

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50952/2020
(22) Anmeldetag: 05.11.2020
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2022

(51) Int. Cl.: **H01T 13/54** (2006.01)
H01T 13/40 (2006.01)
G01L 23/22 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2015059456 A1
DE 102019101422 A1
US 2008218052 A1
US 4969353 A

(71) Patentanmelder:
PIEZOCRYST ADVANCED SENSORICS
GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
Baumgartner Martin Dipl.-Ing.
8522 Groß St. Florian (AT)
Milosevic Igor Dr.
8101 Gratkorn (AT)
Kröger Dietmar Dr.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.-Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **VORKAMMERZÜNDKERZE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorkammerzündkerze (1) geeignet für den Einsatz in einem Brennraum (12) einer Verbrennungskraftmaschine, mit einer Vorkammer (2), die beim bestimmungsgemäßen Einsatz über zumindest eine Öffnung (3) in Fluidverbindung mit dem Brennraum (12) steht, wobei in der Vorkammer (2) eine Zündeinrichtung mit zumindest einer Mittelelektrode (4) angeordnet ist, die geeignet ist ein zündfähiges Gemisch zu zünden, wobei weiters in der Vorkammer (2) ein erster Drucksensor (6) angeordnet ist, um einen Druckverlauf in der Vorkammer (2) zu messen, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammerzündkerze (1) einen zweiten Drucksensor (9) aufweist, der geeignet ist, einen Druckverlauf im Brennraum (12) zu messen.

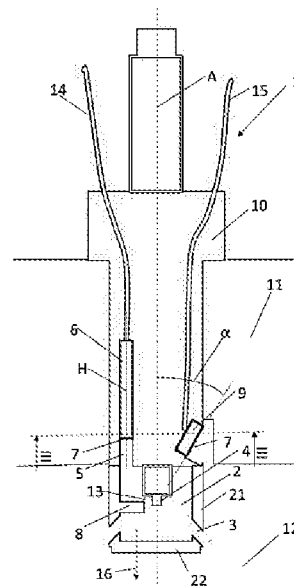


Fig. 1a

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine Vorkammerzündkerze (1) geeignet für den Einsatz in einem Brennraum (12) einer Verbrennungskraftmaschine, mit einer Vorkammer (2), die beim bestimmungsgemäßen Einsatz über zumindest eine Öffnung (3) in Fluidverbindung mit dem Brennraum (12) steht, wobei in der Vorkammer (2) eine Zündeinrichtung mit zumindest einer Mittelelektrode (4) angeordnet ist, die geeignet ist ein zündfähiges Gemisch zu zünden, wobei weiters in der Vorkammer (2) ein erster Drucksensor (6) angeordnet ist, um einen Druckverlauf in der Vorkammer (2) zu messen, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammerzündkerze (1) einen zweiten Drucksensor (9) aufweist, der geeignet ist, einen Druckverlauf im Brennraum (12) zu messen.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Vorkammerzündkerze geeignet für den Einsatz in einem Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine, mit einer Vorkammer, die beim bestimmungsgemäßen Einsatz über zumindest eine Öffnung in Fluidverbindung mit dem Brennraum steht, wobei in der Vorkammer eine Zündeinrichtung mit zumindest einer Mittelelektrode angeordnet ist, die geeignet ist ein zündfähiges Gemisch zu zünden, wobei weiters in der Vorkammer ein erster Drucksensor angeordnet ist, um einen Druckverlauf in der Vorkammer zu messen.

Sie betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Druck in einer Vorkammer einer in einem Brennraum angeordneten Vorkammerzündkerze durch einen ersten Drucksensor der Vorkammerzündkerze gemessen und an eine Maschinensteuerung übermittelt wird und die Maschinensteuerung die Verbrennungskraftmaschine auf Grundlage der erhaltenen Druckdaten des ersten Drucksensors steuert.

Solche Vorkammerzündkerzen werden insbesondere bei stationären, gasbetriebenen Brennkraftmaschinen bei mageren Kraftstoff-Luft-Gemischen eingesetzt. Solche Brennkraftmaschinen sind meist für eine lange Lebensdauer und auch lange Betriebszeiten ausgelegt. Um das Laufverhalten, Kraftstoffverbrauch und Abgasmenge während des Betriebes zu optimieren, ist vorteilhaft, die momentanen Druckverhältnisse in der Vorkammer während des Betriebes zu kennen.

Es ist bekannt, in Verbrennungskraftmaschinen (oder kurz auch Brennkraftmaschinen) Zündkerzen ohne Vorkammer Drucksensoren vorzusehen, die im Zylinderkopf verbaut sind und den Druck im Brennraum messen. Diese Daten geben Hinweise auf das Verbrennungsverhalten. Diese Sensoren müssen von Anfang an im Zylinderkopf vorgesehen und eingeplant sein, damit entsprechende Kanäle oder Zugangsöffnungen vorgesehen werden. Eine nachträgliche Anordnung in bestehenden Brennkraftmaschinen ist sehr schwierig und aufwändig.

In der DE 10 2013 210 125 A1 wird eine Vorkammerzündkerze offenbart, welche in der Vorkammer einen Drucksensor aufweist. Damit kann der momentane Druck in der Vorkammer gemessen und über die Motorsteuerung Parameter wie Einspritzmenge oder -Zeitpunkt entsprechend angepasst werden. Jedoch beziehen

sich diese Informationen nur auf die Verhältnisse in der Vorkammer. Da die Vorkammer mit dem Brennraum meist nur über kleinere Öffnungen verbunden ist, unterscheiden sich die Druckverhältnisse im Brennraum von jenen in der Vorkammer.

Aufgabe der Erfindung ist damit, eine Vorkammerzündkerze bereitzustellen, welche eine verbesserte Informationsbereitstellung zur Motorsteuerung bereitstellt, die kostengünstig und einfach bei bestehenden Brennkraftmaschinen nachrüstbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Vorkammerzündkerze einen zweiten Drucksensor aufweist, der geeignet ist, einen Druckverlauf im Brennraum zu messen.

Diese Aufgabe wird auch dadurch gelöst, dass der Druck in dem Brennraum durch einen zweiten Drucksensor der Vorkammerzündkerze gemessen wird, an die Maschinensteuerung übermittelt wird und die Maschinensteuerung die Verbrennungskraftmaschine auf Grundlage der erhaltenen Druckdaten des zweiten Drucksensors steuert.

Durch die Messung des Drucks in der Vorkammer und dem Brennraum werden alle wesentlichen Druckwerte durch nur einen Teil im Zylinder, der Vorkammerzündkerze, gemessen. Damit kann die Brennkraftmaschine optimal auf die momentanen Druckbedingungen reagieren und eingestellt werden. Die Anordnung beider Drucksensoren auf der Vorkammerzündkerze ist dabei besonders vorteilhaft, da dies eine besonders kleine Ausführung ermöglicht und bestehende Brennkraftmaschinen so durch Einsatz einer derartigen Vorkammerzündkerze nachgerüstet werden können. Ein größerer Umbau des Zylinders ist dabei nicht notwendig, es muss lediglich die bestehende Zündkerze ausgebaut und eine erfindungsgemäße eingesetzt werden.

Vorzugsweise ist zumindest der erste und/oder der zweite Drucksensor als piezoelektrischer, piezoresistiver, kapazitiver oder optischer Drucksensor ausgeführt.

Der zweite Drucksensor ist vorzugsweise auf einer dem Brennraum zugewandten Außenwand der Vorkammerzündkerze angeordnet. Vorzugsweise liegt eine

Messfläche des zweiten Drucksensors in bestimmungsgemäßer Einbaulage im Brennraum.

Dabei ist der erste Drucksensor vorzugsweise azentrisch zur Längsachse der Vorkammerzündkerze angeordnet.

Vorzugsweise ist die Mittelelektrode entlang der Längsachse angeordnet.

Die Mittelelektrode dient zur Entzündung des Gemisches in der Vorkammer und dadurch in weiterer Folge im Brennraum. Sie kann als klassische elektrische Elektrode zur Erzeugung einer elektrischen Entladung, die das Gasgemisch entzündet, ausgeführt sein. Dazu kann zumindest eine Masseelektrode vorgesehen sein, die zur Mittelelektrode beabstandet angeordnet ist.

Die Mittelelektrode kann auch als Corona-Zünd-Elektrode zur Bereitstellung einer Corona-Zündung, also einer Hochfrequenz-Zündung, ausgebildet sein.

In einer weiteren Ausführungsform kann die Vorkammerzündkerze als Surface-Discharge-Ignition-Vorkammerzündkerze ausgebildet sein. Dazu kann sich zumindest eine, vorzugsweise ringförmige, Masseelektrode in etwa auf Höhe der Mittelelektrode befinden, wobei eine elektrisch isolierende Oberfläche knapp unterhalb der Masse- und Mittelelektrode zwischen den beiden Elektroden angeordnet sein kann und vorzugsweise die beiden Elektroden miteinander verbindet.

Weiters kann die Vorkammerzündkerze dazu ausgebildet sein, Laserzündungen auszuführen. Dabei ist ein Lasergenerator vorgesehen, der einen Laserstrahl erzeugt, der in der Lage ist, das Gasgemisch zu entzünden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll der Begriff Mittelelektrode in Zusammenhang mit einer solchen Laser-Vorkammerzündkerze den Lichtleiter bezeichnen, der den Lasergenerator mit der Vorkammer verbindet.

Der erste Drucksensor und/oder der zweite Drucksensor sind dabei mit der Vorkammerzündkerze vorzugsweise verklebt oder anders stoffschlüssig verbunden. Alternativ kann sie auch formschlüssig mit der Vorkammerzündkerze verbunden sein.

Vorzugsweise ist die Verbindung zwischen der Vorkammerzündkerze und dem ersten und/oder dem zweiten Drucksensor über zumindest ein Dichtelement abgedichtet.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Vorkammer oder ein Teil der Vorkammer mit der Vorkammerzündkerze über zumindest eine formschlüssige, kraftschlüssige und/oder zumindest eine stoffschlüssige Verbindung verbunden ist und vorzugsweise verschraubt, verklebt aufgepresst, eingepresst, angeschweißt und/oder über zumindest eine Schnappverbindung verbunden ist. Mit anderen Worten ist vorzugsweise zumindest ein Teil des die Vorkammer bildenden Mantels an der Zündkerze angeordnet und vorzugsweise mit ihr in der beschriebenen Weise verbunden. Dabei weist die Vorkammer vorzugsweise eine Vorkammerkappe auf, welche der Vorkammerzündkerze gegenübersteht. Damit ragt in der Regel die Vorkammerkappe am tiefsten in den Brennraum hinein. Dies ermöglicht das leichte Adaptieren der Vorkammer zwischen den Verwendungen. Dazu muss die Vorkammerzündkerze in der Regel aus der Brennkraftmaschine entfernt werden, die Vorkammer oder ein Teil der Vorkammer ausgetauscht und die Vorkammerzündkerze wieder eingebaut werden. Liegt eine Schweißverbindung vor, so kann die Schweißnaht geöffnet und das Teil ausgetauscht werden.

Unter einer formschlüssigen Verbindung wird in der Verbindungstechnik allgemein eine Verbindung zwischen zumindest zwei Teilen verstanden, welche sich gegenseitig auf Grund ihrer geometrischen Verhältnisse, also beispielsweise einer zueinander passenden Form und/oder Anordnung, in der Bewegung zueinander in zumindest einen Freiheitsgrad hemmen, also beispielsweise eine Nut-Feder-Verbindung oder eine Passverzahnung.

Unter einer kraftschlüssigen Verbindung wird eine Verbindung verstanden, bei der eine Bewegung von zumindest zwei Teilen zueinander durch ein Kraftfeld durch Reibungskräfte verhindert wird. Beispielsweise kann eine solche Verbindung mittels einer Klemmschraube erfolgen.

Unter stoffschlüssig wird eine Verbindung verstanden, bei der zumindest zwei Teile durch atomare oder molekulare Kräfte zusammengehalten werden, also beispielsweise Schweiß- oder Klebeverbindungen.

Weiters kann vorgesehen sein, dass die Vorkammerzündkerze eine aktive Heizeinrichtung aufweist, welche zumindest ein, vorzugsweise elektrisch betreibbares, Heizelement umfasst und dass das Heizelement vorzugsweise in der Vorkammer angeordnet ist. Damit kann die Temperatur und damit die Druckverhältnisse in der Vorkammer eingestellt werden.

Um weitere Informationen über den derzeitigen Zustand und den Verbrennungsverlauf zu sammeln ist vorteilhaft, wenn die Vorkammerzündkerze in der Vorkammer einen Temperatursensor umfasst, wobei der Temperatursensor vorzugsweise optisch ist und/oder vorzugsweise auf eine Vorkammerkappe der Vorkammer gerichtet ist. Ist der Temperatursensor auf die Vorkammerkappe gerichtet, so kann die Temperatur besonders akkurat gemessen werden. Insbesondere, wenn der Temperatursensor ein optischer ist, welcher die Temperatur einer Oberfläche misst, ist dies sinnvoll. Dies gilt auch, wenn vorgesehen ist, dass die Temperatur in der Vorkammer durch einen Temperatursensor der Vorkammerzündkerze gemessen und an die Maschinensteuerung übermittelt wird.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die Vorkammerzündkerze einen Zufuhrkanal für Brenngas in die Vorkammer aufweist. Brenngas kann dabei ein Gemisch mit Luft und Brennstoff sein, oder auch nur eines der beiden.

Um eine Störung des Temperatursensors während der Einspritzung durch den Zufuhrkanal möglichst gering zu halten ist vorteilhaft, wenn der Zufuhrkanal und der Temperatursensor in einem Schnitt quer zu einer Längsachse der Vorkammerzündkerze an gegenüberliegenden Seiten der Vorkammerzündkerze angeordnet sind.

Es kann vorgesehen sein, dass der erste Drucksensor entlang einer Längsachse der Vorkammerzündkerze weiter von der Vorkammer entfernt ist als zumindest eine Mittelelektrode der Vorkammerzündkerze. Sind beide in der Vorkammer angeordnet, so ist damit gemeint, dass die Mittelelektrode entlang der Längsachse in Richtung der Vorkammer von der Vorkammerzündkerze aus gesehen weiter entfernt ist, als der erste Drucksensor. Die Mittelelektrode steht also tiefer in die Vorkammer hinein als der erste Drucksensor. Damit kann erreicht werden, dass der erste Drucksensor etwas abseits des Entzündungsortes liegt und etwas geschützter von ihr ist.

Weiters kann ein Schutz des Drucksensors erreicht werden, wenn vorgesehen ist, dass der erste Drucksensor in einer Ausnehmung der Vorkammerzündkerze angeordnet ist, welche in Strömungsverbindung mit der Vorkammer steht. Die Ausnehmung kann von der Vorkammer im Wesentlichen abgeschlossen sein und nur über ein oder wenige Kanäle oder Öffnungen mit ihr strömungsverbunden sein. Damit ist die Druckmessung noch gut möglich, der Drucksensor ist aber beispielsweise vor hohen Temperaturen besser geschützt.

Weiters kann vorgesehen sein, dass die Ausnehmung länglich ausgeführt ist und parallel zur Längsachse oder in einem Winkel von mindestens 30° , vorzugsweise zwischen 35° und 60° zur Längsachse steht. Mit länglich ist dabei gemeint, dass die längste Erstreckung der Ausnehmung im Schnitt entlang einer Hauptachse verläuft. Dabei ist diese Hauptachse parallel zur Längsachse der Vorkammerzündkerze, oder steht in einem Winkel von mindestens 30° , vorzugsweise zwischen 35° und 60° und besonders vorzugsweise 45° .

Vorzugsweise steht zumindest der erste Drucksensor und/oder der zweite Drucksensor im Wesentlichen parallel zur Längsachse der Vorkammerzündkerze. Damit ist gemeint, dass zumindest ein Messpunkt des Drucksensors, der den Druck in seiner Umgebung misst, quer zu Längsachse steht. In den meisten Fällen ist der Messpunkt als Messoberfläche ausgeführt.

Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der erste und/oder der zweite Drucksensor geneigt zu einer Längsachse der Vorkammerzündkerze steht. Dabei ist der erste und/oder zweite Drucksensor vorzugsweise zum Brennraum hin geneigt.

Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass der erste Drucksensor und der zweite Drucksensor in einem Schnitt quer zu einer Längsachse der Vorkammerzündkerze an gegenüberliegenden Seiten der Vorkammerzündkerze angeordnet sind.

In bevorzugten Ausführungen ist vorgesehen, dass zumindest der erste Drucksensor und/oder der zweite Drucksensor optische Drucksensoren sind.

In weiterer Folge wird die Erfindung anhand der in den Figuren gezeigten, nicht einschränkenden erfindungsgemäßen Ausführungsformen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a einen Längsschnitt einer ersten erfindungsgemäßen Ausführung;

Fig. 1b einen Längsschnitt der ersten Ausführung aus Fig. 1a;

Fig. 1c einen Querschnitt der ersten Ausführung aus Figs. 1a und 1b;

Fig. 1d einen Längsschnitt einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführung;

Fig. 2 einen Längsschnitt einer dritten erfindungsgemäßen Ausführung.

Die erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorkammerzündkerze 1 wie in Figs. 1a bis 1c gezeigt, weist einen länglichen Hauptkörper 10 auf, welcher sich durch einen Zylinderkopf 11 des Zylinders einer Verbrennungskraftmaschine entlang einer Längsachse A erstreckt und in einen Brennraum 12 des Zylinders hineinragt. An ihrer dem Brennraum 12 zugewandtem Ende ist eine Vorkammer 2 angeordnet, welche hauptsächlich durch einen Mantel 21 gebildet wird. Der Mantel 21 umfasst an seinem dem Brennraum 12 zugewandten Ende eine Vorkammerkappe 22. Die Vorkammer 2 ist über mehrere Öffnungen 3 in Form von Überstromkanälen im Mantel 21 der Vorkammerkappe 22 mit dem Brennraum 12 verbunden. In der dargestellten Ausführung sind vier seitliche Öffnungen 3 vorgesehen, wobei auch Öffnungen an anderen Positionen, beispielsweise zentral angeordnete Öffnungen, vorgesehen sein können. Die Öffnungen 3 sind dabei im Querschnitt quer zur Längsachse A gleichmäßig auf der Vorkammer 2 verteilt und in Bezug zur Hauptachse H in Richtung Brennraum 12 geneigt. Die Vorkammer 2 weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf.

Entlang der Längsachse A erstreckt sich von der Vorkammerzündkerze 1 eine Mittelelektrode 4 in die Vorkammer 2 hinein. Die Mittelelektrode 4 ist dabei im Querschnitt der Vorkammerzündkerze 1 zentral angeordnet und erstreckt sich in etwa bis zur Mitte der Vorkammer 2. Seitlich neben der Mittelelektrode 4 weist die Vorkammerzündkerze 1 eine Ausnehmung 5 auf, welche mit der Vorkammer 2 in Strömungsverbindung steht und sich entlang einer Hauptachse H erstreckt. In der Ausnehmung 5 ist ein erster Drucksensor 6 angeordnet, welcher als länglicher, piezoelektrischer, piezoresistiver, kapazitiver oder auch als optischer Drucksensor ausgeführt ist und mit der Vorkammerzündkerze 1 verklebt ist. Eine Messfläche 7 zeigt in Richtung des Teils der Ausnehmung 5, welche nicht vom ersten Drucksensor 6 gefüllt ist und mit der Vorkammer 2 strömungsverbunden ist. Entlang der Hauptachse H, welche parallel zur Längsachse A steht, ist in etwa auf halber Höhe der Vorkammer 2 eine Masseelektrode 8 angeordnet, welche in

Richtung Mittelelektrode 4 zeigt und zusammen mit der Mittelelektrode Teil der Zündeinrichtung ist. Es können auch mehrere Masseelektroden vorgesehen sein. Der erste Drucksensor 6 wird über eine im Hauptkörper 10 geführte Leitung 14 versorgt und stellt auch über diese die Messdaten bereit.

Auf der von dem ersten Drucksensor 6 im Längsschnitt gegenüberliegenden Seite der Längsachse A ist ein zweiter Drucksensor 9 angeordnet, welcher außerhalb der Vorkammer 2 liegt. Dieser ist dem Brennraum 12 zugeneigt und der Mittelelektrode 4 weggeneigt. Er weist ebenso eine Messfläche 7 auf, welche zum Brennraum 12 hin gegenüber der Längsachse H in einem Winkel α um etwa 35° geneigt ist. Der zweite Drucksensor 9 ist ebenso mit dem Hauptkörper 10 verklebt, an dessen Außenwand zum Brennraum 12 hin angeordnet, wird über eine im Hauptkörper 10 geführte Leitung 15 versorgt und stellt auch über diese seine Messdaten bereit.

Die Messflächen 7 des ersten und zweiten Drucksensors 6, 9 sind in etwa auf der gleichen Höhe entlang der Längsachse H angeordnet und sind in Richtung 16 zur Vorkammer 2 hin hinter der Mittelelektrode 4 angeordnet.

In Fig. 1b ist die gleiche Vorkammerzündkerze 1 ebenso in einem Längsschnitt gezeigt, jedoch um 90° gedreht zur Fig. 1a. In dieser Darstellung ist sichtbar, dass auf einer Seite der Längsachse A ein optischer Temperatursensor 17 angeordnet ist, welcher auf die Vorkammerkappe 22 gerichtet ist. Ein Messkegel 19 deutet dies an. Auf der gegenüberliegenden Seite der Längsachse H ist ein Zufuhrkanal 18 zur Zufuhr von Brenngas in die Vorkammer 2 angeordnet, welcher in die Vorkammer 2 mündet.

In Fig. 1c ist in einem Querschnitt entlang der Linie III-III aus Fig. 1a sichtbar, dass der erste Drucksensor 6, zweite Drucksensor 9, Temperatursensor 17 und Zufuhrleitung 18 um die Längsachse H herum gleichmäßig angeordnet sind. Der Hauptkörper 10 ist bis auf eine Aussparung im Bereich des zweiten Drucksensors 9 im Wesentlichen kreisförmig. Die Linie I-I zeigt den Schnitt gezeigt in Fig. 1a und die Linie II-II den Schnitt gezeigt in Fig. 1b an.

Fig. 1d zeigt eine zweite Ausführungsform in einem Schnitt wie Fig. 1b und weist Ähnlichkeit zur ersten Ausführungsform auf. Daher wird hier nur auf die wichtigsten Unterschiede eingegangen und gleichartige Bauteile mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Seitlich der Mittelelektrode 4 ist eine aktive,

elektrische Heizeinrichtung 20 vorgesehen, welche ein in die Vorkammer 2 hineinragendes Heizelement 21 aufweist. Sie ist im Querschnitt dem Zufuhrkanal 18 gegenüberliegend angeordnet.

Fig. 2 zeigt eine dritte erfindungsgemäße Ausführungsform ähnlich der ersten. Daher wird hier nur auf die wichtigsten Unterschiede eingegangen. Es ist ein Längsschnitt in einer Stellung wie in Fig. 1a gezeigt. Dabei steht die Hauptachse H der Ausnehmung 5 in einem Winkel β von etwa 35° zur Längsachse A. Die Messfläche 7 des ersten Drucksensors 6 erstreckt sich parallel zur Hauptachse H und ist in Richtung des Brennraums 12 und von der Mittelelektrode 4 weg geneigt.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vorkammerzündkerze (1) geeignet für den Einsatz in einem Brennraum (12) einer Verbrennungskraftmaschine, mit einer Vorkammer (2), die beim bestimmungsgemäßen Einsatz über zumindest eine Öffnung (3) in Fluidverbindung mit dem Brennraum (12) steht, wobei in der Vorkammer (2) eine Zündeinrichtung mit zumindest einer Mittelelektrode (4) angeordnet ist, die geeignet ist ein zündfähiges Gemisch zu zünden, wobei weiters in der Vorkammer (2) ein erster Drucksensor (6) angeordnet ist, um einen Druckverlauf in der Vorkammer (2) zu messen, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammerzündkerze (1) einen zweiten Drucksensor (9) aufweist, der geeignet ist, einen Druckverlauf im Brennraum (12) zu messen.
2. Vorkammerzündkerze (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammer (2) oder ein Teil der Vorkammer (2) mit der Vorkammerzündkerze (1) über zumindest eine formschlüssige, kraftschlüssige und/oder zumindest eine stoffschlüssige Verbindung verbunden ist und vorzugsweise verschraubt, verklebt aufgepresst, eingepresst, angeschweißt und/oder über zumindest eine Schnappverbindung verbunden ist.
3. Vorkammerzündkerze (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammerzündkerze (1) eine aktive Heizeinrichtung (20) aufweist, welche zumindest ein, vorzugsweise elektrisch betreibbares, Heizelement (21) umfasst und dass das Heizelement vorzugsweise in der Vorkammer (2) angeordnet ist.
4. Vorkammerzündkerze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammerzündkerze (1) in der Vorkammer (2) einen Temperatursensor (17) umfasst, wobei der Temperatursensor (17) vorzugsweise optisch ist und/oder vorzugsweise auf eine Vorkammerkappe (22) der Vorkammer (2) gerichtet ist.
5. Vorkammerzündkerze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammerzündkerze (1) zumindest einen Zufuhrkanal (18) für Brenngas in die Vorkammer (2) aufweist.

6. Vorkammerzündkerze (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zufuhrkanal (18) und der Temperatursensor (17) in einem Schnitt quer zu einer Längsachse (A) der Vorkammerzündkerze (1) an gegenüberliegenden Seiten der Vorkammerzündkerze (1) angeordnet sind.
7. Vorkammerzündkerze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Drucksensor (6) entlang einer Längsachse (A) der Vorkammerzündkerze (1) weiter von der Vorkammer (2) entfernt ist als zumindest eine Mittelelektrode (4) der Vorkammerzündkerze (1).
8. Vorkammerzündkerze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Drucksensor (6) in einer Ausnehmung (5) der Vorkammerzündkerze (1) angeordnet ist, welche in Strömungsverbindung mit der Vorkammer (2) steht.
9. Vorkammerzündkerze (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmung (5) länglich ausgeführt ist und parallel zur Längsachse (A) oder in einem Winkel von mindestens 30°, vorzugsweise zwischen 35° und 60° zur Längsachse (A) steht.
10. Vorkammerzündkerze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Drucksensor (6) und/oder der zweite Drucksensor (9) geneigt zu einer Längsachse (A) der Vorkammerzündkerze (1) steht.
11. Vorkammerzündkerze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Drucksensor (6) und der zweite Drucksensor (9) in einem Schnitt quer zu einer Längsachse (A) der Vorkammerzündkerze (1) an gegenüberliegenden Seiten der Vorkammerzündkerze (1) angeordnet sind.
12. Vorkammerzündkerze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der erste Drucksensor (6) und/oder der zweite Drucksensor (9) ein piezoelektrischer, piezoresistiver, kapazitiver oder optischer Drucksensor ist.

13. Vorkammerzündkerze (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der erste Drucksensor (6) und/oder der zweite Drucksensor (9) optische Drucksensoren sind.
14. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Druck in einer Vorkammer (2) einer in einem Brennraum (12) angeordneten Vorkammerzündkerze (1) durch einen ersten Drucksensor (6) der Vorkammerzündkerze (1) gemessen und an eine Maschinensteuerung übermittelt wird und die Maschinensteuerung die Verbrennungskraftmaschine auf Grundlage der erhaltenen Druckdaten des ersten Drucksensors (6) steuert, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in dem Brennraum (12) durch einen zweiten Drucksensor (9) der Vorkammerzündkerze (1) gemessen wird, an die Maschinensteuerung übermittelt wird und die Maschinensteuerung die Verbrennungskraftmaschine auf Grundlage der erhaltenen Druckdaten des zweiten Drucksensors (9) steuert.
15. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur in der Vorkammer durch einen Temperatursensor (17) der Vorkammerzündkerze (1) gemessen und an die Maschinensteuerung übermittelt wird.

05.11.2020

MT

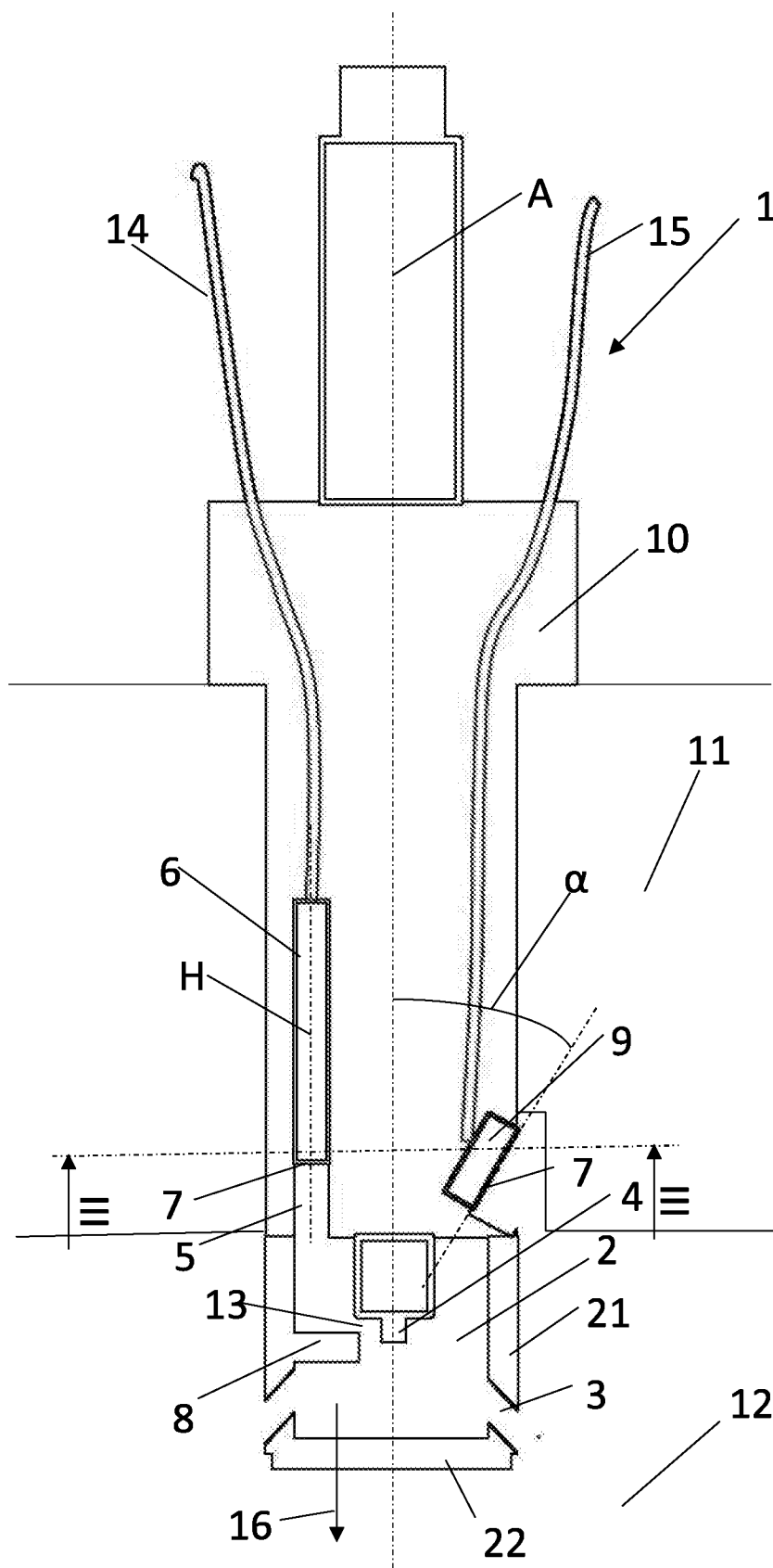


Fig. 1a

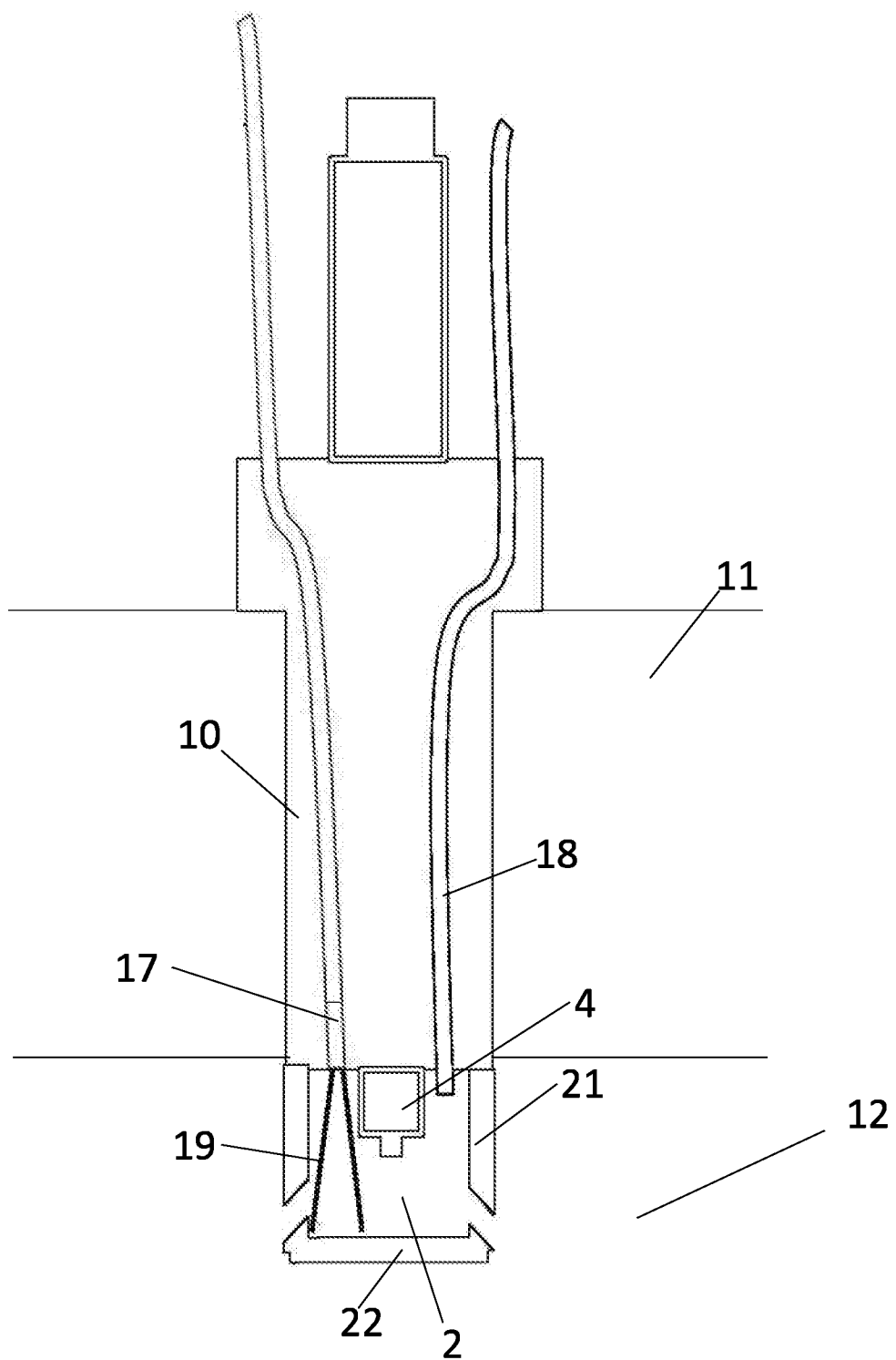


Fig. 1b

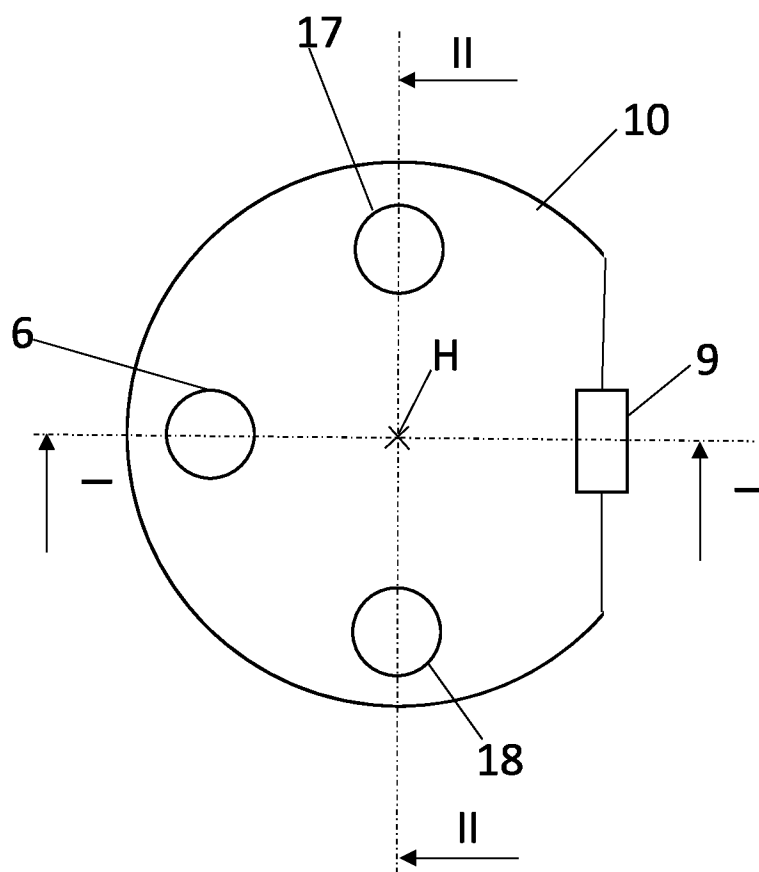


Fig. 1c

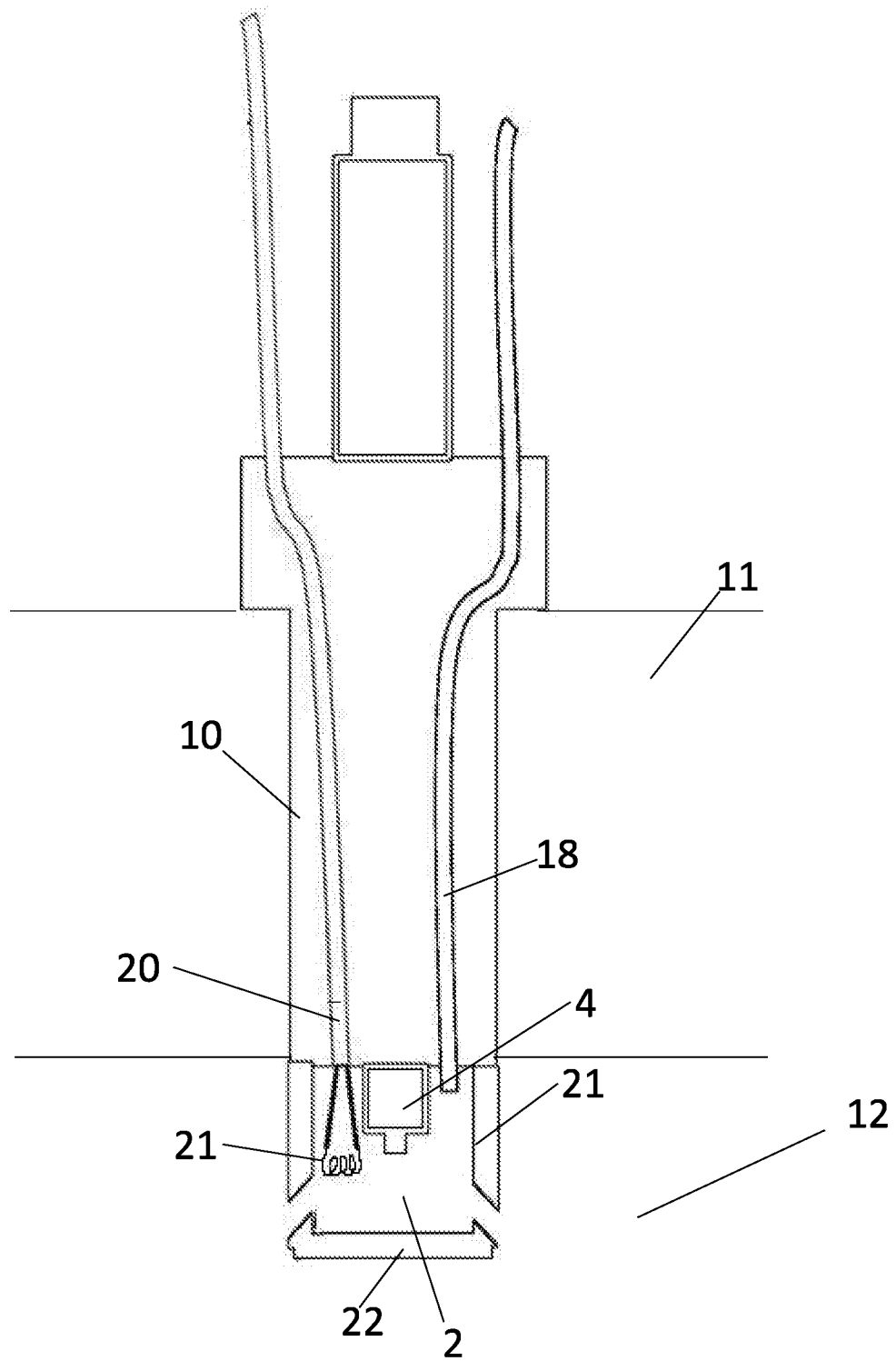


Fig. 1d

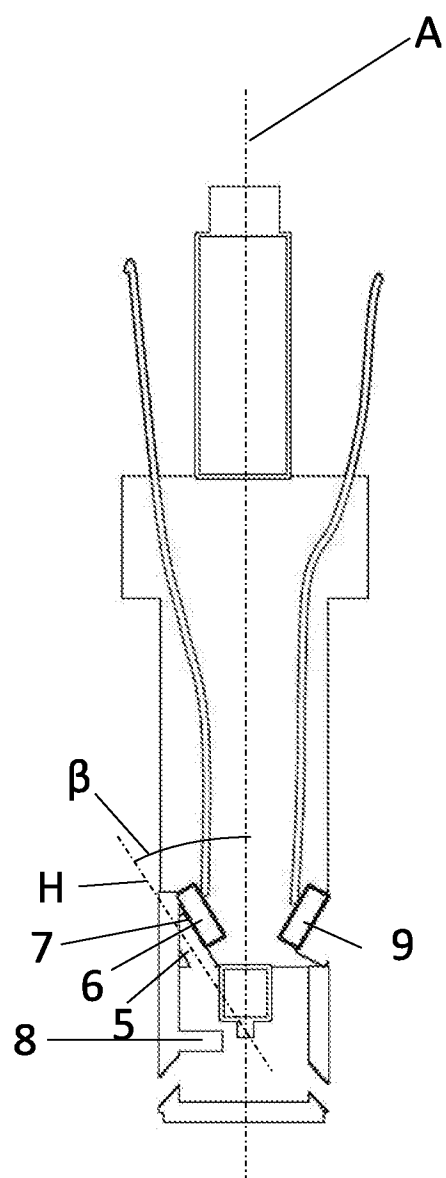


Fig. 2