(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. August 2009 (13.08.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/097635 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2009/000017

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Januar 2009 (20.01.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 200/2008 7. Februar 2008 (07.02.2008) AT

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **GE JENBACHER GMBH & CO OHG** [AT/AT]; Achenseestrasse 1-3, A-6200 Jenbach (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **GRUBER, Friedrich** [AT/AT]; Hausnummer 44, A-6283 Hippach (AT).

(74) Anwälte: **TORGGLER, Paul, N.** et al.; Wilhelm-Greil-Strasse 16, A-6020 Innsbruck (AT).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LASER IGNITION DEVICE

(54) Bezeichnung: LASERZÜNDEINRICHTUNG

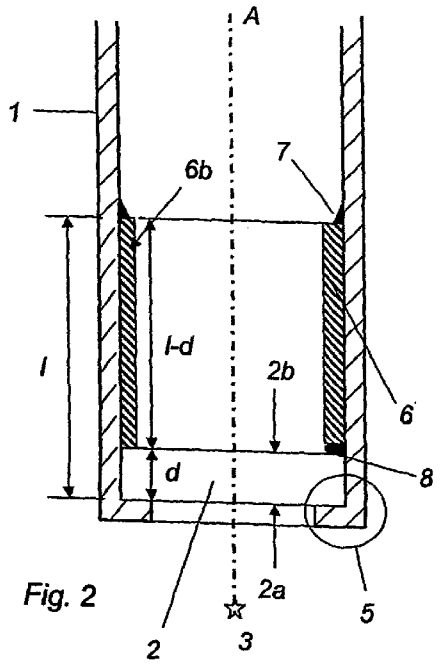


Fig. 2

(57) Abstract: Disclosed is a laser ignition device comprising a base (1) and a combustion chamber window (2) for injecting laser light into the combustion chamber (4) of an internal combustion engine. The combustion chamber window (2) rests against a receiving collar (5) of the base (1) in the area of the surface (2a) from which the laser light emerges. By applying pressure, a fastening element (6) fixes the combustion chamber window (2) to the base (1) in the area of the surface (2b) on which the laser light is incident. Said fastening element (6) is designed such that the pressure applied to the combustion chamber window (2) by the fastening element (6) remains substantially constant or is increased when the temperature of the base (1) and/or the combustion chamber window (2) rises. Also disclosed is an internal combustion engine comprising such a laser ignition device.

(57) Zusammenfassung: Laserzündeinrichtung, umfassend einen Grundkörper (1) und ein Brennraumfenster (2) zum Einkoppeln von Laserlicht in den Brennraum (4) einer Brennkraftmaschine, wobei das Brennraumfenster (2) im Bereich der Laserlichtaustrittsfläche (2a) an einem Aufnahmebund (5) des Grundkörpers (1) anliegt und ein Befestigungselement (6) das Brennraumfenster (2) im Bereich der Laserlichteintrittsfläche (2b) mit Druck beaufschlagt am Grundkörper (1) fixiert, wobei das Befestigungselement (6) derart ausgebildet ist, dass der vom Befestigungselement (6) auf das Brennraumfenster (2) ausgeübte Druck bei Temperaturerhöhung des Grundkörpers (1) und/oder des Brennraumfensters (2) im Wesentlichen konstant bleibt oder erhöht wird; sowie eine Brennkraftmaschine mit einer solchen Laserzündeinrichtung.

WO 2009/097635 A2

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Laserzündeinrichtung

Die Erfindung betrifft eine Laserzündeinrichtung, umfassend einen Grundkörper und ein Brennraumfenster zum Einkoppeln von Laserlicht in den Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei das Brennraumfenster im Bereich der Laserlichtaustrittsfläche an einem Aufnahmebund des Grundkörpers anliegt und ein Befestigungselement das Brennraumfenster im Bereich der Laserlichteintrittsfläche mit Druck beaufschlagt am Grundkörper fixiert. Weiters betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine mit einer solchen Laserzündeinrichtung.

Die Laserzündung ist ein Zündungskonzept für ottomotorisch betriebene Brennkraftmaschinen, dessen Prinzip darauf beruht, dass ein intensiver Laserimpuls in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingekoppelt und dort auf einen Brennpunkt fokussiert wird. In diesem Brennpunkt überschreitet die Intensität der Strahlung einen Schwellenwert, der zur Ionisation des Treibstoff-Luftgemisches und in der Folge zur Zündung eines Plasmafunkens ausreicht. Dieser Plasmafunke ist in ähnlicher Weise wie der Funke einer konventionellen elektrischen Funkenzündung in der Lage, ein Treibstoff-Luftgemisch zu entflammen.

Für die Anwendung in Brennkraftmaschinen sind die derzeit am intensivsten verfolgten Laserzündkonzepte in der Weise ausgeführt, dass der Laserimpuls von einem Festkörperlaser erzeugt wird, der zusammen mit der Ein- und Auskoppeloptik in einem am Zylinderkopf der Brennkraftmaschine befestigten Gehäuse integriert ist. Diese Einheit wird in Analogie mit der konventionellen elektrischen Funkenzündung beispielsweise als Laserzündkerze bezeichnet. Der Zündlaser wird optisch z.B. von einem Halbleiterlaser gepumpt, der mit der Laserzündkerze durch eine optische Faser verbunden sein kann. Zwischen Zündlaser und Brennraum der Brennkraftmaschine ist die Einkoppeloptik angeordnet. Diese besteht aus einem geeigneten Linsensystem zur Fokussierung des Laserlichtes sowie einem sogenannten Brennraumfenster, das das letzte optische Element vor dem Strahleintritt des Laserlichtes in den Brennraum darstellt.

Der Vorteil der Laserzündung gegenüber herkömmlichen elektrischen Funkenzündsystemen besteht darin, dass der Zündfunke frei in die Tiefe des

Brennraums gelegt werden kann, wo optimale Entflammungsbedingungen vorherrschen. Dieser Vorteil bedingt, dass Laserzündsysteme, insbesondere bei Hochleistungssystemen wie z.B. Großmotoren, Einsatz finden, bei denen besonders hohe Zündtemperaturen und Drücke auftreten. Daher stellt eines der Hauptprobleme bei Laserzündeinrichtungen die Abdichtung des Brennraumfensters und des Zündlasers zum Brennraum dar. Die EP 1 820 948 A1 der Anmelderin beschreibt eine Laserzündeinrichtung mit Grundkörper und Brennraumfenster, wobei das Brennraumfenster im Bereich der Laserlichtaustrittsfläche an einem Aufnahmebund des Grundkörpers anliegt und ein Befestigungselement das Brennraumfenster seitlich mit Druck beaufschlagt. Dauertests haben jedoch gezeigt, dass ein solches System im bei starken Temperaturveränderungen undicht werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Laserzündeinrichtung der eingangs genannten Gattung bereitzustellen, bei der die geschilderten Probleme vermindert sind. Insbesondere soll eine Laserzündeinrichtung bereitgestellt werden, die in sämtlichen Betriebszuständen und bei erhöhten Temperaturen dicht bleiben.

Diese Aufgabe wird durch eine Laserzündeinrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Mit einer Laserzündeinrichtung, umfassend einen Grundkörper und ein Brennraumfenster zum Einkoppeln von Laserlicht in den Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei das Brennraumfenster im Bereich der Laserlichtaustrittsfläche an einem Aufnahmebund des Grundkörpers anliegt und ein Befestigungselement das Brennraumfenster im Bereich der Laserlichteintrittsfläche mit Druck beaufschlagt am Grundkörper fixiert, wobei das Befestigungselement derart ausgebildet ist, dass der vom Befestigungselement auf das Brennraumfenster ausgeübte Druck bei Temperaturerhöhung des Grundkörpers und/oder des Brennraumfensters im Wesentlichen konstant bleibt oder erhöht wird, ist es möglich, die unterschiedlichen relativen Längenänderungen zwischen Befestigungselement, Brennraumfenster und Grundkörper bei Temperaturwechsel von kaltem zu betriebswarmen Zustand zu minimieren. Eine wesentliche Erkenntnis im Rahmen der Erfindung liegt also darin, dass die einzelnen Elemente der Laserzündeinrichtung eine unterschiedliche Längenausdehnung aufweisen, wodurch es zu Spaltbildungen

kommen kann, durch die Gas aus dem Brennraum in die Laserzündeinrichtung eindringen kann.

In einer ersten besonders bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass das Befestigungselement einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als der Grundkörper und/oder das Brennraumfenster. In diesem Fall lässt sich der Druck auf das Brennraumfenster bei einer Wärmeausdehnung erhöhen, dass durch stärkere Längenausdehnung des Befestigungselementes ein zusätzlicher Druck auf das Brennraumfenster ausgeübt wird, der das Brennraumfenster dicht hält. Dabei sollte die Summe aus Wärmeausdehnung des Befestigungselementes und des Brennraumfensters zumindest der Wärmeausdehnung über jene Länge des Grundkörpers entsprechen zwischen der das Brennraumfenster mit Druck beaufschlagt wird.

In einer alternativen Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass das Befestigungselement mittels Federwirkung das Brennraumfenster mit Druck beaufschlagt. Mittels Federwirkung lässt sich auch bei Temperaturerhöhung die Kraft bzw. der Druck, der auf das Brennraumfenster ausgeübt wird, im Wesentlichen konstant halten.

Dabei kann vorgesehen sein, dass das Befestigungselement eine Tellerfeder aufweist, da dies eine besonders einfache Art zur Ausübung von Federkraft darstellt.

Die genannten Möglichkeiten, nämlich höherer Wärmeausdehnungskoeffizient und Federwirkung des Befestigungselementes, lassen sich selbstverständlich kombinieren, was die Einbausicherheit weiter verbessert.

Es kann vorgesehen sein, dass das Befestigungselement als Spannhülse ausgebildet ist. Weitere günstige Ausführungsformen sehen vor, dass das Befestigungselement im Wesentlichen hülsenförmig oder zylindermantelförmig ausgebildet ist. In einer baulich sehr einfachen Ausgestaltung kann weiters vorgesehen sein, dass das Befestigungselement auf der dem Brennraumfenster abgewandten Seite mit dem Grundkörper befestigt ist. In diesem Fall hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das

Befestigungselement mit dem Grundkörper unlösbar befestigt, vorzugsweise verschweißt ist, da so der Grad der Befestigung besonders hoch ist.

Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass zwischen Befestigungselement und Brennraumfenster zumindest ein Dichtelement angeordnet ist und dass zwischen Brennraumfenster und Aufnahmebund zumindest ein Dichtelement angeordnet ist, da so ein zusätzlicher Dichteffekt erzielt wird.

Weiters kann das Befestigungselement mehrteilig ausgebildet sein, sodass zumindest ein weiteres Zwischenelement vorgesehen wäre, welches die Vorspannung des Befestigungselementes begünstigt. In diesem Fall ließe sich mit dem Zwischenelement eine Vorfixierung des Brennraumfesters am Grundkörper erzielen und die Hauptfixierung (beispielsweise eine gasdichte Schweißnaht) anschließend vereinfacht anbringen. Das Zwischenelement könnte beispielsweise aufgeschraubt oder eingespannt werden.
Zusätzlich kann das Befestigungselement Ausnehmungen, beispielsweise in Form zumindest einer Nut, aufweisen, welche der Druckentlastung dienen.

Im einfachsten Fall ist die Laserzündeinrichtung eine Laserzündkerze.

Die Erfindung betrifft auch eine Brennkraftmaschine mit einer Laserzündeinrichtung der vorgenannten Art.

Weitere Vorteile und Details der Erfindung ergeben sich anhand der folgenden Figuren- und Figurenbeschreibungen. Es zeigt

Fig. 1 schematisch eine Laserzündeinrichtung, eingebaut in eine vereinfacht dargestellte Brennkraftmaschine,
Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Laserzündeinrichtung im Querschnitt,
Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Laserzündeinrichtung im Querschnitt,
Fig.4 ein drittes Ausführungsbeispiel einer Laserzündeinrichtung im Querschnitt,
Fig. 5 ein viertes Ausführungsbeispiel einer Laserzündeinrichtung im Querschnitt und
Fig. 6 ein Befestigungselement gemäß Fig. 5 im Schrägriss.

In Fig. 1 ist grob vereinfacht und schematisch eine Brennkraftmaschine mit einem Zylinder 14 dargestellt, der einen Kolben 13, der im Zylinder 14 auf- und abbewegbar ist, aufweist und die gemeinsam den Brennraum 15 bilden.

Die eigentliche Laserzündeinrichtung ist als vereinfachte Laserzündkerze dargestellt, wobei in der Fig. 1 der Grundkörper 1 erkennbar ist, in dem der eigentliche Zündlaser angeordnet ist. Da Zündlaser an sich bekannt sind, wird hier nicht näher auf diesen eingegangen. Der Zündlaser wird von einer Pumplichtquelle 10 (z.B. ein Pumplaser) mit Pumplicht über den Lichtleiter 11 versorgt. Im Zündlaser erfolgt daraufhin die Verstärkung, bis Laserlicht mit ausreichender Intensität zur Zündung im Brennraum 15 über eine nicht gezeigte Einkoppeloptik in dem Brennraum 15 gekoppelt werden kann. Das Laserlicht wird auf den Brennpunkt 3 fokussiert, in dem die Zündung erfolgt. Schematisch ist weiters ein Einlassventil 17 dargestellt, über welches ein Treibstoff-Luftgemisch in den Brennraum 15 eingebracht werden kann. Nach erfolgter Verbrennung wird das Abgas über ein Auslassventil 18 ausgelassen.

In der Fig. 2 ist der vordere Abschnitt der erfindungsgemäßen Laserzündeinrichtung im Querschnitt dargestellt. Aus Übersichtsgründen sind der Zündlaser und die Einkoppeloptik nicht dargestellt, da beide nach Stand der Technik ausgeführt werden können. Das Laserlicht wird im Betriebszustand der Laserzündeinrichtung vom oberen Teil der Figur entlang der optischen Achse A über das Brennraumfenster 2 auf den Brennpunkt 3 fokussiert. Das Laserlicht wird also entlang der Achse A vom Zündlaser hin zur Laserlichteintrittsfläche 2a des Brennraumfensters 2 durch das Brennraumfenster 2 geführt und an der Laserlichtaustrittsfläche 2a des Brennraumfensters 2 aus der Laserzündeinrichtung ausgekoppelt und in weiterer Folge zum Brennpunkt 3 geführt, in dem es zur Plasmazündung kommt. Das optische Fenster 2 ist durchlässig für Laserlicht und weist eine Dicke d auf. Das Brennraumfenster 2 liegt im Bereich der Laserlichtaustrittsfläche 2a am Aufnahmebund 5 des Grundkörpers 1 der Laserzündeinrichtung an. Das Befestigungselement 6 befestigt das Brennraumfenster 2 am Grundkörper 1, indem es das Brennraumfenster 2 entlang der Achse A im Bereich der Laserlichteintrittsfläche 2b mit Druck beaufschlagt. Das Brennraumfenster wird also zwischen Befestigungselement 6 und Aufnahmebund 5 an den gegenüberliegenden Seitenflächen bereichsweise eingeklemmt. Im einfachsten Fall, wie in der linken Hälfte der Fig. 2 dargestellt, drückt

das Befestigungselement 6 das Brennraumfenster 2 an den Aufnahmebund 5 des Grundkörpers 1. Das Befestigungselement 6 weist dabei einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten α auf als Grundkörper 1 bzw. Brennraumfenster 2. Die Länge des Befestigungselementes 6 ist mit l-d bezeichnet, die Länge Befestigungselement plus Dicke des Brennraumfensters ist mit l bezeichnet. Das Befestigungselement 6 ist als Spannhülse ausgebildet und weist die Form eines Zylindermantels auf. Im Bereich der dem Brennraumfenster 2 abgewandten Seite 6b des Befestigungselementes 6 ist dieses mit dem Grundkörper befestigt. Dies ist angedeutet durch eine Schweißnaht 7. Denkbar wären aber auch Befestigungen über zusätzliche Schraubelemente etc.

In der rechten Hälfte der Fig. 2 ist eine Ausführungsvariante angedeutet, bei der zwischen Brennraumfenster 2 an der Lichteintrittsfläche 2b ein Dichtelement 8 anliegt, das vom Befestigungselement 6 zusätzlich mit Druck beaufschlagt wird, um eine verbesserte Abdichtung einerseits und eine Schonung des Brennraumfensters 2 andererseits zu erzielen.

Ein Rechenbeispiel soll die Wirkung der Erfindung kurz erläutern anhand der Ausführung gemäß Fig. 2 (linke Ausführung ohne zusätzliche Dichtelemente 8) bei einem Befestigungselement 6 in Form eines Zylindermantels mit einer entsprechenden Dehnlänge l, die von der dem Brennraumfenster 2 abgewandten Seite mit dem Grundkörper 1 verspannt ist, und die das Brennraumfenster 2 an den Aufnahmebund 5 des Grundkörpers 1 andrückt. Die Verbindung des Befestigungselementes 6 mit dem Grundkörper 1 kann beispielsweise durch eine Schraubverbindung erfolgen, wobei eine Befestigungsmutter, die z.B. mit definiertem Drehmoment oder mit einem definierten Verdrehwinkel angezogen wird, welches das Befestigungselement 6 gegen das Brennraumfenster 2 verspannt. Eine andere Möglichkeit stellt eine Schweißverbindung dar, wobei die Schweißung von Befestigungselement 6 und Grundkörper 1 in einem definiert vorverspannten Zustand (z.B. mit Hilfe einer Vorspanneinrichtung) erfolgt. Das Befestigungselement 6 kann neben der Sicherstellung einer kraftschlüssigen Auflage des Brennraumfensters 2 am Anlagebund 5 unter allen möglichen Einsatzbedingungen zusätzlich auch eine (ausreichende) Dichtfunktion gegenüber den Verbrennungsgasen der Brennkraftmaschine aufweisen. Diese Abdichtung kann jedoch auch durch separate

Dichtelemente 8, z.B. zwischen Brennraumfenster und Auflagebund des Grundkörpers erfolgen (z.B. durch Weicheisen- oder Messingdichtringe).

Der Werkstoff des Befestigungselementes 6 wird zusätzlich so ausgewählt, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient α (und zwar der sogenannte Längenausdehnungskoeffzient) höher ist, als der Wärmeausdehnungskoeffizient des Werkstoffes des Grundkörpers 1 der Laserzündeinrichtung. Die Gestaltung der Brennraumfensterbefestigung in der Laserzündeinrichtung mit Hilfe des Befestigungselementes 6 erfolgt in der Art und Weise, dass die Summe der Längen-Ausdehnung von Brennraumfenster 2 und Befestigungselement 6 etwa gleich oder etwas größer ist, als die Ausdehnung des Grundkörpers 1 über die Länge der Einspannung:
Da die Wärmeausdehnung des Brennraumfensters 2 wesentlich geringer ist, als die von Metallen, lässt sich diese Bedingung dadurch erfüllen, dass für das Befestigungselement 6 ein Werkstoff gewählt wird, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient deutlich höher ist, als jener des Grundkörpers 1.

Beispielsweise kann für den Grundkörper 1 der Werkstoff 1.4562 mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten von 13,5 $*10^{-6}$ /°K eingesetzt werden. Als Werkstoff für das Befestigungselement 2 kann dann z.B. der Werkstoff 1.4301 gewählt werden, mit einem linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten von 16,5 $*10^{-6}$ /°K gewählt werden. Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Brennraumfensters 2 beträgt ca. 0,5 $*10^{-6}$ /°K

Daraus ergibt sich folgende Kalkulation:

$l * 13{,}5 * 10^{-6} = d * 0{,}5 * 10^{-6} + (l-d) * 16{,}5 * 10^{-6}$

bzw.

$l * (13{,}5 - 16{,}5) = d * (0{,}5 - 16{,}5)$

bzw.

$l = d * 5{,}3$

dabei ist: l = gesamte Einspannlänge; d = Dicke des Brennraumfensters

Bei einer Dicke d des Brennraumfensters von 7mm ergibt sich damit eine Mindestlänge des Befestigungselementes 6 von 37 mm

Grundsätzlich kann bei ausreichenden Platzverhältnissen die Länge des Befestigungselementes 6 so gewählt werden, dass die temperaturbedingte Längenänderung der Summe der relevanten Konstruktionselemente geringer ist, als die elastische Dehn- bzw. Stauchreserve der Spannvorrichtung. Um die Elastizität dieser Spannvorrichtung bei begrenzten Platzverhältnissen zu erhöhen, wird erfindungsgemäß zusätzlich oder alternativ, eine axial verwölbtes Befestigungselement vorgeschlagen (siehe auch Fig. 3).

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführung der Laserzündeinrichtung analog zur Fig. 2, sodass auf dieselben Bauteile nicht näher eingegangen wird und auf die Fig. 2 verwiesen wird. Im Unterschied zur Fig. 2 ist das Befestigungselement 6 so ausgebildet, dass es Federwirkung auf das Brennraumfenster 2, und zwar auf der Laserlichteintrittsfläche 2a mit Druck beaufschlagt. Das Befestigungselement 6 ist als Tellerfeder ausgebildet und an der dem Brennraumfenster 2 abgewandten Seite 6b mit dem Grundkörper 1 über die Schweißnaht 7 befestigt. Auch hier ist auf der linken Seite eine Variante ohne zusätzliches Dichtelement gezeigt, während auf der rechten Seite eine Variante mit Dichtelement 8 angedeutet ist.

Durch die Verwölbung federt das Befestigungselement 6 beim Spannvorgang ein, wodurch ein hoher elastischer Dehnbereich erreicht wird, der die unterschiedlichen Längenänderungen der Bauelemente innerhalb des elastischen Streckbereiches aufnehmen kann, ohne dass der Anpressdruck des Brennraumfensters 2 am Auflagebund 5 des Grundkörpers unter ein zulässiges Maß absinkt. Auch hier kann das Befestigungselement 6 die Spannhülse zusätzlich zur Vorspannung auch die Abdichtfunktion gegenüber den Brennraumdruck bzw. den Verbrennungsgasen aufweisen. Für die Dichtfunktion kann aber auch hier ein separates Bauelement (z.B. in Form eines Dichtringes mit entsprechenden Eigenschaften und aus geeignetem Werkstoff) vorgesehen sein.

In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gezeigt, welches von den wesentlichen Bestandteilen dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 entspricht. Wesentlicher Unterschied ist, dass das Befestigungselement 6 eine zusätzliche Ausnehmung 10 in der Form einer Nut aufweist, welche der Druckentlastung dient. Aus dem Brennraum 4 stammendes Abgas, das unter hohem Druck steht, kann über die Dichtelemente 8

zwischen Grundkörper 1, Brennraumfenster 2 und gegebenenfalls Befestigungselement 6 dringen. Die Ausnehmung 10 begünstigt dabei, dass solches Abgas wieder aus der Laserzündeinrichtung ausströmen kann und zwar über die zusätzlichen Druckausgleichöffnungen 11. Die Ausnehmungen 10 sind zwischen Grundkörper und Befestigungselement 6 angeordnet und stehen in Verbindung mit der Druckausgleichsöffnung 11. (Das Ausführungsbeispiel zeigt zusätzliche Dichtelemente (9) zwischen Brennraumfenster 2 und Aufnahmebund 5).

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 5 entspricht im Wesentlichen dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4, wobei das Befestigungselement 6 zweiteilig ausgebildet ist und ein Zwischenelement 12 aufweist, das zuerst mittels des unteren Teils 6 des Befestigungselementes das Brennraumfenster 2 unter Vorspannung vorfixiert. Anschließend erfolgt hier eine Verschweißung (z.B. mittels Laserschweißen) unter Bildung der gasdichten Lasernaht 7.

In den Ausführungsbeispielen sowohl der Fig. 4 als auch der Fig. 5 muss die Druckausgleichsöffnung 11 natürlich in einem Bereich angeordnet sein, in dem sie keinem Brennraumdruck ausgesetzt ist. Das bedeutet, dass das der Grundkörper derart in den Zylinderkopf eines Zylinders einer Brennkraftmaschine eingebaut werden muss, dass die Druckausgleichsöffnung 11 zum Brennraum hin abgedichtet ist. In der Praxis lässt sich dies beispielsweise dadurch erzielen, indem der Grundkörper 1 nur bis zur Unterkante oder nur geringfügig oberhalb der Unterkante des Grundkörpers 1 in den Brennraum ragt und seitlich beispielsweise über ein Schraubgewinde mit optional zusätzlichen Dichtelementen in ein Muttergewinde am Zylinderkopf eingedreht wird, wobei die Druckausgleichsöffnung 11 oberhalb des Gewindes und allfälliger Dichtelemente angeordnet ist.

Fig. 6 zeigt das Befestigungselement 6 des Ausführungsbeispiels der Fig. 4 bzw. den unteren Teil des Befestigungselementes 6 der Fig. 5 mit direktem Blick auf die Ausnehmung 10, die deutlich erkennbar als längliche Nut ausgebildet ist.

Patentansprüche:

1. Laserzündeinrichtung, umfassend einen Grundkörper (1) und ein Brennraumfenster (2) zum Einkoppeln von Laserlicht in den Brennraum (4) einer Brennkraftmaschine, wobei das Brennraumfenster (2) im Bereich der Laserlichtaustrittsfläche (2a) an einem Aufnahmebund (5) des Grundkörpers (1) anliegt und ein Befestigungselement (6) das Brennraumfenster (2) im Bereich der Laserlichteintrittsfläche (2b) mit Druck beaufschlagt am Grundkörper (1) fixiert, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (6) derart ausgebildet ist, dass der vom Befestigungselement (6) auf das Brennraumfenster (2) ausgeübte Druck bei Temperaturerhöhung des Grundkörpers (1) und/oder des Brennraumfensters (2) im Wesentlichen konstant bleibt oder erhöht wird.

2. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (6) einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als der Grundkörper (1) und/oder das Brennraumfenster (2).

3. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (6) als Spannhülse ausgebildet ist.

4. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (6) mittels Federwirkung das Brennraumfenster (2) mit Druck beaufschlagt.

5. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (6) eine Tellerfeder aufweist.

6. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (6) auf der dem Brennraumfenster (2) abgewandten Seite (6b) mit dem Grundkörper (1) befestigt ist.

7. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (6) mit dem Grundkörper unlösbar befestigt, vorzugsweise verschweißt ist.

8. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement im Wesentlichen hülsenförmig oder zylindermantelförmig ausgebildet ist.

9. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Befestigungselement (6) und Brennraumfenster (2) zumindest ein Dichtelement (8) angeordnet ist.

10. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Brennraumfenster (2) und Aufnahmebund zumindest ein Dichtelement angeordnet ist.

11. Brennkraftmaschine, umfassend eine Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

Fig. 1

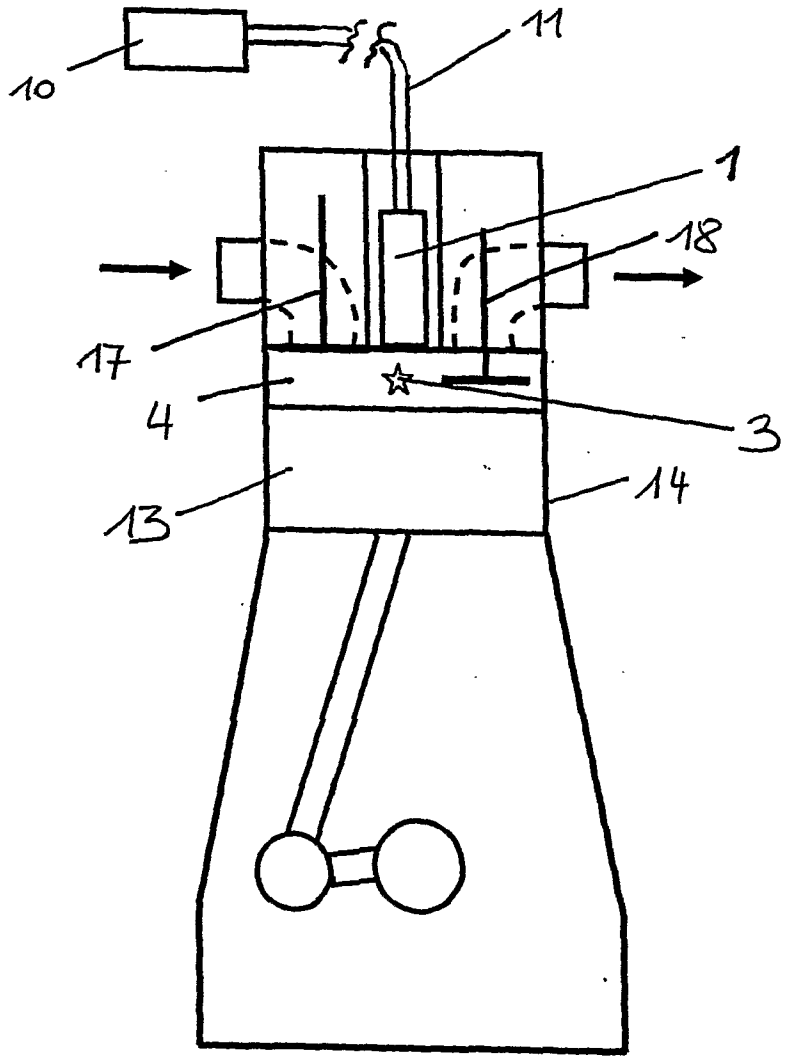


Fig. 2

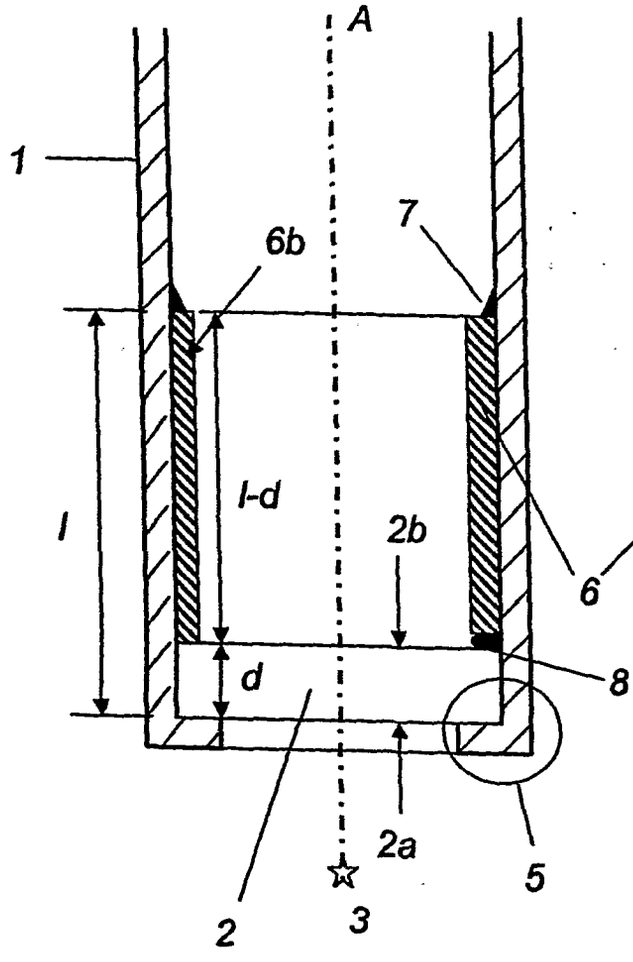


Fig. 3

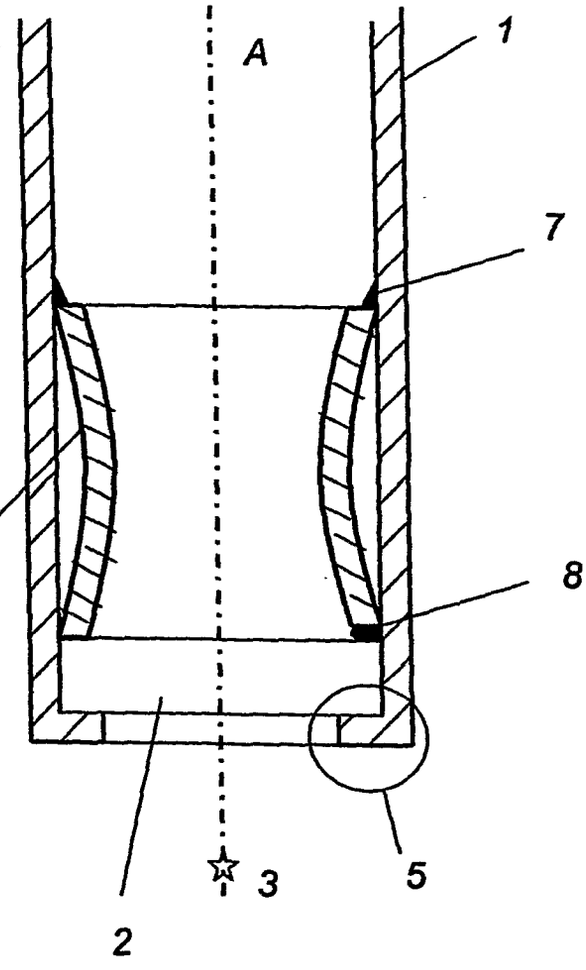


Fig. 5

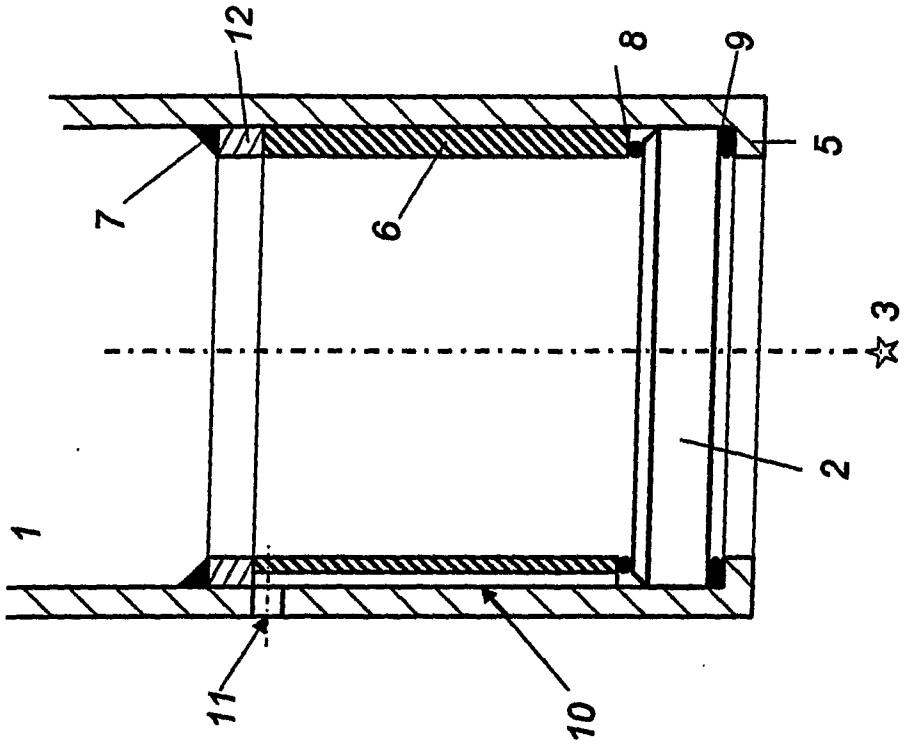


Fig. 4

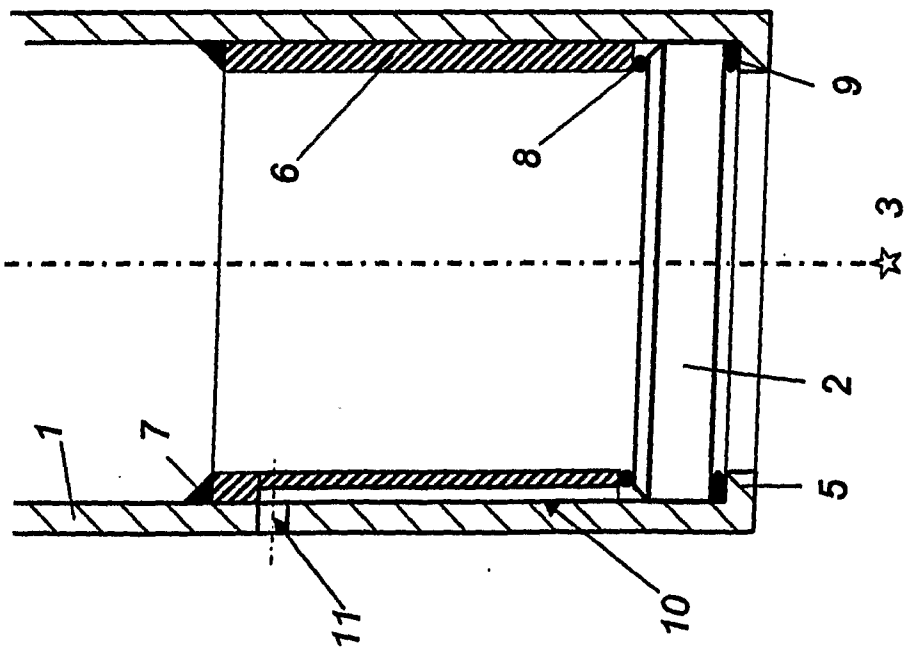


Fig. 6

