



(11)

EP 2 025 924 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.02.2009 Patentblatt 2009/08

(51) Int Cl.:
F02M 61/16 (2006.01) **F02M 61/18** (2006.01)
F16K 25/00 (2006.01) **F02M 63/00** (2006.01)
F02M 63/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08104759.9**

(22) Anmeldetag: **15.07.2008**

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

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70469 Stuttgart (DE)

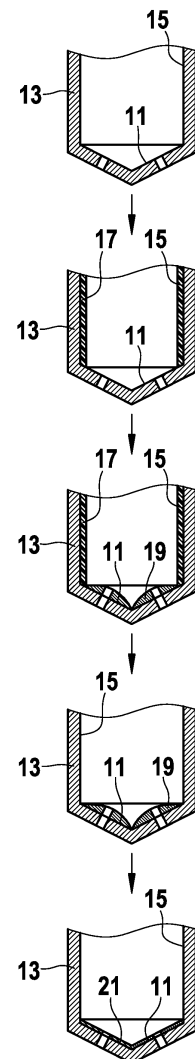
(72) Erfinder:
• **Krings, Norman**
71636 Ludwigsburg (DE)
• **Hackenberg, Juergen**
74343 Sachsenheim (DE)
• **Reitzle, Alexander**
89231 Neu-Ulm (DE)

(30) Priorität: **07.08.2007 DE 102007037219**

(54) **Ventilelement und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Ventilelement zum Verschließen oder Freigeben eines Fluidstroms unter hohem Druck, umfassend ein Schließelement und ein Ventilsitz (11), wobei das Schließelement zum Verschließen in den Ventilsitz (11) gestellt wird. Der Ventilsitz (11) ist mit einer Beschichtung aus einer Formgedächtnislegierung beschichtet. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Ventilelementes sowie die Verwendung eines Ventilelementes.

Fig. 2



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Ventilelement gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Ventilelements sowie dessen Verwendung.

[0002] Insbesondere dann, wenn Fluidströme mit einem hohen Druck abdichtet werden sollen, sind sehr hohe Anforderungen an das Ventilelement zu stellen. So können aufgrund des Drucks des abzudichtenden Fluids Mikroleckagen bzw. Undichtheiten auftreten, die dazu führen, dass auch bei einem geschlossenen Ventilelement Fluid austreten kann. Dies ist insbesondere dann problematisch, wenn die Ventilelemente als Einspritzventile in Verbrennungskraftmaschinen eingesetzt werden. Bei bisherigen gesetzlichen Vorgaben wurden die durch Leckagen bzw. Undichtheiten auftretenden Rest-Kohlenwasserstoffgehalte im Abgas nicht begrenzt. Neue gesetzliche Vorgaben schreiben jedoch auch hier maximale Grenzwerte vor.

[0003] Die Rest-Kohlenwasserstoffgehalte im Abgas treten dadurch auf, dass aufgrund der hohen Drücke, wie diese bei Direkteinspritzsystemen in Verbrennungskraftmaschinen eingesetzt werden, auch bei geschlossenem Ventil Kraftstoff in einen Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine eintreten kann und dieser nicht verbrennt sondern unverbrannt mit dem Abgas aus dem Verbrennungsraum ausgetragen wird. Übliche Drücke, die zur Kraftstoffeinspritzung eingesetzt werden, liegen derzeit bei der Benzin-Direkteinspritzung bei bis zu 150 bar und bei der Diesel-Direkteinspritzung bei bis zu 2000 bar.

[0004] Derzeit wird eine Verringerung der Leckagen durch eine stetige Verkleinerung von Fertigungstoleranzen bei Rundheit und Oberflächengüte der herzustellenden Dichtstrukturen erreicht. Die Toleranzen der Rundheit liegen bei 1 µm und niedriger und die Rauwerte sind sehr viel kleiner als 1 µm. Jedoch ist der Aufwand, derartige Fertigungstoleranzen zu erzielen, sehr groß und übersteigt in zunehmenden Maße den wirtschaftlichen Nutzen.

[0005] Um die Abgaswerte einer Verbrennungskraftmaschine zu verbessern ist z.B. aus DE-A 10 2004 040 760 bekannt, einen Raum zwischen einem Ventilsitzteil mit darin ausgebildetem Ventilsitz und einer Düsenplatte, die stromabwärts vom Ventilsitz angeordnet ist und eine Vielzahl von Düsenlöchern aufweist, zu verändern, um eine Änderung der Spritzeigenschaften zu erzielen. Die Veränderung erfolgt dadurch, dass ein verformbares Element in diesen Raum aufgenommen ist. Das verformbare Element ist z.B. aus einer Formgedächtnislegierung, die aufgrund von Temperatureinflüssen ihre Form verändert. Durch das hier beschriebene Kraftstoffeinspritzventil werden zwar die Spritzeigenschaften verändert und dadurch bessere Abgaswerte erzielt, jedoch wird nicht verhindert, dass auch bei geschlossenem Kraftstoffein-

spritzventil Mikroleckagen und Undichtheiten auftreten können.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

[0006] Eine erfindungsgemäß ausgebildete Vorrichtung zum Abdichten eines Fluidstroms umfasst eine erste Dichtfläche und eine zweite Dichtfläche, wobei die zweite Dichtfläche zum Abdichten des Fluidstroms gegen die erste Dichtfläche gestellt wird. Erfindungsgemäß ist mindestens eine der Dichtflächen mit einer Beschichtung aus einer Formgedächtnislegierung beschichtet.

[0007] Vorteil der Beschichtung mindestens einer der Dichtflächen mit der Formgedächtnislegierung ist es, dass sich die Formgedächtnislegierung unter dem Schließdruck an die Geometrie des Schließelements anpasst, wodurch eine verbesserte Dichtheit des Ventilelements erzielt wird. Des Weiteren ist die Verformung der Formgedächtnislegierung reversibel, so dass eine Anpassung an die Geometrie des Schließelements auch nach vielfachen Öffnungs-Schließ-Zyklen gewährleistet ist.

[0008] Erfindungsgemäß werden für die Beschichtung der Dichtfläche Formgedächtnislegierungen eingesetzt, die eine reversible Formänderung nach Einwirkung einer äußeren Kraft aufweisen. Im Allgemeinen ist bei derartigen Formgedächtnislegierungen eine bis zu 15 %ige reversible Formänderung während der Krafteinwirkung möglich.

[0009] Geeignete Formgedächtnislegierungen sind z.B. Nickel-Titan, Kupfer-Zink-Aluminium, Gold-Cadmium oder Eisen-Mangan-Silizium. Die Funktionsweise der Formgedächtnislegierung beruht im Allgemeinen auf einer reversiblen Umwandlung einer austenitischen in eine martensitische Kristallstruktur. Durch die Reversibilität der Umwandlung nimmt die Formgedächtnislegierung nach dem Ende der Krafteinwirkung ihre ursprüngliche Form wieder an.

[0010] Durch die Beschichtung mindestens einer der Dichtflächen mit der Formgedächtnislegierung können die Toleranz- und Fertigungsanforderungen an die Oberfläche in diesem Bereich z.B. eines Ventilelements wieder auf technisch und wirtschaftlich sinnvolle Maße angehoben werden, ohne dass eine Funktionsbeeinträchtigung des Ventilelementes hinsichtlich der Dichtheitsfunktion stattfinden kann. Die entsprechenden Toleranz- und Fertigungsanforderungen sind z.B. der Rauwert, die Rundheit und die Ebenheit des Ventilsitzes.

[0011] Die erste Dichtfläche ist z.B. ein Ventilsitz eines Ventilelements und die zweite Dichtfläche ist an einem Schließelement des Ventilelements ausgebildet.

[0012] Bei für den Hochdruckbereich geeigneten Ventilen ist das Schließelement im Allgemeinen kugel- oder kegelförmig ausgebildet und der Ventilsitz konisch ausgebildet.

[0013] Zur Herstellung einer erfindungsgemäßen

Dichtfläche wird zunächst die Dichtfläche durch übliche Metallbearbeitungsverfahren geformt. Als Material für die Dichtfläche eignen sich insbesondere hochfeste Stähle, die den Anforderungen an die auftretenden Kräfte durch den hohen Druck standhalten und sich nicht durch auftretende Kräfte verformen lassen. In einem nächsten Schritt wird auf die ausgeformte Dichtfläche eine Formgedächtnislegierung aufgetragen. Die Formgedächtnislegierung kann gegebenenfalls in einem weiteren Schritt nachbearbeitet werden, um die gewünschte Endgeometrie zu erhalten.

[0014] Das Auftragen der Formgedächtnislegierung kann z.B. durch ein elektrochemisches Beschichtungsverfahren erfolgen. Hierbei ist die Formgedächtnislegierung in ionischer Form in einem Elektrolyten enthalten und wird durch Spannungszufuhr auf der Dichtfläche abgeschieden. Um eine Abscheidung nur an den gewünschten Stellen zu erzielen, ist es möglich, dem Fachmann bekannte Maskiertechniken einzusetzen. Hierbei werden die Bereiche der Dichtfläche maskiert, an denen keine Abscheidung der Formgedächtnislegierung erfolgen soll.

[0015] Alternativ ist es auch möglich, die Formgedächtnislegierung in Pulverform auf der Dichtfläche abzuscheiden und das Pulver anschließend zu einer durchgehenden Beschichtung zu sintern. Das Abscheiden kann in diesem Fall durch eine Pulverbeschichtung, eine magnetische Abscheidung oder eine electrophoretische Abscheidung erfolgen. An das Abscheiden schließt sich der Sinterprozess an. Beim Sintern ist jedoch darauf zu achten, dass eine für jede Legierung charakteristische Grenztemperatur nicht überschritten wird, bei der eine vollständige, irreversible Umwandlung der Formgedächtnislegierung in ein rein austenitisches System stattfindet. Durch diese Umwandlung wird die "Gedächtnisfunktion" der Legierung zerstört. Das bedeutet, dass bei einem Sinterprozess oberhalb dieser Temperatur eine Krafteinwirkung auf die Legierung zu einer mechanischen Umformung führt, die nicht mehr reversibel ist.

[0016] Um die für die Dichtfläche gewünschte Geometrie zu erhalten, ist es unter Umständen erforderlich, die abgeschiedene Beschichtung aus der Formgedächtnislegierung nachzubearbeiten. Aufgrund der Gedächtnisfunktion der abgeschiedenen Legierung ist eine mechanische Bearbeitung jedoch nur schwer durchzuführen. Aus diesem Grund werden vorzugsweise kraft- und berührungslose Bearbeitungsverfahren eingesetzt. Derartige kraft- und berührungslose Bearbeitungsverfahren sind z.B. elektrochemische oder chemische Verfahren. Geeignete elektrochemische Verfahren sind z.B. eine elektrochemische Metallbearbeitung, bei der zwischen der zu bearbeitenden beschichteten Dichtfläche und einer Elektrode, die eine Negativform der zu erzielenden Geometrie darstellt, eine Spannung angelegt wird und durch die Spannung Metall aus der zu bearbeitenden Dichtfläche herausgelöst wird. Weitere geeignete elektrochemische Verfahren sind z.B. elektrochemisches Polieren oder electrodischarge-machining. Beim elektro-

chemischen Polieren werden mittels einer Formelektrode, einem hochviskosen Elektrolyten und elektrischem Strom Unebenheiten von der Oberfläche entfernt. Dieses Verfahren ist jedoch nicht für den Abtrag massiver Materialmengen geeignet, sondern wird zum Finishen einer Struktur verwendet. Beim electro-dischargemachining werden Strukturen mittels eines lokal induzierten Hochenergieplasmas erzeugt. Hierdurch können in kurzer Zeit große Mengen an Material abgetragen werden.

[0017] Geeignete rein chemische Verfahren sind z.B. Ätzen, Beizen oder Ähnliche.

[0018] Ein mit einer erfindungsgemäßen Dichtfläche hergestelltes Ventilelement eignet sich z.B. als Einspritzventil in einem Kraftstoffinjektor, als Hydraulikventil oder als Ventil zur Brennstoffzufuhr in einer Brennstoffzelle. Hierbei handelt es sich jeweils um Verfahren, bei denen ein unter hohem Druck stehender Fluidstrom abgesperrt oder freigegeben werden muss. Insbesondere ist es jeweils unerwünscht, dass bei geschlossenem Ventilelement Fluid aufgrund von Leckageströmungen oder Undichtigkeiten durchtreten kann.

[0019] Durch das erfindungsgemäße Verfahren lassen sich Dichtstrukturen für Hochdruckanwendungen kostengünstig herstellen, da aufwendige und teure Hochpräzisionsverfahren, z.B. Innenschleifen, Honen oder Prägen, ersetzt werden können. Zudem lässt sich durch das erfindungsgemäße Verfahren die Dichtheit bestehender Ventile erhöhen. Hierdurch lassen sich auch zukünftige, gesetzliche Richtlinien gegebenenfalls mit derzeit eingesetzten Ventilen erzielen, indem diese erfindungsgemäß bearbeitet werden.

[0020] Neben der Beschichtung eines Ventilsitzes mit der Formgedächtnislegierung oder der Dichtfläche eines Schließelementes ist es auch möglich, z.B. Dichtflächen von Flachdichtungen mit der Formgedächtnislegierung zu beschichten. Die Beschichtung mit der Formgedächtnislegierung ist insbesondere dann bevorzugt, wenn die Dichtfläche z.B. durch Druckpulsationen schwingend beansprucht wird. Ein solches Pulsieren des Druckes tritt z.B. in Hochdruck-Einspritzanlagen von Verbrennungskraftmaschinen auf. Dieses Pulsieren führt zu Undichtigkeiten, die durch das Beschichten mindestens einer Dichtfläche mit der Formgedächtnislegierung verhindert werden können.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0021] Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0022] Es zeigen

Figur 1 ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm einer Formgedächtnislegierung,

Figur 2 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur

Beschichtung eines Ventilsitzes.

Figuren 3a - 3c einen Öffnungs- und Schließvorgang eines erfindungsgemäß ausgebildeten Ventils.

Ausführungsformen der Erfindung

[0023] In Figur 1 ist ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm einer Formgedächtnislegierung dargestellt.

[0024] In einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm 1, wie es in Figur 1 dargestellt ist, ist auf der Ordinate 3 die Spannung σ und auf der Abszisse die Dehnung ϵ aufgetragen. Das hier dargestellte Spannungs-Dehnungs-Diagramm 1 zeigt das Verhalten exemplarisch für eine Legierung aus Nickel und Titan. Mit steigender Spannung σ nimmt die Dehnung ϵ zunächst nur leicht zu. In diesem Bereich wird die in austenitischer Phase vorliegende Formgedächtnislegierung elastisch verformt. Sobald die Spannung σ jedoch einen Grenzwert überschritten hat, erfolgt eine starke Zunahme der Dehnung ϵ bei konstanter Spannung σ durch Umwandlung der austenitischen Metallphase in eine martensitische Metallphase. Dies ist in der oberen Kurve 7 ersichtlich, die den Dehnungsverlauf bei zunehmender Spannung σ zeigt. Bei dem Aufbringen der Spannung σ ist darauf zu achten, dass die Dehnungsgrenze nicht überschritten wird, damit die Formänderung reversibel bleibt. Die untere Kurve 9 zeigt den Verlauf bei abnehmender Spannung. Hierbei ist zu erkennen, dass bei stark abnehmender Spannung zunächst eine geringe Rückbildung der Dehnung ϵ durch elastische Entlastung der martensitischen Metallphase erfolgt. Dieses Verhalten führt zu der in Figur 1 erkennbaren Hysterese. Wird bei weiterer Entlastung ein bestimmter Grenzwert unterschritten, so wandelt sich das martensitische Gefüge bei konstanter Spannung und stark abnehmender Dehnung wieder in ein austenitisches Gefüge um, bis der Ausgangspunkt des Spannungs-Dehnungs-Diagrammes erreicht wird.

[0025] Aufgrund der Gemeinsamkeit, dass das Verhalten der Formgedächtnislegierungen auf eine Kristallumwandlung von der austenitischen in die martensitische Struktur und zurück zurückzuführen ist, ähneln sich die Spannungs-Dehnungs-Diagramme für unterschiedliche Formgedächtnislegierungen, bei denen eine Verformung aufgrund von Krafteinwirkung auftritt, die bei Rücknahme der Krafteinwirkung reversibel ist.

[0026] Daraus, dass sich die Kurven 7, 9 an den Belastungsgrenzen, d.h. bei minimaler Spannung σ bzw. maximaler Spannung σ berühren, ist ersichtlich, dass während der Belastung keine plastische Umformung stattfindet sondern die Formgedächtnislegierung die ursprüngliche Form wieder annimmt.

[0027] Neben Nickel-Titan sind weitere geeignete Formgedächtnislegierungen, wie zuvor schon beschrieben, Kupfer-Zink-Aluminium, Gold-Cadmium oder Eisen-Mangan-Silizium.

[0028] In Figur 2 ist schematisch ein Verfahren zur Be-

schichtung eines Ventilsitzes dargestellt.

[0029] Zur Herstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten Ventilelementes wird in einem ersten Schritt aus einem beliebigen Material ein Ventilsitz 11 geformt. In der hier dargestellten Ausführungsform ist der Ventilsitz 11 ein Ventilsitz für ein Einspritzventil, wie es in Verbrennungskraftmaschinen eingesetzt wird. Der Ventilsitz 11 ist hierbei in einem Düsenkörper 13 ausgebildet. Der Düsenkörper 13 umfasst Seitenwände 15 und den Ventilsitz 11. Der Ventilsitz 11 ist in der hier dargestellten Ausführungsform konisch ausgebildet. Im Ventilsitz 11 ist mindestens eine Einspritzöffnung ausgebildet, die hier jedoch nicht dargestellt ist. Die Form und Geometrie der Einspritzöffnung ist dem Fachmann bekannt und davon abhängig wie der Kraftstoff in die Verbrennungskraftmaschine eingespritzt werden soll.

[0030] Das Ausbilden des Ventilsitzes 11 im Düsenkörper 13 erfolgt durch ein beliebiges, dem Fachmann bekanntes Bearbeitungsverfahren. Üblicherweise wird der Ventilsitz 11 durch spanende Verfahren hergestellt. Weitere geeignete Verfahren zur Herstellung des Ventilsitzes 11 im Düsenkörper 13 sind jedoch auch Umformen, z.B. Tiefziehen oder Prägen, oder die elektrochemische Metallbearbeitung (ECM).

[0031] Als Material für den Düsenkörper eignen sich alle Materialien, die sich bei den auftretenden Kräften, die aufgrund des hohen Druckes des Fluids, das durch das Ventil fließt, nicht verformen. Bevorzugt als Material für den Düsenkörper 13 sind Metalle, insbesondere hochfeste Stähle.

[0032] Um zu vermeiden, dass Bereiche des Düsenkörpers 13 beschichtet werden, die nicht beschichtet werden sollen, wird in einem ersten Schritt eine Maskierung 17 aufgetragen. In der hier dargestellten Ausführungsform sind die Seitenwände 15 mit der Maskierung 17 versehen. Als Material für die Maskierung eignen sich z.B. Kunststoffe, Lacke oder Keramiken. Das Aufbringen der Maskierung 17 erfolgt z.B. durch lithographische Verfahren (Photolithographie) oder durch mechanisches Einpressen bzw. Einsetzen von Kunststoff- bzw. Keramikhülsen. Die Keramik muss hierbei so eingesetzt werden, dass sie relativ einfach wieder entfernbar ist, z.B. durch Einsatz eines Keramikinlays.

[0033] Bei einem Verfahren, bei dem die Formgedächtnislegierung gezielt auf den Ventilsitz 11 aufgetragen werden kann, kann auf die Maskierung 17 verzichtet werden. Dies ist z.B. dann möglich, wenn sich die Formgedächtnislegierung z.B. durch ein Druckverfahren oder lokale elektrochemische Abscheidung aufbringen lässt.

[0034] In einem dritten Schritt wird eine Rohbeschichtung 19 auf den Ventilsitz 11 aufgetragen. Die Rohbeschichtung 19 besteht dabei aus einer Formgedächtnislegierung. Durch die Maskierung 17 wird vermieden, dass die Rohbeschichtung 19 auch auf die Seitenwände 15 aufgetragen wird. Anstelle der Seitenwände 15 ist es auch möglich, dass beliebige andere Bereiche des Düsenkörpers 13 mit der Maskierung 17, die nicht mit der Rohbeschichtung 19 aus der Formgedächtnislegierung

beschichtet werden sollen, abgedeckt werden. So ist es z.B. auch möglich, vorgegebene Bereiche des Ventilsitzes 11 zu maskieren, die nicht mit der Formgedächtnislegierung beschichtet werden sollen.

[0035] Das Aufbringen der Rohbeschichtung 19 aus der Formgedächtnislegierung erfolgt z.B. durch elektrochemische Abscheidungsverfahren, durch Pulverbeschichtung, durch magnetische Abscheidung oder elektrophoretische Abscheidung.

[0036] Bei elektrochemischer Abscheidung der Formgedächtnislegierung auf dem Ventilsitz 11 bildet sich direkt eine homogene, zusammenhängende Beschichtung aus. Bei den anderen Beschichtungsverfahren, d.h. bei Pulverbeschichtungsverfahren, magnetischer Abscheidung oder elektrophoretischer Abscheidung der Formgedächtnislegierung wird diese in Form von Partikeln auf den Ventilsitz 11 aufgebracht. Nach dem Aufbringen der Formgedächtnislegierung liegt diese weiterhin in Pulverform vor und bildet noch keine fest haftende Schicht. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Partikel nach dem Abscheiden miteinander zu verbinden.

[0037] Die Partikel, die auf dem Ventilsitz 11 abgeschieden werden, haben üblicherweise eine Größe im Mikrometer- oder Nanometerbereich. Die Partikelgröße ist unter anderem davon abhängig wie dick die Rohbeschichtung 19 werden soll. Die Dicke der Rohbeschichtung 19 ist abhängig von den Verformungseigenschaften des verwendeten Materials und liegt üblicherweise in einem Bereich von 20 μm bis zu 100 μm .

[0038] Wenn die Rohbeschichtung 19 in Form von pulverförmigen Partikeln auf den Ventilsitz 11 aufgebracht wurde, werden diese in einem nächsten Schritt miteinander verbunden. Dieses erfolgt im Allgemeinen durch Sintern. Geeignete Sinterverfahren, mit denen die Pulverpartikel der Rohbeschichtung 19 untereinander verbunden werden können, sind z.B. Lasersintern oder die lokale Induzierung eines hochfrequenten magnetischen Wechselfeldes, der so genannte Hall-Effekt, einsetzbar. Nach dem Sintern wird die Maskierung wieder entfernt. Dies kann bei Kunststoffmaskierungen durch Lösen des Kunststoffes in geeigneten Lösungsmitteln geschehen. Keramikinlays werden aus dem zu beschichtenden Bauteil herausgezogen. Hierdurch wird ein Düsenkörper 13 erhalten, bei dem der Ventilsitz 11 mit der Rohbeschichtung 19 versehen ist und die Seitenwände 15 unbeschichtet sind.

[0039] In Abhängigkeit vom eingesetzten Beschichtungsverfahren ist es möglich, dass die Geometrie der Rohbeschichtung 19 nicht der gewünschten Endgeometrie entspricht. Wenn dies der Fall ist, ist es erforderlich die Rohbeschichtung 19 nachzubearbeiten, um die gewünschte Endgeometrie zu erzielen. Aufgrund der Formgedächtniseigenschaften, der Formgedächtnislegierung der Rohbeschichtung 19 sind rein mechanische Bearbeitungen schwer durchführbar. Aus diesem Grund werden zur Nachbearbeitung elektrochemische oder chemische Verfahren bevorzugt. Als elektrochemische Verfahren zur Nachbearbeitung eignen sich z.B. eine elektro-

chemische Metallbearbeitung, elektrochemisches Polieren, electro-dischargemachining. Auch alle weiteren, dem Fachmann bekannten elektrochemischen Verfahren, mit denen die Rohbeschichtung 19 bearbeitet werden kann, sind möglich. Geeignete chemische Verfahren zur Nachbearbeitung sind z.B. Ätz- oder Beizverfahren. Auch andere rein chemische Verfahren, die dem Fachmann bekannt sind, und mit denen die Rohbeschichtung 19 bearbeitet werden kann, sind geeignet.

[0040] Üblicherweise wird durch die Nachbearbeitung Material von der Rohbeschichtung 19 abgetragen. Die Dicke der Rohbeschichtung 19 wird somit reduziert. Es wird eine Beschichtung 21 erzielt, deren Geometrie den gewünschten Anforderungen entspricht.

[0041] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Beschichtung von Ventilsitzen lässt sich nicht nur für neue Ventilelemente einsetzen, sondern es können auch bereits hergestellte und im Betrieb befindliche Ventilelemente mit der erfindungsgemäßen Beschichtung versehen werden, um deren Funktion zu verbessern.

[0042] Alternativ zur Beschichtung des Ventilsitzes 11 ist es auch möglich, dass das Schließelement beschichtet wird. Hierbei ist es nur wichtig, dass zwischen dem Ventilsitz 11 und dem Schließelement eine Schicht aus der Formgedächtnislegierung vorhanden ist, um geometrische Unebenheiten zwischen den beiden Elementen auszugleichen.

[0043] In den Figuren 3a, 3b und 3c ist ein Öffnungs- und Schließvorgang eines erfindungsgemäß ausgebildeten Ventils am Beispiel eines Einspritzventils für eine Verbrennungskraftmaschine dargestellt.

[0044] Um Einspritzöffnungen 25 des Ventils zu schließen und damit den Einspritzvorgang in einen Brennraum der Verbrennungskraftmaschine zu beenden, wird das Schließelement 23 mit seiner Dichtfläche 27 in den Ventilsitz 21 gestellt. Der Ventilsitz 11 ist mit der Beschichtung 21 aus der Formgedächtnislegierung beschichtet. Sobald das Schließelement 23 in den Ventilsitz 11 gestellt wird, passt sich die Formgedächtnislegierung der Form der Dichtfläche 27 an. Hierdurch wird ein dichtes Schließen des Ventils erzielt. Das geschlossene Ventil ist in Figur 3b dargestellt. Um den nächsten Einspritzvorgang zu starten wird das Schließelement wie in Figur 3b mit dem Pfeil gezeigt, aus dem Sitz gehoben. Hierdurch werden die Einspritzöffnungen 25 erneut freigegeben und Kraftstoff kann in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine einströmen. Durch die Bewegung des Schließelementes 23 aus dem Ventilsitz 11 nimmt die Formgedächtnislegierung der Beschichtung 21 wieder ihre ursprüngliche Form an. Dies ist in Figur 3c dargestellt.

[0045] Neben der hier dargestellten Beschichtung eines Ventilsitzes 11 mit der Formgedächtnislegierung ist es zum Beispiel auch möglich, eine Dichtfläche einer Flachdichtung mit der Formgedächtnislegierung zu beschichten, um eine dichte Verbindung zu erzielen, insbesondere dann, wenn die Dichtung pulsierend belastet wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Abdichten eines Fluidstroms, umfassend eine erste Dichtfläche (11) und eine zweite Dichtfläche (27), die zum Abdichten des Fluidstroms gegen die erste Dichtfläche (11) gestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Dichtflächen (11,27) mit einer Beschichtung (21) aus einer Formgedächtnislegierung beschichtet ist. 5
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formgedächtnislegierung eine reversible Formänderung nach Einwirkung einer äußeren Kraft aufweist. 10
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formgedächtnislegierung ausgewählt ist aus Nickel-Titan, Kupfer-Zink-Aluminium, Gold-Cadmium oder Eisen-Mangan-Silizium. 15
4. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Dichtfläche ein Ventilsitz (11) eines Ventilelementes ist und die zweite Dichtfläche (27) an einem Schließelement (23) des Ventilelementes ausgebildet ist. 20
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schließelement kugelförmig oder kegelförmig ausgewählt ist. 25
6. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventilsitz (11) konisch ausgebildet ist. 30
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Dichtfläche und die zweite Dichtfläche als Flachdichtung ausgebildet sind. 35
8. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zum Abdichten eines Fluidstroms gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei zunächst die erste Dichtfläche (11) geformt wird, in einem weiteren Schritt auf die erste Dichtfläche (11) die Formgedächtnislegierung aufgetragen wird und die Formgedächtnislegierung anschließend gegebenenfalls nachbearbeitet wird, um die gewünschte Endgeometrie zu erhalten. 40
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formgedächtnislegierung durch ein elektrochemisches Beschichtungsverfahren aufgetragen wird. 45
10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formgedächtnislegierung durch Pulverbeschichtung, magnetische Abscheidung eines Pulvers oder elektrophoretische Abscheidung aufgetragen und anschließend gesintert wird. 50
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nachbearbeitung mit Kraft- und berührungslosen Verfahren durchgeführt wird. 55
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kraft- und berührungslose Verfahren ein elektrochemisches, chemisches oder erosives Verfahren ist.
13. Verwendung des Ventilelementes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, als Einspritzventil in einem Kraftstoffinjektor für eine Verbrennungskraftmaschine, als Hydraulikventil oder als Ventil zur Brennstoffzufuhr in eine Brennstoffzelle.

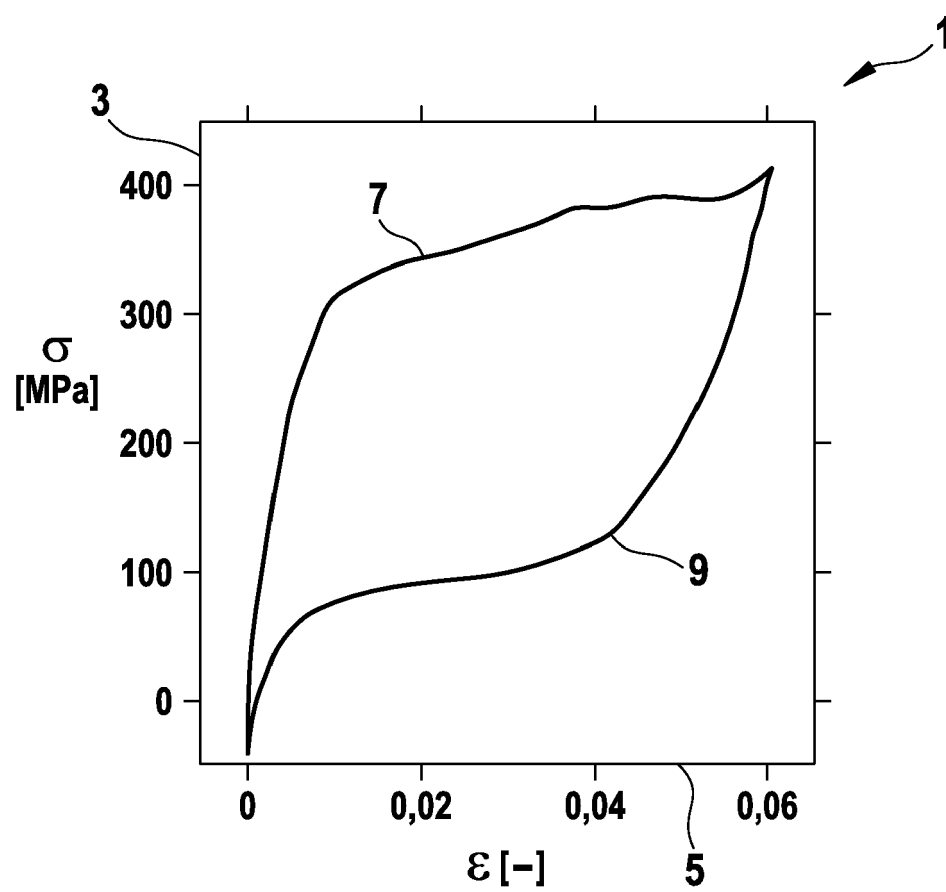
**Fig. 1**

Fig. 2

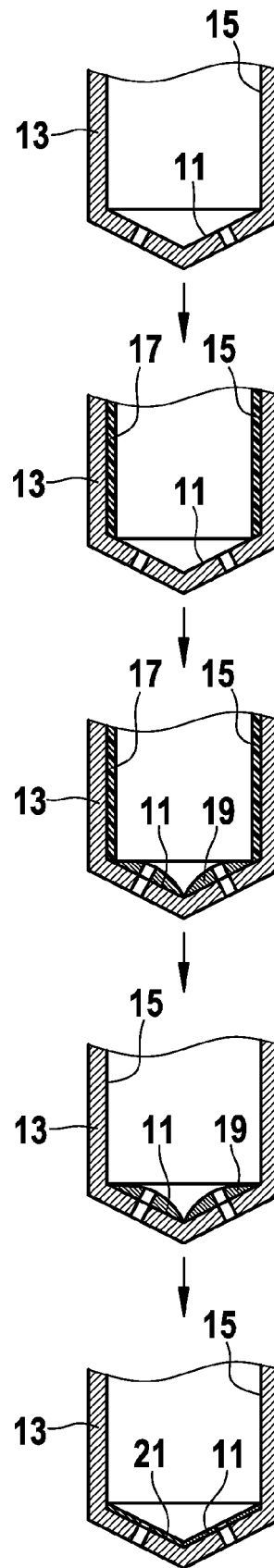


Fig. 3a

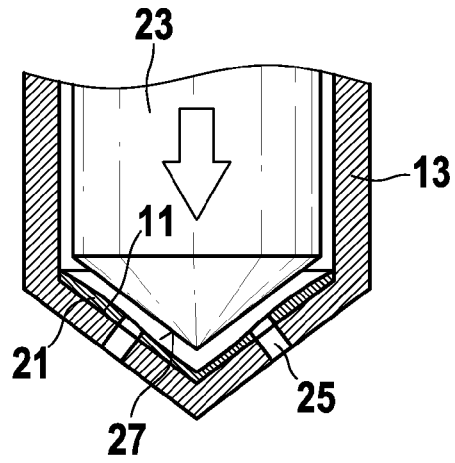


Fig. 3b

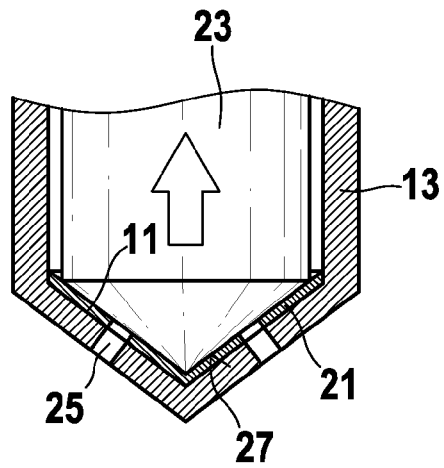
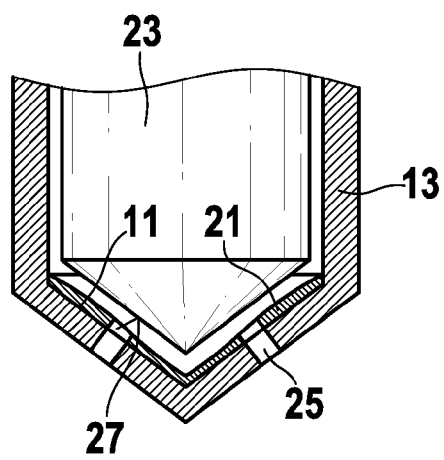


Fig. 3c



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

- DE 102004040760 A [0005]