0026] Fig. 3 einen erfindungsgemäßen Kolben in einem Meridianschnitt in einer zweiten Ausführungsvariante und

[0027] Fig. 4 diesen Kolben in einer Explosionsdarstellung,

[0028] Fig. 5 den Kolben aus Fig. 1 in einer Variante in einem Meridianschnitt und

[0029] Fig. 6 einen Glaskolben im Detail in einem Meridianschnitt.

[0030] Funktionsgleiche Teile sind in den nachfolgenden Ausführungen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0031] Der erfindungsgemäße Kolben 1 weist in allen dargestellten Ausführungsbeispielen einen beispielsweise aus Stahl bestehenden Ringträger 2 und einen mit dem Ringträger 2 verbundenen Glaskolben 3 aus Saphirglas oder Quarzglas auf, welcher - im in die Brennkraftmaschine eingebauten Zustand - an einen mit Bezugszeichen B angedeuteten Brennraum B grenzt. Diesem Brennraum B zugewandte Teile und Bereiche werden nachfolgend mit „gasdruckseitig“ bezeichnet - dementsprechend weist der Glaskolben 3 eine gasdruckseitige Stirn-

seite 3a und eine gasdruckabgewandte Rückseite 3b auf. Der Ringträger 2 ist im Wesentlichen hohlzylinderförmig ausgeführt und weist eine innere und äußere Mantelfläche auf.

[0032] Die Verbindung zwischen Glaskolben 3 und Ringträger 2 kann auf verschiedenste Weisen ausgeführt sein - beispielsweise ist eine Formschlussverbindung in Form einer Bajonettverbindung (in den Figuren nicht dargestellt) möglich, wo im Glaskolben 3 eine oder mehrere Bajonettichernasen ausgeführt sind, die mit entsprechenden Bajonettierführungen im Ringträger 2 zusammenwirken, bzw. umgekehrt. Nachfolgend ist eine weitere Ausführungsvariante beschrieben.

[0033] Dabei ist der Glaskolben 3 mit dem Ringträger 2 über eine Formschlussverbindung 20 und eine Kraftschlussverbindung 30 verbunden (siehe Fig. 5). Die - vor allem in Richtung der Kolbenachse 100 formschlüssig wirkende - Formschlussverbindung 20 umfasst ein erstes und ein zweites Formschlussverbindungselement. Entsprechend umfasst die Kraftschlussverbindung 30 ein erstes und ein zweites Kraftschlussverbindungselement.

[0034] Das erste Formschlussverbindungselement wird durch eine in eine äußere Mantelfläche 4 des Glaskolbens 3 eingeformte Umfangsnut 5 gebildet. Ein in der Umfangsnut 5 angeordneter Befestigungsring 6 bildet das zweite Formschlussverbindungselement.

[0035] Die Umfangsnut 5 ist in den dargestellten Ausführungsbeispielen als Keilnut ausgeführt, so dass bei einer Wärmedehnung des Befestigungsringes 6 eine kraftschlüssige Verbindung zum Ringträger 2 erhalten bleibt. Fig. 6 zeigt eine Darstellung des Glaskolbens 3 ohne Befestigungsring 6. Die Keilnut weist einander zugewandte erste 5a und zweite Keilflächen 5b auf, wobei die zweite Keilfläche 5b zu einer gasdruckseitigen Stirnseite 3a des Glaskolbens 3 einen geringeren Abstand aufweist, als die erste Keilfläche 5a. Die gasdruckseitige Stirnseite 3a des Kolbens 1 bzw. des Glaskolbens 3 ist im eingebauten Zustand dem Brennraum B zugewandt und wird im Betrieb von Gaskräften G beaufschlagt. Die erste Keilfläche 5a spannt mit einer Normalebene ε , die normal auf die in Hubrichtung des Kolbens 1 verlaufende Kolbenachse 100 (siehe Fig. 1 und Fig. 3) verläuft, einen ersten Keilwinkel α , die zweite Keilfläche 5b mit der Normalebene ε einen zweiten Keilwinkel β auf. Der erste Keilwinkel α beträgt etwa zwischen 30° und 70° , vorzugsweise zwischen etwa 40° und 60° , beispielsweise etwa 52° . Der Übergang zwischen erster 5a und zweiter Keilfläche 5b wird im Wesentlichen aus fertigungs- und festigkeitstechnischen Gründen abgerundet ausgeführt - der Befestigungsring 6 kontaktiert den Glaskolben 3 an den beiden Keilflächen 5a, 5b, aber nicht im Übergangsbereich, der beispielsweise zur Aufnahme von Klebstoff (Klebeverbindung 21 angedeutet) und damit zur Herstellung einer drehfesten Verbindung zwischen Befestigungsring 6 und Glaskolben 3 genutzt werden kann.

[0036] Die Keilform der Keilnut ist so ausgeführt, dass die Krafteinleitung in den Glaskolben 3 ein kritisches Maß nicht überschreitet. Dadurch können Zugspannungen im Glaskolben 3 innerhalb eines zulässigen Bereichs gehalten werden, wodurch Sprünge und Brüche - insbesondere aufgrund von auf den Kolben 1 wirkender Zentripetalkräfte Z - vermieden werden. Der zweite Keilwinkel β , welcher den Formschluss gegen die Gaskräfte G sicherzustellen hilft, kann im Wesentlichen beliebig innerhalb des geometrisch möglichen Bereichs ausgeführt sein.

[0037] Der Befestigungsring 6 ist reziprok zur Umfangsnut 5 geformt und besteht in den Ausführungsbeispielen aus zwei Ringsegmenten bzw. -teilen 6a, 6b (Fig. 2 und Fig. 4), welche im Bereich von Fügeflächen 9a und 9b zusammengefügt sind. Quer zu den Fügeflächen 9a, 9b - beispielsweise normal zu den Fügeflächen 9a, 9b - sind Bohrungen 10 in die Ringsegmente 6a, 6b zur Aufnahme eines Verbindungsstiftes 11 eingeformt. Die Fig. 1 und Fig. 3 zeigen Schnittdarstellungen mit dem Schnitt im Bereich der Fügeflächen 9a, 9b. Durch die Verbindungsstifte 11 werden die beiden Ringteile 6a, 6b zueinander positioniert und miteinander verbunden. Der Befestigungsring 6 kann aber auch durch einen einteiligen Ring gebildet sein, welcher an zumindest einer Stelle - vorzugsweise vollständig - durchtrennt ist. Der Befestigungsring 6 ist beispielsweise aus Aluminium gefertigt.

[0038] Auf den mit der Umfangsnut 5 ausgeführten Glaskolben 3 wird der Befestigungsring 6 aufgespannt und eventuell mit dem Glaskolben 3 drehfest verbunden, um ein unbeabsichtigtes

Verdrehen des Befestigungsringes 6 in der Umfangsnut 5 während der Montage zu vermeiden. Die drehfeste Verbindung kann beispielsweise durch eine Klebeverbindung 21 (die Klebeverbindung ist in Fig. 6 angedeutet) gebildet sein.

[0039] Die Formschlussverbindung 20 wird also durch das erste Formschlussverbindungselement in Form der Umfangsnut 5 gebildet, die mit dem als zweites Formschlussverbindungselement fungierenden Befestigungsring 6 zusammenwirkt. Der Befestigungsring 6 wird in der Umfangsnut 5 aufgenommen (bevorzugt drehfest, z.B. durch Verkleben).

[0040] Die Kraftschlussverbindung 30 wird in den Ausführungsbeispielen durch eine Schraubverbindung zwischen Befestigungsring 6 und Ringträger 2 gebildet. Der Ringträger 2 ist im Bereich seiner inneren Mantelfläche 8 mit einem Innengewinde (in den Figuren nicht dargestellt - befindet sich im mit dem Bezugszeichen 8a markierten Bereich) versehen, das als erstes Kraftschlussverbindungselement fungiert. Der Befestigungsring 6 weist das zweite Kraftschlussverbindungselement in Form eines an seiner äußeren Mantelfläche 7 ausgeführten Außengewindes (in den Figuren nicht dargestellt, aber durch Bezugszeichen 7a markiert) auf.

[0041] Der Glaskolben 3 wird samt dem Befestigungsring 6 in den Ringträger 2 von der bei Verwendung dem Brennraum zugewandten Seite des Ringträgers 2 eingeschraubt, wobei das Außengewinde 7a (zweites Kraftschlussverbindungselement) des Befestigungsringes 6 in das Innengewinde 8a (erstes Kraftschlussverbindungselement) der inneren Mantelfläche 8 eingreift und eine Kraftschlussverbindung 30 herstellt.

[0042] Der Glaskolben 3 weist einen ersten, oberen (bzw. gasdruckseitigen) Glaskolbenabschnitt 3' und einen zweiten, unteren Glaskolbenabschnitt 3" mit jeweils unterschiedlichen Durchmessern D₁, D₂ auf. Der erste, obere Durchmesser D₁ ist dabei größer als der zweite, untere Durchmesser D₂. Zwischen dem oberen 3' und dem unteren Glaskolbenabschnitt 3" ist ein Vorsprung 12 in Form einer normal zur Kolbenachse 100 ausgebildete Auflagefläche 12' vorgesehen (siehe Fig. 6). Der Vorsprung 12 ist als im Wesentlichen ringförmiger Absatz ausgeführt. In einem Meridianschnitt (siehe z.B. Fig. 1 bzw. Fig. 3) weist also der Glaskolben 3 einen T-förmigen Querschnitt auf. Der Ringträger 2 weist an seinem gasdruckseitigen Ende eine zu der Auflagefläche 12' des Glaskolbens 3 korrespondierende Ringstirnfläche 2a auf.

[0043] Zwischen der Auflagefläche 12' und der Ringstirnfläche 2a des Ringträgers 2 ist ein Dichtungselement 13, beispielsweise eine Silikondichtung oder ein Dichtungsring, angeordnet. Die Ringstirnfläche 2a kann dabei eine umlaufende Dichtungsnut 2b zur Aufnahme des Dichtungselementes 13 und damit zur Erleichterung der Montage aufweisen.

[0044] Der Bereich zwischen Glaskolben 3 und Ringträger 2 ist über das Dichtungselement 13 gegen Fremdkörper abgedichtet, ohne das zusätzliche Kraft in den Glaskolben 3 eingeleitet wird.

[0045] Der Glaskolben 3 ist somit gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit dem Ringträger 2 über den Befestigungsring 6 form- und kraftschlüssig verbunden. Der Befestigungsring 6 stellt also ein Verbindungselement dar, das den Glaskolben 3 im Ringträger 2 hält, indem es mit dem Glaskolben 3 über eine Formschlussverbindung 20 und mit dem Ringträger 2 über eine Kraftschlussverbindung 30 verbunden ist.

[0046] Dies ermöglicht eine einfache Montage, die trotz der im Betrieb auftretenden unterschiedlichen thermischen Ausdehnungen der einzelnen Komponenten eine optimale, spannungsarme Verbindung von Glaskolben 3 und Ringträger 2 erlaubt.

[0047] Die spannungsarme Montage wird durch die nachfolgenden Maßnahmen unterstützt:

[0048] Im Inneren des Ringträgers 2 ist ein Gegenhalterelement 16 vorgesehen, an dem die gasdruckabgewandte Rückseite 3b des Glaskolbens 3 anliegt. Zwischen der Rückseite 3b und dem Gegenhalterelement 16 ist zur Aufnahme thermischer Ausdehnungen ein Dehnungsring 15 angeordnet, der bevorzugt aus einem Material gefertigt ist, das eine höhere Wärmeausdehnung als Stahl aufweist. Der Glaskolben 3 stützt sich also mit seiner vom Brennraum B abgewandten Rückseite 3b über einen Dehnungsring 15 aus Aluminium an dem Gegenhalterelement 16 ab.

[0049] Durch den Dehnungsring 15 wird ein Kraftschluss zwischen dem Glaskolben 3 und dem Ringträger 2 bewirkt und aufrecht erhalten, selbst wenn sich einer der beiden Verbindungspartner (üblicherweise der aus Stahl gefertigte Ringträger 2) durch Wärmeeinwirkung ausdehnt oder zusammenzieht. Dadurch werden der Glaskolben 3 bzw. der Befestigungsring 6 nur in einer Richtung an die Flanken des Gewindes seiner Kraftschlussverbindung gepresst und somit Wechselbelastungen und ein Hin- und Herbewegen ("Klappern") des Glaskolbens 3 in der Kraftschlussverbindung 30 - was zu Spannungen und Bruchstellen im Glaskolben führen könnte - vermieden. Gegebenenfalls kann zwischen dem Dehnring 15 und dem Glaskolben 3 ein weiteres Zusatzdichtungselement 14 (siehe Fig. 5), beispielsweise eine Standarddichtung aus Federstahl, als Kompensationselement angeordnet sein, um Beschädigungen des Glaskolbens 3 zu vermeiden, falls es beispielsweise durch Verkippung des Glaskolbens 3 zu Ablösungen kommt.

[0050] Das Gegenhalterelement 16 kann in einer ersten Variante (siehe Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 5) einstückig mit dem Ringträger 2 ausgebildet sein und durch einen von der inneren Mantelfläche 8 des Ringträgers 2 vorspringenden Absatz 17 gebildet sein. Dieser Absatz 17 kann dabei in einzelne, entlang des inneren Umfangs des Ringträgers 2 beabstandete Umfangssektoren unterteilt, aber auch umlaufend ausgeführt sein.

[0051] In einer zweiten Variante (Fig. 3 und Fig. 4) wird das Gegenhalterelement 16 durch eine Gegenverschraubung 18 gebildet. Die Gegenverschraubung 18 weist an ihrer Außenseite ein mit Bezugszeichen 18a angedeutetes Außengewinde auf, mit dem sie in eine mit Bezugszeichen 8a angedeutete Innenverschraubung der inneren Mantelfläche 8 des Ringträgers 2 eingeschraubt ist.

[0052] Der Glaskolben 3 wird also mittels dem Befestigungsring 6 in den Ringträger 2 eingeschraubt, bis er am auf dem Gegenhalterelement 16 gelagerten Dehnungsring 15 anliegt. Wenn das Gegenhalterelement 16 als Gegenverschraubung 18 ausgebildet ist, muss der Glaskolben 3 nicht vollständig eingeschraubt werden sondern die Fixierung kann durch Nachdrehen der Gegenverschraubung 18 sichergestellt werden. Dadurch ist gegebenenfalls auch ein Nachspannen des Glaskolbens 3 während des Betriebs möglich.

Patentansprüche

1. Kolben (1) mit einem Ringträger (2) und einem Glaskolben (3) zur Beobachtung von Vorgängen in einem Brennraum (B) einer Brennkraftmaschine, wobei der Glaskolben (3) auf den Ringträger (2) aufgesetzt und im Bereich einer inneren Mantelfläche (8) des Ringträgers (2) fest mit diesem verbunden ist, wobei der Glaskolben (3) mit dem Ringträger (2) über zumindest eine durch den Glaskolben (3) und zumindest einen Befestigungsring (6) gebildete Formsschlussverbindung (20), und über eine durch den zumindest einen Befestigungsring (6) und den Ringträger (2) gebildete Kraftschlussverbindung (30), verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Glaskolben (3) einen ersten, oberen Glaskolbenabschnitt (3') und einen zweiten, unteren Glaskolbenabschnitt (3'') mit jeweils unterschiedlichen Durchmessern (D_1 , D_2) aufweist, wobei der erste, obere Durchmesser (D_1) größer ist als der zweite, untere Durchmesser (D_2), und zwischen dem oberen (3') und dem unteren Glaskolbenabschnitt (3'') ein Vorsprung (12) in Form einer normal zur Kolbenachse (100) ausgebildeten Auflagefläche (12') vorgesehen ist, und wobei der Ringträger (2) an seinem gasdruckseitigen Ende eine zu der Auflagefläche (12') des Glaskolbens (3) korrespondierende Ringstirnfläche (2a) aufweist.
2. Kolben (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Formsschlussverbindung (20) mindestens eine Umfangsnut (5) im Bereich einer äußeren Mantelfläche (4) des Glaskolbens (3) aufweist, in welcher der entsprechend reziprok zur Umfangsnut (5) geformt Befestigungsring (6) angeordnet ist.
3. Kolben (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftschlussverbindung (30) ein Außengewinde (7a) an der äußeren Mantelfläche (7) des Befestigungsring (6) und ein korrespondierendes Innengewinde (8a) der inneren Mantelfläche (8) des Ringträgers (2) aufweist, wobei der Befestigungsring über das Außengewinde (7a) in das Innengewinde (8a) des Ringträgers (2) eingeschraubt ist.
4. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Befestigungsring (6) einteilig ausgebildet ist.
5. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Befestigungsring (6) an zumindest einer Stelle - vorzugsweise vollständig - durchtrennt ist.
6. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Befestigungsring (6) durch zumindest zwei Ringsegmente (6a, 6b) gebildet ist, welche im Bereich von zueinander zugewandten Fügeflächen (9a, 9b) - vorzugsweise über zumindest einen in Bohrungen (10) der Fügeflächen (9a, 9b) angeordneten Verbindungsstift (11) - miteinander verbunden sind.
7. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Befestigungsring (6) aus Aluminium besteht.
8. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Glaskolben (2) einen - vorzugsweise brennraumseitig an die Umfangsnut (5) anschließenden - ringförmigen Vorsprung (12) aufweist, wobei im Bereich des Vorsprunges (12) eine normal zur Kolbenachse (100) angeordnete ringförmige Auflagefläche (12') ausgebildet ist.
9. Kolben (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auflagefläche (12') auf einer stirnseitigen Ringstirnfläche (2a) des Ringträgers aufliegt, wobei zwischen dem Glaskolben (3) und dem Ringträger (2) zumindest ein Dichtungselement (13), vorzugsweise eine Silikondichtung, angeordnet ist.
10. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Glaskolben (3) an seiner gasdruckabgewandten Rückseite (3b) an zumindest einem sich über zumindest ein Gegenhalterelement (16) am Ringträger (2) abstützenden Dehnungsring (15) anliegt, wobei vorzugsweise der Dehnungsring (15) aus Aluminium besteht.

11. Kolben (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gegenhalterelement (16) durch einen von der inneren Mantelfläche (8) des Ringträgers (2) vorspringenden Absatz (17) gebildet ist.
12. Kolben (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gegenhalterelement (16) durch eine Gegenverschraubung (18) gebildet ist, welche kraftschlüssig mit der inneren Mantelfläche (8) des Ringträgers (2) lösbar verbunden ist.
13. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umfangsnut (5) als Keilnut ausgeführt ist, so dass bei einer Wärmedehnung des Befestigungsring (6) eine kraftschlüssige Verbindung zum Ringträger (2) erhalten bleibt.
14. Kolben (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Keilnut einander zugewandte erste und zweite Keilflächen (5a, 5b) aufweist, wobei die erste Keilfläche (5a) zu einer gasdruckseitigen Stirnseite (3a) des Glaskolbens einen geringeren Abstand aufweist, als die zweite Keilfläche (5b).
15. Kolben (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Keilfläche (5a) mit einer Normalebene (ε) auf die Kolbenachse (100) des Kolbens (1) einen ersten Keilwinkel (α) aufspannt, wobei der erste Keilwinkel (α) etwa zwischen 30° und 70° , vorzugsweise zwischen 40° und 60° , beträgt.
16. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ringträger (2) als ein innen hohl ausgeführtes zylinderförmiges Element mit einer inneren Mantelfläche (8) und einer äußeren Mantelfläche ausgebildet ist.
17. Kolben (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Befestigungsring (6) mit dem Glaskolben (3) drehfest verbunden ist, wobei vorzugsweise die drehfeste Verbindung durch eine Klebeverbindung (21) oder eine weitere Formschlussverbindung gebildet ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

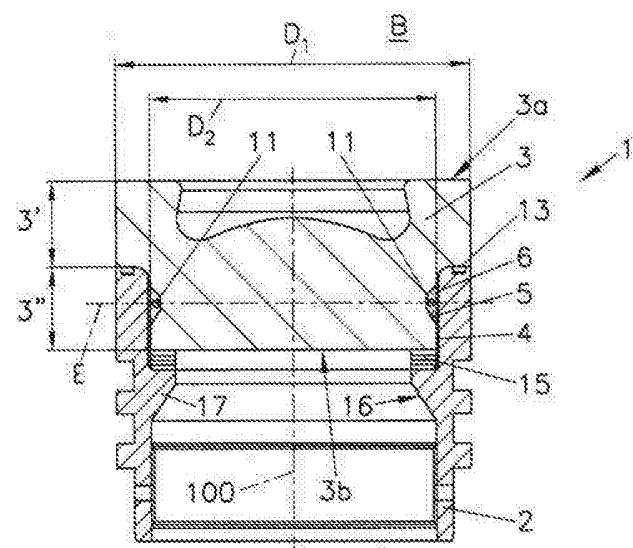


Fig. 1

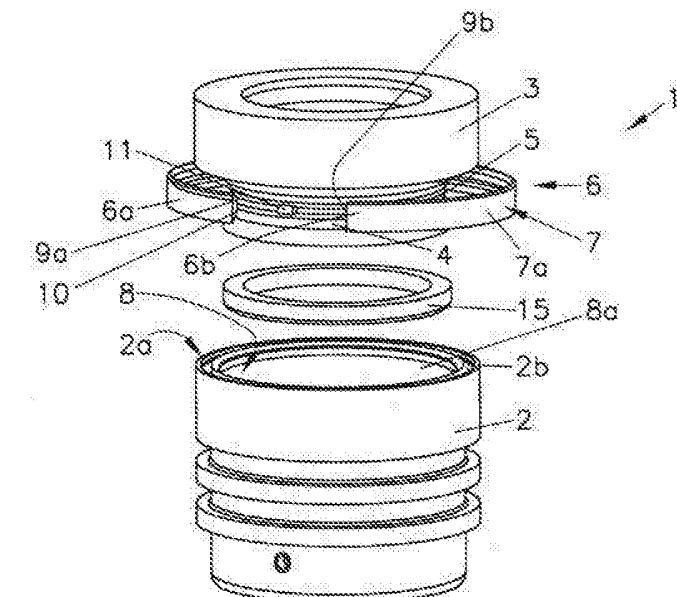


Fig. 2

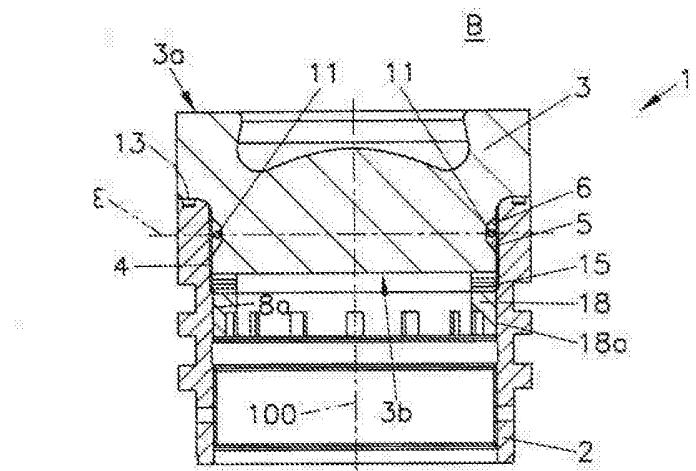


Fig. 3

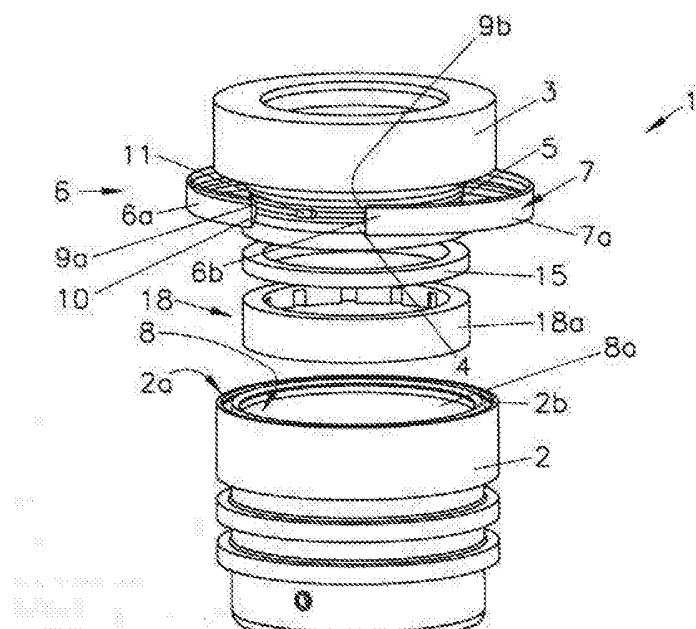


Fig. 4

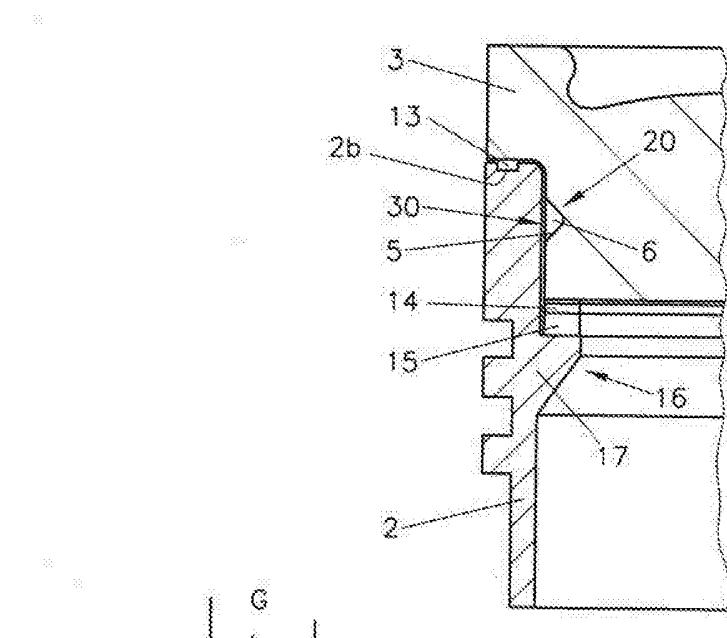


Fig. 5

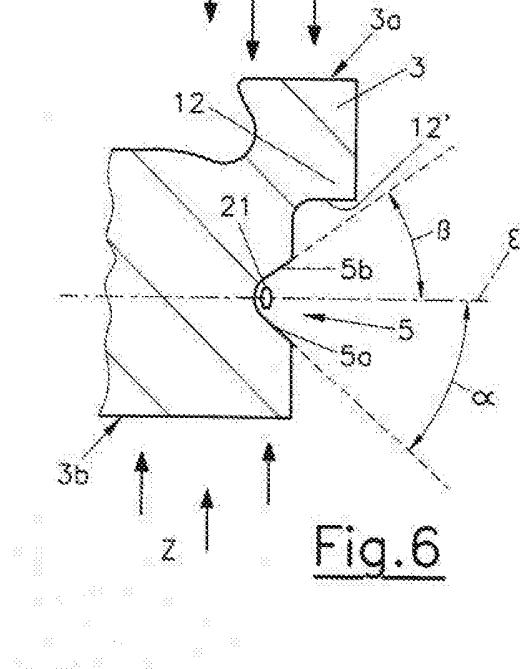


Fig. 6