



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 935 054 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.08.1999 Patentblatt 1999/32

(51) Int. Cl.⁶: **F01L 9/04**

(21) Anmeldenummer: 99100674.3

(22) Anmeldetag: 15.01.1999

(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: 04.02.1998 DE 19804225

(71) Anmelder:
**TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH
74072 Heilbronn (DE)**

(72) Erfinder:
• **Gramann, Matthias
91233 Neunkirchen (DE)**

• **Röckl, Thomas
92271 Freiburg (DE)**
• **Nagel, Michael
90491 Nürnberg (DE)**
• **Wilczek, Rudolf
90518 Altdorf (DE)**

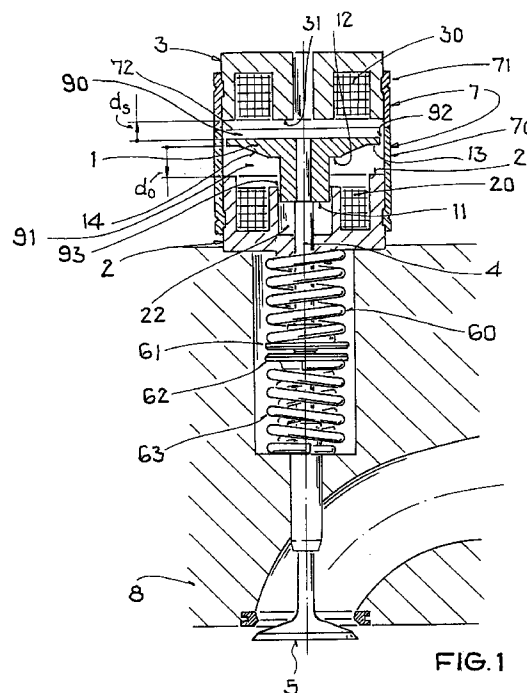
(74) Vertreter:
**Maute, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.
Daimler-Benz Aktiengesellschaft,
FTP/H,
Postfach 35 35
74025 Heilbronn (DE)**

(54) **Elektromagnetischer Aktuator**

(57) Bei einem bekannten elektromagnetischen Aktuator wird zur Betätigung eines Gaswechselventils (5) ein Anker (1) durch Magnetkraft zwischen den Polflächen (21, 31) eines Öffnermagneten (2) und eines Schließermagneten (3) bewegt. Aufgrund der beim Öffnen des Gaswechselventils (5) gegen den hohen Gasinnendruck in der Brennkammer zu leistenden Arbeit dauert der Öffnungsvorgang länger als der Schließvorgang. Der neue Aktuator soll ein schnelleres Öffnen des Gaswechselventils (5) ermöglichen.

Mit einer den Zwischenraum zwischen den Polflächen (21, 31) umschließenden zweiteiligen Verbindungshülse (7) aus einer am Öffnermagneten (2) befestigten ferromagnetischen Teilhülse (70) und einer am Schließermagneten (3) befestigten nichtferromagnetischen Teilhülse (71) wird die Magnetkraft des Öffnermagneten (2) für große Ankerhubweglängen (d_0) gegenüber der bei gleicher Ankerhubweglänge (d_s) auf den Anker (1) wirkende Magnetkraft des Schließermagneten (3) angehoben.

Elektromagnetische Ventilsteuerung in Brennkraftmaschinen.



EP 0 935 054 A2

Beschreibung

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

[0002] Ein derartiger elektromagnetische Aktuator ist beispielsweise aus der DE 296 04 946 U1 bekannt. Dieser vorbekannte Aktuator weist einen als Elektromagnet ausgeführten Öffnermagneten, einen von diesem beabstandet angeordneten, ebenfalls als Elektromagnet ausgeführten Schließermagneten sowie einen Anker auf, der über einen Stößel mit einem Gaswechselventil in Wirkverbindung steht. Zum Öffnen und Schließen des Gaswechselventils wird durch abwechselnde Bestromung der beiden Elektromagnete eine auf den Anker wirkende Magnetkraft erzeugt, durch die der Anker zwischen zwei sich gegenüberliegenden Polflächen dieser Elektromagnete hin und her bewegt wird.

[0003] Der wesentliche Nachteil dieses Aktuators liegt darin, daß beim Öffnungsvorgang, bei dem der Anker von der Polfläche des Schließermagneten zur Polfläche des Öffnermagneten bewegt wird, im Gegensatz zum Schließvorgang, bei dem der Anker von der Polfläche des Öffnermagneten zur Polfläche des Schließermagneten bewegt wird, Arbeit gegen den hohen Gasinnendruck in der Brennkammer geleistet werden muß. Der Öffnungsvorgang dauert daher länger als der Schließvorgang, was sich ungünstig auf die dynamischen Eigenschaften des Aktuators auswirkt.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektromagnetischen Aktuator gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 anzugeben, der verbesserte dynamische Eigenschaften aufweist, insbesondere soll er ein schnelleres Öffnen des Gaswechselventils ermöglichen.

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

[0006] Erfindungsgemäß weist der Aktuator eine den Zwischenraum zwischen den Polflächen der beiden Elektromagnete, d. h. den Bewegungsraum des Ankers, umschließende zweiteilige Verbindungshülse auf, welche aus einer am Öffnermagneten befestigten ferromagnetischen Teilhülse und einer am Schließermagneten befestigten nichtferromagnetischen Teilhülse zusammengesetzt ist. Die Verbindungshülse erfüllt zwei Funktionen: zum einen hält sie die beiden Elektromagnete in ihrer relativ zueinander beabstandeten Position fest und zum anderen bewirkt sie aufgrund des geringen magnetischen Widerstandes ihrer ferromagnetischen Teilhülse eine Anhebung der bei großen Ankerhubweglängen auf den Anker wirkenden Magnetkraft des Öffnermagneten. Ursache dieser Magnetkraftanhebung ist der zwischen Anker und Polfläche des Öffnermagneten wirksame Luftspalt, der bei großen Ankerhubweglängen durch die ferromagnetische Teilhülse auf den Luftspalt zwischen der Stirnfläche der ferromagnetischen

Teilhülse und Anker reduziert wird.

[0007] In einer vorteilhaften Weiterbildung weist der Anker in seiner Mitte einen Zapfen auf, der bei am Öffnermagneten anliegenden Anker in eine zum Zapfen komplementäre Vertiefung des Öffnermagneten hineinreicht. Ähnlich wie die ferromagnetische Teilhülse bewirkt auch dieser Zapfen für große Ankerhubweglängen eine Reduzierung des im Magnetkreis wirksamen Luftspaltes, was zu einer weiteren Anhebung der Magnetkraft des Öffnermagneten führt.

[0008] Der Anker weist vorzugsweise zumindest in einem Teilbereich einen Querschnitt mit in Richtung Ankerrand abnehmender Dicke auf, wobei die Änderung der Dicke vorteilhafterweise derart gewählt ist, daß die zum magnetischen Fluß normalen Flächen innerhalb dieses Teilbereichs nahezu gleich groß sind. Hierdurch erreicht man eine Reduzierung der beschleunigten Masse, was zu einer weiteren Verbesserung der Aktordynamik führt. Die Polflächen der Elektromagnete sind in ihrer geometrischen Form vorzugsweise komplementär zu den ihnen jeweils zugewandten Ankeroberflächen ausgeführt, so daß der Abstand zwischen Ankeroberfläche und Polfläche des jeweiligen Elektromagneten bei am jeweiligen Elektromagneten anliegenden Anker vernachlässigbar klein ist.

[0009] Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1: einen Aktuator zur elektromagnetischen Steuerung eines Gaswechselventils in einer Brennkraftmaschine,

Figur 2: Magnetkraft-Hub-Kennlinien der Elektromagnete aus Figur 1.

[0010] Gemäß Figur 1 weist der Aktuator einen mit einem Gaswechselventil 5 in Kraftwirkung stehenden Stößel 4, einen mit dem Stößel 4 quer zur Stößel-Längsachse, d. h. quer zum Ankerhubweg befestigten Anker 1, sowie einen als Öffnermagnet 2 wirkenden ersten Elektromagneten und einen als Schließermagnet 3 wirkenden zweiten Elektromagneten auf. Die beiden Elektromagnete 2, 3 sind voneinander beabstandet angeordnet und weisen sich gegenüberliegende Polflächen 21, 31 auf, zwischen denen der Anker 1 durch abwechselnde Bestromung der Erregerspulen 20, 30 in Richtung der Stößel-Längsachse bewegbar ist. Sie sind mittels einer aus einer ferromagnetischen Teilhülse 70 und einer nichtferromagnetischen Teilhülse 71 zusammengesetzten zweiteiligen Verbindungshülse 7 miteinander verbunden, welche den Zwischenraum 90, 91 zwischen den Polflächen 21, 31 gegen Verunreinigungen abdichtet und die Elektromagnete 2, 3 in ihrer voneinander beabstandeten Position festhält. Die ferromagnetische Teilhülse 70 ist dabei am Öffnermagneten 2 und die nichtferromagnetische Teilhülse 71 am

Schließermagneten 3 befestigt. Die beiden Teilhülsen 70, 71 sind an ihren Stirnflächen 72, beispielsweise durch eine Löt- oder Klebeverbindung, miteinander verbunden.

[0011] Zwei gegensinnig wirkende Stellfedern 60, 63, die zwischen dem Öffnermagneten 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 wird. Zum Schließen des Gaswechselventils 5 wird die Erregerspule 30 des Schließermagneten 3 bestromt, so daß der Anker 1 aufgrund der dann auf ihn wirkenden Magnetkraft in Richtung Polfläche 31 des Schließermagneten 3 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 20 des Öffnermagneten 2 zu dessen Polfläche 21 hin bewegt und dort bis zur Unterbrechung des Stromflusses festgehalten.

[0012] Der Anker 1 weist in der Mitte seiner dem Öffnermagneten 2 zugewandten Seite einen Zapfen 11 auf, welcher vorteilhafterweise zylinderförmig mit einer Aussparung zur Aufnahme des Stößels 4 ausgeführt ist und welcher bei am Öffnermagneten 2 anliegendem Anker 1 in eine zum Zapfen 11 komplementäre Vertiefung 22 des Öffnermagneten 2 hineingeführt ist. Die Höhe des Zapfens 11 ist gleich der Höhe des die Polfläche 21 überragenden Teils der ferromagnetischen Teilhülse 70, d. h. gleich der Höhe des von der ferromagnetischen Teilhülse 70 begrenzten Teils des Zwischenraumes 90, 91. Bei am Schließermagneten 3 anliegendem Anker 1 sind die Stirnfläche 72 der ferromagnetischen Teilhülse 70 und die der Stirnfläche 72 nächstliegende Kante des Ankers 1 sowie die einander nächstliegenden Kanten des Zapfens 11 und der Vertiefung 22 in Richtung des Ankerhubweges jeweils um etwa 0,1 mm voneinander beabstandet.

[0013] Der Anker 1 weist ferner einen Teilbereich mit in Richtung Ankerrand kontinuierlich abnehmender Dicke auf, wobei die Änderung der Dicke derart gewählt ist, daß die zum magnetischen Fluß normalen Flächen innerhalb dieses Teilbereichs nahezu gleich groß sind. Dieses erreicht man im vorliegenden Beispiel dadurch, daß die dem Schließermagneten 3 zugewandte Oberfläche des Ankers 1 im wesentlichen eben ausgeführt ist und die dem Öffnermagneten 2 zugewandte Oberfläche des Ankers 1 derart ausgeführt ist, daß sie einen um den Zapfen 11 verlaufenden inneren ebenen Flächenbereich 12, einen zum inneren Flächenbereich 12 parallel versetzten äußeren ebenen Flächenbereich 13 und einen durch den inneren und äußeren Flächenbereich 12, 13 begrenzten dreidimensionalen Flächenbereich 14 aufweist, welcher die Oberfläche des Teilbereichs mit in Richtung Ankerrand abnehmender

Dicke bildet. Der innere und äußere Flächenbereich 12, 13 stehen senkrecht zum Ankerhubweg und liegen bei vom Öffnermagneten 2 angezogenem Anker 1 an entsprechenden Flächenbereichen der Polfläche 21 des Öffnermagneten 2 an oder sind von diesen über Luftspalte vernachlässigbarer Größe beabstandet.

[0014] Denkbar ist weiterhin auch ein Anker, bei dem der Teilbereich mit in Richtung Ankerrand abnehmender Dicke durch entsprechende dreidimensionale Gestaltung der dem Schließermagneten 3 zugewandten Ankeroberfläche gebildet wird. In diesem Fall kann die Oberfläche des Ankers auf der dem Öffnermagneten 2 zugewandten Seite in dem den Zapfen 11 umgebenden Bereich eben ausgeführt sein.

[0015] Die Joche der Elektromagnete 2, 3 und der Anker 1 sind aus weichmagnetischen Materialien mit hoher magnetischer Permeabilität gefertigt. Sie weisen in Draufsicht, d. h. in einer zum Ankerhubweg senkrechten Projektionsebene, einen rechteckigen Querschnitt auf, so daß man eine optimale Raumausnutzung beim Einbau des Aktuators in die Brennkraftmaschine erreicht.

[0016] Gemäß Figur 2 unterscheiden sich die Magnetkraft-Hub-Kennlinien der beiden Elektromagnete 2, 3 dadurch, daß die Magnetkraft F_{MO} des Öffnermagneten 2 ab einem bestimmten Hub d_x , d. h. ab einem bestimmten Wert der Ankerhubweglänge d_0 , größer ist als die bei gleichem Wert der Ankerhubweglänge d_s auf den Anker 1 wirkende Magnetkraft F_{MS} des Schließermagneten 3.

[0017] Für die Größe der Magnetkraft F_{MO} bzw. F_{MS} ist die Änderung der magnetischen Energie längs des Ankerhubweges d_0 bzw. d_s maßgebend. Beim Schließermagnet 3 wird diese Änderung im wesentlichen durch die Änderung des magnetischen Widerstandes des Luftspaltes 90 zwischen Anker 1 und Polfläche 31 des Schließermagneten 3, d. h. durch den Ankerhubweg d_s , bestimmt. Die magnetischen Widerstände des Ankers 1 und des Schließermagneten 3 können für große Ankerhubweglängen d_s vernachlässigt werden. In diesem Fall ist die auf den Anker 1 wirkende Magnetkraft F_{MS} des Schließermagneten 3 umgekehrt proportional zum Quadrat der Ankerhubweglänge d_s und wird erst bei sehr kleinen Ankerhubweglängen d_s durch den magnetischen Widerstand des Ankers 1 und des Schließermagneten 3 begrenzt.

[0018] Beim Öffnermagneten 2 wird die Änderung der magnetischen Energie hingegen sowohl durch den Ankerhubweg d_0 als auch durch die Größe des Luftspaltes 92 zwischen ferromagnetischer Teilhülse 70 und Anker 1 sowie durch die Größe des Luftspaltes 93 zwischen den Seitenflächen des Zapfens 11 und der Vertiefung 22 bestimmt. Befindet sich der Anker 1 nämlich in einer Position innerhalb der ferromagnetischen Teilhülse 70, bildet diese aufgrund ihres geringen magnetischen Widerstandes einen magnetischen Nebenschuß im magnetischen Kreis des Öffnermagneten 2, so daß ein großer Teil des magnetischen Flusses

über die ferromagnetische Teilhülse 70 zum Anker 1 geleitet wird. Die durch den Luftspalt 92 zwischen ferromagnetischer Hülse 70 und Anker 1 verlaufenden Magnetfeldlinien des magnetischen Flusses weisen in Richtung des Ankerhubweges lediglich geringe Feldkomponenten auf und liefern daher auch nur einen geringen Beitrag zu der in Ankerhubweg-Richtung ausgerichteten Magnetkraft F_{MO} des Öffnermagneten 2. Gleiches gilt auch für die durch den Luftspalt 93 zwischen den Seitenwänden des Zapfens 11 und der Vertiefung 22 verlaufenden Magnetfeldlinien. Bei geringer Ankerhubweglänge d_0 ist Magnetkraft F_{MO} des Öffnermagneten 2 infolgedessen geringer als die bei gleicher Ankerhubweglänge d_S auf den Anker 1 wirkende Magnetkraft F_{MS} des Schließermagneten 3.

[0019] Befindet sich der Anker 1 jedoch in einer Position außerhalb der ferromagnetischen Teilhülse 70, d. h. weit entfernt von der Polfläche 21 des Öffnermagneten 2, wird die Änderung der magnetischen Energie im wesentlichen durch die Änderung des magnetischen Widerstandes des Luftspaltes zwischen der Stirnfläche 72 der ferromagnetischen Hülse 70 und Anker 1 sowie durch die Änderung des magnetischen Widerstandes des Luftspaltes zwischen den Kanten des Zapfens 11 und der Vertiefung 22 bestimmt. Aufgrund der geringen Größe dieser Luftspalte ist die auf den Anker 1 wirkende Magnetkraft F_{MO} des Öffnermagneten 2 für große Ankerhubweglängen d_0 größer als die Magnetkraft F_{MS} des Schließermagneten 3 bei gleich großer Ankerhubweglänge d_S . Die geometrischen Abmessungen des Ankers 1, der ferromagnetischen Teilhülse 70 und der Polfläche des Öffnermagneten 2 sind derart gewählt, daß die Magnetkraft-Hub-Kennlinie F_{MO} des Öffnermagneten 2 bei maximaler Ankerhubweglänge d_0 ein lokales Maximum aufweist, das ausreichend groß ist, um die Druckkraft, die zu dem Zeitpunkt des Loslösen des Ankers 1 von dem Schließermagneten 3 aufgrund des Gasinnendrucks in der Brennkammer auf das Gaswechselventil 5 wirkt, zumindest teilweise zu kompensieren. Infolgedessen ist die Dämpfung des aus dem Anker 1, dem Stößel 4, dem Gaswechselventil 5, den Stellfedern 60, 63 und den Federtellern 61, 62 gebildeten Feder-Masse-Systems in beiden Bewegungsrichtungen des Ankers 1 in etwa gleich groß, so daß auch die Zeiten, innerhalb derer der Anker 1 von der einen Polfläche 21 bzw. 31 zur anderen Polfläche 31 bzw. 21 bewegt wird, für beide Bewegungsrichtungen im wesentlichen gleich sind.

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils (5) in einer Brennkraftmaschine, mit zwei voneinander beabstandet angeordneten Elektromagneten (2, 3), von denen der eine als Öffnermagnet (2) zur Erzeugung einer Magnetkraft zum Öffnen des Gaswechselventils (5) und der andere als Schließermagnet (3) zur Erzeugung

einer Magnetkraft zum Schließen des Gaswechselventils (5) vorgesehen ist, und mit einem zwischen sich gegenüberliegenden Polflächen (21, 31) der Elektromagnete (2, 3) durch Magnetkraft bewegbaren Anker (1), der mit dem Gaswechselventil (5) in Wirkverbindung steht, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktuator eine den Zwischenraum (90, 91) zwischen den Polflächen (21, 31) der Elektromagnete (2, 3) umschließende zweiteilige Verbindungshülse (7) aus einer am Öffnermagneten (2) befestigten ferromagnetischen Teilhülse (70) und einer am Schließermagneten (3) befestigten nichtferromagnetischen Teilhülse (71) aufweist.

2. Aktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (1) in seiner Mitte einen Zapfen (11) aufweist, der bei am Öffnermagneten (2) anliegendem Anker (1) in eine zum Zapfen (11) komplementäre Vertiefung (22) des Öffnermagneten (2) hineingeführt ist.
3. Aktuator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe des Zapfens (11) und die Höhe des von der ferromagnetischen Teilhülse (70) begrenzten Teils des Zwischenraumes (90, 91) zwischen den Polflächen (21, 31) der Elektromagnete (2, 3) möglichst gleich sind.
4. Aktuator nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (1) zumindest in einem Teilbereich eine in Richtung Ankerend abnehmende Dicke aufweist.
5. Aktuator nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Polflächen (21, 31) der Elektromagnete (2, 3) jeweils komplementär zu der dem jeweiligen Elektromagneten (2, 3) zugewandten Oberfläche des Ankers (1) ausgeführt sind.
6. Aktuator nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Schließermagneten (3) zugewandte Oberflächenseite des Ankers (1) im wesentlichen eben ist.

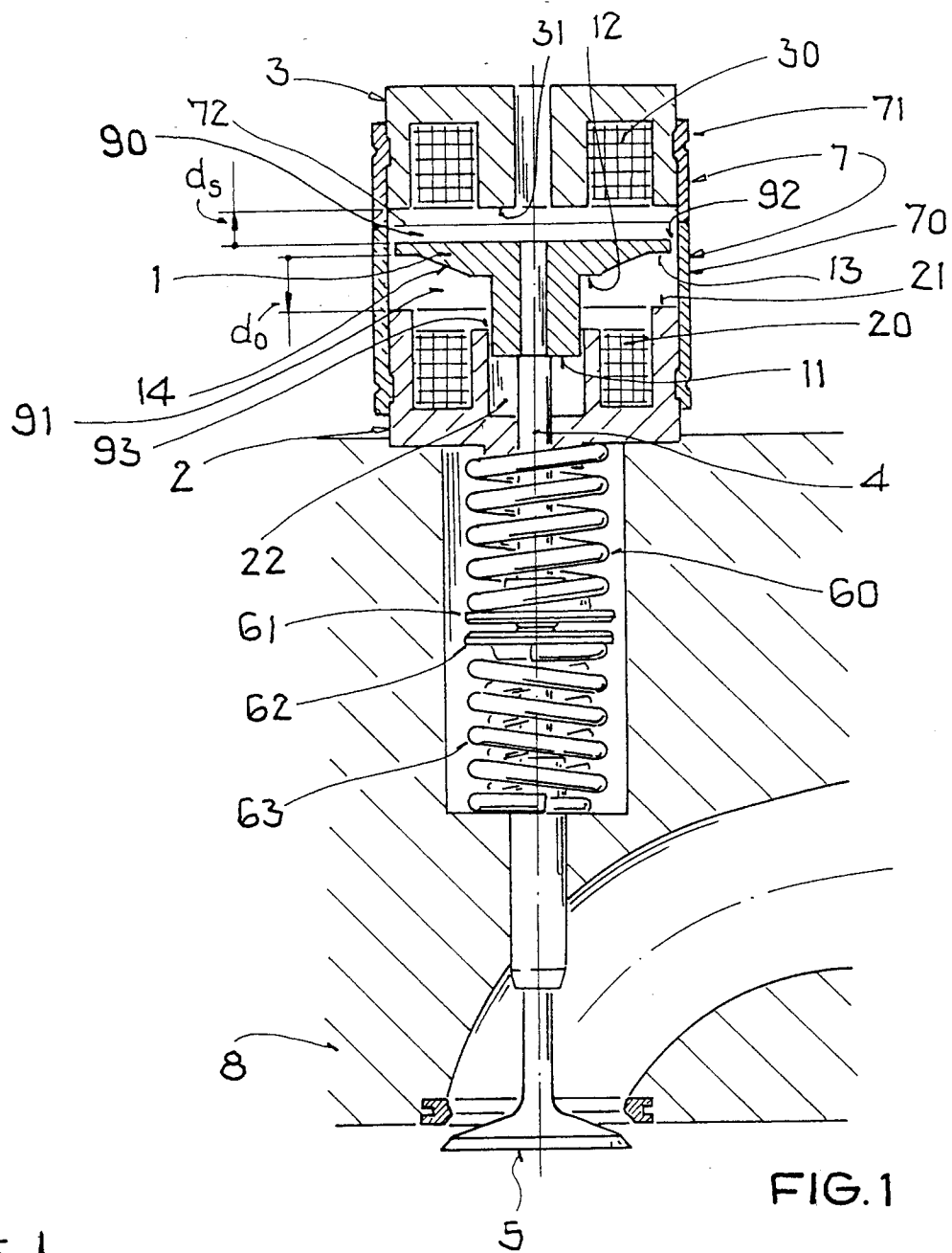


FIG.1

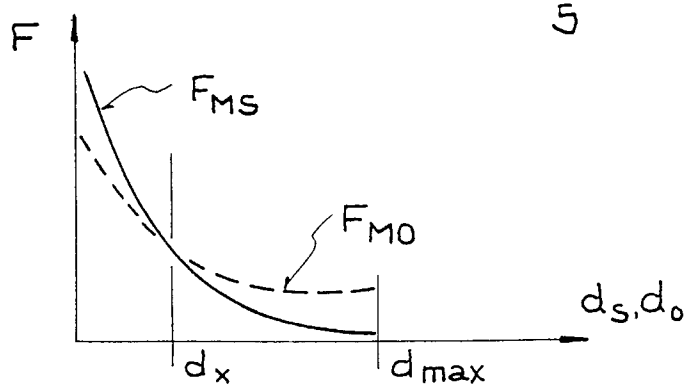


FIG.2