

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 924 718 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

23.06.1999 Patentblatt 1999/25(51) Int Cl.⁶: **H01F 7/08, F01L 9/04**(21) Anmeldenummer: **98123154.1**(22) Anmeldetag: **04.12.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI(30) Priorität: **20.12.1997 DE 19757170**(71) Anmelder: **TEMIC TELEFUNKEN microelectronic
GmbH****74072 Heilbronn (DE)**

(72) Erfinder:

- **Thiel, Wolfgang**
85095 Denkendorf (DE)

• **Gramann, Matthias****91233 Neunkirchen (DE)**• **Nagel, Michael****90491 Nürnberg (DE)**• **Röckl, Thomas****92271 Freihung (DE)**(74) Vertreter: **Maute, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.**
**Daimler-Benz AG,
Intellectual Property Management,
Postfach 35 35
74025 Heilbronn (DE)**
(54) **Elektromagnetischer Aktuator**

(57) 1. Elektromagnetischer Aktuator.

2.1. Bei bekannten elektromagnetischen Aktuatoren mit mindestens einem auf einen Anker wirkenden Elektromagneten wirken sich betriebsbedingte Temperaturschwankungen aufgrund der Temperaturabhängigkeit der magnetischen Eigenschaften des Ankers und Elektromagneten störend auf die Dynamik des Aktuators aus. Die Dynamik des neuen Aktuators soll über eine lange Betriebszeit möglichst unabhängig von Temperatureinflüssen sein.

2.2. Mit einer auf dem Anker (1) und/oder dem mindestens einen Elektromagneten (2, 3) aufgetragenen verschleißhemmenden Schicht (9) aus nichtferromagnetischem Material wird der magnetische Gesamtwiderstand im magnetischen Kreis des mindestens einen Elektromagneten (2, 3) auf einen Wert festgelegt, der im wesentlichen durch den magnetischen Widerstand der verschleißhemmenden Schicht (9) und den magnetischen Widerstand eines ggf. vorhandenen Luftspaltes bestimmt ist und daher weitgehend temperaturunabhängig ist, so daß auch die auf den Anker (1) wirkende magnetische Kraft im wesentlichen temperaturunabhängig ist.

2.3. Der Aktuator ist in Brennkraftmaschinen zur Betätigung von Gaswechselventilen einsetzbar.

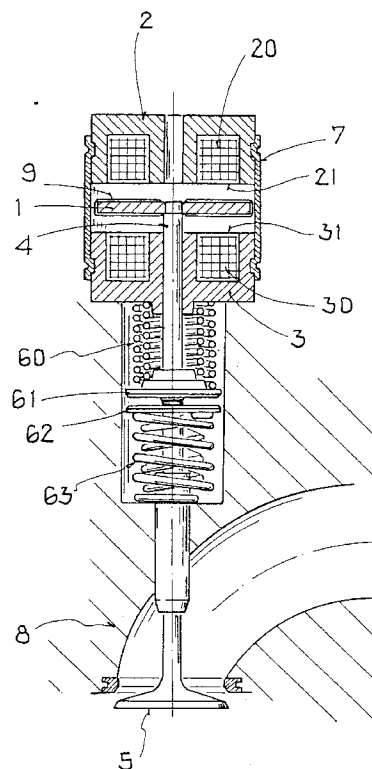


FIG.

EP 0 924 718 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Aktuator gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Elektromagnetische Aktuatoren werden insbesondere zur Betätigung von Gaswechselventilen in Brennkraftmaschinen verwendet. Ein derartiger Aktuator ist beispielsweise aus der DE 296 04 946 U1 bekannt. Dieser vorbekannte Aktuator weist einen Anker auf, der über einen Stößel ein Gaswechselventil betätigt und zum Öffnen und Schließen des Gaswechselventils durch abwechselnde Bestromung zweier Elektromagnete zwischen zwei sich gegenüberliegenden Polflächen dieser Elektromagnete linear bewegt wird. Bei stromlos geschalteten Elektromagneten wird der Anker mittels zweier gegensinnig arbeitenden Stellfedern in einer Zwischenstellung etwa in der Mitte zwischen den Polflächen der Elektromagnete festgehalten.

[0003] Der wesentliche Nachteil dieses Aktuators liegt darin, daß die magnetischen Eigenschaften der Elektromagnete und des Ankers temperaturabhängig sind, so daß betriebsbedingte Temperaturschwankungen, sich störend auf die auf den Anker wirkende magnetische Kraft und folglich auf die Dynamik des Aktuators auswirken.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektromagnetischen Aktuator gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, dessen Dynamik über eine lange Betriebszeit weitgehend unabhängig von Temperatureinflüssen ist.

[0005] Die Aufgabe wird durch die Merkmale im Kennzeichnen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Temperaturabhängigkeit der auf den Anker wirkenden magnetischen Kraft durch eine auf dem Anker und/oder dem mindestens einen Elektromagneten aufgebrachte verschleißhemmende Schicht aus nichtferromagnetischem Material reduziert.

[0007] Diese verschleißhemmende Schicht besteht vorzugsweise aus nichtferromagnetischem Nitrid, insbesondere aus Titan- oder Chrom-Nitrid, d. h. aus einer Metall-Stickstoff-Verbindung, bei der das Metall nichtferromagnetische Eigenschaften aufweist. Ihr magnetischer Widerstand ist aufgrund ihrer geringen magnetischen Permeabilität weitgehend unabhängig von Temperatureinflüssen. Er ist ferner wesentlich größer als der magnetische Widerstand des mindestens einen Elektromagneten und des Ankers, da diese aus ferromagnetischen - insbesondere weichmagnetischen - Materialien bestehen, d. h. aus Materialien mit hoher magnetischer Permeabilität. Infolgedessen wird der magnetische Gesamtwiderstand des aus dem Anker und dem mindestens einen Elektromagneten gebildeten magnetischen Kreises, d. h. die Summe der magnetischen Widerstände des mindestens einen Elektromagneten, des

Ankers, der verschleißhemmenden Schicht und eines ggf. vorhandenen Luftspaltes, im wesentlichen durch den magnetischen Widerstand der verschleißhemmenden Schicht und des ggf. vorhandenen Luftspaltes bestimmt und ist somit weitgehend unabhängig von temperaturbedingten Änderungen der magnetischen Eigenschaften des Ankers und des mindestens einen Elektromagneten. Temperaturänderungen bewirken daher im Aktuator lediglich vernachlässigbare Änderungen der magnetischen Energie, was zu einer geringen Temperaturabhängigkeit der auf den Anker wirkenden magnetischen Kraft führt.

[0008] Aufgrund ihrer hohen Festigkeit bleiben die geometrischen Abmessungen der verschleißhemmenden Schicht und somit auch ihr magnetischer Widerstand auch bei starker mechanischer Beanspruchung weitgehend unverändert. Des weiteren wird die Remanenzflußdichte des magnetischen Kreises durch die verschleißhemmende Schicht reduziert; dadurch erreicht man, daß der Anker sich nach Abschaltung des mindestens einen Elektromagneten von diesem leichter und schneller löst. Darüber hinaus bewirkt die verschleißhemmende Schicht auch eine Reduzierung des Materialverschleißes im Aktuator, was für den sicheren Dauerbetrieb entscheidend ist.

[0009] Es ist nicht zwingend erforderlich, daß die verschleißhemmende Schicht die gesamte Oberfläche des Ankers bzw. des mindestens einen Elektromagneten bedeckt; es reicht aus, wenn sie auf dem Anker bzw. Elektromagneten lediglich auf dem Oberflächenbereich aufgebracht ist, an dem sich Anker und Elektromagnet berühren.

[0010] Der erfindungsgemäße Aktuator ist bestens für den Einsatz in einer Brennkraftmaschine mit elektromagnetisch betätigten Gaswechselventilen geeignet. In einem derartigen Anwendungsfall weist der Aktuator vorzugsweise zwei voneinander beabstandete Elektromagnete mit gegenüberliegenden Polflächen auf, zwischen denen der Anker durch abwechselnde Bestromung der Elektromagnete bewegbar ist.

[0011] Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figur näher beschrieben. Diese zeigt als bevorzugtes Ausführungsbeispiel einen Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils in einer Brennkraftmaschine.

[0012] Gemäß der Figur weist der Aktuator einen mit einem Gaswechselventil 5 in Kraftwirkung stehenden Stößel 4, einen mit dem Stößel 4 quer zur Stößel-Längsachse befestigten Anker 1, sowie einen als Schließermagnet wirkenden Elektromagneten 2 und einen von diesem in Richtung der Stößel-Längsachse beabstandet angeordneten, als Öffnermagnet wirkenden, weiteren Elektromagneten 3 auf. Die Elektromagnete 2, 3 sind mittels eines Gehäuseteils 7 miteinander verbunden und weisen gegenüberliegende Polflächen 21, 31 auf, zwischen denen der Anker 1 durch abwechselnde Bestromung der Erregerspulen 20, 30 der beiden Elektromagnete 2, 3 in Richtung der Stößel-Längsachse bewegbar ist. Zwei gegensinnig wirkende Stellfedern 60,

63, die zwischen dem Öffnermagnet 3 und dem Gaswechselventil 5 angeordnet sind und mittels zweier Federteller 61, 62 am Aktuator bzw. Zylinderkopf 8 der Brennkraftmaschine befestigt sind, bewirken, daß der Anker 1 im stromlosen Zustand der Erregerspulen 20, 30 in einer Zwischenstellung etwa in der Mitte zwischen den Polflächen 21, 31 der Elektromagnete 2, 3 festgehalten werden. Zum Schließen des Gaswechselventils 5 wird die Erregerspule 20 des Schließermagneten 2 bestrahlt, so daß der Anker 1 in Richtung Polfläche 21 des Schließermagneten 2 bewegt wird und dort bis zur Unterbrechung des Stromflusses festgehalten wird. Entsprechend wird der Anker 1 zum Öffnen des Gaswechselventils 5 durch Bestromung der Erregerspule 30 des Öffnermagneten 3 zu dessen Polfläche 31 hin bewegt und dort festgehalten.

[0013] Die Elektromagnete 2, 3 und der Anker 1 sind aus weichmagnetischen Materialien mit hoher magnetischer Permeabilität gefertigt und weisen einen rechteckigen Querschnitt auf - dadurch erreicht man eine optimale Raumausnutzung beim Einbau in die Brennkraftmaschine. Im vorliegenden Fall ist der Anker 1 mit der verschleißhemmenden Schicht 9 beschichtet. Das Ankermaterial kann daher ohne Rücksicht auf die mechanische Festigkeit ausgewählt werden. Es weist vorteilhafterweise eine hohe magnetische Sättigungsflußdichte auf, da dann wenig Ankermaterial zur Gewährleistung der erforderlichen magnetischen Kräfte benötigt wird und die beschleunigte Masse somit gering gehalten wird.

[0014] Alternativ zur Beschichtung des Ankers 1 ist auch eine Beschichtung der beiden Elektromagnete 2, 3 oder eine Beschichtung sowohl des Ankers 1 als auch der Elektromagnete 2, 3 denkbar.

[0015] Wesentlich ist, daß die verschleißhemmende Schicht 9 aus nichtferromagnetischem Material besteht, da ihr magnetischer Widerstand dann temperaturunabhängig ist. Unter magnetischem Widerstand versteht man dabei das Verhältnis magnetische Spannung zu magnetischem Fluß, wobei die magnetische Spannung als Wegintegral der magnetischen Feldstärke über eine Magnetfeldlinie definiert ist. Bei senkrecht durch die verschleißhemmende Schicht 9 verlaufenden Feldlinien - das ist insbesondere dann der Fall, wenn sich der Anker 1 und der jeweils aktive Elektromagnet 2 bzw. 3 berühren - ist der magnetische Widerstand dieser Schicht 9 proportional zu ihrer Dicke und umgekehrt proportional zu ihrem Querschnitt und ihrer magnetischen Permeabilität.

[0016] Da die magnetische Permeabilität der verschleißhemmenden Schicht 9 um ein Vielfaches, beispielsweise um den Faktor 1000, kleiner ist als die magnetische Permeabilität des Ankers 1 und der Elektromagnete 2, 3, ist der magnetische Widerstand der verschleißhemmenden Schicht 9 selbst bei dünnen Schichtdicken von etwa 0,5 mm wesentlich größer als der magnetische Widerstand des Ankers 1 und der Elektromagnete 2, 3.

[0017] Der magnetische Gesamtwiderstand im magnetischen Kreis des Schließermagneten 2 bzw. des Öffnermagneten 3, der die magnetischen Widerstände des Ankers 1, der verschleißhemmenden Schicht 9 und des Schließermagneten 2 bzw. des Öffnermagneten 3 als additive Beiträge enthält, ist nur noch geringfügig von temperaturabhängigen Änderungen der magnetischen Materialeigenschaften des Ankers 1 und des Schließermagneten 2 bzw. Öffnermagneten 3 abhängig. Der magnetische Widerstand der verschleißhemmenden Schicht 9 bestimmt im wesentlichen den magnetischen Gesamtwiderstand in den magnetischen Kreisen des Schließermagneten 2 und des Öffnermagneten 3 und ist in seinen magnetischen Eigenschaften temperaturunabhängig. Da er darüber hinaus aufgrund der hohen mechanischen Festigkeit des Schichtmaterials auch beim Dauerbetrieb im wesentlichen unverändert bleibt, wird der magnetische Gesamtwiderstand und folglich die auf den Anker 1 wirkende magnetische Kraft durch Temperaturschwankungen und mechanische Beanspruchung wenig beeinflusst.

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Aktuator mit mindestens einem Elektromagneten (2, 3) und einem mit dem mindestens einen Elektromagneten (2, 3) über dessen Magnetfeld in Kraftwirkung stehenden Anker (1), dadurch gekennzeichnet, daß eine verschleißhemmende Schicht (9) aus nichtferromagnetischem Material auf dem Anker (1) und/oder dem mindestens einen Elektromagneten (2, 3) aufgebracht ist.
2. Aktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er zwei voneinander beabstandet angeordnete Elektromagnete (2, 3) mit sich gegenüberliegenden Polflächen (21, 31) aufweist und daß der Anker (1) zwischen den Polflächen (21, 31) der beiden Elektromagnete (2, 3) bewegbar gelagert ist.
3. Aktuator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die verschleißhemmende Schicht (9) aus nichtferromagnetischem Nitrid besteht.
4. Aktuator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die verschleißhemmende Schicht (9) aus Titan-Nitrid besteht.
5. Aktuator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die verschleißhemmende Schicht (9) aus Chrom-Nitrid besteht.
6. Verwendung eines Aktuators nach einem der vorherigen Ansprüche zur Betätigung eines Gaswechselventils (5) in einer Brennkraftmaschine.

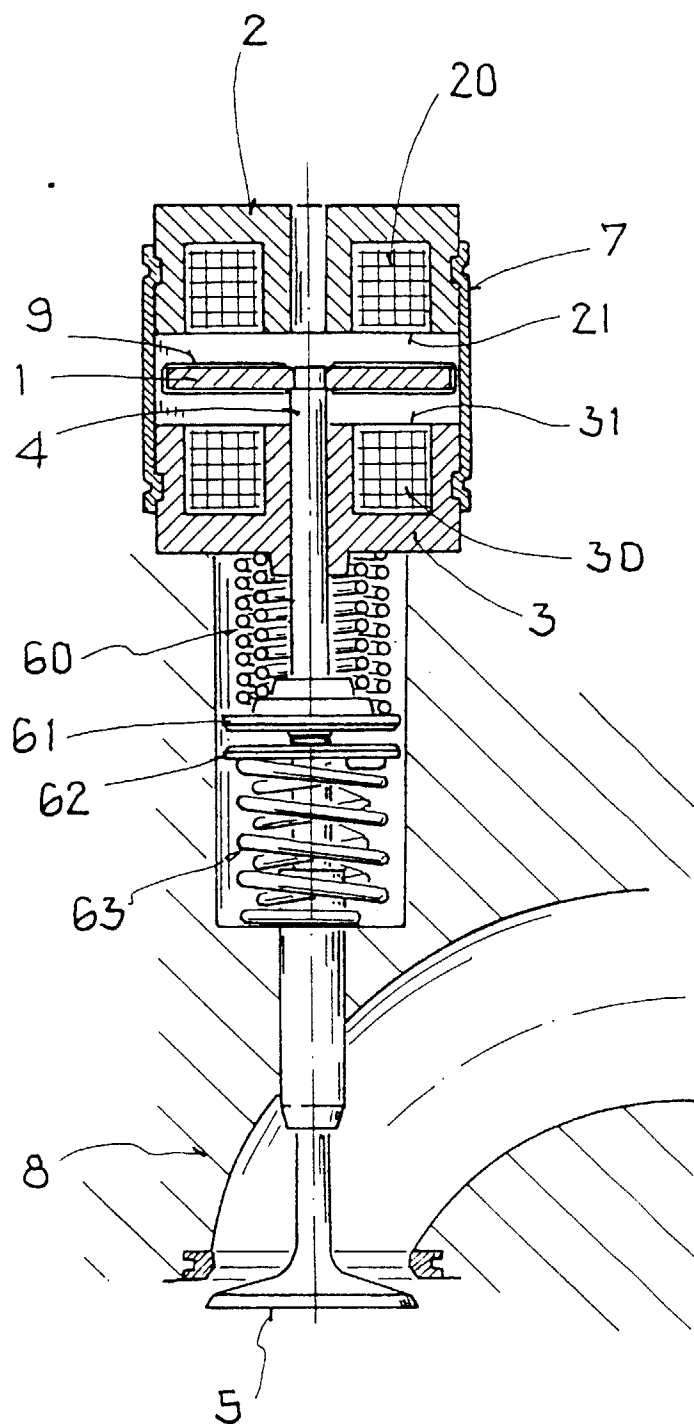


FIG.