(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 34 959 B4** 2005.09.08

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **195 34 959.8**
(22) Anmeldetag: **20.09.1995**
(43) Offenlegungstag: **28.03.1996**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **08.09.2005**

(51) Int Cl.[7]: **H01F 7/16**
F01L 9/04

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zur erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
P 6-228164 22.09.1994 JP

(73) Patentinhaber:
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

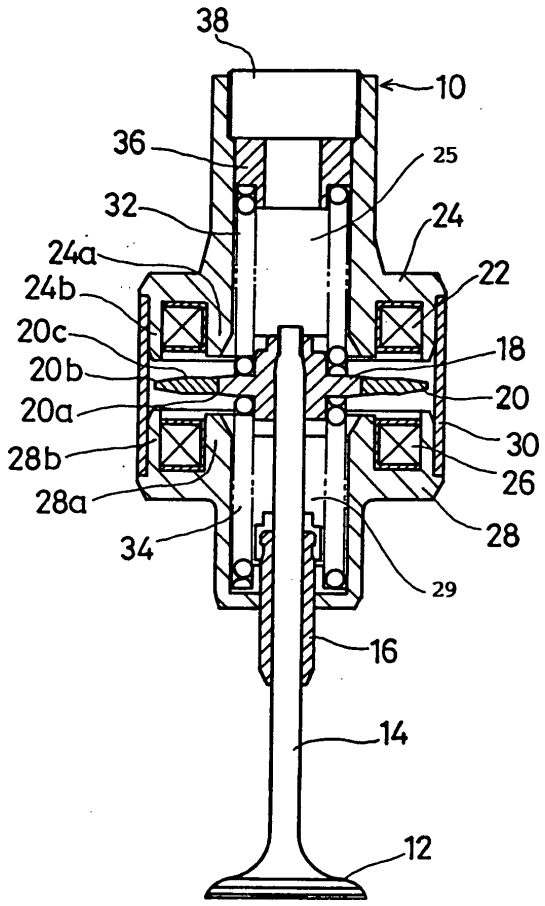
(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(72) Erfinder:
Izuo, Takashi, Toyota, Aichi, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 38 26 977 A1
DE 35 00 530 A1
EP 00 43 426 A1
EP 00 24 909 A1

(54) Bezeichnung: **Ventilantriebsvorrichtung zum Antrieb eines Ventils eines Verbrennungsmotors**

(57) Hauptanspruch: Ventilantriebsvorrichtung zum Antrieb eines Ventils (12) eines Verbrennungsmotors mittels einer elektromagnetischen Anziehungskraft, mit
einem magnetischen Kern (24, 28) und einer am Ventil (12) befestigten und mit dem magnetischen Kern (24, 28) zusammenwirkenden Kolbeneinrichtung, die einen mit dem Ventil (12) fest verbundenen Kolbenhalter (18) sowie einen nahe dem magnetischen Kern (29, 28) befindlichen Kolbenabschnitt aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Kolbenabschnitt derart beschaffen ist, dass er an einem mittleren Abschnitt (20c; 40c), der zwischen radial innerhalb und radial außerhalb von diesem befindlichen Abschnitten liegt, an denen der magnetische Fluss größtenteils ein- oder austritt, eine höhere magnetische Flusskapazität aufweist, als an den radial innerhalb und radial außerhalb liegenden Abschnitten.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Ventilantriebsvorrichtung gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 und insbesondere auf eine elektromagnetische Antriebsvorrichtung zum Antrieb eines Einlaßventils oder eines Auslaßventils eines Verbrennungsmotors mittels einer elektromagnetischen Kraft.

Stand der Technik

[0002] Eine Ventilantriebsvorrichtung ist in der JP 61-237810 A offenbart und aus dieser bekannt, in der ein Einlaß- oder ein Auslaßventil eines Verbrennungsmotors mittels einer elektromagnetischen Anziehungskraft, die durch Magnetspulen erzeugt wird, angetrieben wird. Eine solche Ventilvorrichtung macht den Nockenmechanismus zum Antreiben eines Einlaß- oder eines Auslaßventils, der üblicherweise beim Stand der Technik verwendet wird, überflüssig. Zusätzlich kann das Öffnen und Schließen des Ventils auf Wunsch geändert werden. Auf diese Weise kann ein optimales Öffnungs- und Schließtiming entsprechend den Betriebsbedingungen des Verbrennungsmotors leicht realisiert werden.

[0003] Die Ventilvorrichtung, die oben genannt wurde, umfaßt eine Ventilstange, die mit einem Einlaßventil oder einem Auslaßventil verbunden ist, und einen rund ausgebildeten Kolben, der aus magnetischem Material ausgeformt ist und an der Ventilstange befestigt ist, zwei elektromagnetische Spulen, die jeweils unter- und oberhalb des Kolbens angeordnet sind, und zwei magnetische Kerne, von denen jeder an der jeweiligen magnetischen Spule befestigt ist. Wenn ein Strom an eine der elektromagnetischen Spulen angelegt wird, wird eine elektromagnetische Anziehungskraft zwischen Kolben und der magnetischen Spule erzeugt, die an der mit Strom versorgten elektromagnetischen Spule befestigt ist. Auf diese Weise wird der Kolben zum magnetischen Kern hin bewegt, der aufgrund der elektromagnetischen Anziehungskraft mit Strom versorgt wird. Andererseits wird, wenn der Strom zu der anderen elektromagnetischen Spule zugeführt wird, der Kolben in die entgegengesetzte Richtung bewegt. Daher wird, wenn der Strom abwechselnd an beide elektromagnetische Spulen zugeführt wird, der Kolben zwischen den zwei elektromagnetischen Spulen hin- und herbewegt und daher das Ventil, das über die Ventilstange mit dem Kolben verbunden ist, zwischen der offenen und der geschlossenen Position hin- und herbewegt.

[0004] Anfänglich ist der Kolben der Ventilantriebsvorrichtung eine flache Platte, die aus magnetischem Material ausgebildet ist. Auf diese Weise wird der magnetische Fluß, der durch die elektromagnetischen Spulen erzeugt wurde, zu nahezu allen Abschnitten des Kolbens fließen. Andererseits ist zu bevorzugen, den magnetischen Fluß an einem Abschnitt des Kolbens zu konzentrieren, der dem magnetischen Kern am nächsten ist. Daraus ergibt sich bei der oben erläuterten Ventilvorrichtung das Problem, daß der magnetische Fluß nicht an einem Abschnitt nahe dem magnetischen Kern konzentriert ist und daß der Strom, der notwendig ist, um eine vorbestimmte elektromagnetische Anziehungskraft zu erzielen, sehr hoch ist.

[0005] Weiterhin ist, wenn der magnetische Fluß durch eine magnetische Schaltung fließt, die einen magnetischen Kern, den Kolben und einen Luftspalt zwischen dem Kern und dem Kolben umfaßt, die magnetische Flußdichte nicht an allen Abschnitten des Kolbens die selbe. Jedoch ist die magnetische Flußkapazität des Kolbens an allen Abschnitten des Kolbens die gleiche. So besteht bei der oben erläuterten Ventilvorrichtungdas Problem, daß das Gewicht des Kolbens erhöht wird, um eine ausreichende magnetische Flußkapazität zu erreichen, da der Kolben eine unnötige Dicke an Abschnitten aufweist, an denen ein vergleichsweise geringer magnetischer Fluß fließt,.

[0006] DE 35 00 530 A1 beschreibt eine gattungsgemäße Ventilantriebsvorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1. Eine Optimierung des magnetischen Flusses im Kolben wird in diesem Dokument nicht beschrieben.

[0007] EP 0 043 426 A1 beschreibt ebenfalls eine Ventilantriebsvorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1. Auch dieses Dokument beschreibt nicht die Optimierung des magnetischen Flusses im Kolben.

[0008] DE 38 26 977 A1 beschreibt eine Ventilantriebsvorrichtung zum Antrieb eines Ventils eines Verbrennungsmotors mittels einer elektromagnetischen Anziehungskraft. Bei dieser Ventilantriebsvorrichtung ist der Kolbenabschnitt derart ausgebildet, dass die Dicke des Kolbenabschnittes in einer Richtung radial nach außen geringer wird. Die Flusskapazität nimmt somit bei dieser Ventilantriebsvorrichtung geometriebedingt vom Zentrum des Kolbenabschnittes zum radialen Ende hin ab.

[0009] EP 0 024 909 beschreibt einen Elektromagnet-Aktuator bei dem ein magnetischer Ankerabschnitt, der zwischen zwei Magnetspulen hin- und herbewegbar angeordnet ist, so ausgebildet ist, dass der magnetische Ankerabschnitt jeweils am Außen- und Innenumfang die größte Materialdicke und somit die größte Flusskapazität aufweist.

Aufgabenstellung

[0010] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Ventilantriebsvorrichtung gemäß dem Oberbe-

griff von Patentanspruch 1 so weiterzubilden, dass ein verbessertes Schaltverhalten mit geringerem Stromverbrauch realisiert werden kann.

[0011] Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine Ventilantriebsvorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bereitgestellt.

[0012] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, eine Elektromagnet-Ventilantriebsvorrichtung zu schaffen, die mit einem geringen Betrag an elektrischem Strom betrieben werden kann, indem ein Kolben verwendet wird, dessen magnetischer Fluß an einem Abschnitt konzentriert wird, der nahe dem magnetischen Kern ist. Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Ventilantriebsvorrichtung zu schaffen, die mit einem geringen Betrag elektrischen Stroms betrieben werden kann, indem ein Kolben verwendet wird, der leicht ist und dennoch eine ausreichende magnetische Flußkapazität aufweist, um einen zufriedenstellenden Betrieb zu ermöglichen.

[0013] Vorteilhafte Weiterentwicklungen der Ventilantriebsvorrichtung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Ausführungsbeispiel

[0014] Die Erfindung sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlicher, wenn die vorliegende detaillierte Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen studiert wird.

[0015] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt einer Ventilantriebsvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0016] Fig. 2 ist ein vergrößerter Querschnitt eines Teils der in Fig. 1 dargestellten Ventilantriebsvorrichtung.

[0017] Fig. 3 ist ein Querschnitt eines Kolbens und eines magnetischen Kerns der in Fig. 1 dargestellten Ventilantriebsvorrichtung, der die Linien des magnetischen Flusses zeigt, der durch den Kolben und den magnetischen Kern fließt.

[0018] Fig. 4 ist ein Querschnitt eines Kolbens und des magnetischen Kerns der in Fig. 1 dargestellten Ventilantriebsvorrichtung, der die Verteilung der magnetischen Flußdichte, ausgebildet im Kolben und im magnetischen Kern, zeigt.

[0019] Fig. 5 ist ein Querschnitt eines Kolbens der in Fig. 1 dargestellten Ventilantriebsvorrichtung, der die Verteilung der Kraft, die auf den Kolben aufgebracht wird, zeigt.

[0020] Fig. 6 ist ein Querschnitt eines Kolbens einer Ventilantriebsvorrichtung eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung, der die Verteilung der Kraft zeigt, die auf den Kolben aufgebracht wird.

[0021] Unter Bezugnahme auf die Fig. 1 und Fig. 2 wird ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ventilantriebsvorrichtung beschrieben. Fig. 1 ist ein Querschnitt einer Ventilvorrichtung **10**. Fig. 2 ist ein vergrößerter Teilquerschnitt, der einen Teil der Ventilantriebsvorrichtung **10** zeigt.

[0022] Die Ventilantriebsvorrichtung **10** treibt ein Ventil **12** an. Das Ventil **12** wird als Einlaß- oder Auslaßventil bei einem Verbrennungsmotor verwendet. Das Ventil **12** ist an der Einlaß- oder der Auslaßöffnung des Motors angeordnet, so daß die Bodenfläche des Ventils der Verbrennungskammer ausgesetzt ist. Der Zylinderkopf eines Motors weist Kanäle auf, von denen jeder mit einem Ventilsitz für ein Ventil **12** versehen ist. Die Kanäle oder Öffnungen werden entsprechend der hin- und hergehenden Bewegung des Ventils **12** geöffnet und geschlossen.

[0023] Das Ventil **12** wird mittels einer Ventilstange **14** getragen, die von einer Ventilführung **16** gehalten wird. Die Ventilstange **14** kann entlang der Ventilführung **16** hin- und hergehen und ist am Kolbenhalter **18** an ihrem oberen Ende befestigt. Der Kolbenhalter **18** ist aus nicht magnetischem Material hergestellt. Leichte Metalle, wie bspw. Ti, Ti-A1 und Al, werden bevorzugt für den Kolbenhalter **18** verwendet.

[0024] Wie in Fig. 2 dargestellt, weist die Ventilstange **14** einen Abschnitt geringen Durchmessers **14a** auf, einen kegel-förmigen Abschnitt **14b** und einen Abschnitt großen Durchmessers **14c** am oberen Ende. Andererseits ist der Kolbenhalter **18** mit einem Abschnitt geringen Durchmessers **18a**, einem kegelförmigen Abschnitt **18b** und einem Abschnitt großen Durchmessers **18c** versehen. Die Ventilstange **14** und der Kolbenhalter **18** sind fest miteinander verbunden, indem die Ventilstange **14** in den Kolbenhalter **18** mittels einer Preßpassung eingesetzt ist, bis die Abschnitte geringen Durchmessers **14a**, **18a**, die kegelförmigen Abschnitte **14b**; **18b** und die Abschnitte großen Durchmessers **14c**; **18c** miteinander in Verbindung sind.

[0025] Wenn die kegelförmigen Abschnitte **14b**; **18c** hergestellt werden, ist die Kontaktfläche der Ventilstange **14** und des Kolbenhalters **18** größer und die Länge des Passungsabschnitts der Ventilstange **14** und des Kolbenhalters **18** ist länger als in dem Fall, in dem die kegelförmigen Abschnitte **14b**; **18c** nicht vorgesehen werden. Dadurch kann bei diesem Ausführungsbeispiel eine Verbindungskraft, die hoch genug ist, an den Abschnitten erreicht werden, an denen die Ventilstange **14** und der Kolbenhalter **18** fest miteinander verbunden sind.

[0026] Daher kann die Ventilstange **14** nicht leicht

vom Kolbenhalter **18** getrennt werden und die Ventilstange **14** und der Kolbenhalter **18** können nicht so leicht zueinander bewegt werden.

[0027] Der Kolbenhalter **18** ist an dem Kolben **20** an der Peripherie befestigt. Der Kolben **20** ist aus magnetischem Material, das aus magnetischem Metall, wie Fe, Ni oder Co, hergestellt ist und hat eine ringartige Form mit einem Loch in der Mitte. Das Loch hat im wesentlichen denselben Durchmesser wie der Kolbenhalter **18**. Der Kolben **20** und der Kolbenhalter **18** sind durch verschiedene Einrichtungen, bspw. Elektrodenstrahlschweißen, Laserstrahlschweißen oder Hartlöten, miteinander verbunden. Für den Fall, daß der Kolbenhalter **18** aus einem faserverstärkten Harz hergestellt ist, können Verfahren wie Einsatzgießen, Ultrasonic-Schweißen in geeigneter weise verwendet werden, um den Kolben **20** und den Kolbenhalter **18** miteinander zu verbinden.

[0028] Eine erste Magnetventilspule **22** und ein erster magnetischer Kern **24** sind oberhalb des Kolbens **20** angeordnet. Andererseits ist eine zweite Magnetventilspule **26** und ein zweiter magnetischer Kern **28** unterhalb des Kolbens **20** angeordnet. Der erste und zweite magnetische Kern **24** und **28** sind aus magnetischem Material hergestellt. Der erste magnetische Kern **24** hält die erste Magnetventilspule **22** und der zweite magnetische Kern **28** hält die zweite Magnetventilspule **26**. Weiterhin werden der erste magnetische Kern **24** und der zweite magnetische Kern **28** mittels eines Jochs **30**, das eine zylinderförmige Form aufweist, gelagert. Das Joch **30** ist aus nicht magnetischem Material hergestellt.

[0029] Der erste und zweite magnetische Kern **24** und **28** weisen Federlöcher **25** und **29** auf, die sich in axialer Richtung der Ventilvorrichtung **10** in der mittleren Abschnitt erstrecken. Eine Feder **32** ist innerhalb des Federlochs **25** und eine Feder **34** innerhalb des Federlochs **29** aufgenommen.

[0030] Ein Ende der Feder **34** ist an der unteren Seite des Kolbenhalters **18** befestigt und das andere Ende ist an dem unteren Ende des zweiten magnetischen Kerns **28** befestigt. Ein Ende der Feder **32** ist mit der oberen Seite des Kolbenhalters **18** und das andere Ende an einem Stopper **36** befestigt, der innerhalb des Federlochs **25** angeordnet ist. Der Stopper **36** verhindert eine Bewegung zu der oberen Seite hin mittels eines Einstellers **38**, der in das obere Ende des magnetischen Kerns **24** eingeschraubt ist.

[0031] Deshalb wird der Kolbenhalter **18** mittels Feder **32** und **34** in gegenüberliegende Richtungen gedrückt. Auf diese Weise wird der Kolbenhalter **18** an einem Ort positioniert, in dem die Druckkraft der Federn **32** und **34** ausgeglichen ist. Weiterhin ist die Position des Einstellers **38** so eingestellt, daß die Druckkraft der Federn **32** und **34** ausgeglichen ist, wenn der Kolbenhalter **18** in der Mitte des ersten und zweiten magnetischen Kerns **24** und **28** angeordnet ist. Daher wird in einem Zustand, in dem keine Kraft mit Ausnahme der Druckkraft der Federn **32** und **34** auf den Kolbenhalter **18** aufgebracht wird, der Kolbenhalter **18** und der Kolbenhalter **20** in der Mitte des ersten und des zweiten magnetischen Kerns **24** und **28** gehalten. Wenn der Kolbenhalter **18** und der Kolben **20** an dieser Position sind, befindet sich das Ventil **12** in der neutralen Stellung seines Hubes. Folgend wird die Position des Kolbenhalters **18** und des Kolbens **20** in diesem Zustand als neutrale Stellung bezeichnet.

[0032] Da der Kolben **20** aus magnetischem Material ausgeformt ist, wird, wenn ein Strom an die erste Elektromagnetspule **22** angelegt wird, um ein magnetisches Feld um die erste Elekromagnetventilspule **22** zu erzeugen, ein magnetischer Fluß durch die magnetische Schaltung – umfassend den ersten Kern **24**, den Kolben **20** und einen Luftspalt – zwischen dem ersten magnetischen Kern **24** und dem Kolben **20** strömen. Wenn dieser magnetische Fluß erzeugt wird, wird eine elektromagnetische Anziehungskraft zwischen dem ersten magnetischen Kern **24** und dem Kolben **20** aufgebracht. Daher wird in dieser Situation der Kolben **20** zu dem ersten magnetischen Kern **24** hin bewegt.

[0033] Andererseits wird, wenn ein Strom an die zweite Elektromagnetspule **26** angelegt wird, um ein magnetisches Feld um die zweite Elektromagnetspule **26** herum zu erzeugen, ein magnetischer Fluß durch den magnetischen Aufbau – umfassend den zweiten magnetischen Kern **28**, den Kolben **20** und einen Luftspalt – zwischen dem zweiten Kern **28** und dem Kolben **20** strömen. Wenn dieser magnetische Fluß erzeugt wird, wird eine elektromagnetische Anziehungskraft zwischen dem zweiten magnetischen Kern **28** und dem Kolben **20** auftreten. Daher wird in dieser Situation der Kolben **20** zu dem zweiten magnetischen Kern **28** hin bewegt. Entsprechend wird, wenn ein angemessener Wechselstrom an die erste und zweite Elektromagnetspule **22**, **26** angelegt wird, der Kolben **20** zwischen dem ersten und zweiten magnetischen Kern **24**, **28** hin- und hergehen und dadurch wird das Ventil **12** zwischen der offenen und geschlossenen Stellung hin- und herbewegt.

[0034] Wenn der Kolben **20** aus der neutralen Position aufgrund einer elektromagnetischen Anziehungskraft wegbewegt wird, werden die Federn **32** und **34** elastisch deformiert oder komprimiert. Das führt dazu, daß eine Rückholenergie in den Federn **32** und **34** gespeichert wird. Dies führt dazu, daß, wenn die elektromagnetische Kraft weggenommen wird, nachdem der Kolben **20** aus seiner neutralen Stellung wegbewegt wurde, eine Rückholkraft in Richtung neutraler Position auf den Kolben **20** aufgebracht wird. Deshalb bewegt sich das Ventil **12** ent-

sprechend einer einfachen harmonischen Bewegung hin und her, wenn Reibungsverluste aufgrund der Bewegung des Ventils **12** vernachlässigt werden.

[0035] In diesem Fall ist die Zeit T, die benötigt wird, um das Ventil **12** von einer Endposition in die andere Endposition zu bringen, durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$T = \pi \sqrt{(M/K)} \ldots \quad (1).$$

[0036] In der oben genannten Gleichung (1) gibt M die Masse des bewegten Teils der Ventilantriebsvorrichtung **10** an, also die Summe der jeweiligen Massen des Ventils **12**, der Ventilstange **14**, des Kolbenhalters **18** und des Kolbens **20** und K gibt die Gesamtfederkonstante der Federn **32** und **34** an.

[0037] Aus der Gleichung (1) kann gefolgert werden, daß es, um die Ansprechgeschwindigkeit der Ventilantriebsvorrichtung **10** zu erhöhen, notwendig ist, die Masse M zu vermindern oder die Federkonstante K zu erhöhen. Andererseits ist es, um den Energieverbrauch zu vermindern, zu bevorzugen, die Federkonstante K zu vermindern, da es notwendig ist, eine elektromagnetische Anziehungskraft zu erzeugen, die die Druckkraft, die durch die Federn **32** und **34** erzeugt wird, überschreitet, um zu bewirken, daß die Ventilantriebsvorrichtung **10** eine Bewegung des Ventils verursacht oder den Kolben **20** in einer Endposition hält.

[0038] Entsprechend ist es notwendig, die Masse M zu vermindern und auch die Federkonstante K zu vermindern, um einen geringen Energieverbrauch und eine hohe Ansprechgeschwindigkeit zu erzielen. Der Kolben **20** der Ventilantriebsvorrichtung **10** hat eine Form, die es ermöglicht, diese beide oben diskutierten Bedingungen zu erfüllen.

[0039] Folgend wird eine Beschreibung eines Merkmals der Ventilantriebsvorrichtung **10** gegeben. Wenn die Anzahl der Windungen der ersten und zweiten Elektromagnetventilspulen **22** und **26** jeweils N ist und der Strom, der durch jede dieser Spulen **22**, **26** fließt, I ist, kann die magnetische Bewegungskraft Ψ durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$\Psi = N \cdot I \ldots \quad (2).$$

[0040] Wie in Gleichung (2) dargestellt, ist die magnetische Bewegungskraft Ψ basierend auf N und I festgelegt. N ist eine Konstante, die von der Anzahl der Windungen der ersten und zweiten Elektromagnetventilspule **22**, **26** abhängt. Das heißt die magnetische Bewegungskraft Ψ, die mittels eines Stroms I erzeugt wird, ist immer die gleiche, wenn der Strom I konstant ist. Daher ist es notwendig, um die elektromagnetische Anziehungskraft, die durch den Strom I erzeugt wird, zu erhöhen, den elektromagnetischen Fluß ϕ zu erhöhen, der durch die magnetische Bewegungskraft Ψ erzeugt wird. Und weiterhin ist es nötig, den magnetischen Fluß ϕ wirksam zwischen dem Kolben **20** und dem ersten und zweiten magnetischen Kern **24** und **28** zu konzentrieren. Diese Anforderung, die oben diskutiert wurde, wird erfüllt, indem ein magnetischer Aufbau vorgesehen ist, der eine geringe magnetische Reaktanz aufweist und den magnetischen Fluß ϕ zwischen dem Kolben **20** und dem ersten und zweiten magnetischen Kern **24** und **28** konzentriert.

[0041] Wenn der Kolben **20** so ausgebildet wird, daß eine ausreichende Dicke an dem Abschnitt, in dem der magnetische Fluß konzentriert wird, und eine geringere Dicke an dem Abschnitt vorhanden ist, an dem der magnetische Fluß nicht konzentriert wird, ist es möglich, beides zu erzielen, nämlich eine magnetische Schaltung – wie oben erläutert – und gleichzeitig die Masse M der bewegten Teile zu vermindern.

[0042] Bei dieser Ventilantriebsvorrichtung **10** ist der Kolbenhalter **18** aus einem nicht magnetischen Material ausgebildet und innerhalb des Kolbens **20** vorgesehen. Auf diese Weise wird der magnetische Fluß, der durch die erste und zweite Elektromagnetventilspule **22**, **26** erzeugt wurde, innerhalb des Kolbens **20** gehalten. Daher wird der magnetische Fluß wirksam in den Luftspalten konzentriert, die in dem Flußaufbau vorgesehen sind, der den Kolben **20** und den ersten oder zweiten magnetischen Kern **24** oder **28** miteinander verbindet.

[0043] Weiterhin ist der innere Durchmesser des Kolbens **20** im wesentlichen der gleiche wie der mittlere wert des Durchmessers und der äußere Durchmesser der inneren Abschnitte **24a** und **28a**, die radial nach innen gerichtet von der ersten Elektromagnetventilspule **22** des ersten magnetischen Kerns **24** und der zweiten Elektromagnetventilspule **26** des zweiten magnetischen Kerns **28** jeweils ausgebildet sind. Der äußere Durchmesser des Kolbens **20** ist im wesentlichen der gleiche wie der mittlere Wert des inneren Durchmessers und der äußere Durchmesser der äußeren Abschnitte **24b** und **28b**, die radial nach außen hin von der ersten Elektromagnetventilspule **22** des ersten magnetischen Kerns **24** und der zweiten Elektromagnetventilspule **26** des zweiten magnetischen Kerns **28** jeweils ausgebildet sind.

[0044] Wenn der Kolben **20** eine solche Form aufweist – wie oben beschrieben – fließt der magnetische Fluß ϕ von dem ersten oder zweiten magnetischen Kern **24** oder **28** und wird in einem inneren Umfangsabschnitt **20a** oder einem äußeren Umfangsabschnitt **20b** des Kolbens **20** konzentriert, um in den Kolben **20** zu fließen. Der magnetische Fluß ϕ, der in den Kolben **20** fließt, wird in dem äußeren Umfangsabschnitt **20b** oder dem inneren Umfangsab-

schnitt **20a** so konzentriert, daß er von dem Kolben **20** zum ersten oder zweiten Kern **24** oder **28** hin fließt.

[0045] Bei dem ersten Ausführungsbeispiel ist die innere Kante des inneren Abschnitts **24a** und **28a** und die äußere Kante des äußeren Abschnitts **24b** und **28b** abgeschrägt, um die kegelartig geschnittenen Abschnitte **24a-1**, **24b-1**, **28a**-1 und **28b-1** – wie in Fig. 2 dargestellt – auszubilden. wenn die inneren Abschnitte **24a** und **28a** und die äußeren Abschnitte **24b** und **28b** solche kegelartig geschnittenen Abschnitte **24a-1**, **24b-1**, **28a-1** und **28b-1** aufweisen, wird verhindert, daß der magnetische Fluß ϕ sich in den Luftspalt erstreckt. Das heißt bei der Ventilantriebsvorrichtung **10** wird der magnetische Fluß ϕ nicht nur durch den Kolben **20** konzentriert, sondern auch durch den ersten und zweiten magnetischen Kern **24** und **28**.

[0046] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Kolben **20** so ausgebildet, daß die Dicke des Kolbens **20** vom äußeren Umfangsabschnitt **20b** zum mittleren Abschnitt **20c** – wie dargestellt in Fig. 2 – hin ansteigt. Wenn der magnetische Fluß ϕ erzeugt wird, fließt der magnetische Fluß ϕ in einen der Umfangsabschnitte **20a** und **20b** des Kolbens. Dann fließt der magnetische Fluß ϕ von dem äußeren Umfangsabschnitt **20a** oder **20b** durch den mittleren Abschnitt **20c**.

[0047] In diesem Fall fließt der magnetische Fluß ϕ in oder aus den Kolben **20** über eine vergleichsweise große Fläche und fließt durch einen vergleichsweise geringen weg am mittleren Abschnitt **20c**.

[0048] Deshalb ist es nötig, dem mittleren Abschnitt **20c** die größte magnetische Flußkapazität unter den Abschnitten des Kolbens **20** zu geben. wie oben erläutert, steigt die Dicke des Kolbens **20** zum mittleren Abschnitt **20c** hin an. Auf diese Weise hat bei diesem Ausführungsbeispiel der Kolben **20** eine ausreichend hohe magnetische Flußkapazität und kann gleichzeitig leicht gebaut werden. Entsprechend kann bei der Ventilantriebsvorrichtung **10**, da es möglich ist, die Masse M der bewegten Teile der Ventilantriebsvorrichtung **10** zu senken und den magnetischen Fluß ϕ angemessen zu steuern, der Energieverbrauch der Ventilantriebsvorrichtung **10** wesentlich vermindert werden.

[0049] Die Fig. 3 und Fig. 4 sind vergrößerte Teilquerschnitte des Kolbens **20** und des zweiten magnetischen Kerns **28**. Fig. 3 zeigt magnetische Flußlinien, die durch den Kolben **20** und den zweiten magnetischen Kern **28** verlaufen. Fig. 4 zeigt die Verteilung der magnetischen Flußdichte, die in dem Kolben **20** und dem zweiten magnetischen Kern **28** ausgebildet wird. In Fig. 4 zeigt jeder der Abschnitte (I),(II),(III) und (IV) einen Abschnitt, in dem die magnetische Flußdichte im wesentlichen gleichförmig ist. Die magnetische Flußdichte nimmt vom Abschnitt (I) zum Abschnitt (IV) in dieser Reihenfolge ab.

[0050] Die magnetischen Flußlinien – wie in Fig. 3 dargestellt – drücken aus, daß der magnetische Fluß ϕ in oder aus dem Kolben **20** hauptsächlich nahe dem inneren Umfangsabschnitt **20a** und nahe dem äußeren Umfangsabschnitt **20b** strömt und daß der magnetische Fluß ϕ im mittleren Abschnitt **20** stärker konzentriert ist als in den anderen Abschnitten **20a** und **20b**. Weiterhin drückt die Verteilung – dargestellt in Fig. 4 – aus, daß die magnetische Flußdichte ϕ an dem mittleren Abschnitt **20** nicht sehr hoch ist im vergleich zu den anderen Abschnitten **20a** und **20b**. Das heißt die Ergebnisse, dargestellt in Fig. 3 und Fig. 4, zeigen, daß der magnetische Fluß, der um den Kolben **20** herum fließt, in geeigneter Weise an den Abschnitten konzentriert wird, an denen der Kolben **20** und der zweite magnetische Kern **28** am nächsten zueinander sind, und der magnetische Fluß ϕ wird daran gehindert, den mittleren Abschnitt **20c** zu durchtränken.

[0051] Durch die Formgestaltung des Kolbens **20** in der Weise, daß der Kolben **20** eine maximale Dicke im mittleren Abschnitt **20c** aufweist, kann die Masse M des Kolbens **20** vermindert werden, um so den Kolben **20** leichter zu machen und der magnetische Fluß ϕ kann daran gehindert werden, in den Kolben **20** auszustreuen. Um die oben erläuterten Bedingungen zu erfüllen, wird es bevorzugt, daß der Kolben **20** eine Form aufweist, deren maximale Dicke im mittleren Abschnitt **20c** vorliegt und der eine minimale Dicke am inneren Umfangsabschnitt **20a** und am äußeren Umfangsabschnitt **20b** hat.

[0052] Um jedoch eine ausreichende Betriebsdauer an dem Abschnitt zu erhalten, an dem der Kolben **20** und der Kolbenhalter **18** miteinander verbunden sind, ist es notwendig, eine genügende Dicke an dem inneren Umfangsabschnitt **20a** des Kolbens **20** vorzusehen. Daher ist bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel – wie in Fig. 5 dargestellt – die Form des Kolbens **20** so gewählt, daß die Dicke des Kolbens **20** in diametraler Richtung vom mittleren Abschnitt **20** zum Mittelpunkt des Kolbens **20** hin abnimmt und dann die Dicke in diametraler Richtung zum inneren Umfangsabschnitt **20a** hin zunimmt.

[0053] Fig. 5 zeigt die Kraftverteilung, die an dem Kolben **20** entsteht, wenn eine nach unten gerichtete Kraft auf den äußeren Umfangsabschnitt **20b** in der Situation aufgebracht wird, wenn der innere Umfangsabschnitt **20a** festgelegt wird. Jeder der Abschnitte (I), (II) (III)(IV) gibt einen Abschnitt an, in dem die Kraftdichte im wesentlichen gleichförmig ist. Die Kraft nimmt von dem Abschnitt (I) zu dem Abschnitt (IV) hin in dieser Reihenfolge ab.

[0054] Die Verteilung, dargestellt in Fig. 5, wird entstehen, wenn eine elektromagnetische Anziehungskraft zwischen dem Kolben und dem zweiten magnetischen Kern **28** aufgrund der elektromagnetischen Anziehungskraft und der Druckkräfte der Federn **32** und **34** entsteht. wie in Fig. 5 dargestellt, wird eine maximale Kraft auf das obere Ende des inneren Umfangsabschnitts **20a** in dieser Situation aufgebracht. Andererseits wird, wenn die elektromagnetische Anziehungskraft zwischen Kolben und dem ersten magnetischen Kern **24** aufgebracht wird, eine maximale Kraft am unteren Ende des inneren Umfangsabschnitts **20a** aufgebracht.

[0055] Um eine ausreichende Haltbarkeit der Ventilantriebsvorrichtung **10** zu erzielen, ist es notwendig, eine ausreichende Distanz zwischen dem oberen Ende und dem unteren Ende des inneren Umfangsabschnitts **20a** des Kolbens **20** vorzusehen, so daß die Spannungen, die an dem Abschnitt erzeugt werden, wenn der Kolben **20** und der Kolbenhalter **18** miteinander verbunden werden, vermindert werden. Bei dem Ausführungsbeispiel wurde die Form des Kolbens **20** – wie oben erläutert – so gewählt, daß diese Anforderungen erfüllt sind. Daher weist die Ventilantriebsvorrichtung **10** eine ausreichende Haltbarkeit an dem Abschnitt auf, an dem der Kolben **20** und der Kolbenhalter **18** miteinander verbunden sind. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist, um eine ausreichende magnetische Flußkapazität mit dem Kolben **20** zu ermöglichen und um die Masse des Kolbens **20** zu vermindern, die Dicke des Kolbens **20** so geändert, daß der Winkel der Fläche des Kolbens **20** gegenüber der horizontalen Achse in einem Bereich von 5°-20° liegt.

[0056] Wie in Fig. 5 dargestellt, ist die Kraft, die auf den mittleren Abschnitt des inneren Umfangsabschnitts **20a** aufgebracht wird, nicht besonders groß. Mit anderen Worten wird der mittlere Abschnitt des inneren Umfangsabschnitts **20a** nicht benötigt, um die Haltbarkeit der verbundenen Abschnitte zu erhöhen. Daher kann die Haltbarkeit der verbundenen Abschnitte erhöht werden, indem nur eine geeignete Distanz zwischen dem oberen und dem unteren Ende des inneren Umfangsabschnitts **20a** vorgesehen wird.

[0057] Fig. 6 ist ein Querschnitt eines Kolbens **40** eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Wie in Fig. 6 dargestellt, hat der Kolben **40** einen zurückgenommenen Abschnitt **42** an dessen inneren Umfang, genauer zwischen dem oberen Ende und dem unteren Ende des inneren Umfangsabschnitts **40a**.

[0058] Weiterhin zeigt Fig. 6 die Kraftverteilung, die an dem Kolben **40** erzeugt wird, wenn eine nach unten gerichtete Kraft auf den äußeren Umfangsabschnitt **40b** in der Situation aufgebracht wird, wenn der innere Umfangsabschnitt **40a** festgehalten wird. Jeder der Abschnitte (I), (II),(III),(IV) und (V) zeigt einen Abschnitt an, in dem die Kraftdichte im wesentlichen gleichförmig ist. Die Kraft nimmt von dem Abschnitt (I) zum Abschnitt (V) in dieser Reihenfolge ab.

[0059] Wie in Fig. 6 dargestellt, ist die Verteilung der Kraft, die in dem Kolben **40** erzeugt wird, im wesentlichen die gleiche wie die, die bei dem Kolben **20** erzeugt wird. Entsprechend weisen der Kolben **40** und der Kolbenhalter **18** die gleiche Haltbarkeit wie der Kolben **20** an den verbundenen Abschnitten auf.

[0060] Weiterhin ist, da der Kolben **40** den ausgenommenen Abschnitt aufweist, die Masse des Kolbens **40** geringer als die Masse des Kolbens **20**. Daher ist bei einer Ventilantriebsvorrichtung **10**, die einen Kolben **40** anstelle des Kolbens **20** verwendet, die Masse M der bewegten Teile der Ventilantriebsvorrichtung **10** geringer und daher kann der Energieverbrauch der Ventilantriebsvorrichtung **10** weiter abgesenkt werden.

[0061] Bei der Ventilantriebsvorrichtung **10** ist das Material des Kolbenshalters **18** auf nicht magnetische Materialien beschränkt. Jedoch kann der Kolbenhalter **18** auch aus Materialien hergestellt werden, die einen geringeren magnetischen Fluß erlauben als der Kolben **20** und Materialien, die eine geringere magnetische Flußdichte aufweisen als der Kolben **20**.

Patentansprüche

1. Ventilantriebsvorrichtung zum Antrieb eines Ventils (**12**) eines Verbrennungsmotors mittels einer elektromagnetischen Anziehungskraft, mit
einem magnetischen Kern (**24**, **28**) und einer am Ventil (**12**) befestigten und mit dem magnetischen Kern (**24**, **28**) zusammenwirkenden Kolbeneinrichtung, die einen mit dem Ventil (**12**) fest verbundenen Kolbenhalter (**18**) sowie einen nahe dem magnetischen Kern (**29**, **28**) befindlichen Kolbenabschnitt aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Kolbenabschnitt derart beschaffen ist, dass er an einem mittleren Abschnitt (**20c**; **40c**), der zwischen radial innerhalb und radial außerhalb von diesem befindlichen Abschnitten liegt, an denen der magnetische Fluss größtenteils ein- oder austritt, eine höhere magnetische Flusskapazität aufweist, als an den radial innerhalb und radial außerhalb liegenden Abschnitten.

2. Ventilantriebsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der Kolbenabschnitt eine höhere magnetische Flusskapazität aufweist, als der Kolbenhalter (**18**).

3. Ventilantriebsvorrichtung gemäß irgendeinem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kolbenabschnitt im wesentlichen konzentrisch zum Kolbenhalter (**18**) an dessen innerer Umfangsfläche ausgebil-

det ist und der Kolbenabschnitt einen ausgesparten Abschnitt (**42**) an seinem inneren Umfang aufweist.

4. Ventilantriebsvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei der Kolbenabschnitt im Wesentlichen konzentrisch zum Kolbenhalter (**18**) an dessen Umfangsfläche ausgebildet ist und die Dicke des Kolbenabschnitts in diametraler Richtung vom äußeren Umfang zum mittleren Abschnitt (**20c**; **40c**) hin ansteigt.

5. Ventilantriebsvorrichtung gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei die Dicke des Kolbenabschnitts entlang der diametralen Richtung vom mittleren Abschnitt (**20c**; **40c**) des Kolbenabschnitts zum Zentrum des Kolbenabschnitts abnimmt und zur inneren Umfangsfläche des Kolbenabschnitts hin zunimmt.

6. Ventilantriebsvorrichtung gemäß irgendeinem der vorangehenden Ansprüche, wobei der magnetische Kern (**24**, **28**) einen inneren Abschnitt (**28a**) und einen äußeren Abschnitt (**24b**, **28b**) aufweist und ein Innenumfang des Kolbenabschnitts der Mitte des inneren Abschnitts (**24a**, **28a**) gegenüberliegt und ein Außenumfang des Kolbenabschnitts der Mitte des äußeren Abschnitts (**24b**, **28b**) gegenüberliegt.

7. Ventilantriebsvorrichtung gemäß Anspruch 6, wobei der magnetische Kern (**24**, **28**) einen kegelförmig ausgesparten Abschnitt (**24a-1**, **24b-1**, **28a-1**, **28b-1**) an zumindest einer der inneren Kanten des inneren Abschnitts (**24a**, **28a**) und an einer äußeren Kante des äußeren Abschnitts (**24b**, **28b**) aufweist.

8. Ventilantriebsvorrichtung gemäß Anspruch 1, des Weiteren mit:
einer sich um eine Mittelachse erstreckenden Elektromagnetspule (**22**, **26**), die eine Innenumfangsoberfläche und eine Außenumfangsoberfläche hat, wobei der magnetische Kern (**24**, **28**), einen innerhalb der Innenumfangsoberfläche angeordneten inneren Abschnitt (**24**, **28a**) und einen außerhalb der Außenumfangsoberfläche angeordneten äußeren Abschnitt (**24b**, **28b**) aufweist, dabei ist der Kolbenabschnitt der Elektromagnetspule (**22**, **26**) und dem magnetischen Kern (**24**, **28**) derart zugewandt, dass der mittlere Abschnitt (**20c**; **40c**) des Kolbenabschnitts der Elektromagnetspule (**22**, **26**) zugewandt ist und die radial innerhalb/außerhalb vom mittleren Abschnitt (**20c**; **40c**) befindlichen Abschnitte des Kolbenabschnitts, welche dünner als der mittlere Abschnitt (**20c**; **40c**) des Kolbenabschnitts sind, jeweils dem inneren und äußeren Abschnitt des magnetischen Kerns (**24**, **28**) zugewandt sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

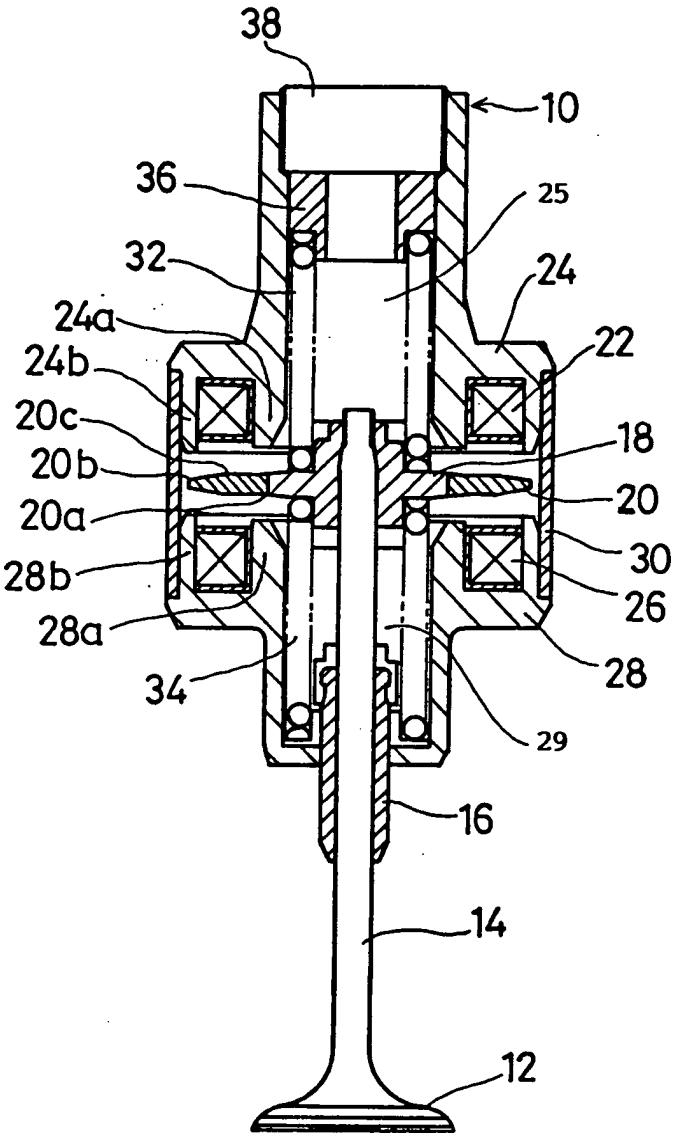


FIG. 2

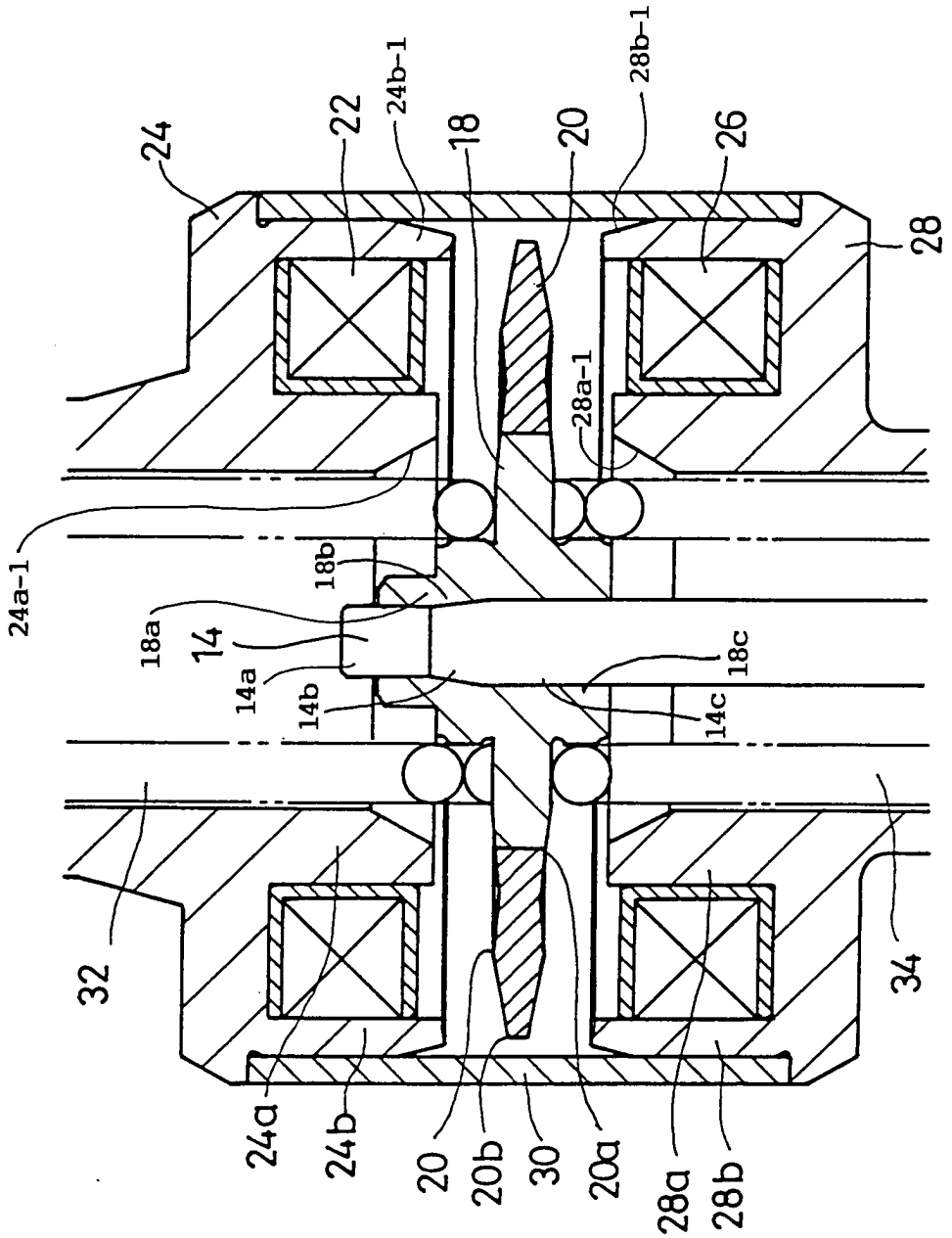

24
22
24b-1
18
20
28b-1
26
28
28a-1
24a-1
18b
18a
14
14a
14b
18c
14c
32
34
24a
24b
20
20b
30
20a
28a
28b

FIG. 3

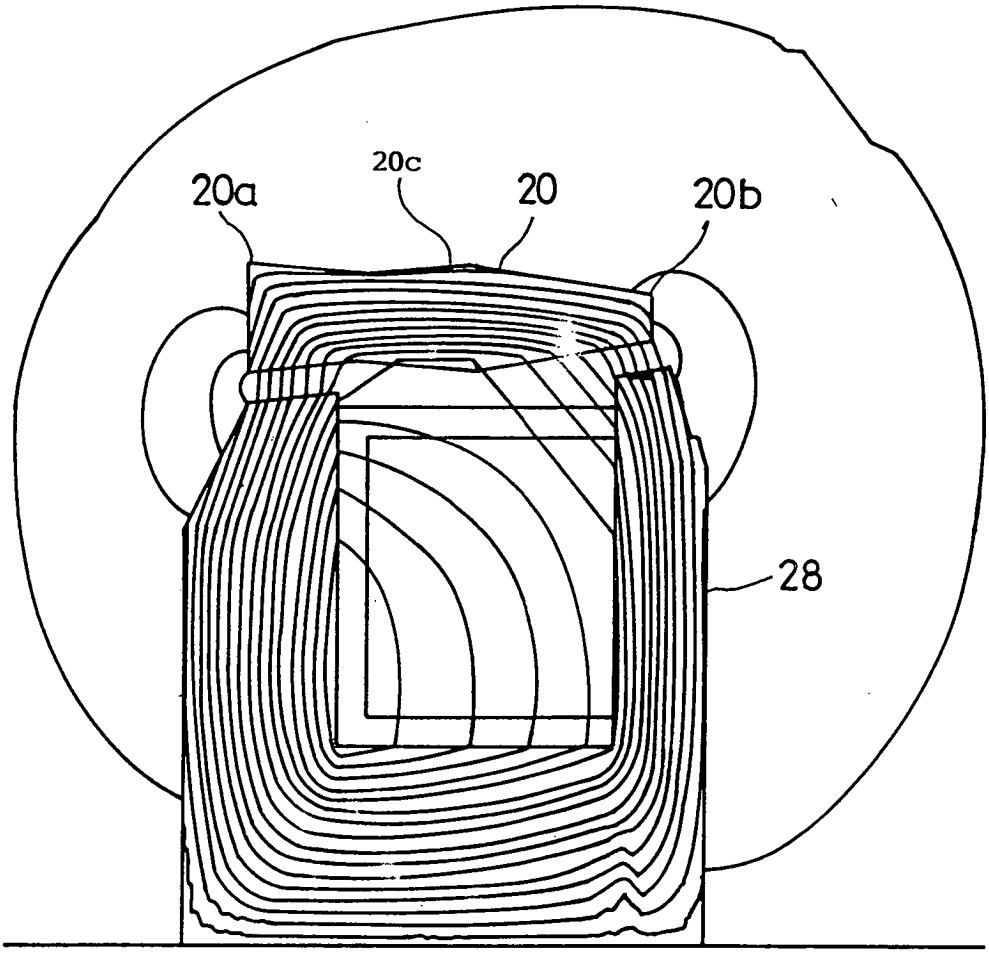


FIG. 4

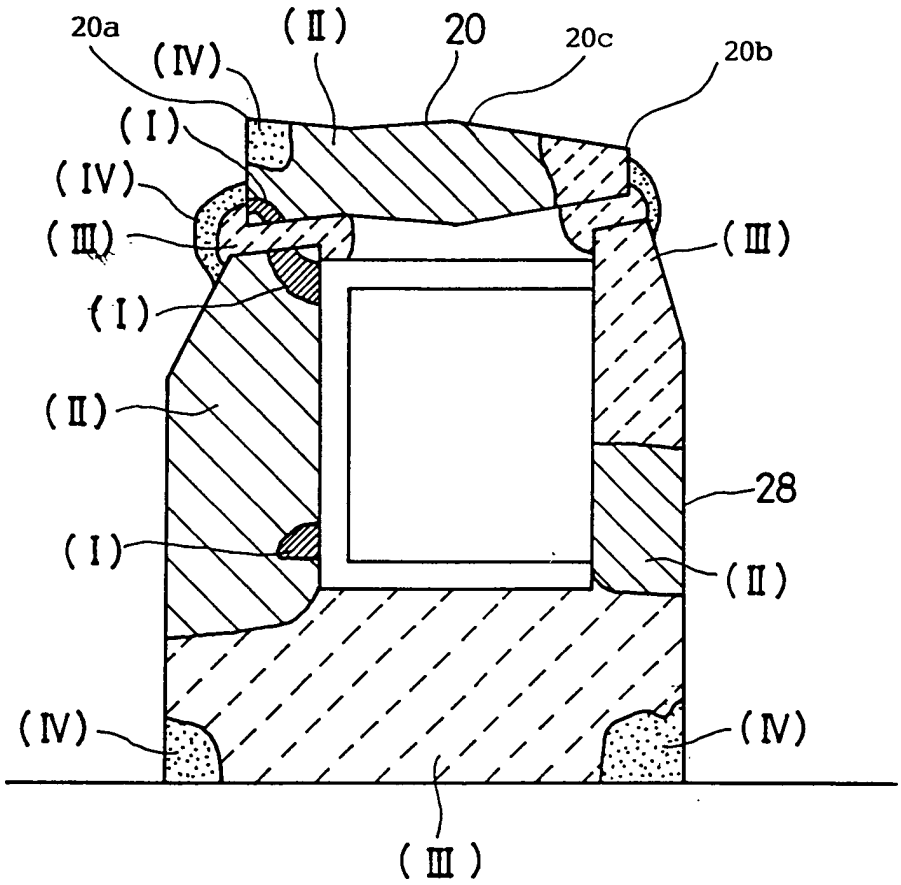


FIG. 5

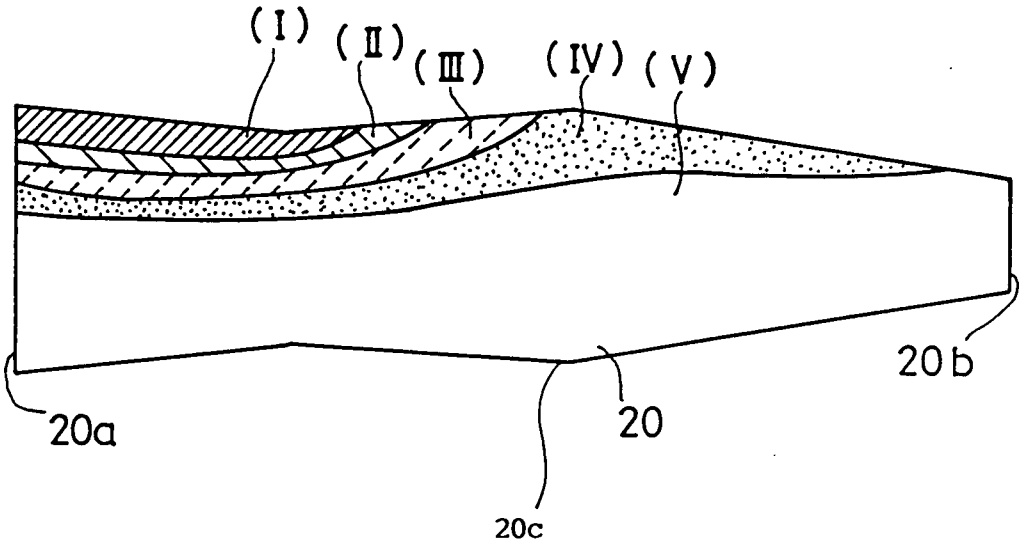


FIG. 6

