

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50842/2019
(22) Anmeldetag: 04.10.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2023

(51) Int. Cl.: **H01T 13/46** (2006.01)
H01T 13/52 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2015035427 A1
FR 811908 A
FR 662373 A
EP 0518707 A2
US 2002055318 A1

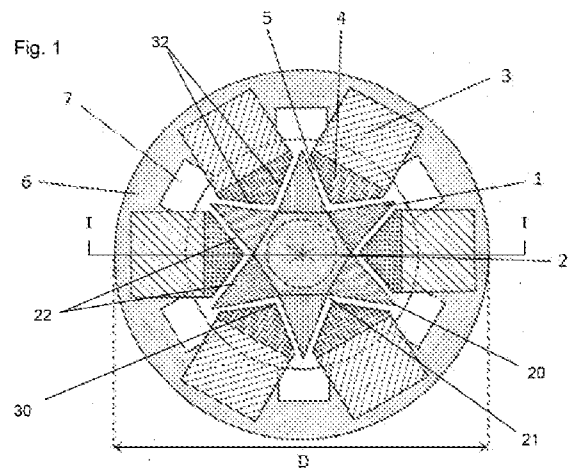
(73) Patentinhaber:
Gruber Brigitte
6283 Hippach (AT)

(72) Erfinder:
Gruber Friedrich
6283 Hippach (AT)

(74) Vertreter:
Schwarz & Partner Patentanwälte OG
1010 Wien (AT)

(54) Zündkerze

(57) Zündkerze, umfassend eine Mittelelektrode (2) und zumindest eine Masseelektrode (4), wobei die Mittelelektrode (2) stirnseitig sternförmig mit Zacken (1) ausgebildet ist, sodass n äußere Ecken (20), n innere Ecken (21) und $2n$ Mittelelektrodenkanten (22) gebildet werden, wobei die wenigstens eine Masseelektrode (4) n konvexe Ecken (30) aufweist, welche jeweils durch $2n$ Masseelektrodenkanten (32) gebildet werden, wobei jede der $2n$ Mittelelektrodenkanten (22) zumindest abschnittsweise parallel zu je einer der $2n$ Masseelektrodenkanten (32) ausgebildet ist und einen Elektrodenpalt (5) bilden, wobei im Gewindebereich der Zündkerze Bohrungen (35) angeordnet sind, die den Außenbereich des Zündkerzengewindes mit dem Atmungsraum der Zündkerze verbinden und durch die das Spülgas für eine Vorkammer geleitet wird, wobei zwischen den Bohrungen (35) und dem brennraumseitigen Gewindeende mindestens ein ganzer Gewindegang vorhanden ist.



Beschreibung

ZÜNDKERZE

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Zündkerze für einen Ottomotor, umfassend eine Mittelelektrode und eine Masseelektrode. Weiters betrifft die Erfindung einen Ottomotor mit einer Zündkerze.

[0002] Gas-Ottomotoren sind Hubkolbenverbrennungsmotoren, die nach dem Prinzip der Fremdzündung (z.B. durch Zündung mittels einer Zündeinrichtung) betrieben werden und deren Kraftstoff ein brennbares Gas ist.

[0003] Solche Gas-Ottomotoren werden vielfach stationär betrieben, d.h. sie sind Teil einer ortsfesten Anlage, wobei die Kraftstoffversorgung durch Anschluss an eine Gasleitung, z.B. an eine Erdgasleitung erfolgt. Der Leistungsbereich dieser Motorenklasse erstreckt sich von wenigen kW bis zu mehr als 18.000 kW pro Motor.

[0004] Die technologische Entwicklung der letzten 10 Jahre hat dazu geführt, dass sich die spezifische Leistung der Gas-Ottomotoren mehr als verdoppelt hat und der spezifische Kraftstoffverbrauch um ca. 20 % reduziert werden konnte. Damit wurde die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen erheblich gesteigert und deren Marktposition weiter gefestigt.

[0005] Mit der Steigerung der spezifischen Leistung ist allerdings auch eine höhere thermische und mechanische Belastung von Motorbauteilen verbunden, insbesondere jener, die den Brennraum umgeben. Dazu gehören in erster Linie die Zündkerzen, bei denen die Elektrodentemperaturen ein Niveau erreichen, an dem selbst die widerstandsfähigsten Materialien in den Grenzbereich der Belastbarkeit kommen.

[0006] Die thermische Belastung ist vor allem bei jenen Zündkerzen extrem hoch, die in den Vorkammern moderner Hochleistungs-Gas-Ottomotoren eingesetzt werden. Bei diesen Anwendungsfällen verwendet man üblicherweise Zündkerzen, deren Elektroden aus einem Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung bestehen und die durch konstruktive und materialtechnische Maßnahmen möglichst gut gekühlt sind. Die Standzeit der Zündkerzen bei Vorkammermotoren beträgt etwa 1000 bis 2000 Vollast-Betriebsstunden, bis ein Austausch der Zündkerzen oder zumindest ein Nachstellen der Elektroden erforderlich wird.

[0007] Bei einer Gesamtlaufzeit einer Motoranlage umfassend einen Gas-Ottomotor von 100.000 bis 150.000 Betriebsstunden müssen etwa 50 bis 100 mal die Zündkerzen gewechselt werden.

[0008] Zusammen mit der damit verbundenen Stillstandzeit des Gas-Ottomotors und dem Arbeitsaufwand ergeben sich daraus erhebliche Kosten für den Betreiber der Motoranlage.

[0009] Um die Standzeit der Zündkerzen zu verlängern, versucht man beispielsweise verschleißbeständigere Elektrodenwerkstoffe zu entwickeln, die Kühlungsbedingungen für die Elektroden zu verbessern und die Abbrandreserve zu vergrößern.

[0010] In US 2002/0055318 A1 wird eine Zündkerze offenbart, bei welcher die Mittelelektrode einen ersten Edelmetall-Chip und die Masseelektrode einen zweiten Edelmetall-Chip aufweist, wobei zwischen erstem und zweitem Chip ein Elektrodenpalt gebildet wird. Die Verwendung von Edelmetall soll die Standzeit der Zündkerzen verlängern.

[0011] Zur Vergrößerung der Abbrandreserve werden entweder die Elektrodenflächen vergrößert und/oder mehrere Elektroden parallel eingesetzt. Dabei ergibt sich oft zwangsläufig das Problem, dass bei großflächigen Elektroden die Gemischzugänglichkeit in den Elektrodenpalt behindert und ein Teil der Energie des Funkens oder des Flammenkerns von den Elektrodenflächen absorbiert wird. Dies führt in der Regel zu einer Verschlechterung der Entflammungseigenschaften der Zündkerze, mit negativen Auswirkungen auf das Startverhalten sowie auf die Erreichbarkeit möglichst geringer Abgasemissionen.

[0012] In US 2015/0035427 A1 wird beispielsweise eine Zündkerze mit einer sternförmigen Mit-

telelektrode und einer zwischen den Zacken der sternförmigen Mittelelektrode angeordneter Masselektrode offenbart. Dabei bildet sich zwischen den parallelen Kanten der Elektroden der Elektrodenspalt.

[0013] Speziell bei hochaufgeladenen, Vorkammer-gezündeten Gasmotoren ist ein besonders kritischer Parameter die Elektrodentemperatur. Das heißt, zusätzlich zur Optimierung der geometrischen Gestalt der Elektroden muss eine effektive Kühlung durchgeführt werden, um eine Standzeitverlängerung der Zündkerzen zu erreichen.

[0014] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Zündeinrichtung bereit zu stellen, bei der die Gemischzugänglichkeit in den Elektrodenspalt verbessert wird und bei der gleichzeitig eine effektive Kühlung der Elektroden ermöglicht wird.

[0015] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Zündkerze, umfassend eine Mittelelektrode und zumindest eine Masselektrode, wobei die Mittelelektrode stirnseitig sternförmig mit Zacken ausgebildet ist, sodass n äußere (konvexe) Ecken, n innere (konkave) Ecken und $2n$ Mittelelektrodenkanten gebildet werden, wobei die wenigstens eine Masselektrode n konvexe Ecken aufweist, welche jeweils durch $2n$ Masselektrodenkanten gebildet werden, wobei jede der $2n$ Mittelelektrodenkanten zumindest abschnittsweise parallel zu je einer der $2n$ Masselektrodenkanten ausgebildet ist und einen Elektrodenspalt bilden, wobei im Gewindebereich der Zündkerze Bohrungen angeordnet sind, die den Außenbereich des Zündkerzengewindes mit dem Atmungsraum der Zündkerze verbinden und durch die das Spülgas für eine Vorkammer geleitet wird, wobei zwischen den Bohrungen und dem brennraumseitigen Gewindeende mindestens ein ganzer Gewindegang vorhanden ist.

[0016] Insbesondere bei thermisch sehr hoch beanspruchten Zündkerzen ist es wichtig, die Elektroden gut zu kühlen. Großflächige und nachstellbare Elektroden, sowie eine möglichst gute Kühlung führen aber meist zu Zielkonflikten. Die im vorliegenden Erfindungsvorschlag beschriebene Lösung bezieht sich daher in erster Linie auf die Optimierung der geometrischen Gestalt sowie der Anordnung der Elektroden für thermisch sehr hochbelastete Zündkerzen.

[0017] Des Weiteren wird eine Lösung vorgestellt, die den Gasaustausch zwischen dem Brennraum des Motors und dem Atmungsraum der Zündkerze auf spezielle Art und Weise regelt.

[0018] Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Breite des Elektrodenspalt entlang der jeweiligen Masselektrodenkante und der jeweiligen Mittelelektrodenkante im Wesentlichen konstant ist.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass $n = 5$ bis 7 , vorzugsweise 6 ist.

[0020] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass n Masselektroden vorgesehen sind, wobei jede Masselektrode eine konvexe Ecke bildet.

[0021] Bevorzugt ist vorgesehen, dass zumindest die äußeren Ecken der Mittelelektroden ein Edelmetall oder eine Edelmetalllegierung aufweisen, besonders bevorzugt, dass sie aus Edelmetall oder Edelmetalllegierungen bestehen.

[0022] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass den Zacken der sternförmigen Mittelelektrode jeweils ein gleichschenkeliges Dreieck mit maximaler Überdeckung als Referenz-Dreieck zuordenbar ist, dessen Schenkel mit den Seitenlinien der Zacken auf gleicher Linie liegen und dessen Grundlinie die Verbindung zwischen den beiden Basispunkten der Zacken bildet, wobei die Höhe $H1$ dieses eingeschriebenen Referenzdreieckes zur Länge $L1$ der Grundlinie in einem Verhältnis $H1/L1$ steht, welches zwischen $0,75$ und $1,40$ liegt.

[0023] In diesem Fall kann vorgesehen sein, dass die Höhe $H1$ des Referenzdreieckes im Verhältnis zum Durchmesser (D) des Gewindes der Zündkerze in einem Verhältnis $H1/D$ steht, welches zwischen $0,11$ und $0,21$ liegt.

[0024] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass den Zacken der stirnseitigen sternförmigen Mittelelektrode ein Referenzdreieck zuordenbar ist, wobei der Abstand der Grundlinie des

Zackens vom Mittelpunkt des Sterns mindestens 1,5 mm beträgt.

[0025] Weiters kann vorgesehen sein, dass die Abschnitte der Mittelelektrode, welche aus Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung bestehen, durch eine Schweiß- oder Lötverbindung mit dem Mittelelektrodenstempel verbunden sind, wobei dieser Stempel einen Kern aus Kupfer oder einer Kupfer-Basislegierung und einen Mantel aufweist, der aus einem Material mit einer Wärmeleitfähigkeit besteht, die größer ist als 60 W/m K.

[0026] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Masseelektroden im Bereich der Elektrodenpalte aus einem Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung bestehen, die mit dem jeweiligen Masseelektroden-Träger durch eine Schweiß- oder Lötverbindung verbunden sind und wobei diese Träger wiederum aus einem Material bestehen, dessen Wärmeleitkoeffizient einen Wert aufweist, der größer als 60 W/m K ist.

[0027] Ein Ausführungsbeispiel sieht vor, dass im Grundkörper der Zündkerze zwischen je 2 Masseelektroden kanalförmige Freistellungen vorgesehen sind, die den Atmungsraum der Zündkerze mit dem Brennraum bzw. der Vorkammer eines Ottomotors verbinden, und über die der Druckausgleich sowie ein Flammendurchtritt nach der Zündung erfolgt, wobei die Summe (Q_f) der Querschnittsflächen der Strömungskanäle senkrecht zur Strömungsrichtung zur gesamten Querschnittsfläche (Q) der Zündkerze am brennraumseitigen Gewindeende in einem Verhältnis (Q_f/Q) steht, das größer ist als 0,03.

[0028] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass der Grundkörper der Zündkerze im Bereich des Gewindes aus zwei unterschiedlichen Materialien besteht, welche durch eine Schweiß- oder Lötverbindung miteinander verbunden sind, wobei das Material am brennraumseitigen Gewindebereich einen Wärmeleitkoeffizienten aufweist, der größer als 65 W/m K ist.

[0029] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass das Volumen (V_a) des Atmungsraumes in mm^3 zur Querschnittsfläche (Q) in mm^2 im Bereich des Gewindes in einem Verhältnis (V_a/Q) steht, das größer als 0,16 mm , jedoch kleiner als 0,3 mm ist.

[0030] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Summe der stirnseitigen Oberflächen (O), die die Mittelelektrode und die Masseelektroden inklusive der Masseelektroden-Träger und des Sterns der Mittelelektrode aufweisen, zur gesamten Querschnittsfläche (Q) der Zündkerze am brennraumseitigen Gewindeende ein Verhältnis (O/Q) aufweist, das größer ist als 0,50.

[0031] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Dicke (H_2) der Elektroden entlang der Längsachse der Mittelelektrode zur Gesamtlänge der jeweiligen Masseelektrodenkante der Mittelelektrode in einem Verhältnis steht, dessen Wertebereich zwischen minimal 0,03 und maximal 0,1 variieren kann.

[0032] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die gesamte Elektrodenoberfläche der Mittelelektrode größer ist als 35 mm^2 .

[0033] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die maximale Distanz (A_1) zwischen der Spitze der Masseelektrode und dem brennraumseitigen Gewindeansatz der Zündkerze geringer ist als das 0,5-fache des Durchmessers des Gewindes.

[0034] In einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der zumindest eine Elektrodenpalt in Richtung der Zündkerzenlängsachse eine definierte Kontur aufweist, wobei in einem oberen, einem Brennraum bzw. einer Vorkammer eines Ottomotors zugewandten Bereich die angrenzenden Elektrodenflächen parallel zueinander angeordnet sind und im unteren, dem Atmungsraum zugewandten Bereich eine Aufweitung des Elektrodenpaltens vorgesehen ist, in einer Art und Weise, dass der Abstand der gegenüberliegenden Elektrodenflächen an einer Stelle, die um ein Sechstel der Elektrodenstärke bzw. der Spalthöhe H_2 oberhalb der Unterkante der Elektroden liegt, mindestens das Doppelte des Abstands der Elektroden im oberen, parallelen Bereich des Elektrodenpaltens beträgt, bezogen auf den Neuzustand der Zündkerze.

[0035] Weiters kann ich einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen sein, dass im Gewindebereich der Zündkerze Bohrungen angeordnet sind, die den Außenbereich des Zündkerzengewindes mit dem Atmungsraum der Zündkerze verbinden und durch die das Spülgas für eine Vor-

kammer geleitet wird, wobei zwischen den Bohrungen und dem brennraumseitigen Gewindeende mindestens ein ganzer Gewindegang vorhanden ist.

[0036] In einem Aspekt der Erfindung ist ein Ottomotor, insbesondere Gas-Ottomotor, mit einem Brennraum, umfassend eine Zündkerze der vorgenannten Art vorgesehen, wobei im Grundkörper der Zündkerze zwischen je 2 Masseelektroden kanalförmige Freistellungen vorgesehen sind, die den Atmungsraum der Zündkerze mit dem Brennraum eines Ottomotors verbinden und über die der Druckausgleich sowie ein Flammendurchtritt nach der Zündung erfolgt, wobei die Summe (Q_f) der Querschnittsflächen der Strömungskanäle senkrecht zur Strömungsrichtung zur gesamten Querschnittsfläche (Q) der Zündkerze am brennraumseitigen Gewindeende in einem Verhältnis (Q_f/Q) steht, das größer ist als 0,03.

[0037] Darüber hinaus werden die verwendeten Materialien hinsichtlich ihrer Verschleißfestigkeit und Wärmeleitfähigkeit auf die erfindungsgemäß vorgeschlagene Bauweise der Zündkerze abgestimmt.

[0038] In der Summe und der Kombination der Merkmale und Besonderheiten, weist die vorgeschlagene Zündkerzenbauart damit deutliche Vorteile hinsichtlich der erreichbaren Standzeit, bei zugleich ausgezeichneter Entflammungseigenschaft des Brennstoff-Luftgemisches im Motor auf.

[0039] Nachfolgend werden weitere Vorteile und Details der Erfindung anhand von Figuren erläutert.

[0040] Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf die Mittel- und Masseelektrode einer Zündkerze.

[0041] Fig. 2 zeigt einen Schnitt entlang der Achse I-I der Fig. 1.

[0042] Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch das Beispiel der Fig. 1.

[0043] Fig. 4 zeigt einen Zacken des Beispiels von Fig. 1

[0044] Fig. 5 zeigt einen Schnitt durch das Beispiel der Fig. 1.

[0045] Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsvariante einer Zündkerze.

[0046] Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsvariante einer Zündkerze.

[0047] Fig. 8 zeigt einen Schnitt durch die Elektroden einer Zündkerze.

[0048] Fig. 9 zeigt eine Abwandlung der Fig. 3 mit Bohrung.

[0049] Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Zündkerze. Erkennbar ist die geometrische Ausführung der Masseelektroden 4 und Mittelelektrode 2 in Blickrichtung auf das brennraumseitige Ende der Zündkerze an einem bevorzugten Ausführungsbeispiel.

[0050] Die Zündkerze umfasst eine Mittelelektrode 2 und sechs Masseelektroden 4. Die Mittelelektrode 2 weist stirnseitig sternförmig sechs Zacken 1 auf, sodass sechs äußere (konvexe) Ecken 20, sechs innere (konkave) Ecken 21 und zwölf Mittelelektrodenkanten 22 gebildet werden. Die Masseelektroden 4 weisen sechs konvexe Ecken 30 auf, welche jeweils durch zwei Masseelektrodenkanten 32 gebildet werden. Jede der Mittelelektrodenkanten 22 ist parallel zu je einer der Masseelektrodenkanten 32 ausgebildet. Zwischen den Mittelelektrodenkanten 22 und den Masseelektrodenkanten 32 ist ein Elektrodenspalt 5 ausgebildet.

[0051] Die Breite des Elektrodenspalts 5 ist entlang der jeweiligen Masseelektrodenkante 32 und der jeweiligen Mittelelektrodenkante 22 im Wesentlichen konstant. Die Ausführungsvariante der Fig. 1 weist sechs Zacken 1 auf. Die Beispiele der Fig. 6 und der Fig. 7 weisen fünf bzw. sieben Zacken 1 auf.

[0052] Der Außendurchmesser der dargestellten Zündkerzenprojektion ist der Gewindedurchmesser (D) der Zündkerze.

[0053] Die Mittelelektrode 2 hat die Form eines sechszackigen Sternes, wobei die Zacken 1 die Form eines gleichschenkeligen Dreieckes aufweisen und die (gedachte) Grundlinie die gerade Verbindung von zwei benachbarten Kerbpunkten ist.

[0054] Die Zacken 1 bestehen aus einem Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung, die durch eine Schweiß- oder Lötverbindung mit einem Basiskörper 2 der Mittelelektrode, dem Mittelelektroden-Stempel (englisch: Stem), verbunden sind.

[0055] Dieser Basiskörper besteht bevorzugt aus einem Mantel aus Nickel oder einer Nickelbasislegierung oder einem anderen Material, dessen Wärmeleitfähigkeit einen Wert zwischen 30 und 85 W/m K aufweist, sowie aus einem Kern aus hochwärmeleitfähigem Material, z.B. Kupfer oder einer Kupfer-Basislegierung, über den die an der Oberfläche einströmende Wärme effizient in den Grundkörper 6 und in der Folge in den Kühlwassermantel des Zylinderkopfes des Motors abgeleitet wird.

[0056] Entsprechend der Anzahl der Sternzacken weist die gezeigte Variante 6 getrennte Masseelektroden-Träger 3 auf, an denen die Masseelektroden 4 mit einem nach innen gerichtetes zugespitztes Ende angeheftet sind, die den Raum zwischen jeweils zwei Sternzacken der Mittelelektrode bis auf den freibleibenden Elektrodenspalt 5 ausfüllen.

[0057] Die Seitenflächen der Masseelektroden begrenzen zusammen mit den Seitenflächen der Sternzacken der Mittelelektrode den Elektrodenspalt, innerhalb dem die Funkenüberschläge bei der Zündung stattfinden.

[0058] Insgesamt hat die Zündkerze in dieser Ausführung dementsprechend $2 \times 6 = 12$ Elektrodenspalt mit jeweils der Länge L_2 der Elektrodenseiten.

[0059] Die Masseelektroden 4 bestehen, ähnlich wie die Sternzacken der Mittelelektrode, zumindest teilweise aus einem Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung. Diese sind durch eine Schweiß- oder Lötverbindung mit jeweils einem Elektrodenträger 3 verbunden, der aus einem hochwärmeleitendem Material besteht und der mit dem Grundkörper 6 der Zündkerze, ebenfalls durch eine Schweiß- oder Lötverbindung verbunden ist.

[0060] Der Grundkörper der Zündkerze ist jener metallische Teil der Zündkerze, der das Einschraubgewinde und den Schlüsselansatz umfasst und in den der Keramikkörper mit der Mittelelektrode und dem Hochspannungs-Anschluss eingebaut ist.

[0061] Die brennraumseitigen Oberflächen der Masseelektroden sowie der Mittelelektrode sind bis auf eine maximale Abweichung von $\pm 0,2$ mm bündig zueinander bzw. liegen innerhalb dieser Toleranz auf einer gemeinsamen Ebene.

[0062] Zwischen jeweils zwei Masseelektroden befinden sich schlitzförmige Ausnehmungen 7 im Kerzen-Grundkörper, die eine kanalförmige Verbindung zwischen dem Brennraum bzw. der Vorkammer und dem Gasvolumen zwischen den Elektroden und dem Keramikfuß der Zündkerze darstellen. Der dieses Gasvolumen umfassende Bereich der Zündkerze wird als Atmungsraum 8 bezeichnet, dementsprechend werden diese Verbindungskanäle im weiteren Textverlauf als Atmungskanäle bezeichnet. Ihr Zweck ist es, einen Druckausgleich zwischen dem Brennraum bzw. der Vorkammer des Motors und dem Atmungsraum der Zündkerze herzustellen.

[0063] Dabei ist das Verhältnis der Summe der Strömungs-Querschnittsflächen der Ausnehmungen 7 zum Volumen des Atmungsraumes 8 der Zündkerze von besonderer Bedeutung. Vorzugsweise sollte dieses Verhältnis größer sein, als 0,03.

[0064] In Fig. 2 und in Fig. 3 ist der Atmungsraum 8 der Zündkerze schematisch in jeweils einem Schnittbild dargestellt, wobei die Mittelachse in der Schnittebene liegt. Der Atmungsraum wird begrenzt vom Keramikfuß 9, der Innenwand des Kerzengrundkörpers 6 am oberen Gewindeende, der dem Brennraum abgewandten Oberflächen der Masse- sowie der Mittelelektrode sowie den oberen Teil des Stems 2.

[0065] In Fig. 2 ist die Schnittebene dabei so gewählt, dass sie die Masseelektroden in der Mitte schneidet und dementsprechend zwischen 2 Sternzacken hindurchgeführt wird. Daraus ist der maximale Abstand A_1 der Spitze der Masseelektrode 4 vom brennraumseitigen Gewindeansatz 10 ersichtlich. Dieser Abstand im Verhältnis zum Gewindedurchmesser der Zündkerze ist ein wichtiges Gestaltungsmerkmal, für das erfindungsgemäß ein oberer Grenzwert angegeben wird.

[0066] In Fig. 3 geht die Schnittebene durch die Mitte der Sternzacken 1 sowie durch die Atmungskanäle 7 im Kerzengrundkörper. An der Höhe (H1) der Zacken der Mittelelektrode ist der Überstand der Elektroden über den Stem 2 ersichtlich. Des Weiteren ist in dieser Abbildung die Strömungskontur der Atmungskanäle erkennbar.

[0067] Für den Atmungsraum 8 ist es zur optimalen Funktion der erfindungsgemäßen Zündkerzenausführung sehr vorteilhaft, ein möglichst gut abgestimmtes Volumen vorzusehen. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, dass das Volumen (V_a) des Atmungsraumes (in mm^3) zur Querschnittsfläche (Q) der Zündkerze (in mm^2) im Bereich des Kerzengewindes in einem Verhältnis (V_a/Q) steht, das größer als 0,16 mm, jedoch kleiner als 0,30 mm ist. Bei einem größeren Volumen ergeben sich deutlich verschlechterte Bedingungen für die Spülung des Atmungsraumes, sowie für die Wärmeableitung von den Elektroden.

[0068] Die Höhe (H2) der Elektroden parallel zur Kerzenachse gibt zugleich auch die Breite der Elektrodenfläche an. Diese Höhe (H2) bzw. Breite soll erfindungsgemäß in einem Verhältnis zur Gesamtsumme der Längen (L2) der Elektrodenflächen der Mittelelektrode stehen, das größer als 0,03 jedoch kleiner als 0,1 ist.

[0069] Die Einschränkung des erfindungsgemäß anzustrebenden Wertebereiches ist unter anderem deshalb von Bedeutung, weil in diesem Wertebereich die Neigung des Elektrodenwerkstoffes zur Perlen- oder Fadenbildung innerhalb des Elektrodenpaltes am geringsten ist.

[0070] Zum Zweck einer optimalen Kühlung der Masseelektroden ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass zwischen dem brennraumseitigen Gewindeansatz 10 der Zündkerze und der davon am weitesten entfernten Stelle der Masseelektrode 4 keine größere Distanz besteht, als das 0,5-fache des Gewindedurchmessers (D) der Zündkerze. Damit können die Temperaturen der Masseelektroden auf einem Niveau gehalten werden, das die Verwendung von Nickel als Masseelektrodenträger erlaubt und damit durch dessen hohe Wärmeleitfähigkeit die Kühlung der Elektrodenflächen weiter verbessert werden kann.

[0071] Die Sternzacken der Mittelelektrode können im Bereich der Spitze auch abgeflacht ausgeführt sein, sodass sie eine Ähnlichkeit mit gleichseitigen Trapezen aufweisen. Die im Folgenden ausgeführten Kriterien und Angaben hinsichtlich der speziellen Merkmale beziehen sich auf ein den Sternzacken eingeschriebenes gleichschenkeliges Referenzdreieck (9) mit maximaler Überdeckung, dessen Schenkel mit den Elektrodenflächen der Sternkörper auf einer gleichen Linie liegen.

[0072] Fig. 4 zeigt einen Segmentbereich der Mittelelektrode mit 2 Sternzacken, wobei der linke Zacken zur Illustration eine abgeflachte Spitze aufweist. Dieser trapezförmige Zacken ist mit einem gleichschenkeligen Referenzdreieck zur Deckung gebracht, dessen mit unterbrochener Linie dargestellte Spitze aus dem Trapez herausragt. Die Höhe des gleichschenkeligen Dreieckes von der Basislinie wird mit H1 bezeichnet, die Seitenlänge der Schenkel mit L2 und die Länge der Basislinie mit L1.

[0073] Ein Kriterium für die optimale Funktion der vorgeschlagenen Zündkerzenbauart bildet das Verhältnis der Seitenlänge (L1) zur Länge der Basislinie (H1). Für dieses Verhältnis (L1/H1) wird erfindungsgemäß ein Wertebereich zwischen 0,75 und 1,40 vorgeschlagen.

[0074] Ein weiteres wichtiges Funktionskriterium ist das Verhältnis der Länge der Basislinie (H1) zum Gewindedurchmesser (D) der Zündkerze. Zur Erzielung optimaler Ergebnisse sollte dieses Verhältnis (H1/D) nicht geringer als 0,11, jedoch nicht größer als 0,21 sein.

[0075] Die wesentlichen Gründe für die Definition und Einschränkung dieser Wertebereiche ergeben sich aus der umfassenden Optimierung von teilweise gegenläufigen Effekten einzelner Maßnahmen zur Steigerung der Lebensdauer und der Verbesserung der Entflammungseigenschaften der Zündkerze.

[0076] Die Masseelektroden-Träger 3 können in den Kerzengrundkörper 6 (bzw. den Gewindekörper) versenkt sein, sodass die brennraumseitigen Begrenzungsflächen der Elektrodenträger und des Kerzengrundkörpers zumindest annähernd bündig sind. Dazu sind für die Elektrodenträ-

ger Nutzen vorgesehen, in die die Elektrodenträger möglichst spielfrei eingelassen sind und mit denen sie verschweißt oder verlötet werden.

[0077] Einfacher und vielfach ausreichend ist es jedoch, die Masseelektroden an brennraumseitigen Ende des Kerzengrundkörpers ohne Versenkung anzubringen, sodass die Masseelektroden gegenüber dem brennraumseitigen Ende des Grundkörpers überstehen bzw. erhaben sind, wie in Fig. 2 und Fig. 3 gezeigt.

[0078] Für den Elektrodenträger ist vorzugsweise ein sehr gut wärmeleitender Werkstoff vorgesehen, mit einem Wärmeleitkoeffizienten von $> 60 \text{ W/m K}$, beispielsweise Nickel.

[0079] Besonders vorteilhaft hat sich eine Variante herausgestellt, bei der der Kerzengrundkörper aus zwei unterschiedlichen Materialien besteht, die unterschiedliche Wärmeleitkoeffizienten aufweisen.

[0080] In Fig. 5 ist der Aufbau dieser Variante beispielhaft dargestellt. Der dem Brennraum zugewandte Teil 12 des Kerzengrundkörpers 6 besteht dabei aus einem Material mit einem Wärmeleitkoeffizienten von größer als 65 W/m K (z.B. Nickel oder Molybdän). Dieser ist durch eine Schweiß- oder Lötverbindung mit dem Kerzengrundkörper 6 verbunden. Das Material des Kerzengrundkörpers besteht dagegen aus einem kostengünstigen und gut bearbeitbaren Werkstoff mit den erforderlichen Festigkeitseigenschaften, beispielsweise aus einem Werkzeugstahl.

[0081] Anstatt einzelne Sternzacken aus Edelmetall getrennt voneinander auf einen Mittelelektroden-Stem durch einen Schweiß- oder Lötvorgang anzubringen, können die Sternzacken auch ring- bzw. kranzförmig miteinander verbunden sein, wobei die Befestigung am Stem z. B. durch eine einzige durchgehende Schweißverbindung (beispielsweise durch Laserschweißen) erfolgt.

[0082] Im Fig. 6 ist eine Variante mit 5 Sternzacken und im Fig. 7 eine Variante mit 7 Sternzacken dargestellt. Die Masseelektroden sowie die Atmungskanäle sind nur in einem Sektorenausschnitt gezeigt. Auch diese Bauarten führen zu sehr günstigen Ergebnissen, besonders günstig erweist sich jedoch eine 6-zählige Form der Elektroden, der deshalb erfindungsgemäß der Vorzug gegeben wird.

[0083] Grundsätzlich ist der Aufbau der vorgeschlagenen Lösung komplexer und in der Herstellung aufwendiger als handelsübliche bzw. am Markt angebotene Zündkerzentypen. Allerdings können gerade durch die erfindungsgemäß vorgeschlagenen Konstruktionsmerkmale und Materialeigenschaften eine Reihe sehr günstiger Effekte und Ergebnisse erreicht werden, sodass sich sowohl hinsichtlich der Standzeit als auch hinsichtlich der Entflammungseigenschaften deutliche Vorteile gegenüber Zündkerzentypen nach dem Stand der Technik ergeben.

[0084] Insbesondere ist der Mehraufwand in der Fertigung nur ein Bruchteil der Kosteneinsparungen aufgrund der gesteigerten Lebensdauer der Zündkerze.

[0085] Ein wesentlicher Aspekt, der der vorgeschlagenen Bauweise zugrunde liegt, bezieht sich auf die maximale Kühlung der Elektrodenflächen der Masseelektroden. Diese Temperaturen sind bei den herkömmlichen Kerzenbauarten üblicherweise in einer Größenordnung von 100 °C höher, als die Temperaturen an den Mittelelektroden. Dementsprechend hoch sind auch die Verschleißraten der Masseelektroden und die Heißkorrosion der Elektrodenträger, insbesondere im Einsatz in Vorkammern von Hochleistungsmotoren.

[0086] Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Bauweise können die Temperaturen an der Masseelektrode jedoch um mehr als 100 °C gegenüber Zündkerzen nach dem Stand der Technik, bezogen auf gleiche Einsatzbedingungen, abgesenkt werden.

[0087] Bei der Mittelelektrode wirkt sich besonders der sehr hohe Wärmeleitkoeffizient des Edelmetall-Materials der Sternzacken günstig aus, insbesondere wenn z.B. Iridium oder eine Iridium-Rhodium-Legierung eingesetzt wird, deren Wärmeleitfähigkeit höher ist, als 120 W/m K .

[0088] Da der Stem der Mittelelektrode einen massiven Kern (11) aus einem hochwärmeleitfähigen Material aufweist (z.B. Kupfer) sowie einen relativ dünnen Mantel mit ebenfalls guter Wärmeleitfähigkeit (z.B. Nickel), ist die Wärmeableitung auch hier sehr effizient, sodass trotz ausla-

dender Geometrie der Mittelelektrode mit einer relativ großen, der Verbrennungshitze ausgesetzten Oberfläche der Sternzacken die Temperatur an den Elektrodenflächen relativ niedrig gehalten werden kann.

[0089] Durch die vorgeschlagene Elektrodenform kann eine maximal große, funkenwirksame Elektrodenfläche und damit eine sehr hohe Abbrandreserve realisiert werden. Damit werden auch ohne Elektrodennachstellung sehr lange Kerzenstandzeiten erreicht.

[0090] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Elektrodengeometrie ergibt sich aus der Spitzenwirkung der Elektroden auf die für den Funkenüberschlag erforderliche Durchbruchsspannung. Durch die Feldstärkenüberhöhung an den Elektroden spitzen wird die Durchbruchsspannung deutlich reduziert, und damit kann bei einem vom Zündsystem vorgegebenen Limit für das maximale Zündspannungsangebot ein deutlich größerer Elektrodenspalt (bzw. Elektrodenabstand) gefahren werden.

[0091] Da trotz der maximal vergrößerten Elektrodenfläche beim vorgeschlagenen Design keine erhöhte Abschirmwirkung der Elektroden hinsichtlich der Gemisch-Zugänglichkeit in den Elektrodenspalt sowie der Energieabsorption durch die Elektrodenflächen gegeben ist, wird die Flammenkernbildung nicht behindert. Die erfindungsgemäße Zündkerze weist dementsprechend sehr gute Entflammungseigenschaften auch bei einem sehr kleinen Elektrodenspalt auf. Damit ergibt sich insgesamt ein sehr großer zulässiger Variationsbereich für den Elektrodenspalt, sodass eine sehr große Elektrodenmaterial-Reserve genützt werden kann und damit entsprechend hohe Kerzenstandzeiten ohne Nachstellerfordernisse erreichbar sind.

[0092] Das vorgeschlagene Konzept unterstützt die gegenwärtige Entwicklung von Zündsystemen für stationäre Hochleistungsmotoren, wo unter anderem daran gearbeitet wird, die Hochspannungsfestigkeit und das Zündspannungsangebot des gesamten Zündsystems inklusive der Zündkerzen zu steigern.

[0093] Bei der Herstellung der Zündkerze können die Masseelektroden sehr präzise positioniert werden. Dadurch ergibt sich ein genauer und gut kontrollierbarer Elektrodenabstand, sodass für das Betreiberpersonal der Motoranlage von Beginn an keine Einstellarbeiten erforderlich sind.

[0094] Grundsätzlich können bei der erfindungsgemäß vorgeschlagenen sternförmigen Geometrie der Mittelelektroden die Masseelektroden träger auch hakenförmig oder gekrümmt ausgeführt sein, wobei ein gewisser Längenabschnitt des Trägers parallel zur Kerzenachse ausgerichtet ist. Damit kann der Elektrodenspalt durch Verbiegen der Elektrodenträger eingestellt bzw. die Elektrodenabstände auf diese Weise nachgestellt werden. Damit geht jedoch der Vorteil der starken Kühlwirkung teilweise verloren. Darüber hinaus ist eine präzise Ein- oder Nachstellung der Elektroden oft schwer zu erreichen und der bei den hohen Betriebstemperaturen schwer vermeidbare thermische Verzug führt häufig zu einer unerwünschten Veränderung des Elektrodenspalt.

[0095] Für den Einsatz in hochbelasteten Vorkammernmotoren wird deshalb auf die Nachstellbarkeit der Elektroden zugunsten einer besseren Kühlung der Masseelektroden verzichtet.

[0096] Ein weiteres vorteilhaftes Merkmal bezieht sich auf die mögliche Geometrie des Elektrodenspalt. Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Gestalt der Elektroden sowie die Implementierung der Atmungskanäle ermöglicht die Nutzung des gezielten Entladungskanal-Wandereffektes während der Bogenphase. Dabei handelt es sich um die Verlagerung und Dehnung des Entladungskanals während der Zeit der Funkenbrenndauer im Anschluss an den Funkendurchbruch. Diese Phase ist sowohl für die Ausbildung des Flammkernes und damit für die Einleitung der Verbrennung als auch für den Elektrodenverschleiß von großer Bedeutung. Im Idealfall sollte der Entladungskanal aus dem Inneren des Elektrodenspalt an den äußeren Rand wandern und dort in den Brennraum ausgedehnt werden, sodass das freie Volumen des Flammkernes unbehindert zunehmen kann.

[0097] Dieser Vorgang wirkt sich außer zur Verbesserung des Entflammungsverhaltens auch günstig auf den Elektrodenverschleiß aus, da der Ort, an dem der Entladungskanal die Elektrodenflächen berührt, sich während der Funkenbrennphase verlagert und durch die Dehnung des

Entladungskanals der lokale Energieeintrag in die Elektroden abnimmt.

[0098] In Fig. 8 ist die vorgeschlagene Gestaltung der Elektrodenflächen in einem Schnittbild durch die Elektroden dargestellt. Die Schnittebene ist dabei senkrecht zu den Elektrodenkanten 34 und parallel zur Mittelachse der Zündkerze. Der Elektrodenspalt 5 wird von den gegenüberliegenden Elektrodenflächen der Masse- sowie der Mittelelektrode begrenzt, wobei es hier nicht von Bedeutung ist, auf welcher Seite sich die Masse- bzw. die Mittelelektrode befindet. Wie auf dem Bild gezeigt, sind die Elektrodenflächen im oberen, dem Brennraum des Motors zugewandten Bereich auf einer Länge $H3$ parallel zueinander. Im unteren, dem Atmungsraum der Zündkerze zugewandten Bereich weitet sich der Elektrodenspalt dagegen auf.

[0099] Während der Kompressionsphase im Zylinder des Motors bildet sich eine Strömungskomponente durch den Elektrodenspalt in Richtung des Atmungsraumes des Motors aus, wie anhand des Pfeils 33 angedeutet. Der Funkenüberschlag erfolgt im Bereich der engsten Stelle des Elektrodenspalt und der dabei ausgebildete Entladungsbogen wandert nach unten, wird dort ausgedehnt und reißt an der untersten Stelle des Elektrodenspalt ab.

[00100] Für die optimale Wirkung des Wandereffektes soll der Abstand (S) der Elektrodenflächen, gemessen an einer Stelle, die im Abstand von $H4 = H2/6$ von der unteren Grenzfläche der Elektroden entfernt ist, mindestens den doppelten Abstand der Elektrodenflächen im oberen, parallelen Bereich des Elektrodenspalt im Neuzustand der Zündkerze aufweisen.

[00101] Die geometrischen Merkmale der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Zündkerze inklusive der integrierten Atmungskanäle eröffnen darüber hinaus die Möglichkeit einer effizienten Elektrodenkühlung durch Anblasen der Elektroden über Spülbohrungen im oberen Bereich des Zündkerzengewindes.

[00102] In Fig. 9 wird dazu anhand eines Schnittes durch die Zündkerze gemäß Figur 3 beispielhaft eine Bohrung 35 gezeigt, die den Außenbereich des Zündkerzengewindes an einer Stelle, die mindestens einen vollen Gewindegang ($H5$) unterhalb des brennraumseitigen Gewindeendes beginnt, mit dem Atmungsraum der Zündkerze verbindet. Um den Umfang des Zündkerzengewindes können mehrere solcher Bohrungen auf etwa gleicher Höhe angeordnet sein.

[00103] Im Außenbereich des Zündkerzengewindes ist auf der Höhe der Bohrungen eine (z.B. umlaufende) Nut vorhanden, über die das Spülgas zu den Bohrungen im Kerzengewinde geführt wird. In diese Nut wiederum wird das Spülgas über eine Bohrung eingeleitet, die den Brennraum bzw. die Vorkammer des Motors mit Spülgas versorgt.

[00104] Das Spülgas selbst kann aus demselben Gas bestehen, das dem Motor als Hauptkraftstoff zugeführt wird, oder allgemein aus einem Gemisch aus einem oder mehreren brennbarer Gase und einem oder mehreren inerten Gasen.

[00105] Beim Spülvorgang der Vorkammer innerhalb des Ladungswechselzyklus strömt das Spülgas über ein Vorkammerventil, durch einen Verbindungskanal im Zylinderkopf bzw. in der Zündkerzenhülse zu der oben beschriebenen Nut und von dort durch die Spülbohrungen in den Atmungsraum der Zündkerze. Bevor das Spülgas in die Vorkammer des Motors gelangt, umströmt und kühlt es die Elektroden.

Patentansprüche

1. Zündkerze, umfassend eine Mittelelektrode (2) und zumindest eine Masseelektrode (4), wobei die Mittelelektrode (2) stirnseitig sternförmig mit Zacken (1) ausgebildet ist, sodass n äußere Ecken (20), n innere Ecken (21) und $2n$ Mittelelektrodenkanten (22) gebildet werden, wobei die wenigstens eine Masseelektrode (4) n konvexe Ecken (30) aufweist, welche jeweils durch $2n$ Masseelektrodenkanten (32) gebildet werden, wobei jede der $2n$ Mittelelektrodenkanten (22) zumindest abschnittsweise parallel zu je einer der $2n$ Masseelektrodenkanten (32) ausgebildet ist und einen Elektroden spalt (5) bilden, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Gewindebereich der Zündkerze Bohrungen (35) angeordnet sind, die den Außenbereich des Zündkerzengewindes mit dem Atmungsraum der Zündkerze verbinden und durch die das Spülgas für eine Vorkammer geleitet wird, wobei zwischen den Bohrungen (35) und dem brennraumseitigen Gewindeende mindestens ein ganzer Gewindegang vorhanden ist.
2. Zündkerze nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite des Elektroden spalts (5) entlang der jeweiligen Masseelektrodenkante (32) und der jeweiligen Mittelelektrodenkante (22) im Wesentlichen konstant ist.
3. Zündkerze nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass $n = 5$ bis 7, vorzugsweise 6 ist.
4. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass n Masseelektroden (4) vorgesehen sind, wobei jede Masseelektrode (4) eine konvexe Ecke (30) bildet.
5. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest die äußeren Ecken (20) der Mittelelektroden (2) ein Edelmetall oder eine Edelmetalllegierung aufweisen.
6. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Zacken (1) der stirnseitig sternförmigen Mittelelektrode (2) jeweils ein gleichschenkeliges Dreieck mit maximaler Überdeckung als Referenz-Dreieck zuordenbar ist, dessen Schenkel mit den Seitenlinien der Zacken (1) auf gleicher Linie liegen und dessen Grundlinie die Verbindung zwischen den beiden Basispunkten der Zacken (1) bildet, wobei die Höhe $H1$ dieses eingeschriebenen Referenzdreieckes zur Länge $L1$ der Grundlinie in einem Verhältnis $H1/L1$ steht, welches zwischen 0,75 und 1,40 liegt.
7. Zündkerze nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Höhe $H1$ des Referenzdreieckes im Verhältnis zum Durchmesser (D) des Gewindes der Zündkerze in einem Verhältnis $H1/D$ steht, welches zwischen 0,11 und 0,21 liegt.
8. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Zacken (1) der stirnseitig sternförmigen Mittelelektrode (2) ein Referenzdreieck zuordenbar ist, wobei der Abstand der Grundlinie des Zacken (1) vom Mittelpunkt des Sterns mindestens 1,5 mm beträgt.
9. Zündkerze nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abschnitte aus Edelmetall oder Edelmetalllegierung durch eine Schweiß- oder Lötverbindung mit dem Mittelelektrodenstempel verbunden sind, wobei dieser Stempel einen Kern aus Kupfer oder einer Kupfer-Basislegierung und einen Mantel aufweist, der aus einem Material mit einer Wärmeleitfähigkeit besteht, die größer ist als 60 W/m K.
10. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Masseelektroden (4) im Bereich der Elektrodenflächen aus einem Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung bestehen, die mit dem jeweiligen Masseelektroden-Träger (3) durch eine Schweiß- oder Lötverbindung verbunden sind und wobei diese Masseelektroden-Träger (3) wiederum aus einem Material bestehen, dessen Wärmeleitkoeffizient einen Wert aufweist, der größer als 60 W/m K ist.

11. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Grundkörper (6) der Zündkerze zwischen je zwei Masseelektroden (4) kanalförmige Freistellungen vorgesehen sind, die den Atmungsraum der Zündkerze mit dem Brennraum bzw. der Vorkammer eines Ottomotors verbinden und über die der Druckausgleich sowie ein Flammendurchtritt nach der Zündung erfolgt, wobei die Summe (Q_f) der Querschnittsflächen der Strömungskanäle senkrecht zur Strömungsrichtung zur gesamten Querschnittsfläche (Q) der Zündkerze am brennraumseitigen Gewindeende in einem Verhältnis (Q_f/Q) steht, das größer ist als 0,03.
12. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grundkörper der Zündkerze im Bereich des Gewindes aus zwei unterschiedlichen Materialien besteht, welche durch eine Schweiß- oder Lötverbindung miteinander verbunden sind, wobei das Material am brennraumseitigen Gewindebereich einen Wärmeleitkoeffizienten aufweist, der größer als 65 W/m K ist.
13. Zündkerze nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumen (V_a) des Atmungsraumes in mm^3 zur Querschnittsfläche (Q) in mm^2 im Bereich des Gewindes in einem Verhältnis (V_a/Q) steht, das größer als 0,16 mm, jedoch kleiner als 0,30 mm ist.
14. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Summe der stirnseitigen Oberflächen (O), die die Mittelelektrode (2) und die Masseelektroden (4) inklusive der Masseelektrodenträger (3) und des Sterns der Mittelelektrode (2) aufweisen, zur gesamten Querschnittsfläche (Q) der Zündkerze am brennraumseitigen Gewindeende ein Verhältnis (O/Q) aufweist, das größer ist als 0,50.
15. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dicke (H_2) der Mittelelektrode (2) und/oder Masseelektrode (4) entlang der Längsachse der Mittelelektrode (2) zur Gesamtlänge der jeweiligen Masseelektrodenkante (22) der Mittelelektrode (2) in einem Verhältnis steht, dessen Wertebereich zwischen minimal 0,03 und maximal 0,1 variieren kann.
16. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Elektrodenoberfläche der Mittelelektrode (2) größer ist als 35 mm^2 .
17. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die maximale Distanz (A_1) zwischen der Spitze der Masseelektrode (4) und dem brennraumseitigen Gewindeansatz (10) der Zündkerze geringer ist als das 0,5-fache des Durchmessers (D) des Gewindes.
18. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Elektrodenspalt (5) in Richtung der Zündkerzenlängsachse eine definierte Kontur aufweist, wobei in einem oberen, einem Brennraum bzw. einer Vorkammer eines Ottomotors zugewandten Bereich die angrenzenden Elektrodenflächen parallel zueinander angeordnet sind und im unteren, dem Atmungsraum zugewandten Bereich eine Aufweitung des Elektrodenspalt (5) vorgesehen ist, in einer Art und Weise, dass der Abstand der gegenüberliegenden Elektrodenflächen an einer Stelle, die um ein Sechstel der Elektrodendicke bzw. der Spalthöhe H_2 oberhalb der Unterkante der Elektroden liegt, mindestens das Doppelte des Abstands der Elektroden im oberen, parallelen Bereich des Elektrodenspalt (5) beträgt, bezogen auf den Neuzustand der Zündkerze.
19. Ottomotor, insbesondere Gas-Ottomotor, mit einem Brennraum bzw. einer Vorkammer, umfassend eine Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Grundkörper (6) der Zündkerze zwischen je zwei Masseelektroden (4) kanalförmige Freistellungen vorgesehen sind, die den Atmungsraum der Zündkerze mit dem Brennraum bzw. der Vorkammer eines Ottomotors verbinden und über die der Druckausgleich sowie ein Flammendurchtritt nach der Zündung erfolgt, wobei die Summe (Q_f) der Querschnittsflächen der Strömungskanäle senkrecht zur Strömungsrichtung zur gesamten Querschnittsfläche

(Q) der Zündkerze am brennraumseitigen Gewindeende in einem Verhältnis (Q_f/Q) steht, das größer ist als 0,03.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

1/4

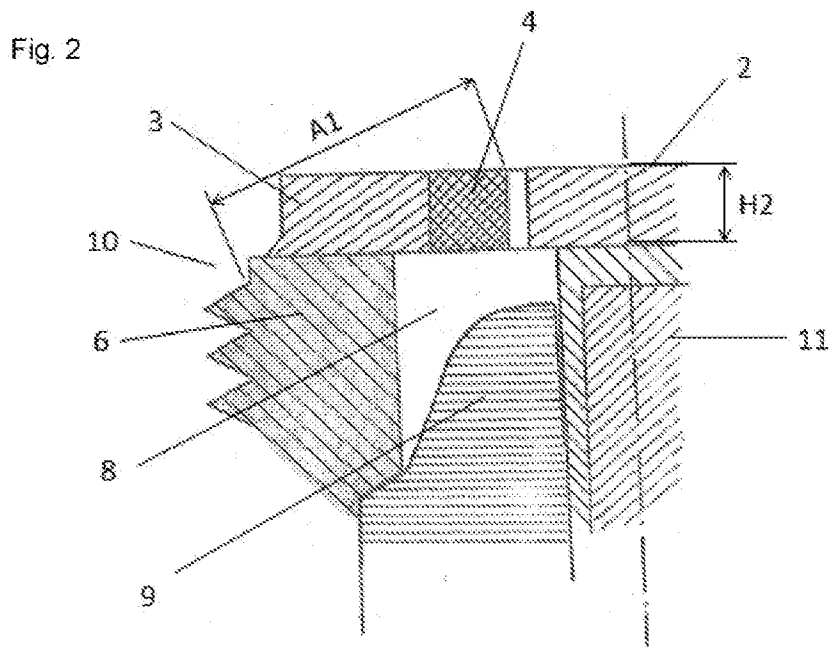
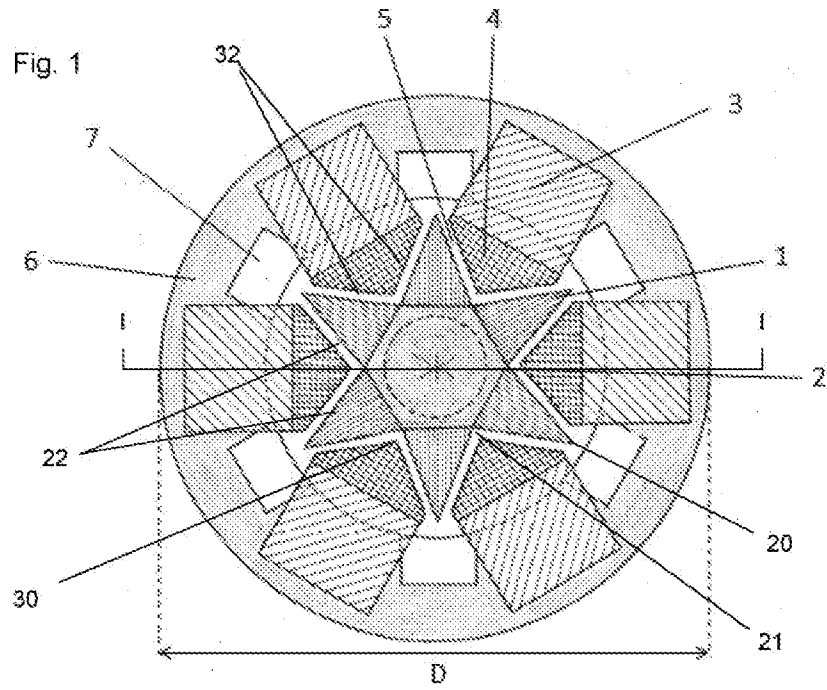


Fig. 3

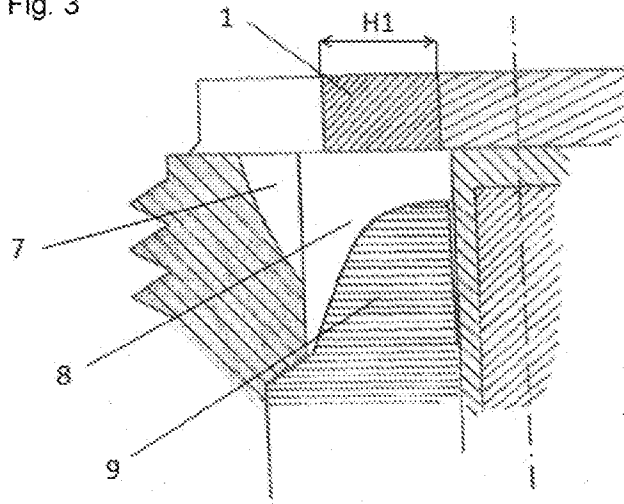


Fig. 4

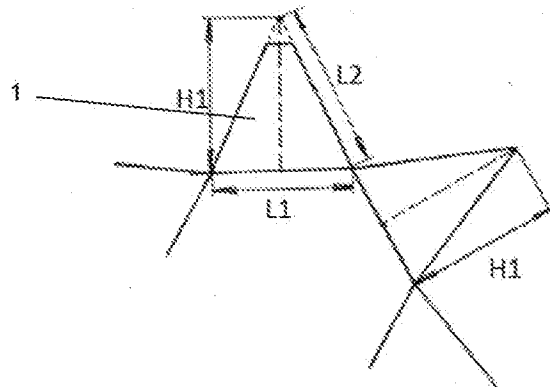


Fig. 5

