

(19)



(11)

**EP 2 803 827 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**04.01.2023 Patentblatt 2023/01**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F01L 3/14** <sup>(2006.01)</sup> **B21K 1/22** <sup>(2006.01)</sup>  
**B23P 15/00** <sup>(2006.01)</sup> **F01L 3/20** <sup>(2006.01)</sup>

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**18.11.2015 Patentblatt 2015/47**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F01L 3/20; F01L 3/14**

(21) Anmeldenummer: **14152509.7**

(22) Anmeldetag: **24.01.2014**

(54) **Metallisches Hohlventil**

Metallic hollow valve

Soupape creuse métallique

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **28.02.2013 DE 102013203443**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.11.2014 Patentblatt 2014/47**

(73) Patentinhaber: **Mahle International GmbH  
70376 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Kroos, Peter  
71277 Rutesheim (DE)**

• **Luven, Christoph  
70376 Stuttgart (DE)**  
• **Schacherer, Roland  
78187 Geisingen (DE)**

(74) Vertreter: **BRP Renaud & Partner mbB  
Rechtsanwälte Patentanwälte  
Steuerberater  
Königstraße 28  
70173 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 619 419 EP-A1- 2 357 326  
EP-A2- 0 911 493 DE-A1- 19 804 053  
US-A- 2 627 259 US-A- 3 378 904**

**EP 2 803 827 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein metallisches Hohlventil einer Brennkraftmaschine mit einem rohrförmigen Schaft und einem daran angebundenen Ventilteller gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Die zunehmenden thermischen Belastungen in Verbrennungsmotoren, insbesondere in PKW-Motoren, erfordern es zunehmend, auch Bestandteile derselben, wie beispielsweise die Gaswechselventile, kurz auch Ventile genannt, zu kühlen. Hierfür werden sogenannten Hohlventile mit einem innenliegenden Kühlmedium verwendet.

**[0003]** Aus der EP 2 541 000 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von metallischen Hohlventilen bekannt, bei welchem mittels entsprechender Stempel das Ventil sukzessive verformt, insbesondere dessen Schaft verjüngt wird.

**[0004]** Aus der DE 10 2010 051 871 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von metallischen Hohlventilen für den Gasaustausch einer Brennkraftmaschine bekannt, wobei die Hohlräume der das Ventil bildenden Hohlteile miteinander verbunden sind und wobei diese Hohlräume wenigstens teilweise durch elektrochemische Metallabtragung hergestellt sind. Hierzu wird zunächst der Ventilschaft der Länge nach durchgebohrt, wobei anschließend der Hohlraum im Ventilkopf als Erweiterungsbohrung quer zur Längsachse des Ventilschafts erzeugt wird. Mittels des beschriebenen Verfahrens soll insbesondere die Herstellung von Hohlventilen vereinfacht und zugleich deren Qualität verbessert werden können.

**[0005]** Aus der DE 10 2012 209 187 A1 ist wiederum ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Hohlventils einer Brennkraftmaschine bekannt, bei dem in einen als Schmiedebirne ausgebildeten Rohling eine Bohrung eingebracht wird. Ein späterer Ventilkopf wird anschließend durch elektrochemisches Abtragen zumindest teilweise ausgehöhlt, wobei anschließend der derart hergestellte Hohlraum mittels eines Stützfluides befüllt und das Hohlventil geschlossen wird. Hierdurch kann das Hohlventil vergleichsweise kostengünstig hergestellt werden.

**[0006]** Aus der DE 10 2011 077 198 A1 ist wiederum ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Hohlventils einer Brennkraftmaschine mit einem in einen Ventilschaft übergehenden Ventilkopf bekannt, bei welchem in den Ventilkopf eine Bohrung eingebracht wird und dieser anschließend durch elektrochemisches Abtragen zumindest teilweise ausgehöhlt wird. Auch hierdurch soll prinzipiell die Herstellung derartiger metallischer Hohlventile verbessert werden.

**[0007]** Aus der EP 2 357 326 A1 ist ein gattungsgemäßes metallisches Hohlventil einer Brennkraftmaschine mit einem rohrförmigen Schaft mit einem Hohlraum und einem daran angebundenen Ventilkopf bekannt.

**[0008]** Generell gilt für metallische Hohlventile, dass diese leichter sind als Vollventile und bei Füllung mit einem Kühlmedium, wie beispielsweise Natrium, eine ver-

besserte Wärmeabfuhr bieten. Bei Ottomotoren führt ein Hohlventil, das eine besonders gute Wärmeableitung bietet, zu einer Verschiebung der Klopfgrenze und damit zu einem besonders vorteilhaften Betrieb. Das Klopfen bezeichnet das unkontrollierte Zünden des Benzin-Luft-Gemisches aufgrund zu hoher Temperatur und Druck. Dies führt zu Schlägen in der Brennkraftmaschine mit hohen mechanischen und thermischen Belastungen, welche schlussendlich die Lebensdauer und den Wirkungsgrad negativ beeinträchtigen. Kann die Klopfgrenze jedoch angehoben werden, wird eine höhere Verdichtung im Zylinder möglich, die zu einer deutlichen Effizienzsteigerung im Verbrennungsprozess und damit zu einer höheren Leistung bei geringerem Kraftstoffverbrauch führt.

**[0009]** Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich daher mit dem Problem, für ein metallisches Hohlventil der gattungsgemäßen Art eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die eine erhöhte Klopfgrenze ermöglicht.

**[0010]** Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die Klopfgrenze in einer Brennkraftmaschine anzuheben, indem die in dieser Brennkraftmaschine eingesetzten Ventile (Gaswechselventile) als sehr dünnwandige Hohlventile ausgebildet werden und dadurch besonders effektiv zu kühlen sind. Das erfindungsgemäße metallische Hohlventil weist hierzu in bekannter Weise einen rohrförmigen Schaft sowie einen daran angebundenen Ventilkopf auf. Der Schaft besitzt erfindungsgemäß einen Außendurchmesser zwischen 5,0 und 6,0 mm sowie einen Innendurchmesser zwischen 3,0 und 4,6 mm, wodurch eine Wandstärke des Schaftes im Vergleich zu herkömmlichen Hohlventilen deutlich reduziert werden kann. Im Ventilkopf ist zusätzlich ein Hohlraum vorgesehen, wobei die diesen umgebenden Wände eine Dicke zwischen 1,0 und maximal 2,0 mm aufweist und dadurch ebenfalls eine hohe Wärmeübertragung und eine exzellente Kühlung des Hohlventils ermöglicht. Durch die vergleichsweise filigrane Ausbildung des erfindungsgemäßen Hohlventils kann insbesondere eine effektive Kühlung an der planen und dem Brennraum zugewandten Ventilkopfunterseite erreicht werden, welche dazu beiträgt, die Klopfgrenze zu verschieben, das heißt anzuheben, und dadurch die mechanischen und thermischen Belastungen der Brennkraftmaschine, hervorgerufen durch das Klopfen, zu senken. In dem erfindungsgemäßen filigranen Ventil kann darüber hinaus eine höhere Verdichtung im Zylinder erzielt werden, die zu einer deutlichen Effizienzsteigerung im Verbrennungsprozess und damit zu einer höheren Leistung bei gleichzeitig geringerem Kraftstoffverbrauch führt. Dabei ist der Hohlraum im Ventilkopf durch elektrochemisches Abtragen hergestellt, wobei der Hohlraum im Wesentlichen rund, ellipsoidisch oder kegelför-

mig ausgebildet ist. Das elektrochemische Abtragen bietet dabei die Möglichkeit, ohne großen mechanischen Aufwand und ohne Einsatz komplizierter Werkzeuge einen möglichst großen Hohlraum im Ventilkopf zu schaffen. Das elektrochemische Abtragen stellt dabei einen äußerst genau kontrollierbaren Prozess dar, sodass die erfindungsgemäßen metallischen Hohlventile mit gleichbleibend hoher Qualität hergestellt werden können. Der Schaft kann dabei ebenfalls durch elektrochemisches Abtragen erweitert werden, wobei dieser üblicherweise zunächst gebohrt wird.

**[0012]** Zweckmäßig beträgt eine Oberflächenrauheit  $R_z$  einer Innenwand des Hohlraums  $> 10 \mu\text{m}$ , insbesondere  $R_z > 16 \mu\text{m}$ . Durch die vergleichsweise große Oberflächenrauheit an der Innenwand des Hohlraums im Ventilkopf steht eine vergrößerte Wärmeübertragungsfläche zur Verfügung, die einen Wärmetausch positiv beeinflusst und damit auch die Kühlung der erfindungsgemäßen Hohlventile. In gleicher Weise ist auch die Oberflächenrauheit einer Innenwand im Schaft des Hohlventils gestaltet.

**[0013]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung ist das Hohlventil aus X45CrSi9-3, aus X50CrMnNiNbN21-9, aus NiCr20TiAl, oder aus NCF 3015 (Ni 30%, Cr 15%) Stahl hergestellt. Derartige hochlegierte Stähle erlauben erst die filigrane Ausbildung des erfindungsgemäßen Hohlventils und weisen darüber hinaus einen vergleichsweise hohen Verschleißwiderstand auf. Derartige hochlegierte Stähle besitzen darüber hinaus üblicherweise eine hohe Korrosionsbeständigkeit und insbesondere auch eine hohe Beständigkeit gegen aggressive Chemikalien, wie beispielsweise Öle oder Verbrennungsabgase, sodass sie besonders geeignet für den Einsatz bei derartigen metallischen Hohlventilen in Brennkraftmaschinen sind.

**[0014]** Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus der Zeichnung und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnung.

**[0015]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0016]** Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**[0017]** Die einzige Figur 1 zeigt einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes metallisches Hohlventil.

**[0018]** Entsprechend der Figur 1, weist ein erfindungsgemäßes metallisches Hohlventil 1 einer im Übrigen nicht gezeigten Brennkraftmaschine einen rohrförmigen Schaft 2 sowie einen daran angeordneten Ventilkopf 3 auf. Der Schaft 2 und der Ventilkopf 3 sind dabei üblicherweise einstückig ausgebildet. Um nun eine möglichst effiziente Kühlung des metallischen Hohlventils 1 erreichen zu können, ist dieses filigran, das heißt mit ver-

gleichsweise dünnen Wandstärken  $b_1$ ,  $b_2$  und  $b_3$  ausgestattet, wobei die Wandstärke  $b_1$  im Bereich eines einem nicht gezeigten Brennraum zugewandten Ventilkopfbodens ist, wogegen die Wandstärke  $b_2$  im Bereich einer Ventilkhele 6 gemessen wird. Die Wandstärke  $b_3$  bezieht sich auf die Dicke der Wand im Bereich des Schafts 2. Durch die dünnen Wandstärken  $b_1$ ,  $b_2$  und  $b_3$  wird jedoch nicht nur eine verbesserte Kühlung des metallischen Hohlventils 1 erreicht, sondern auch eine Erhöhung der Klopfgrenze der Brennkraftmaschine, wodurch ein unkontrolliertes Zünden eines Benzin-Luft-Gemisches mit den damit verbundenen hohen mechanischen und thermischen Belastungen vermieden, zumindest aber stark reduziert werden kann. Die dünnen Wandstärken bewirken dabei die Erhöhung der Klopfgrenze. Um dies zu erreichen, weist das erfindungsgemäße metallische Hohlventil 1 im Bereich seines Schaftes 2 einen Außendurchmesser  $d_a$  auf, der zwischen 5 und 6 mm liegt. Ein Innendurchmesser  $d_i$  liegt im Bereich des Schaftes 2 zwischen 3,0 und 4,6 mm, sodass die Wandstärke  $b_3$  zwischen circa 0,7 und 1,5 mm liegt. Selbstverständlich kann die Wandstärke  $b_3$  toleranzbedingt auch zwischen ca. 0,5 und 1,5 mm liegen, wobei vorzugsweise der Innendurchmesser  $d_i$  bei 4,6 mm liegt, sofern der Außendurchmesser  $d_a$  bei 6 mm liegt. Im Ventilkopf 3 ist dabei ein Hohlraum 4 vorgesehen, der zusammen mit einem im Schaft 2 angeordneten Hohlraum 5 einen Aufnahme-  
raum für ein Kühlmittel, beispielsweise Natrium, bildet. Eine den Hohlraum 4 umgebende Wand weist dabei im Bereich des Ventilkopfbodens eine Dicke  $b_1$  zwischen 1 und 2 mm auf, ebenso wie im Bereich einer Ventilkhele 6, sodass auch in diesem Bereich die Dicke  $b_2$  der Wand circa 1 bis 2 mm beträgt.

**[0019]** Um die Wärmeübertragung zwischen dem im Hohlraum 4 und 5 angeordneten Kühlmittel und dem metallischen Hohlventil 1 weiter verbessern zu können, kann vorgesehen sein, dass eine Oberflächenrauheit  $R_z$  einer Innenwand 7 des Hohlraums 4 und des Hohlraums 5 größer als  $10 \mu\text{m}$ , insbesondere größer als  $16 \mu\text{m}$  ist. Durch die erhöhte Oberflächenrauheit  $R_z$  wird die für den Wärmetausch zur Verfügung stehende Fläche vergrößert und dadurch die Wärmeübertragung verbessert.

**[0020]** Generell kann das Hohlventil 1 aus einem hochlegierten Stahl, wie beispielsweise X45CrSi9-3, aus X50CrMnNiNbN21-9, aus NiCr20TiAl oder aus NCF3015 Stahl hergestellt sein. Derartige hochlegierte Stähle ermöglichen die filigrane Ausbildung des erfindungsgemäßen metallischen Hohlventils 1 und sind darüber hinaus beständig gegen aggressive chemische Medien, wie beispielsweise Öle oder Verbrennungsabgase. Zudem besitzen sie einen hohen Verschleiß- und Korrosionswiderstand und besitzen dadurch eine hohe Lebensdauer.

**[0021]** Der Hohlraum 5 im Schaft 2 wird üblicherweise gebohrt, wogegen der Hohlraum 4 im Ventilkopf 3 mittels elektrochemischen Abtragens hergestellt wird. Der Hohlraum 4 kann beispielsweise rund, kegelförmig oder aber auch ellipsoidisch ausgebildet sein. Ein derartiges elek-

trochemisches Abtragen ermöglicht eine einerseits einfache und andererseits höchst genaue Herstellung des Hohlraums 4 und damit auch diesen umgebenden Wände.

[0022] Mit dem erfindungsgemäßen metallischen Hohlventil 1 lässt sich dieses deutlich besser kühlen und dadurch indirekt die Klopfgrenze der Brennkraftmaschine anheben, was nicht nur die Lebensdauer der Brennkraftmaschine erhöht, sondern auch zu einer höheren Leistung bei gleichzeitig geringerem Kraftstoffverbrauch führt. Durch die filigrane Ausführung wird zudem Gewicht eingespart, was sich positiv auf einen Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine auswirkt.

### Patentansprüche

1. Metallisches Hohlventil (1) einer Brennkraftmaschine, mit einem rohrförmigen Schaft (2) mit einem Hohlraum (5) und einem daran angebundenen Ventilkopf (3), wobei

- der Schaft (2) einen Außendurchmesser 5,0 mm <  $d_a$  < 6,0 mm und einen Innendurchmesser 3,0 mm <  $d_i$  < 4,6 mm aufweist,
- im Ventilkopf (3) ein Hohlraum (4) vorgesehen ist,
- eine den Hohlraum (4) umgebende Wand eine Dicke 1,0 mm <  $b_{1,2}$  < 2,0 mm aufweist,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** der Hohlraum (4) im Ventilkopf (3) durch elektrochemisches Abtragen hergestellt ist, und **dass** eine Oberflächenrauheit  $R_z$  einer Innenwand (7) der Hohlräume (4,5) größer als 10  $\mu\text{m}$ , insbesondere größer als 16  $\mu\text{m}$ , ist.

2. Hohlventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** eine den Hohlraum (5) umgebende Wand eine Dicke 0,7 mm <  $b_3$  < 1,5 mm aufweist.
3. Hohlventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Hohlventil (1) aus X45CrSi9-3, aus X50CrMnNiNbN21-9, aus NiCr20TiAl oder aus NCF 3015 Stahl hergestellt ist.
4. Hohlventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der Hohlraum (4) im Wesentlichen rund, ellipsoidisch oder kegelförmig ausgebildet ist.

### Claims

1. A metallic hollow valve (1) of an internal combustion engine, comprising a tubular shaft (2) with a cavity (5) and with a valve head (3) attached to the latter, wherein

- the shaft (2) has an outer diameter of 5.0 mm <  $d_a$  < 6.0 mm and an inner diameter of 3.0 mm <  $d_i$  < 4.6 mm,
- a cavity (4) is provided in the valve head (3),
- a wall surrounding the cavity (4) has a thickness of 1.0 mm <  $b_{1,2}$  < 2.0 mm,

**characterized in that**

the cavity (4) in the valve head (3) is produced by electrochemical removal, and that a surface roughness  $R_z$  of an inner wall (7) of the cavities (4, 5) is greater than 10  $\mu\text{m}$ , in particular greater than 16  $\mu\text{m}$ .

2. The hollow valve according to Claim 1, **characterized in that** a wall surrounding the cavity (5) has a thickness of 0.7 mm <  $b_3$  < 1.5 mm.

3. The hollow valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the hollow valve (1) is produced from X45CrSi9-3, from X50CrMnNiNbN21-9, from NiCr20TiAl or from NCF 3015 steel.

4. The hollow valve according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the cavity (4) is designed to be substantially round, ellipsoidal or conical.

### Revendications

1. Soupape métallique creuse (1) d'un moteur à combustion interne, comportant un arbre de forme tubulaire (2) doté d'une cavité (5) et d'une tête de soupape qui lui est raccordée (3), dans laquelle

- l'arbre (2) présente un diamètre extérieur 5,0 mm <  $d_a$  < 6,0 mm et un diamètre intérieur 3,0 mm <  $d_i$  < 4,6 mm,
- il est prévu dans la tête de soupape (3) une cavité (4),
- une paroi entourant la cavité (4) présente une épaisseur 1,0 mm <  $b_{1,2}$  < 2,0 mm,

**caractérisée en ce que**

la cavité (4) est créée dans la tête de soupape

(3) par enlèvement électrochimique, et qu'une rugosité de surface  $R_z$  d'une paroi intérieure (7) des cavités (4, 5) est supérieure à 10  $\mu\text{m}$ , en particulier supérieure à 16  $\mu\text{m}$ .

5

2. Soupape creuse selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'une paroi entourant la cavité (5) présente une épaisseur**  $0,7 \text{ mm} < b_3 < 1,5 \text{ mm}$ .

10

3. Soupape creuse selon une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la soupape creuse (1) est composée d'acier X45CrSi9-3, X50CrMnNiNbN21-9, NiCr20TiAl ou NCF 3015.

15

4. Soupape creuse selon une des revendications 1 bis 3, **caractérisée en ce que** la cavité (4) a une conformation sensiblement ronde, ellipsoïde ou conique.

20

25

30

35

40

45

50

55

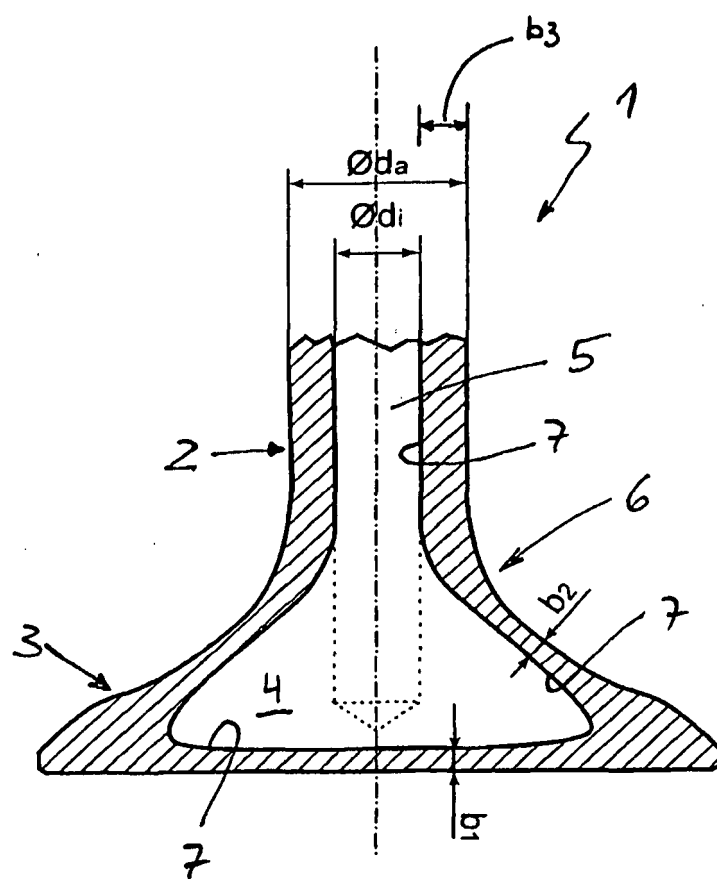


Fig. 1.

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 2541000 A1 **[0003]**
- DE 102010051871 A1 **[0004]**
- DE 102012209187 A1 **[0005]**
- DE 102011077198 A1 **[0006]**
- EP 2357326 A1 **[0007]**