



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 030 606 A1** 2006.02.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 030 606.0**

(22) Anmeldetag: **24.06.2004**

(43) Offenlegungstag: **23.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F02M 51/06** (2006.01)

F02M 51/00 (2006.01)

F02M 47/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

**Unruh, Marcus, 93197 Zeitlarn, DE; Weiße,
Manfred, 90489 Nürnberg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 195 38 791 C2

DE 199 48 359 A1

DE 199 09 106 A1

DE 101 49 914 A1

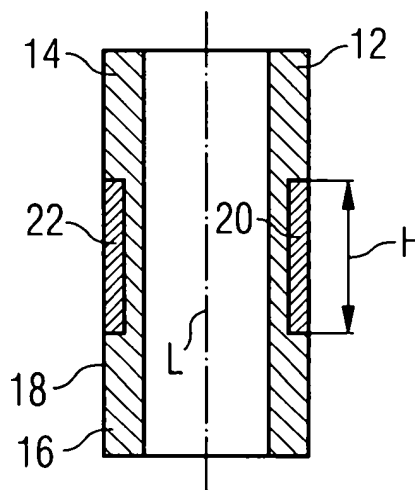
EP 08 69 278 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Piezoelektrischer Stellantrieb für einen Kraftstoffinjektor einer Brennkraftmaschine sowie Verwendung hierfür**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft die Temperaturkompensation bei einem piezoelektrischen Stellantrieb, welcher eine hülsenförmige Gehäuseanordnung (12) und einen darin angeordneten Piezoaktor aufweist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass eine Außenumfangsfläche (18) der Gehäuseanordnung (12) wenigstens eine Aussparung (20) aufweist, in welcher axial passend oder mit geringfügigem axialen Spiel wenigstens ein Schubteil (22) aufgenommen ist, welches aus einem Material gebildet ist, das einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt als das der Aussparung (20) benachbarte Material der Gehäuseanordnung (12).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Stellantrieb für einen Kraftstoffinjektor einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie die Verwendung eines derartigen Stellantriebs.

Stand der Technik

[0002] Ein derartiger Stellantrieb ist beispielsweise aus der DE 198 58 085 C1 bekannt und umfasst einen länglichen piezoelektrischen Aktor, dessen bei Ansteuerung resultierende Längenänderung in Axialrichtung auf ein hydraulisches Servoventil eines Kraftstoffinjektors übertragen wird. Hierzu steht eine Bodenplatte des Piezoaktors über einen Hebelübersetzer mit einem axial geführten Ventilkolben des Servoventils in Wirkverbindung. Die vom Piezoaktor mittels des Hebelübersetzers auf den Ventilkolben übertragene Bewegung wird im Kraftstoffinjektor zum Öffnen und Schließen eines Kraftstoff-Einspritzventils genutzt.

[0003] Die Verwendung eines derartigen Stellantriebs in einer Umgebung mit sich verändernder Temperatur ist insofern problematisch, als es hierbei auf Grund der thermischen Ausdehnung der verwendeten Werkstoffe zu Längenänderungen kommt, die sich in unerwünschter Weise auf die Funktion und Ansteuercharakteristik des Stellantriebs und somit der damit gesteuerten Komponente (z. B. Einspritzventil) auswirken können. Besonders nachteilig ist hierbei die temperaturabhängige Änderung der axialen Lageverhältnisse im Bereich der Wirkverbindung.

[0004] Bei bekannten Injektorkonstruktionen wird diese Temperaturabhängigkeit oftmals insofern berücksichtigt, als ein mehr oder weniger großer axialer Spalt im Wirkungsweg vom Aktor zu einem Ventilkörper vorgesehen wird, der als Toleranzbereich für eine unerwünschte Abweichung und/oder Änderung der axialen Dimensionen dient. Doch auch bei Vorsehen eines solchen Toleranzspalts wirken sich Temperaturänderungen nachteilig aus, da die Größe des Spalts (Leerhub) verändert wird.

[0005] Aus der DE 195 38 791 C2 ist ein Piezosteuerventil für Kraftstoffeinspritzanlagen bekannt, bei welchem der Piezoaktor in einem als zweiteilige Hülse ausgebildeten Ventilgehäuse angeordnet ist, dessen Hülsenteile koaxial zueinander liegen und aus verschiedenen Werkstoffen mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten bestehen. In einem Ausführungsbeispiel ist ein unterer Hülsenteil aus üblichem Stahl gefertigt, während ein oberer Hülsenteil aus Invar hergestellt ist. Damit ist es möglich, eine annähernd gleiche Längenausdehnung des im Wesentlichen aus Keramik bestehenden Piezoaktors einerseits und des zweiteiligen Ventilgehäuses andererseits zu erhalten, so dass die Summe der Wärme-

dehnungen dieser Hülsenteile der Wärmedehnung des Piezoaktors entspricht. Vorteilhaft können damit temperaturabhängige Änderungen des axialen Abstands zwischen einem Aktorboden und einem in Wirkverbindung damit stehenden Verschlussstück relativ klein gehalten werden. Nachteilig ist bei dieser Lösung jedoch die mangelnde Flexibilität der Temperaturkompensation, da die beschriebene Werkstoffkombination und Gehäusekonstruktion nur eine bestimmte Abhängigkeit zwischen Temperatur und Längenänderung der Piezokeramik kompensieren kann. Ferner ist das zweiteilige, mehrere Materialien kombinierende Ventilgehäuse aufwändiger herzustellen im Vergleich zu einem aus nur einem Material gefertigten Gehäuse.

[0006] Aus der DE 101 30 857 A1 ist ein elektronischer Kompensator für einen piezoelektrischen Stellantrieb bekannt. Zur Kompensation der Wärmeausdehnung bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen wird die Größe eines axialen Spalts im Bereich einer Wirkverbindung zwischen einem als Kappe ausgebildeten Aktorboden und einem als Schaft ausgebildeten Stellglied mittels einer Abtastspule gemessen und über einen Regelkreis kompensiert. Diese Kompensation erfolgt durch Ansteuerung eines hierfür vorgesehenen Satzes von mehreren Sätzen von piezoelektrischen Elementen eines Piezostapels. Nachteilig ist jedoch der zusätzliche Aufwand, der für die Erfassung, Auswertung und Regelung der Spaltgröße erforderlich ist.

[0007] Schließlich ist aus der DE 199 09 106 A1 ein temperaturkompensierter Stellantrieb mit einem Piezoaktor bekannt, der in einem aus drei Hülsen bestehenden Gehäuse angeordnet ist. Diese Hülsen sind form- und/oder kraftschlüssig ineinander gesteckt und zu einem einzigen Bauteil verbunden. Die Werkstoffkombination der drei Hülsen ist hierbei so gewählt, dass deren thermische Ausdehnung an die des Piezoaktors angepasst ist. Nachteilig ist bei dieser Lösung jedoch wieder eine eingeschränkte Flexibilität der Temperaturkompensation zur Anpassung an abgeänderte Stellantriebskonstruktionen. Ferner ist die Bildung des Gehäuses aus drei ineinander gesteckten Hülsen relativ aufwändig in der Werkstoffbearbeitung und Montage.

[0008] Eine auf internen betrieblichen Kenntnissen der Anmelderin beruhende Lösung zur Temperaturkompensation besteht darin, das Stellantriebgehäuse, welches den im Wesentlichen aus Keramik bestehenden Piezoaktor enthält, vollständig aus einer Eisen-Nickel-Legierung mit einem sehr kleinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten herzustellen. Es hat sich hierbei jedoch herausgestellt, dass die thermischen Ausdehnungsunterschiede, die zu der nachteiligen Änderung der axialen Lageverhältnisse im Bereich der Wirkverbindung führen, dadurch überkompensiert werden. Um diese Überkompensation

zu beseitigen, ist es z. B. möglich, anstelle eines aus Stahl hergestellten Stellglieds (Ventilkolben) ein Stellglied aus einem Werkstoff vorzusehen, der gegenüber Stahl einen kleineren thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt (z. B. Cermet). Letztere Maßnahme führt jedoch wieder zu höheren Material- und/oder Bearbeitungskosten für das Stellglied und wieder zu einer mangelnden Flexibilität hinsichtlich der Anpassung der Temperaturkompensation an die konkrete Installationsumgebung und Stellantriebskonstruktion.

Aufgabenstellung

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einem Stellantrieb der eingangs erwähnten Art eine kostengünstige und einfache Temperaturkompensation zu ermöglichen.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Stellantrieb nach Anspruch 1. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0011] Bei dem erfindungsgemäßen Stellantrieb ist vorgesehen, dass eine Außenumfangsfläche der Gehäuseanordnung wenigstens eine Aussparung aufweist, in welcher axial passend oder mit geringfügigem axialen Spiel wenigstens ein Schubteil aufgenommen ist, welches aus einem Material gebildet ist, das einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt als das der Aussparung benachbarte Material der Gehäuseanordnung. Damit ist es in einfacher Weise möglich, den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Gehäusematerials "künstlich zu erhöhen", da das oder die Schubteile zumindest ab einer bestimmten Temperatur eine zusätzliche Dehnung der Gehäuseanordnung in Axialrichtung bewirken. Damit ist es insbesondere möglich, ein sehr einfach aus einem einzigen Material wie die erwähnte Eisen-Nickel-Legierung aufgebautes, jedoch an sich hinsichtlich der verwendeten Piezokeramik überkompensiertes Gehäuse durch entsprechende Gestaltung und Materialauswahl des oder der Schubteile zu optimieren.

[0012] Der Begriff "axial passend oder mit geringfügigem axialen Spiel" bedeutet hierbei, dass die dehrende Wirkung des Schubteils ab einer Grenztemperatur einsetzt, die nicht überhalb der im Betrieb zu erwartenden Maximaltemperatur liegt. Wenn diese Grenztemperatur unterhalb der in der Praxis zu erwartenden Minimaltemperatur liegt, so wirkt das betreffende Schubteil permanent im Sinne einer axialen Dehnung der Gehäuseanordnung. Wenn die Grenztemperatur dagegen innerhalb des in der Praxis zu erwartenden Temperaturbereiches liegt, so gibt es einen Temperaturbereich ohne zusätzliche Dehnungswirkung (unterhalb der Grenztemperatur) und einen Betriebsbereich mit der zusätzlichen Dehnungswirkung (über der Grenztemperatur).

[0013] Der erfindungsgemäße Stellantrieb findet eine vorteilhafte Verwendung z. B. für einen Kraftstoffinjektor eines Common-Rail-Dieseleinspritzsystems, da die beim Betrieb derartiger Systeme auftretenden großen Temperaturschwankungen (typisch z. B. von -40°C bis $+160^{\circ}\text{C}$) durch das oder die Schubteile gut gehandhabt werden können.

[0014] Bei Installationsumgebungen, in denen die Wirkverbindung zwischen Aktorboden und Stellglied einen gewissen Leerhub des Piezoaktors vorsieht, der z. B. durch einen axialen Spalt zwischen Aktorboden und Stellglied oder zwischen anderen Komponenten im Wirkungsweg zwischen Piezoaktor und zu verstellender Einrichtung realisiert wird, ist es vorteilhaft möglich, diesen Leerhub über den gesamten in der Praxis genutzten Temperaturbereich wenigstens annähernd konstant zu halten. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Stellantriebs besteht darin, dass die Anzahl, Anordnung und Gestaltung der Aussparungen) und des bzw. der darin aufgenommenen Schubteile flexibel an die Konstruktion und Temperaturcharakteristik der übrigen Stellantriebkomponenten angepasst werden können. Somit ist es insbesondere möglich, bei Änderungen im Aufbau des Piezoaktors von Ausführung zu Ausführung, die ein geändertes thermisches Ausdehnungsverhalten mit sich bringen können, mit vergleichsweise geringem konstruktiven Aufwand die gewünschte Temperaturkompensation anzupassen. Eine solche Anpassung kann beispielsweise erfolgen durch geringfügige Änderungen bei der Formgebung und Dimensionierung der Aussparungen und der Schubteile.

[0015] Die prinzipiell denkbare Verwendung eines hinsichtlich des thermischen Ausdehnungskoeffizienten speziell gewählten und mithin eher teuren und unter Umständen aufwändig zu bearbeitenden Stellglieds, z. B. aus Cermet, ist entbehrlich. Vielmehr kann kostengünstig für das Stellglied eine Herstellung größtenteils z. B. aus Stahl vorgesehen sein, wobei das Stellglied beispielsweise der Ventilbetätigungskolben eines Hydraulikventils sein kann, welches sich an dem zweiten Ende der Gehäuseanordnung befindet oder sich daran anschließt.

[0016] Bei dem erfindungsgemäßen Stellantrieb ergibt sich eine vergrößerte Freiheit in der Werkstoffauswahl der Bauteile des Stellantriebs sowie damit verbundener Komponenten, was vor allem hinsichtlich des Aspekts der Kosteneinsparung sowie des Aspekts der Flexibilität bei der Konstruktion interessant ist. Die mittels der Schubteile bewirkbare große und individuell an die Gesamtkonstruktion anpassbare Längenänderung in Axialrichtung ermöglicht es, bei der Konstruktion der im Gehäuseinneren befindlichen Stellantriebskomponenten deren thermische Eigenschaften weitgehend außer Acht zu lassen.

[0017] Eine fertigungstechnisch einfache Festle-

gung des Gehäusekopfes am ersten Ende der Gehäuseanordnung lässt sich z. B. durch ein Verschweißen eines Abschnitts des Gehäusekopfes mit der aus Metall oder einer Metalllegierung gebildeten Gehäuseanordnung erreichen.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Piezoaktor als ein in Axialrichtung langgestreckter Piezoelementstapel ausgebildet. Damit lässt sich vorteilhaft eine vergleichsweise große axiale Längänderung bei der Ansteuerung des Aktors bewirken. Die andererseits mit zunehmender Größe des Piezoaktors in Axialrichtung tendenziell zunehmenden thermisch bedingten Ausdehnungsunterschiede in Axialrichtung können hierbei durch das oder die Schubteile kompensiert werden.

[0019] Die Erfindung ist besonders interessant für Gehäusekonstruktionen mit einem vergleichsweise kleinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, der durch die Schubteilanordnung auf ein gewünschtes Ausmaß vergrößert werden kann. In einer Ausführungsform ist daher vorgesehen, dass das der Aussparung benachbarte Material der Gehäuseanordnung einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von weniger als 5×10^{-6} 1/K besitzt. Auch ist es zumeist von Vorteil, wenn das der Aussparung benachbarte Material der Gehäuseanordnung einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, der kleiner als der thermische Ausdehnungskoeffizient des Piezoaktors ist. Beispielsweise kann die Gehäuseanordnung wenigstens teilweise, insbesondere größtenteils oder sogar im Wesentlichen vollständig aus einer Eisen-Nickel-Legierung hergestellt sein.

[0020] Demgegenüber ist es für das Schubteil in vielen Anwendungen bevorzugt, einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von mehr als 5×10^{-6} 1/K vorzusehen. Hierfür eignet sich beispielsweise die Verwendung von Stahl.

[0021] Es ist nicht ausgeschlossen, mehrere, identisch oder unterschiedlich geformte Aussparungen vorzusehen, in welchen jeweils ein oder mehrere Schubteile aufgenommen werden. Bei Verwendung mehrerer Schubteile können diese sich sogar hinsichtlich des Materials und/oder dem axialen Spiel (und damit der erwähnten Grenztemperatur) unterscheiden. Bei Anordnung mehrerer Aussparungen und/oder Schubteile ist es in der Praxis zur Vermeidung einer über den Umfang betrachtet ungleichmäßigen Dehnung, die zu einer Krümmung der Gehäuselängsachse führen würde, bevorzugt, die axiale Schubwirkung in Umfangsrichtung betrachtet möglichst gleichmäßig vorzusehen. Dies entspricht einer gleichmäßigen Verteilung von Schubteilen in Umfangsrichtung. So ist es beispielsweise denkbar, eine in Umfangsrichtung äquidistante Anordnung mehrerer, jeweils mit einem Schubteil versehener Aussparungen vorzusehen, welche dann sogar die gesamte

Wandung des hülsenförmigen Gehäuses durchsetzen können.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Aussparung in Umfangsrichtung ringförmig geschlossen umlaufend ausgebildet ist. In einer solchen Umfangsnut sind dann aus fertigungstechnischen Gründen bevorzugt mehrere schalenförmige Schubteile aufgenommen. Insbesondere können in einer solchen umlaufenden Aussparung zwei schalenförmige Schubteile aufgenommen werden, welche sich zusammen im Wesentlichen um den ganzen Umfang erstrecken. Damit kann eine besonders gleichmäßige axiale Dehnungswirkung gewährleistet werden.

[0023] Im Hinblick auf eine großflächige Einleitung der axialen Schubkraft ist es bevorzugt, wenn an einem oder beiden axialen Enden der Aussparung eine sich im Wesentlichen radial erstreckende Anschlagfläche für das darin aufgenommene Schubteil vorgesehen ist.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Schubteil in die Aussparung eingepresst. Alternativ kann das Schubteil bei der Herstellung des Stellantriebs mit axialem Spiel in die Aussparung eingesetzt werden und dann gegen einen Austritt aus der Aussparung gesichert werden.

[0025] Ein nicht bei allen im Betrieb zu erwartenden Temperaturen mit Passung in der Aussparung aufgenommenes Schubteil kann an einem Austritt aus der Aussparung beispielsweise dadurch gesichert werden, dass ein Abschnitt des Schubteils mit der Gehäuseanordnung verklebt oder verschweißt wird.

[0026] Zur Sicherstellung einer ausreichenden zusätzlichen Dehnung ist es in vielen Anwendungsfällen bevorzugt, wenn der Anteil an ausgesparter Außenumfangsfläche bezogen auf die gesamte Außenumfangsfläche im Bereich von 20% bis 80% liegt und/oder die maximale Tiefe jeder Aussparung im Bereich von 20% bis 80% liegt.

[0027] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beige-fügten Zeichnungen näher beschrieben. Es stellen schematisch dar:

[0028] [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht eines hülsenförmigen Stellantriebgehäuses gemäß einer ersten Ausführungsform,

[0029] [Fig. 2](#) einen Axiallängsschnitt des Gehäuses,

[0030] [Fig. 3](#) eine Grafik zur Veranschaulichung des Temperaturverhaltens des Gehäuses,

[0031] [Fig. 4](#) eine perspektivische Ansicht eines hülsenförmigen Stellantriebsgehäuses gemäß einer zweiten Ausführungsform,

[0032] [Fig. 5](#) einen Axiallängsschnitt des Gehäuses, und

[0033] [Fig. 6](#) eine Grafik zur Veranschaulichung des Temperaturverhaltens des Gehäuses.

[0034] Die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) veranschaulichen die Gestaltung eines Gehäuses **12** eines piezoelektrischen Stellantriebs, der eine obere Baugruppe einer Kraftstoffinjektoreinheit bildet, die in ihrem unteren Bereich ein Kraftstoffeinspritzventil für eine Brennkraftmaschine aufweist.

[0035] Das hülsenartige, hier hohlzylindrisch dargestellte Gehäuse **12** besitzt eine Längsachse L, die von einem oberen Ende **14** des Gehäuses zu einem unteren Ende **16** des Gehäuses verläuft.

[0036] Außer dem Gehäuse **12** umfasst der Stellantrieb in an sich bekannter Weise folgende im Gehäuseinneren angeordnete Komponenten (nicht dargestellt): einen Piezoaktor, der für eine Längenänderung in Axialrichtung L ansteuerbar ist, einen am oberen Ende **14** des Gehäuses **12** angeschweißten Gehäusekopf, an welchem sich das obere Ende des Piezoaktors in Axialrichtung abstützt, einen in Axialrichtung bewegbar geführten Aktorboden, an welchem sich das untere Ende des Piezoaktors in Axialrichtung abstützt und welcher in Wirkverbindung mit einem in Axialrichtung bewegbaren Ventilkolben des Einspritzventils steht. Der Ventilkolben befindet sich etwa auf Höhe des unteren Gehäuseendes **16**. Über eine Wirkverbindung wird eine Axiallängenänderung des Piezoaktors von der Bodenplatte auf den Ventilkolben übertragen.

[0037] Im Betrieb der Kraftstoffinjektoreinheit kommt es bei einer Temperaturänderung der Installationsumgebung zu thermischen Formänderungen der einzelnen Komponenten. In nachfolgend beschriebener Weise wird jedoch vermieden, dass durch Temperaturvariationen hervorgerufene Formänderungen die Leistungseigenschaften und die Ansteuercharakteristik des Stellantriebs bzw. des damit betätigten Einspritzventils wesentlich verändern, insbesondere im Sinne einer axialen Verschiebung der Positionen des Aktorbodens und/oder des Ventilkolbens wirken.

[0038] Eine Außenumfangsfläche **18** des Stellantriebsgehäuses **12** ist mit einer Aussparung in Form einer ringförmig umlaufenden Nut **20** versehen, in welcher zwei identisch ausgebildete Hälften eines Schubringes **22** eingepresst wurden.

[0039] Das Gehäuse **12** ist hierbei aus einer Ei-

sen-Nickel-Legierung mit einem sehr niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hergestellt, wohingegen der Schubring bevorzugt aus einer Metalllegierung mit einem demgegenüber größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten (hier: Stahl) hergestellt ist. Die ohne Vorsehen des Schubringes **22** im Hinblick auf die Temperaturkompensation (insbesondere abhängig von dem für den Piezoaktor im Gehäuseinneren verwendeten Material) zu kleine Wärmeausdehnung der Eisen-Nickel-Legierung wird durch die Integration des Schubringes **22** aus Stahl effektiv vergrößert. Durch das Verpressen bei einer Temperatur, die niedriger liegt als die im Betrieb zu erwartende Minimaltemperatur, wird ein bei allen Betriebstemperaturen fester Sitz der beiden Halbschalen und damit eine stetige Längenänderung des Gehäuses **12** mit der Temperatur gewährleistet.

[0040] Ein nachteiliges Temperaturverhalten des Stellantriebs ist also durch Integration des Schubringes **22** am Gehäuse **12** beseitigt.

[0041] Durch die Verwendung des Schubringes **22** kommt es zu einer vergrößerten Freiheit in der Werkstoffwahl der Komponenten des Stellantriebs sowie der damit betätigten Einrichtung. Vorteilhaft kann das Gehäuse **12** einteilig ausgebildet sein.

[0042] Sollte sich das thermische Ausdehnungsverhalten der verwendeten Piezokeramik produktionsbedingt ändern, so kann die Geometrie der Nut **20** in einfacher Weise den neuen Erfordernissen angepasst werden.

[0043] [Fig. 3](#) veranschaulicht die auf die Gesamtlänge (L_0) bezogenen Längenänderungen (ΔL) der verschiedenen Gehäusekomponenten in Abhängigkeit von der Temperatur (T).

[0044] Die Linie A veranschaulicht die vergleichsweise große Ausdehnung des Schubringmaterials (Stahl) bei steigender Temperatur (T).

[0045] Demgegenüber ist der durch die Linie B dargestellte Verlauf der thermischen Ausdehnung für das übrige Gehäusematerial (Eisen-Nickel-Legierung) wesentlich flacher.

[0046] Der für die Gehäusekonstruktion insgesamt resultierende Ausdehnungskoeffizient liegt nun zwischen den Ausdehnungskoeffizienten dieser beiden Werkstoffe (Linien A und B), so dass sich der durch eine Linie C dargestellte Verlauf der thermischen Ausdehnung in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur ergibt. Dieser Verlauf ist im Sinne einer optimierten Temperaturkompensation des Stellantriebs vorgesehen.

[0047] Die resultierende Wärmeausdehnung gemäß Linie C hängt jedoch nicht nur von den verwen-

deten Werkstoffen ab sondern auch von der Geometrie der Nut **20** sowie des darin aufgenommenen Schubteils **22**. Mithin kann vorteilhaft eine Anpassung des resultierenden Wärmedehnungsverlaufs auch erfolgen durch geeignete Wahl einer Breite der Nut **20**, welche der Höhe H des aus den Halbschalen gebildeten Schubrings **22** (vgl. [Fig. 2](#)) entspricht, sowie durch geeignete Wahl der Tiefe dieser Nut **20** (d. h. der Aufteilung der Querschnittsfläche der Gehäusewandung auf die beiden Werkstoffe).

[0048] Bei der in diesem Beispiel vorgesehenen Werkstoffauswahl verändert das Vorsehen des Schubrings **22** das elastische Verhalten nur wenig, da beide Werkstoffe E-Module in der gleichen Größenordnung besitzen. Durch die vorgenommene Wahl der Gestaltungsparameter lässt sich in einfacher Weise sicherstellen, dass über den gesamten Betriebstemperaturbereich (hier: 200 K) die Belastung des Gehäuses **12** im Bereich der Nut die Streckgrenze desselben nicht erreicht.

[0049] Für die Parameter des dargestellten Stellantriebgehäuses seien lediglich als Beispiel folgende Werte genannt:

Gehäuselänge in Axialrichtung L: 39 mm

Tiefe der Nut **20**: 0,9 mm

Breite der Nut **20**: 10 mm

Gehäuse **12**: aus Ni36, Ausdehnungskoeffizient: 1×10^{-6} 1/K

Halbschalen: aus rostfreiem Stahl, Ausdehnungskoeffizient: 16×10^{-6} 1/K

Resultierender Ausdehnungskoeffizient der Gehäusekonstruktion: $2,6 \times 10^{-6}$ 1/K

[0050] Bei der nachfolgenden Beschreibung eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung werden für analoge Komponenten die gleichen Bezugswerte verwendet, jeweils ergänzt durch den kleinen Buchstaben "a". Dabei wird im Wesentlichen nur auf die Unterschiede zu dem mit Bezug auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) bereits beschriebenen Ausführungsbeispiel eingegangen und im Übrigen hiermit ausdrücklich auf die obige Beschreibung zu den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) verwiesen.

[0051] Die [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) sind den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) entsprechende Darstellungen einer modifizierten Ausführungsform, bei welcher eine in einer Außenumfangsfläche **18a** vorgesehene Nut **20a** eine Breite besitzt, welche die Höhe H eines Schubrings **22a** um ein gewisses Ausmaß (axiale Spaltbreite S) übersteigt. Bis zu einer bestimmten Grenztemperatur (hier: 50°C) existiert dieser Spalt zwischen dem axial oberen Ende des Schubrings **22a** und dem axial benachbarten Ende der Aussparung **20a** auch im Betrieb des Stellantriebs. Bei Annäherung an diese Grenztemperatur verringert sich die Spaltbreite S allmählich, um bei der Grenztemperatur von 50°C Null zu werden. Dies ist diejenige Temperatur, bei deren

Überschreitung die Schubwirkung des Schubrings **22a** einsetzt. Wie es aus [Fig. 6](#) ersichtlich ist, entspricht die für die Gehäusekonstruktion insgesamt resultierende Wärmeausdehnung (Linie C) zunächst der Wärmeausdehnung des für das Gehäuse **12a** verwendeten Materials (Linie B), um bei Überschreitung der Temperatur von 50°C nach oben hin abzuweichen.

[0052] Der bei dieser Ausführungsform vorgesehene geknickte Verlauf der Wärmeausdehnung in Abhängigkeit von der Temperatur T kann unter Umständen von Vorteil bei einem Kraftstoffinjektor einer Brennkraftmaschine sein (Heißstartproblematik).

[0053] Die den Schubring **22a** bildenden Halbschalen sind an einem Herausfallen aus der Aussparung **20a** durch eine Verschweißung gesichert.

[0054] Sofern ein Dehnungs-Temperatur-Verlauf erwünscht ist, der abweichend von diesem Ausführungsbeispiel mehrere Grenztemperaturen und somit mehrere Knicke aufweist, so kann dies in einfacher Weise z. B. durch Anordnung einer entsprechenden Mehrzahl von Nuten mit Schubringen realisiert werden. Beispielsweise können zwei oder drei axial voneinander beabstandete Umfangsnuten vorgesehen werden.

[0055] Die im Rahmen der Fertigung vorzunehmende Dimensionierung der Spaltbreite S kann vorteilhaft durch definiertes mechanisches Stauchen des bereits mit dem Schubring **22a** versehenen Gehäuses **12a** eingestellt werden. Dies gelingt z. B. bei der oben erwähnten Werkstoffkombination besonders gut, da der E-Modul der Stahlhalbschalen etwas größer als der E-Modul des Gehäuses **12a** aus Eisen-Nickel-Legierung ist, so dass sich in Abhängigkeit von der Stauchkraft nach plastischem Stauchen und elastischer Rückfederung ein definierter Luftspalt S einstellt. Die Genauigkeit dieser Einstellung der Spaltbreite S ist derjenigen einer rein spanenden Bearbeitung des Gehäuses **12a** überlegen.

Patentansprüche

1. Stellantrieb für einen Kraftstoffinjektor einer Brennkraftmaschine, umfassend

- eine hülsenförmige Gehäuseanordnung (**12**) mit einer Axialrichtung (L), die sich zwischen einem ersten und einem zweiten Ende (**14**, **16**) der Gehäuseanordnung erstreckt,
- einen in der Gehäuseanordnung (**12**) angeordneten und für eine Längenänderung in Axialrichtung (L) ansteuerbaren Piezoaktor,
- einen in Axialrichtung (L) festgelegten Gehäusekopf am ersten Ende (**14**) der Gehäuseanordnung (**12**), an welchem sich ein erstes Ende des Piezoaktors in Axialrichtung abstützt, und
- einen in Axialrichtung (L) bewegbar in der Gehäu-

seanordnung (12) geführten Aktorboden, an welchem sich ein zweites Ende des Piezoaktors in Axialrichtung abstützt und welcher in Wirkverbindung mit einem zu verstellenden Stellglied bringbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Außenumfangsfläche (18) der Gehäuseanordnung (12) wenigstens eine Aussparung (20) aufweist, in welcher axial passend oder mit geringfügigem axialen Spiel wenigstens ein Schubteil (22) aufgenommen ist, welches aus einem Material gebildet ist, das einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt als das der Aussparung (20) benachbarte Material der Gehäuseanordnung (12).

2. Stellantrieb nach Anspruch 1, wobei der Piezoaktor ein in Axialrichtung (L) langgestreckter Piezoelementstapel ist.

3. Stellantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das der Aussparung (20) benachbarte Material der Gehäuseanordnung (12) einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von weniger als 5×10^{-6} 1/K besitzt.

4. Stellantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das der Aussparung (20) benachbarte Material der Gehäuseanordnung (12) einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, der kleiner als der thermische Ausdehnungskoeffizient des Piezoaktors ist.

5. Stellantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Gehäuseanordnung (12) wenigstens teilweise aus einer Eisen-Nickel-Legierung hergestellt ist.

6. Stellantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Schubteil (22) einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von mehr als 5×10^{-6} 1/K besitzt.

7. Stellantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Aussparung (20) in Umfangsrichtung ringförmig geschlossen umlaufend ausgebildet ist.

8. Stellantrieb nach Anspruch 7, wobei mehrere schalenförmige Schubteile in der Aussparung (20) aufgenommen sind.

9. Stellantrieb nach Anspruch 7 oder 8, wobei zwei schalenförmige Schubteile in der Aussparung (20) aufgenommen sind, welche sich in Umfangsrichtung jeweils im Wesentlichen über den halben Umfang der Aussparung (20) erstrecken.

10. Stellantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei an einem axialen Ende der Aussparung (20) eine sich im Wesentlichen radial erstreckende Anschlagfläche für das darin aufgenommene

Schubteil (22) vorgesehen ist.

11. Stellantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Schubteil (22) in die Aussparung (20) eingepresst ist.

12. Stellantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Schubteil (22) mit axialem Spiel (S) in der Aussparung (20) aufgenommen und gegen einen Austritt aus der Aussparung gesichert ist.

13. Stellantrieb nach Anspruch 12, wobei wenigstens ein Abschnitt des Schubteils (22) mit der Gehäuseanordnung (12) verschweißt ist.

14. Stellantrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schubteil (22) axial formschlüssig in der Aussparung (20) angeordnet ist.

15. Stellantrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schubteil (22) axial vorgespannt in der Aussparung (20) angeordnet ist.

16. Verwendung eines Stellantriebs nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zum axialen Verstellen eines Stellglieds, welches zur Übertragung einer Axiallängenänderung des Piezoaktors auf das Stellglied in Wirkverbindung mit dem Aktorboden steht, wobei das Stellglied einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von mehr als 5×10^{-6} 1/K besitzt.

17. Verwendung nach Anspruch 14 für einen Kraftstoffinjektor eines Common-Rail-Dieseleinspritzsystems.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

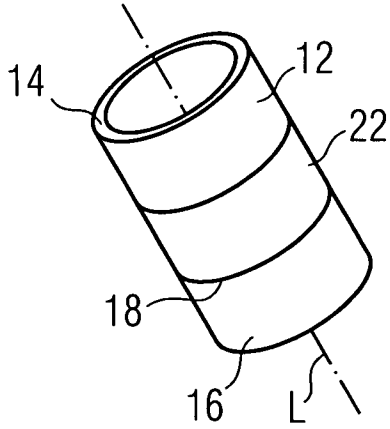


FIG 2

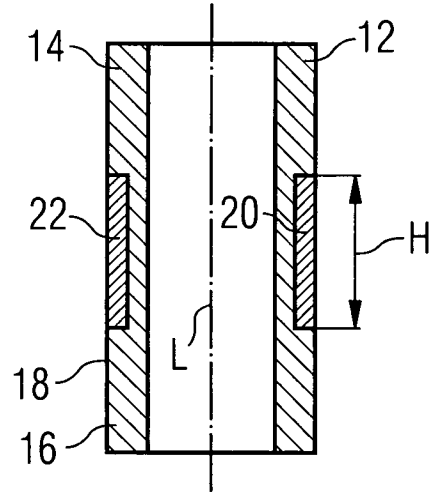


FIG 3

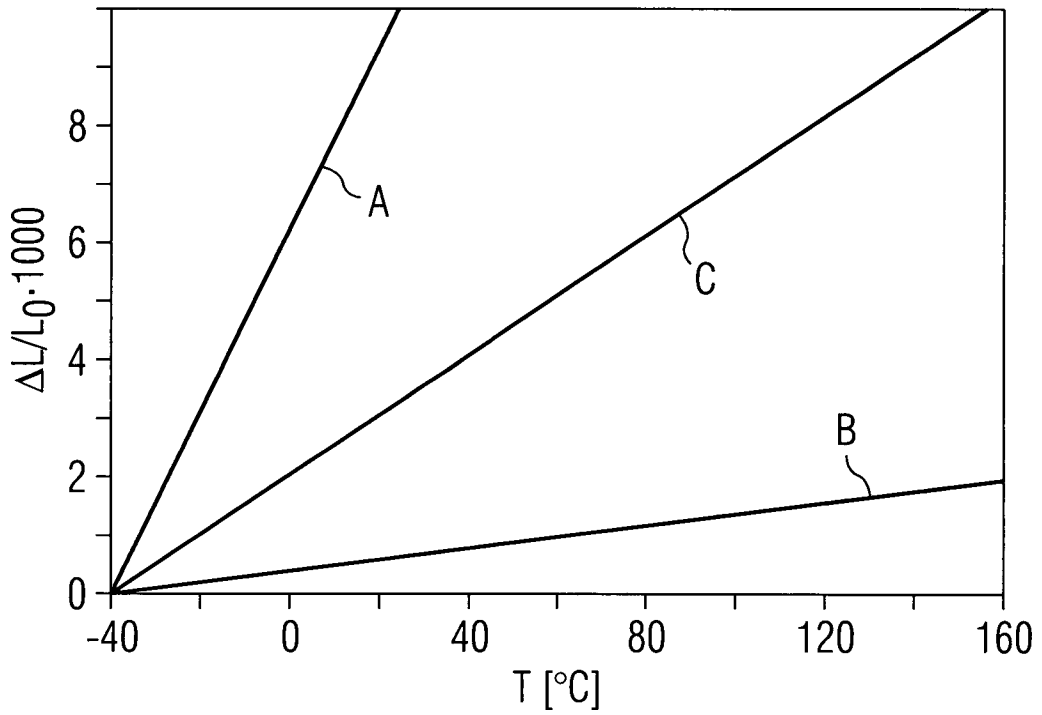


FIG 4

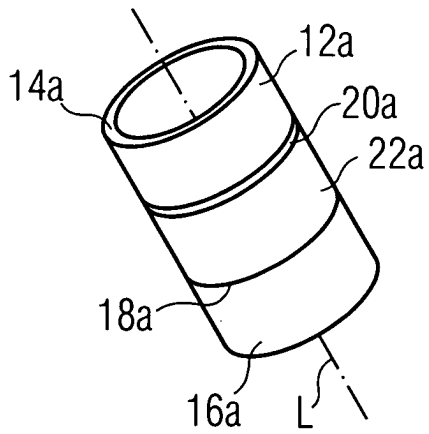


FIG 5

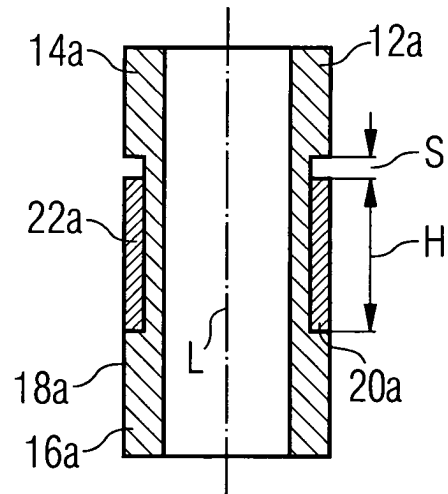


FIG 6

