

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 185 767 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

02.03.2005 Patentblatt 2005/09

(51) Int Cl.7: **F01L 9/04**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2000/003835

(21) Anmeldenummer: **00927093.5**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

(22) Anmeldetag: **27.04.2000**

WO 2000/077350 (21.12.2000 Gazette 2000/51)

(54) **ELEKTROMAGNETISCHER AKTUATOR ZUR BETÄTIGUNG EINES BRENNKRAFTMASCHINEN-HUBVENTILES**

ELECTROMAGNETIC ACTUATOR FOR ACTUATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE VALVE

ACTIONNEUR ELECTROMAGNETIQUE SERVANT A ACTIONNER UNE SOUPAPE D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

(30) Priorität: **10.06.1999 DE 19926413**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.03.2002 Patentblatt 2002/11

(73) Patentinhaber:

- **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80809 München (DE)
- **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- **HUNDT, Wolfgang**
D-81247 München (DE)
- **EDER, Torsten**
D-80798 München (DE)

- **ZINK, Hanspeter**
D-93059 Regensburg (DE)
- **WARNECKE, Volker**
D-93152 Nittendorf/Pollenried (DE)

(74) Vertreter: **Schmidt, Günter, Dipl.-Ing.**
Bayerische Motoren Werke AG
Patentabteilung AJ-3
80788 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 376 716 **EP-A- 1 004 755**
DE-A- 19 706 106

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 447 (M-1179), 14. November 1991 (1991-11-14) & JP 03 189312 A (ISUZU CERAMICS KENKYUSHO:KK), 19. August 1991 (1991-08-19)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 185 767 B1

Beschreibung

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

[0002] Ein derartiger elektromagnetischer Aktuator ist aus der EP 0 798 450 A1 bekannt. Zum relevanten Stand der Technik gehören ferner die EP 1 004 755 A2, EP 1 024 253 A2 sowie die DE 196 11 547 A1.

[0003] Eine elektromagnetische Hubventil-Betätigungsverrichtung für eine Brennkraftmaschine, auch elektromagnetischer Aktuator genannt, hat wegen der Freiheit hinsichtlich der Ventilsteuerzeiten, d.h. hinsichtlich des jeweiligen Öffnungs- und Schließzeitpunktes der Hubventile immense Vorteile, jedoch müssen zum Betätigen, insbesondere zum Öffnen des Hubventiles relativ hohe Kräfte aufgebracht werden, was eine gewisse Mindestgröße von Magnetspulen und Anker erforderlich macht. Derartige Systeme mit hohem Raumbedarf können aber nicht ohne weiteres in einer Brennkraftmaschine zur Verfügung stehenden Raum untergebracht werden. Weiterhin müssen derartige Systeme, die bauartbedingt hohe Reaktionskräfte während ihrer Funktion in die Struktur der Brennkraftmaschine einleiten, als ungünstig im Hinblick auf die Abstrahlung von Geräuschemissionen angesehen werden.

[0004] Mit der vorliegenden Erfindung soll eine Maßnahme aufgezeigt werden, die zur Lösung der soeben geschilderten Problematik beiträgt.

Die Lösung dieser Aufgabe ist dadurch gekennzeichnet, daß der Ankerschaft zumindest abschnittsweise aus einem Material besteht, dessen spezifisches Gewicht wesentlich geringer als dasjenige von Stahl liegt. Vorteilhafte Ausund Weiterbildungen sind Inhalt der Unteransprüche.

[0005] Erfindungsgemäß soll der den Anker im Aktuator führende und dabei dessen oszillierende Bewegung auf das Brennkraftmaschinen-Hubventil übertragende Ankerschaft zumindest abschnittsweise aus einem relativ leichten Material gefertigt sein, um die vom Aktuator zu bewegend Masse so gering als möglich zu halten. Diese Maßnahme erlaubt es, die Aktuator-Magnetspulen kleiner zu dimensionieren als bei Verwendung eines bspw. vollständig aus Stahl gefertigten Ankerschaftes. Ferner stellen sich bei geringerer bewegter Masse im Aktuator zwangsläufig geringere Reaktionskräfte ein, die in die den Aktuator umgebende Brennkraftmaschinen-Struktur eingeleitet werden, so daß mit der erfindungsgemäßen Maßnahme gleichzeitig verringerte Geräuschemissionen auftreten.

[0006] Als Beispiele für bevorzugte Materialien, die für einen Ankerschaft mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teiles von Anspruch 1 in Frage kommen, seien Titan oder Titanlegierungen sowie keramische Werkstoffe genannt, die alle eine weitere vorteilhafte Eigenschaft, nämlich eine äußerst geringe (magnetische) relative Permeabilität besitzen. Diese (bekannte)

Meßgröße definiert die ferromagnetische Eigenschaft eines Materials, d.h. ob ein Material ein magnetischer Leiter oder ein magnetischer Nicht-Leiter ist.

[0007] An einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Brennkraftmaschinen-Hubventiles kann es nämlich zusätzlich erwünscht sein, die jeweilige Position des oszillierend bewegten Ankers bestimmen zu können, wozu bevorzugt berührungslose, insbesondere induktiv arbeitende Meßsysteme zum Einsatz kommen können. Bevorzugt wird ein derartiges Meßsystem nahe des dem Schaft des Hubventiles entgegengesetzten Endabschnittes des Ankerschaftes angeordnet. Um nun das Meßsystem nicht durch eine Magnetisierung des Ankerschaftes in diesem Meßbereich zu stören, wird weiterhin vorgeschlagen, den Ankerschaft zumindest im Bereich dieses induktiven Meßsystemes aus einem Material zu fertigen, das (zumindest hinsichtlich der in diesem Anwendungsfall auftretenden magnetischen Feldstärken) im wesentlichen ein magnetischer Nicht-Leiter ist. Die Permeabilität des in diesem Ankerschaftbereich verwendeten Materials soll also nahe derjenigen von bspw. Luft oder Vakuum liegen.

[0008] Im Sinne einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung können verschiedene Abschnitte des Ankerschaftes aus unterschiedlichen Materialien bestehen, die jeweils im wesentlichen hinsichtlich der für diese Abschnitte relevanten Anforderungen ausgewählt sind. Bei den einzelnen Abschnitten des Ankerschaftes handelt es sich dabei um mehr oder weniger lange Wellenstümpfe, die aneinandergereiht und zusammengesetzt den Ankerschaft bilden. Anhand der beigefügten und im folgenden beschriebenen Prinzipskizze wird nun ein derartiges bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

[0009] Mit der Bezugsziffer 1 ist der Anker (auch Ankerplatte genannt) eines elektromagnetischen Aktuators bezeichnet, mit welchem ein nicht dargestelltes Brennkraftmaschinen-Hubventil betätigt, d.h. geöffnet (und geschlossen) wird. Das gesamte System ist dabei analog dem bekannten (und bspw. in der eingangs genannten Schrift ausführlicher gezeigten) Stand der Technik als mechanischer Schwinger ausgebildet, d.h. es sind auch geeignete Federelemente vorgesehen, die die jeweils gewünschte Bewegung des Ankers 1 sowie des Hubventiles mit hervorrufen. Letzteres stützt sich dabei mit dem freien Ende seines Ventilschaftes an der freien Stirnseite des hier unteren Endabschnittes 2a eines bzw. des am Anker 1 befestigten Ankerschaftes 2 ab. Somit wird der Anker 1 und mit diesem der Ankerschaft 2 sowie das Brennkraftmaschinen-Hubventil längs der Achse 3 des Ankerschaftes 2 gemäß Pfeilrichtung 4 oszillierend bewegt, wobei diese Bewegung durch hier der Einfachheit halber nicht dargestellte, oberhalb sowie unterhalb des Ankers 1 angeordnete und dabei den Ankerschaft 2 umgebende Elektro-Magnetspulen initiiert und aufrechterhalten wird. Die von den Magnetspulen erzeugten Magnetkräfte wirken hierzu alternierend auf den Anker 1 (bzw. auf die Ankerplat-

te 1) ein. Der Vollständigkeit halber sei noch darauf hingewiesen, daß der Anker 1 über seinen Ankerschaft 2 in im Aktuator vorgesehenen (nicht gezeigten) Führungsbuchsen gemäß Pfeilrichtung 4 längsverschiebbar geführt ist.

[0010] Der hier gezeigte und nun näher beschriebene Ankerschaft 2 ist in Richtung seiner Längsachse 3 betrachtet aus verschiedenen Abschnitten 2a bis 2e zusammengesetzt, die jeweils aus unterschiedlichen Materialien bestehen bzw. bestehen können. Diese Materialien sind dabei jeweils im wesentlichen hinsichtlich der für diese Abschnitte 2a - 2e zutreffenden Anforderungen ausgewählt. So ist der weiter oben bereits erwähnte untere Endabschnitt 2a bevorzugt extrem hart ausgebildet, um optimale Verschleiß- und Gleiteigenschaften im Hinblick auf den punktförmigen Kontakt mit dem Schaft des Brennkraftmaschinen-Hubventiles aufzuweisen. Beispiele für bevorzugte Materialien für diesen unteren Endabschnitt 2a sind insbesondere gehärtete Stähle (Ventilstahl, Wälzlagerstahl) oder andere Hartmetalle, wie bspw. Wolframcarbid. Daneben können hierfür geeignete Keramikmaterialien zum Einsatz kommen, wie bspw. SiN, welches sich durch gute Zähigkeit auszeichnet, oder Al_2O_3 mit seiner besonders guten Verschleißbeständigkeit, oder CerMets, d.h. nichtoxidische Metallkeramiken.

[0011] Beidseitig des Ankers 1 bzw. der Ankerplatte 1 liegen zentrale Ankerschaft-Abschnitte 2d, über welche der Ankerschaft 2 mit dem Anker 1 verbunden ist. Das Material für diese zentralen Ankerschaft-Abschnitte 2d wird also im Hinblick darauf ausgewählt, daß eine einfache und sichere Verbindung zwischen dem Ankerschaft 2 und dem Anker 1 ermöglicht wird. Bevorzugt handelt es sich bei dieser Verbindung um eine Schweiß- oder Lötverbindung. Das Material der zentralen Ankerschaft-Abschnitte 2d sollte also gut schweißbar oder lötbar sein, so daß für diese zentralen Ankerschaft-Abschnitte 2d grundsätzlich niedriglegierte Stähle verwendet werden können.

[0012] Insbesondere für diese zentralen Ankerschaft-Abschnitte 2d kann jedoch auch ein Material gewählt werden, welches es aufgrund seiner Eigenschaften erlaubt, bevorzugt diesen Abschnitt 2d des Ankerschaftes 2 zumindest bereichsweise mit einem gegenüber dem übrigen Bereich des Ankerschaftes 2 verringerten Querschnitt auszubilden. Ein solcher verringerter Querschnitt ermöglicht dabei nicht nur eine weitere Reduktion der (im Aktuator) bewegten Massen, sondern kann dem Ankerschaft 2 in diesem Bereich zusätzlich eine gewisse Nachgiebigkeit verleihen. Diese Querschnittsverringering kann dabei in Gestalt einer umlaufenden Rille ausgebildet sein und fungiert quasi als Gelenk im Ankerschaft 2.

[0013] Vor allem im Hinblick auf eine einfache Beherrschung der Abweichungen in der Parallelität der Ankerplatte 1 gegenüber den bereits genannten Elektromagnet-Spulen, die die Ankerplatte 1 alternierend entlang des Ankerschafts 2 anziehen und zeitweise an ihrer

Oberfläche festhalten, ist eine derartige Nachgiebigkeit (bzw. ein derartiges Gelenk) äußerst vorteilhaft, da hiermit eine Ausrichtung der Ankerplatte 1 in einem vom rechten Winkel abweichenden Winkel gegenüber dem Ankerschaft 2 gestattet wird. Als Beispiel für eine derartige Nachgiebigkeit in Form einer bereichsweisen Querschnittsverringering (oder umlaufenden Nut) sind in der beigefügten Abbildung seitlich neben dem Ankerschaft 2 die entsprechend gestalteten Ankerschaft-Abschnitte 2d vergrößert dargestellt. Zur Umsetzung einer derartigen Gestaltung kommen dabei als bevorzugte Materialien für diese(n) Ankerschaft-Abschnitt(e) 2d bspw. Titan, Aluminium, Ti-Al-Legierungen oder Magnesium zum Einsatz.

[0014] An die beiden zentralen Ankerschaft-Abschnitte 2d schließen sich längs der Längsachse 3 in Richtung der beiden Enden des Ankerschaftes 2 betrachtet sog. Führungs-Abschnitte 2c des Ankerschaftes 2 an. Mit diesen Führungsabschnitten 2c ist der Ankerschaft 2 in (weiter oben bereits erwähnten, hier der Einfachheit halber nicht dargestellten) Führungsbuchsen, die im Aktuator bzw. in dessen Gehäuse eingebunden sind, geführt. Im Hinblick auf die hierbei auftretenden Beanspruchungen sollte das für die Führungs-Abschnitte 2c verwendete Material relativ hart sein, um optimale Verschleiß- und Gleiteigenschaften zu erzielen. Beispiele für bevorzugte Materialien für diese Führungs-Abschnitte 2c sind gehärtete Stähle, wie Ventilstahl oder Wälzlagerstahl, daneben abermals geeignete Keramiken, wie z.B. SiN für gute Zähigkeit oder Al_2O_3 für besonders gute Verschleißbeständigkeit.

[0015] An den hier unteren Führungs-Abschnitt 2c schließt sich längs der Längsachse 3 in Richtung des unteren Endabschnittes 2a des Ankerschaftes 2 betrachtet ein sog. Federteller-Abschnitt 2b an. An diesem Federteller-Abschnitt 2b wird ein Federteller (nicht gezeigt) befestigt, an welchem sich eines der weiter oben bereits genannten Federelemente, die das schwingungsfähige Aktuatorsystem bilden, abstützt. Die Befestigung dieses Federtellers kann dabei wie bei den Federtellern von Brennkraftmaschinen-Hubventilen üblich erfolgen, d.h. über bspw. mit drei umlaufenden Nasen versehene Kegelstücke, wobei in diesem Federteller-Abschnitt 2b des Ankerschaftes 2 eine entsprechende Anzahl von diese Nasen aufnehmenden Rillen (nicht gezeigt) vorgesehen ist. Im Hinblick auf die Belastungen im Bereich dieser Ankoppelung des Federtellers über diese Kegelstücke soll dieser Federteller-Abschnitt 2c harte und dabei zähe Eigenschaften aufweisen; Beispiele für bevorzugte Materialien für diesen Federteller-Abschnitt 2b sind demzufolge typische martensitische Materialien, wie bspw. Ventilstahl.

[0016] An den hier oberen Führungs-Abschnitt 2c schließt sich längs der Längsachse 3 in Richtung des oberen freien Endes des Ankerschaftes 2 betrachtet ein dabei dessen oberes Ende bildender sog. Sensor-Abschnitt 2e an. Im Bereich dieses Sensor-Abschnittes 2e ist im bzw. am Aktuator ein figürlich nicht dargestelltes

induktiv arbeitendes Meßsystem vorgesehen, mit Hilfe dessen die jeweils aktuelle Position des Ankers 1 (bzw. genauer des Ankerschaftes 2, d.h. dessen Sensor-Abschnittes 2e) feststellbar ist. Um dabei jegliche Gefahr von Fehlmessungen auszuschließen, soll der Sensor-Abschnitt 2e des Ankerschaftes 2 im wesentlichen unmagnetisch sein, d.h. der Sensor-Abschnitt 2e soll durch die den Anker 1 betätigenden Elektro-Magnetspulen nicht magnetisierbar sein. Diese Eigenschaft des folglich für den Sensor-Abschnitt bevorzugt zu verwendenden Materials läßt sich auch dadurch beschreiben, daß die relative Permeabilität des Materials für den Sensor-Abschnitt 2e erheblich geringer als diejenige von Stahl (oder Nickel oder Kobalt) ist und bevorzugt nahe derjenigen von Luft oder anderen nichtmagnetischen Materialien liegt, d.h. daß das Material für diesen Sensor-Abschnitt 2e zumindest hinsichtlich der hier auftretenden magnetischen Feldstärken im wesentlichen ein magnetischer Nicht-Leiter ist. Beispiele für bevorzugte Materialien für diesen Sensor-Abschnitt 2e sind Titan oder Titanlegierungen oder keramische Werkstoffe, daneben aber auch austenitischer Stahl, ferner Aluminium, alle Keramiken und Legierungen aus Titan, Aluminium sowie Magnesium.

[0017] Das Material zumindest eines, bevorzugt jedoch mehrerer der beschriebenen Abschnitte 2a bis 2e des Ankerschaftes 2 weist darüber hinaus ein spezifisches Gewicht auf, welches wesentlich geringer ist als dasjenige von Stahl. Der Begriff "wesentlich" steht hierbei für eine Größenordnung von zumindest 15%, d.h. das spezifische Gewicht des Materials zumindest eines der genannten Abschnitte 2a - 2e soll zumindest 15% unterhalb des spezifischen Gewichtes von Stahl liegen. Dieses Kriterium erfüllt bspw. Titan mit einem spezifischen Gewicht in der Größenordnung von 5,8 kg/dm³ im Vergleich zu Stahl, dessen spezifisches Gewicht ca. 7,8 kg/dm³ beträgt, daneben aber auch Keramikmaterial mit einem spezifischen Gewicht in der Größenordnung von 4 kg/dm³. Auf diese Weise kann unter Berücksichtigung der geforderten Festigkeit das Gewicht des Ankerschaftes 2 reduziert bzw. so gering als möglich gehalten werden, was einen Beitrag zur Minimierung der vom elektromagnetischen Aktuator zu bewegendenden Massen zur Folge hat und wodurch folglich die den Anker 1 sowie letztlich das Brennkraftmaschinen-Hubventil oszillierend in Bewegung versetzenden Elektro-Magnetspulen kleiner dimensioniert werden können. Darüberhinaus treten bei einer für die Funktion des Aktuators benötigten bestimmten Beschleunigung einer nunmehr kleineren bewegten Masse entsprechend geringere Reaktionskräfte auf, was günstigen Einfluss auf die Geräuschemissionen des gesamten Systemes hat.

[0018] Was die Fertigung des beschriebenen, aus mehreren Abschnitten 2a - 2e (oder nur aus einem Teil der hier beschriebenen Abschnitte) zusammengesetzten Ankerschaftes 2 betrifft, so können die verschiedenen Materialien der jeweils aneinander angrenzenden Abschnitte 2a bis 2e bspw. durch diverse Schweißver-

fahren, wie z.B. Reibschweißen, Laserstrahlschweißen, Löten oder Kondensatorentladungsschweißen miteinander verbunden werden. Daneben sind jedoch auch andere gängige Verbindungstechniken möglich, bspw. Verschrauben, Verkleben oder Zusammengießen.

[0019] Abschließend sei darauf hingewiesen, daß sowohl der zuletzt beschriebene Effekt der Gewichtsreduzierung als auch der in Verbindung mit dem Sensor-Abschnitt 2e des Ankerschaftes 2 beschriebene Effekt des zumindest in diesem Abschnitt nicht ferromagnetischen Materials auch dann erzielbar ist, wenn der Ankerschaft 2 vollständig in Titan oder einer Titanlegierung oder in Keramik ausgebildet ist, d.h. wenn der Ankerschaft nicht aus den anhand der beigefügten Figur beschriebenen Abschnitten 2a - 2e zusammengesetzt ist. Daneben können selbstverständlich eine Vielzahl weiterer Details insbesondere konstruktiver Art durchaus abweichend vom lediglich prinzipiell dargestellten Ausführungsbeispiel gestaltet sein, ohne den Inhalt der Patentansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste:

[0020]

- | | |
|----|--|
| 1 | Anker oder Ankerplatte |
| 2 | Ankerschaft |
| 2a | unterer Endabschnitt von 2 |
| 2b | Federteller-Abschnitt von 2 |
| 2c | Führungs-Abschnitt von 2 |
| 2d | zentraler Ankerschaft-Abschnitt |
| 2e | Sensor-Abschnitt von 2 |
| 3 | Längsachse von 2 |
| 4 | Pfeilrichtung: oszillierende Bewegung von 1, 2 |

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Aktuator zur Betätigung eines Brennkraftmaschinen-Hubventiles mit einem zwischen zwei Magnetspulen oszillierend bewegten Anker (1), der einen Ankerschaft (2) trägt, welcher im Aktuator geführt ist und mit einem Endabschnitt (2a) auf den Schaft des Hubventiles einwirkt, wobei der Ankerschaft (2) zumindest abschnittsweise aus einem Material besteht, dessen spezifisches Gewicht wesentlich geringer ist als dasjenige von Stahl ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** verschiedene Abschnitte (2a - 2e) des Ankerschaftes (2) aus unterschiedlichen Materialien bestehen, die jeweils im wesentlichen hinsichtlich der für diese Abschnitte relevanten Anforderungen ausgewählt sind.
2. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 1, wobei nahe des anderen Endes des Ankerschaftes ein induktiv arbeitendes Meßsystem zur Ermittlung der Position des Ankers (1) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ankerschaft (2)

zumindest im Bereich dieses Meßsystemes aus einem Material besteht, dessen relative Permeabilität erheblich geringer als diejenige von Stahl ist.

3. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ankerschaft (2) vollständig oder teilweise in Titan oder einer Titanlegierung oder in Keramik ausgebildet ist.
4. Elektromagnetischer Aktuator nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Abschnitt (2d) des Ankerschaftes (2) bereichsweise einen gegenüber dem übrigen Bereich des Ankerschaftes (2) verringerten Querschnitt aufweist.

Claims

1. An electromagnetic actuator for operating a gate valve of an internal combustion engine, comprising an armature (1) movable in oscillation between two magnet coils and bearing an armature shank (2) which is guided in the actuator and an end portion (2a) whereof acts on the shank of the gate valve, wherein the armature shank (2) is formed at least in parts of a material having a specific weight considerably less than that of steel, **characterised in that** different portions (2a - 2e) of the armature shaft (2) are formed from different materials, connected in each case in accordance with the relevant requirements on these portions.
2. An electromagnetic actuator according to claim 1, wherein an inductive measuring system for determining the position of the armature (1) is provided near the other end of the armature shank, **characterised in that** the armature shank, at least in the region of the measuring system, is formed from a material having a relative permeability considerably less than that of steel.
3. An electromagnetic actuator according to claim 1 or 2, **characterised in that** the armature shank (2) is completely or partly formed from titanium or a titanium alloy or of ceramic.
4. An electromagnetic actuator according to any of the preceding claims, **characterised in that** at least one portion (2d) of the armature shank (2) has parts with a cross-section smaller than the rest of the armature shank (2).

Revendications

1. Actionneur électromagnétique pour déplacer une

soupape d'un moteur à combustion interne, comprenant un induit (1) se déplaçant en oscillation entre deux bobines magnétiques, portant une tige d'induit (2) guidée dans l'actionneur et agissant par une partie d'extrémité 2a sur la tige de la soupape, la tige d'induit (2) étant composée au moins partiellement d'un matériau dont le poids spécifique est nettement inférieur à celui de l'acier,

caractérisé en ce que

les diverses parties (2a à 2e) de la tige d'induit (2) sont faites de matériaux différents, dont chacun a été choisi essentiellement en fonction des exigences intéressant la partie concernée.

2. Actionneur électromagnétique selon la revendication 1, comportant près de l'autre extrémité de la tige d'induit un système de mesure fonctionnant par induction pour établir la position de l'induit (1),

caractérisé en ce que

la tige d'induit (2), au moins dans la zone de ce système de mesure, est faite d'un matériau dont la perméabilité relative est nettement plus faible que celle de l'acier.

3. Actionneur électromagnétique selon les revendications 1 ou 2,

caractérisé en ce que

la tige d'induit (2) est réalisée totalement ou partiellement en titane ou en alliage de titane ou en céramique.

4. Actionneur électromagnétique selon une des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'

au moins une partie (2d) de la tige d'induit présente localement une section réduite par rapport au reste de la tige d'induit (2).

