



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.10.2002 Patentblatt 2002/40

(51) Int Cl.7: **F01L 1/30**

(21) Anmeldenummer: **02006133.9**

(22) Anmeldetag: **19.03.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **Battlogg, Stefan**
6771 St. Anton/Montafon (AT)

(72) Erfinder: **Battlogg, Stefan**
6771 St. Anton/Montafon (AT)

(30) Priorität: **26.03.2001 AT 4792001**

(74) Vertreter: **Torggler, Paul, Dr. et al**
Wilhelm-Greil-Strasse 16
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Desmodromischer Ventiltrieb**

(57) Ein Ventiltrieb für Brennkraftmaschinen weist mindestens ein angetriebenes Nockenelement (2) und ein vom Nockenelement (2) verschieb- oder verschwenkbares Nockenfolgeelement (10) aufweist. Das Nockenelement (2) ist drehbar in einem flexiblen Umschließungselement (4) angeordnet, das mit dem Nockenfolgeelement (10) beweglich verbunden ist. Zwischen dem Grundkreisbereich (71) und dem Nockenbereich (72) des Nockenelementes (2) ist ein konkaver Übergangsbereich (73) vorgesehen, in den das Umschließungselement (4) durch eine der Ventilöffnung entgegenwirkende Kraft eindrückbar ist.

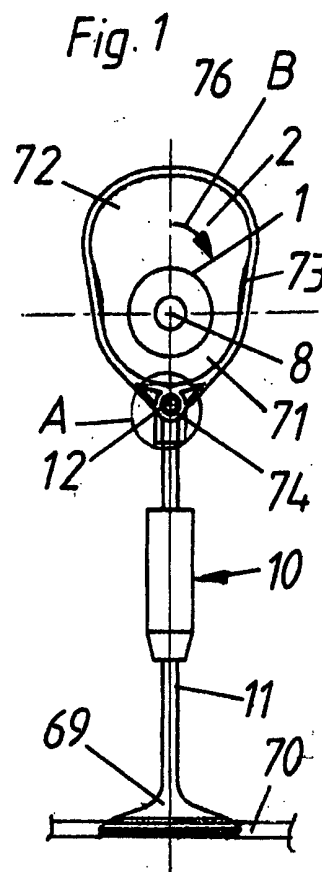
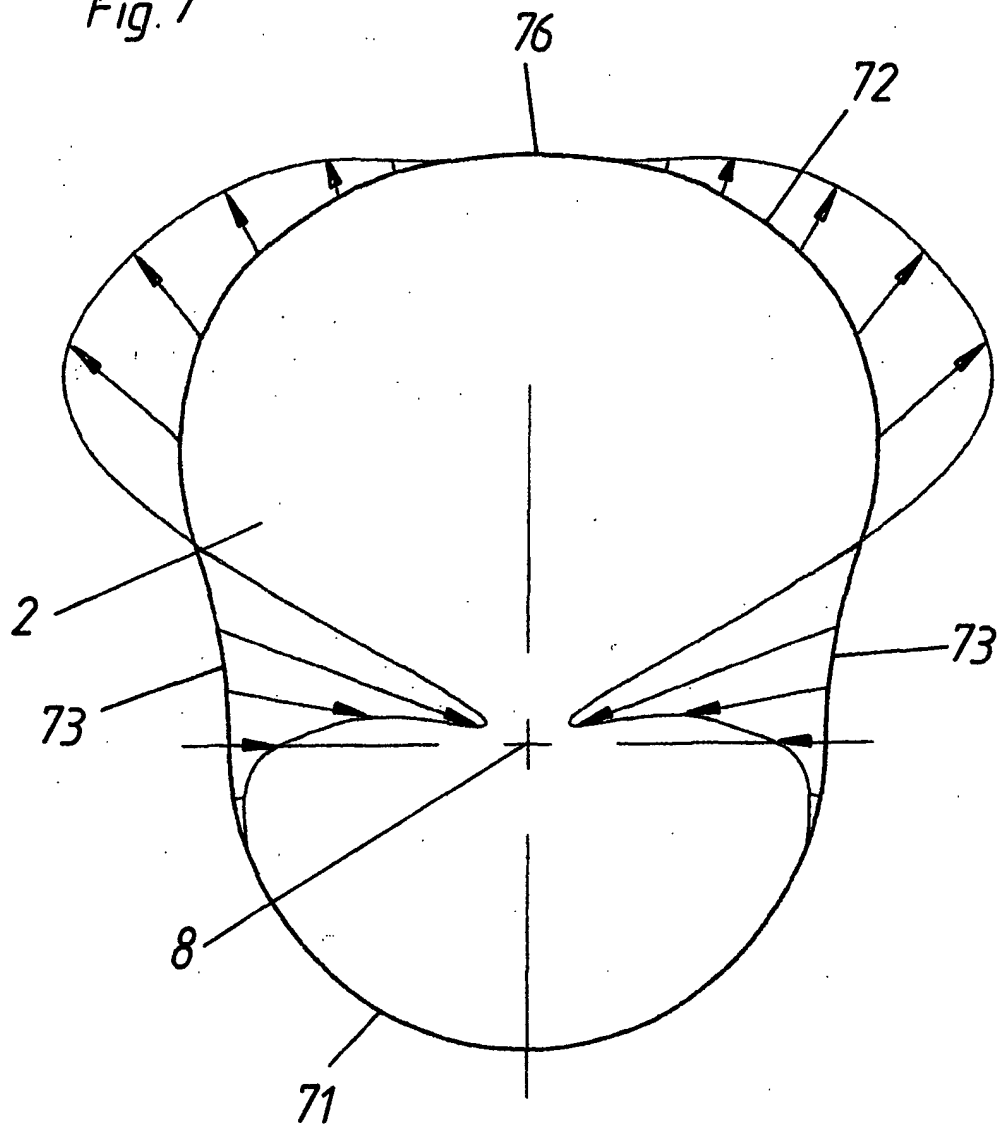


Fig. 7



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Ventiltrieb, insbesondere für Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen, mit mindestens einem angetriebenen Nockenelement, dessen Umfangsfläche einen konvexen Grundkreisbereich und einen konvexen Nockenbereich aufweist, und mit einem vom Nockenelement verschieb- oder verschwenkbaren Nockenfolgeelement, insbesondere einem Ventilstößel, wobei das Nockenelement drehbar in einem flexiblen Umschließungselement angeordnet ist, das mit dem Nockenfolgeelement beweglich verbunden ist.

[0002] Moderne Verbrennungsmotoren sollen ein hohes Drehmoment über den ganzen Drehzahlbereich erreichen (z.B. 100 Nm pro Liter Hubraum). Dafür werden hohe Zylinderfüllungen (Luft und Treibstoff) benötigt, da das Drehmoment direkt von der Füllung abhängt. Die Füllung wird durch den Ventilhub, die freigegebene Ventilfläche (Ventildurchmesser), den Kanalquerschnitt und die Strömung bestimmt. Der Ventilhub wird geometrisch durch den Kolben beschränkt sowie durch das andere Ventil, wenn Ein- und Auslassventile gleichzeitig geöffnet sind. Die Strömung wird durch die freigegebene Querschnittsfläche bestimmt, d.h. auch wenn der Ventilhub zunimmt, wird die durch den Ventilteller freigegebene Ringfläche nicht mehr größer und es kann nicht mehr Frischgas nachströmen (Faustregel: maximaler Ventilhub = 1/3 des Ventiltellerdurchmessers). Das Verlängern der Schließzeit ist auch begrenzt, da dies in der Überschneidungsphase, wenn Ein- und Auslass gleichzeitig offen sind, zu Füllungsverlusten (Frischgas strömt in den Auspuff) und beim zu späten Schließen zu Rückströmungen in das Ansaugsystem führt. Lange Öffnungszeiten verschieben die Leistung in höhere Drehzahlbereiche, d.h. der Motor verliert bei niederen Drehzahlen an Leistung (Drehmoment), was nicht gewünscht ist bzw. nur bei Rennmotoren Sinn gibt.

[0003] Geht man nun von einem maximal möglichen Ventilhub und einer idealen Öffnungslänge aus, dann kann das Einstromvolumen nur noch durch den Verlauf des Ventilhubes erhöht werden (Hub in Relation zu Nockenwinkel). Bei konventionellen Ventiltrieben mit Rückstellfedern wird dies durch die maximal mögliche Ventilverzögerung vor dem Vollhub des Ventils beschränkt, wenn die Massenkraft entgegen der Federkraft wirkt. Hier lässt man ca. 20 bis 25 mm/rad² zu (= etwa 3.000 m/sec² bei 7.000 U/min Motordrehzahl).

$$\text{mm/rad}^2 = \frac{\text{m/sec}^2 \cdot 1000}{\left(\frac{\pi \cdot \text{Motordrehzahl}}{60}\right)^2}$$

bzw.

$$\text{m/sec}^2 = \text{mm/rad}^2 \cdot \frac{\left(\frac{\pi \cdot \text{Nockenwellendrehzahl}}{30}\right)^2}{1000}$$

[0004] Geht man darüber, dann muß die Ventilsfeder - die ja dieser Beschleunigung multipliziert mit der Ventilmasse plus anderen oszillierenden Teilen entgegenwirkt - stärker ausgelegt werden, was mehr Flächenpressung, Wechselmoment und Belastung des Ventiltriebes ergibt. Dies will man nicht. Somit bleibt zum "Füllen" des Brennraumes nur noch eine größere Hubzunahme pro Zeit- oder Nockenwinkeleinheit übrig, d.h. das Ventil muss aus dem Ventilsitz möglichst schnell geöffnet werden.

[0005] Ein weiterer Vorteil des schnellen Öffnens ist die Ausnutzung der Gasdynamik. Vor dem geschlossenen Einlassventil schwingt die Frischluftgassäule, d.h. es wird hier durch Resonanzschwingrohre ein Überdruck erzeugt, z.B. von 0,3 bar. Wenn das Ventil nun langsam öffnet, dann kann die Gassäulendynamik nicht ausgenutzt werden und es gibt erhöhte Reibungs- und Strömungsverluste. Eine schlagartige, technisch aber nicht ausführbare Vollöffnung würde die schwingende Gassäule unmittelbar einströmen lassen.

[0006] Moderne Motoren sollen ca. 80 bis 85 mm/rad² erreichen (= ca. 10.000 m/sec² bei 7.000 U/min Motordrehzahl). Bei Schleppebelventiltrieben, bei denen sich der Berührungspunkt von Nocken und Abtastelement horizontal gesehen nur minimal verschiebt, bestehen die zwei nachfolgend beschriebenen Möglichkeiten zum Erreichen hoher Beschleunigungen beim Öffnen (und Schließen).

[0007] Bei einem Nockenelement, dessen konvexe Bereiche direkt ineinander übergehen oder durch einen geradlinigen Abschnitt verbunden sind (Tangentennocken), kann durch Vergrößern des Grundkreisdurchmessers die Hubzunahme pro Winkeleinheit (= Beschleunigung) erhöht werden. Zum Erreichen der gewünschten 80 mm/rad² müsste der Radius des Nockengrundkreises aber im Bereich über 30 mm liegen, was konstruktiv nicht mehr sinnvoll ausführbar ist. Sinnvolle Nockengrundkreisradien liegen im Bereich von 16 bis 20 mm. Führt man den Tangentennocken mit 25 mm aus, dann sind die Beschleunigungen zu gering (50 — 60 mm/rad²), es wird Füllung und damit Drehmoment verschenkt.

[0008] Eine zweite Möglichkeit zum Erreichen hoher Beschleunigungen, die allerdings nur bei Schleppebelventiltrieben erreichbar ist, ist die Ausbildung eines konkaven Übergangsbereiches zwischen dem konvexen Grundkreisbereich und dem konvexen Nockenbereich, d.h. der Grundkreiswinkel und der Nockenwinkel sind aufgrund der Einbuchtung vergrößert. Bei direkten Ventiltrieben mit Tassenstößel ist diese Ausbildung sinnlos, da die Oberfläche des Tassenstößels zu groß ist und den konkaven Übergangsbereich überbrückt.

[0009] Bei konventionellen Schleppebelventiltrie-

ben werden negative Krümmungsradien von minimal 40 mm ausgeführt, die dann die gewünschten 80 bis 85 mm/rad² an Beschleunigung erzeugen. Unter diesen Wert von 40 mm geht man in der Serienproduktion nicht gerne, da dies zu kleine Schleifscheibendurchmesser und zu dünne Schleifscheibenaufnahmen erfordert und die wirtschaftliche Herstellung nicht mehr ermöglicht. Kleinere Hohlradien müssen dann mit Bandschleifmaschinen geschliffen werden, was ungleich teurer und aufwendiger ist.

[0010] Aufgrund der Vielzahl von Problemen bei der erforderlichen Abstimmung zwischen der Nockenform, den zu bewegendenden Massen, den auftretenden Kräften, den Materialeigenschaften, usw. fehlt es auch nicht an Vorschlägen, das Nockenfolgeelement am Nockenelement zwangszuführen, wobei verschiedene Ausführungsformen entwickelt wurden, denen jeweils zwei exzentrische Ventilsteuerflächen anstelle der Rückstellfeder zugrundeliegen. Konkrete Ausführungen sind beispielsweise der GB-A 19193/1913 oder der GB-A 434 247 zu entnehmen, in denen das Nockenelement an zumindest einer Stirnfläche eine Nut aufweist, deren beiden Seitenwände die Ventilsteuerflächen bilden. In die Nut greift von der Seite eine Rolle od. dgl. ein, die am Ende des Nockenfolgeelementes angeordnet ist. Ein Nockenelement, das einen umgreifbaren Steg aufweist, ist beispielsweise aus der EP-A 429 277 bekannt. Trotz Wegfall der Rückstellfeder ist gegebenenfalls eine der Ventilöffnung entgegenwirkende Kraft erforderlich, um einen Ventilspielausgleich für die Schließstellung sicherzustellen. Dies kann mechanisch über eine Feder zwischen zwei relativ zueinander beweglichen Teilen des Ventilstößels erfolgen, wie beispielsweise die US 1,238,175 A oder die US 1,937,152 zeigen.

[0011] Ein weiterer Vorschlag für einen desmodromischen Ventiltrieb, bei dem eine platzsparende, leichtgewichtige und preisgünstige Konstruktion erreicht wird, ist der die eingangs genannte Art zeigenden DE-A 37 00 715 zu entnehmen. Bei dieser Ausführung ist ein Umschließungselement vorgesehen, das den Umfang des Nockenelementes ohne nennenswertes Spiel umgibt, sodaß es immer an die Nockenform angepaßt ist, wobei sich aber das Nockenelement dank der Beschaffenheit des Umschließungselementes in diesem verdrehen kann. Da das mit dem Nockenfolgeelement verbundene Umschließungselement sich nicht mit dem Nockenelement mitdrehen kann, wird die Wanderung des Nockenbereiches um die Drehachse des Nockenelementes in eine Hub- bzw. Hin- und Herbewegung des im Zylinderkopf verschieb- oder schwenkbar gelagerten Nockenfolgeelementes umgewandelt. Das Nockenfolgeelement führt keine Bewegung aus, solange der Verbindungsbereich des Umschließungselementes mit dem Nockenfolgeelement am Grundkreisbereich des sich drehenden Nockenelementes anliegt, wird dann von der Drehachse des Nockenelementes in radialer Richtung entfernt und schließlich wieder zurückgeführt, während der Nockenbereich des Nockenelementes den Verbin-

dungsbereich des Umschließungselementes mit dem Nockenfolgeelement passiert. Die bewegliche Verbindung des Umschließungselementes mit dem Nockenfolgeelement läßt die Schwenk- bzw. Kippbewegung des Umschließungselementes im Nockenbereich zu, sodaß die erforderliche Bewegungsfreiheit des Nockenfolgeelementes in seinem Gleitoder Schwenklager gewahrt bleibt. Das Umschließungselement ist im ersten Ausführungsbeispiel aus zwei flexiblen Ringen gebildet, zwischen denen zur Verringerung der Reibung nadel-förmige Rollkörper vorgesehen sind. Eine zweite Ausführung zeigt ein Kunststoffband mit einer inneren Keramikgleitschicht.

[0012] Weitere Ausführungsbeispiele sind auch der WO 01/12958 A zu entnehmen.

[0013] Insbesondere in der Anwendung des Ventiltriebs in Brennkraftmaschinen ist ein Umschließungselement hohen Belastungen unterworfen, und es müssen temperatur- oder materialermüdungsbedingte, plastische Verlängerungen des Umschließungselementes ausgeschlossen werden. Eine irreversible Vergrößerung des Spaltes zwischen dem Umfang des Nockenelementes und dem Umschließungselement wirkt sich vor allem auf die Ventilschließstellung aus. Lösungen für dieses Problem zeigt die WO 01/12959 A.

[0014] Ein Vorteil der Zwangssteuerung durch ein Umschließungselement ist es, hohe Beschleunigungen und Verzögerungen ohne Überbelastung des Ventiltriebs erreichen zu können. Hiefür scheint nur eine konvexe, höchstens noch eine Tangentennockenform sinnvoll, da sich das Umschließungselement nicht selbsttätig in einen konkaven Übergangsbereich einlegen kann. Die Tangentennockenform erbringt aber bei sinnvollem Grundkreisabmessungen nicht die gewünschten Beschleunigungswerte und verschenkt somit einen wichtigen Vorteil der Zwangssteuerung, nämlich schnell- und damit thermodynamisch ideal — zu öffnen. Hohe Verzögerungen bei maximalem Ventilhub können zwar erreicht werden, doch kann der Füllungsverlust durch langsames Öffnen damit nicht mehr kompensiert werden. Somit verliert die Zwangssteuerung an Attraktivität. Die Zwangssteuerung erlaubt einen leicht größeren Grundkreisradius bis 25 mm als die Schlepphebelnocken, da der Bauraumverlust aufgrund des größeren Grundkreisradius durch die fehlende Feder usw. überkompensiert wird.

[0015] Die Erfindung hat es sich nun zur Aufgabe gestellt, eine Zwangssteuerung der eingangs genannten Art zu schaffen, die hohe Beschleunigungs- und Verzögerungswerte ermöglicht.

[0016] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß zwischen dem Grundkreisbereich und dem Nockenbereich des Nockenelementes ein konkaver Übergangsbereich vorgesehen ist, in den das Umschließungselement durch eine der Ventilöffnung entgegenwirkende Kraft eindrückbar ist.

[0017] Auf diese Weise können trotz des Umschließungselementes, das den konkaven Übergangsbe-

reich, ähnlich wie der vorstehend erwähnte Tassenstößel an sich nur ebenflächig überbrücken würde, die Vorteile des konkaven Übergangsbereiches zur Erzielung der hohen Beschleunigungswerte beim Öffnen und gegebenenfalls auch beim Schließen erreicht werden.

[0018] Um diese Kraft trotz Wegfalls der Ventiltfeder zu erzeugen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann eine Feder verwendet werden, die wesentlich leichter als eine Ventiltfeder nicht zwangsgesteuerter Ventile sein kann, und etwa der beschriebenen Ventilspielausgleichsfeder entspricht, wodurch das Nockenfolgeelement auf das Umschließungselement drückt.

[0019] Im Sinne der angestrebten, einfachen Konstruktion und möglichst geringen Bauhöhe liegt eine bevorzugte zweite Möglichkeit, gemäß der eine Zugkraft im Umschließungselement in dessen Erstreckungsrichtung erzeugt oder eingeleitet und dort umgeleitet wird. Um die Kraft umzuleiten, ist bevorzugt vorgesehen, daß das Umschließungselement an der Verbindungsstelle mit dem Nockenfolgeelement eine nach innen zum Nockenelement vorstehende Erhebung aufweist. Die nach innen vorstehende Erhebung liegt in den beiden konvexen Umfangsbereichen des Nockenelementes an, so daß das Umschließungselement an der Verbindungsstelle des Nockenfolgeelementes einen nach außen gerichteten Vorsprung bildet. Die Zugkräfte im flexiblen Umschließungselement erzeugen dadurch eine Kraft zur Umfangsfläche des Nockenelementes hin, die die nach innen gerichtete Erhebung in den konkaven Übergangsbereich eintreten läßt, sobald er sich unter der Erhebung vorbeidreht. Die Erhebung als Bestandteil des Umschließungselementes wird nun vom Nockenbereich nach außen gedrückt, und bewirkt aufgrund des vergrößerten Nockenwinkels mit steilerem Anstieg die größere Hubzunahme pro Nockenwinkeleinheit und die hohen Beschleunigungswerte. Beschleunigungswerte von 80 bis 85 mm/rad² sind ohne weiteres erreichbar.

[0020] Die nach innen vorstehende Erhebung bietet Platz für einen Halter des Nockenfolgeelementes, beispielsweise einen Lagerstift, eine Lagerbuchse od. dgl.. Natürlich kann der Halter auch auf der Außenseite des Nockenfolgeelementes angeordnet werden, benötigt jedoch dort zusätzlichen Platz.

[0021] Die nach innen gerichtete Erhebung kann weiters auch einen Druckverteilungspolster umfassen, der einen annähernd dreieckigen Querschnitt aufweist, und insbesondere aus einem verformbaren Material besteht. Der Druckverteilungspolster bewirkt eine Verringerung der Flächenpressung auf die Nockenumfangsfläche. Er kann aus einem gummiartigen, geringfügig elastischen Material sein, er kann aber auch mit einer Flüssigkeit oder einem Gel gefüllt sein, um sich an die wechselnden Hohlraumquerschnitte anzupassen. Der Druckverteilungspolster bewirkt auch eine Geräuschdämpfung.

[0022] Ein weiterer Vorteil der nach innen gerichteten Erhebung an der Verbindungsstelle liegt darin, daß der

Krafteinleitungswinkel besser wird: Liegt das Umschließungselement am Nocken an, so wird die Schlaufe bei Zugkräften (z.B. Schließkrafterzeugung und dem Verzögern des Ventils im oberen Umkehrpunkt) stark beansprucht, weil der Kosinuswert eines kleinen Winkels größer ist. Durch den Abstand wird der Winkel nun größer, womit die Zugkräfte in der Schlaufe besser eingeleitet werden. Kleinere Umschlingungsradien, d.h. kleinere Grundkreisdurchmesser und kleinere Nockenkopfradien minimieren die Kräfte zusätzlich.

[0023] Generell gilt, daß die beim Öffnen und Schließen des Ventils auftretenden Massenkräfte immer versuchen, das Umschließungselement in den konkaven Übergangsbereich hinein zu drücken. Diese Massenkräfte treten naturgemäß nur bei laufendem Motor auf, und sind drehzahlabhängig. Ab einer Motordrehzahl von etwa 2000 Umdrehungen pro Minute reichen die Massenkräfte bereits aus, die nötigen Zugkräfte in das Umschließungselement einzuleiten, sodaß ab dieser Drehzahl die hohen Beschleunigungswerte für die Ventilöffnung erreicht werden (die die benötigten Massenkräfte erzeugen). Bei niedrigeren Drehzahlen, vor allem im Leerlauf des Motors sind die Massenkräfte zu gering, um das Umschließungselement in den konkaven Übergangsbereich zu drücken. Dies kann die Verwendbarkeit der Brennkraftmaschine vor allem dann beeinträchtigen, wenn bereits im niederen Drehzahlbereich hohe Anforderungen an das Drehmoment und den Treibstoffverbrauch gestellt werden, wie das bei modernen Verbrennungskraftmaschinen für Personenkraftwagen der Fall ist. Es ist daher bevorzugt vorgesehen, daß das Umschließungselement auf Kontraktion vorgespannt ist. Auf diese Weise verkürzt sich die Länge des Umschließungselementes, sobald der Ausweichraum des konkaven Übergangsbereiches für die nach innen gerichtete Erhebung erreicht ist. Die Vorspannung kann gering sein, da die Verkürzung bei üblichen Nockenformen bei etwa einem halben Prozent der Länge des Umschließungselementes liegt, sodaß die Materialbeanspruchungen eher klein sind. Die Vorspannung kann aber auch deshalb gering sein, da ja nur der Anfangsbereich bis zu etwa 2000 Umdrehungen pro Minute abgedeckt werden muß, und im Anschluß daran ausreichende Massenkräfte vorhanden sind.

[0024] Eine erste Ausführung des Umschließungselementes sieht daher zumindest einen elastisch dehnbaren Bereich vor. Bevorzugt ist das Umschließungselement zumindest zweischichtig ausgebildet, wobei eine der beiden Schichten aus einem elastisch dehnbaren Material gebildet ist, dessen E-Modul bis zu 4000 N/mm² beträgt. Bevorzugt liegt der E-Modul zwischen 800 und 1200 N/mm². Ein derartiges Umschließungselement besteht insbesondere aus zumindest zwei untereinander verbundenen Schlaufen, wobei die zweite Schlaufe sich in Umfangsrichtung des Nockenelementes erstreckende Fäden aus hochzugfesten Fasern, beispielsweise aus Kevlar-, Glas-, Kohle-, Hochmodulpolyethylen-, Polyester-, Bor-, Aramidfasern oder ähnli-

chen, im wesentlichen längenkonstante Fasern bzw. Kombinationen dieser Fasern aufweist, und als Dehnungsbegrenzung dient.

[0025] Eine einfache Herstellung der zugefesten Schicht ergibt sich, wenn die hochzugfesten Fasern in einem nahtlos geschlossenen Flächenmaterial angeordnet sind, das in einer textilen Rundarbeitstechnik hergestellt ist (Rundstricken, Rundweben, Rundwirken od. dgl.).

[0026] Bevorzugt weist das Umschließungselement eine Gleitschicht auf, die als innere dritte Schlaufe aus einem reibungsarmen Material oder durch eine Beschichtung, beispielsweise Bedampfung der inneren Schicht ausgebildet sein kann.

[0027] Besteht das das Nockenelement und/oder das Umschließungselement aus einem Material mit einer reibungsarmen oder reibungsarm beschichteten Oberfläche, beispielsweise Polytetrafluoräthylen (PTFE), einem aufgedämpften Hartstoff, einem Silikon, Molybdänsulfid od. dgl., so ist gegebenenfalls eine Schmierung der Gleitflächen, also der Umfangsfläche des Nockenelementes und der anliegenden Innenfläche des Umschließungselementes nicht notwendig. Wird eine Schmierung gewünscht oder erforderlich, so ist bevorzugt vorgesehen, daß das Nockenelement radial zur Drehachse mindestens eine Ölbohrung aufweist, die am Umfang des Nockenelementes innerhalb des flexiblen Umschließungselementes mündet. Da das Umschließungselement sich nicht verdreht, ist auch eine äußere Ölzufuhr durch das Umschließungselement über eine flexible Leitung denkbar.

[0028] Anstelle eines Ölgleitfilms kann auch eine berührungslose Anordnung des Umschließungselementes vorgesehen werden, wenn beispielsweise eine magnetisierte innere Gleitschicht ausgebildet wird, die sich von einer gleichpolig magnetisierten Außenschicht des Nockenelementes abstößt.

[0029] Die zu beschleunigenden Massen sind im erfindungsgemäßen Ventiltrieb wesentlich reduziert. Der Einsatz von Leichtmetallen, Keramiken oder Kunststoff für das Ventil und/oder das Nockenfolgeelement erlauben eine Reduktion der zu beschleunigenden und verzögernden Massen von 50 % bis 80 % des Wertes eines Ventilstößels mit Rückstellfeder und hydraulischem Spielausgleich. Das Ventil kann kürzer ausgeführt und Bauraum eingespart werden.

[0030] Auch das Nockenelement kann kleiner ausgeführt werden. Ebenso wird auch die Ausbildung von Kunststoffnockenelementen bzw. vollständig aus Kunststoff, beispielsweise im Spritzguß hergestellten Nockenwellen realisierbar. Auch die Verwendung anderer Leichtbaustoffe für die Herstellung der Nockenwellen oder der Nockenelemente, beispielsweise Aluminium wird möglich. Aufgrund der Massenreduzierung und der Gleitschmierung sind Kraftstoffeinsparungen von 5 % und mehr zu erwarten.

[0031] Für bestimmte Anwendungen, beispielsweise für Rennmotoren von Motorsportfahrzeugen sind weder

der Kraftstoffverbrauch noch Drehmoment und Leistung im niederen Drehzahlbereich von besonderer Bedeutung. In diesen Fällen genügt die aus den Massenkräften ab einer Drehzahl von etwa 2000 Umdrehungen pro Minute völlig, um die hohen Beschleunigungswerte zu erzielen. Das Umschließungselement ist in dieser Ausführung ein- oder zweischichtig, d.h. es weist eine Schlaufe aus den hochzugfesten Fasern bzw. Gewebe auf, das an der Innenseite mit der Gleitschicht bedampft oder mit einer eigenen Schlaufe aus reibungsarmem Material versehen ist. Die Länge des Umschließungselementes entspricht der Umfangslänge des Nockenelementes, wobei die Erhebung etwa dem Übermaß im Vergleich zur Umschließungslänge entspricht, sodaß das Umschließungselement ein Grundkreisbereich und am Nockenbereich mit höchstens geringem Spiel lose anliegend das Nockenelement umgibt. Beim Eintreten der Erhebung in den konkaven Übergangsbereich wird das Umschließungselement zu lang und "schlottert" kurzzeitig bis der erste Abschnitt des Hubs das Übermaß ausgeglichen hat.

[0032] Bei Drehzahlen unter 2000 Umdrehungen wird das Umschließungselement etwas später geöffnet als bei höheren Drehzahlen, sodaß dies eine Art einer drehzahlabhängigen variablen Ventilsteuerung für den Anfangsbereich darstellt.

[0033] Für die Schließphase kann der Übergang vom konvexen Nockenbereich in den konvexen Grundkreisbereich in üblicher Weise direkt ausgebildet sein oder auch einen geradlinigen Tangentialabschnitt einschließen, d.h. es muß hier kein konkaver Übergangsbereich vorgesehen sein. Wenn aber ebenfalls ein konkaver Übergangsbereich ausgebildet ist, so wird durch die Verlängerung des Nockenbereiches die Schließbeschleunigung erhöht, bis die nach innen gerichtete Erhebung des Umschließungselementes in den konkaven Übergangsbereich eintritt. Der schärfere Übergang in den Grundkreisbereich bewirkt ein sicheres Schließen des Ventils, da die zum Nockenelement gerichtete Kraft verstärkt ist. Wenn ausschließlich die Massenkräfte das Umschließungselement beeinflussen, so ist in der Schließstellung nach einer kurzen Beruhigungsphase das Umschließungselement ohne äußere Beaufschlagung. Hier hilft der Verdichtungs- und Explosionsdruck im Zylinder, den Ventilteller dicht am Sitz zu halten.

[0034] Nachstehend wird nun die Erfindung an Hand der Figuren der beiliegenden Zeichnungen näher beschrieben, ohne darauf beschränkt zu sein.

[0035] Es zeigen:

Fig. 1 einen Ventiltrieb in Schließstellung des Ventils mit einer ersten Ausführung eines Nockenelementes,
Fig. 2 den Ventiltrieb zu Beginn der Öffnungsphase, geringfügig geöffnet,
Fig. 3 den Ventiltrieb kurz nach Beginn der Öffnungsphase, schon etwa zwei Drittel geöffnet,
Fig. 4 den Ventiltrieb bei maximaler Ventilöffnung,

noch vor der Mittelstellung,

Fig. 5 vergrößert im Schnitt den Bereich A der Fig. 1,

Fig. 6 eine Explosionsdarstellung der einzelnen Bestandteile des Ventiltriebs mit einer zweiten Ausführung eines Nockenelementes,

Fig. 7 ein Schaubild zur Beschleunigung und Verzögerung des Ventils,

Fig. 8 die Kräfteverhältnisse im Nocken- oder Grundkreisbereich in einer Zugkräften unterliegenden bevorzugten Ausführung eines Umschließungselements, und

Fig. 9 die Kraftverhältnisse im konkaven Übergangsbereich.

[0036] Der Ventiltrieb umfaßt ein auf einer Trägerwelle 1 befestigtes Nockenelement 2, das einen Grundkreisbereich 71, einen Nockenbereich 72 und einen konkaven Übergangsbereich 73 aufweist. Der Krümmungsmittelpunkt des Grundkreisbereichs 71 und der Krümmungspunkt des zentralen Teiles 76 des Nockenbereiches 72 liegen jeweils in der Achse 8 der Trägerwelle 1. Das Nockenelement 2 wird um die Achse 8 angetrieben und läuft innerhalb eines flexiblen Umschließungselementes 4 um, das über eine Verbindungsstelle 12 mit einem Nockenfolgeelement 10 verbunden ist, das, wie in den Fig. 1 bis 4 dargestellt, ein Ventilschaft 11 eines Stößelventiles ist, dessen Ventilteller 69 mit einem Ventilsitz 70 zusammenwirkt.

[0037] In der Schließstellung des Ventils gemäß Fig. 1 liegt der Ventilteller 69 dichtend im Ventilsitz 70. Wird das Nockenelement 2 in Richtung des Pfeiles B in die Stellung nach Fig. 2 verdreht, so gleitet die Verbindungsstelle 12 entlang des Grundkreisbereiches 71 und erreicht den konkaven Übergangsbereich 73. Während dieser Teildrehung bleibt der Ventilteller 69 im Ventilsitz, da kein Hub stattfindet und der Ventilschaft 11 nicht verschoben wird. Bei der Weiterdrehung in die Position nach Fig. 3 gleitet die Verbindungsstelle 12 über den Übergangsbereich 73 in den Nockenbereich 71, wobei durch die konkave Krümmung eine relativ rasche Lösung des Ventiltellers 69 aus dem Ventilsitz 70 erreicht wird. Die Fig. 3 zeigt jene Position der Verbindungsstelle 12, an der der Wechsel von der Ventilbeschleunigung in die Ventilverzögerung erfolgt, d.h., daß ab dieser Position bei der Weiterdrehung die Öffnungsbewegung abgebremst wird. In Fig. 4 ist die Position der Verbindungsstelle 12 am Anfang des zentralen Bereiches 76 gezeigt, in der die Ventilöffnungsbewegung beendet und die maximale Offenstellung gegeben ist. Entlang des zentralen Teiles 76 ergibt sich kein weiterer Hub, ähnlich wie im Grundkreisbereich 71. Bei der Weiterdrehung des Nockenelementes 2 in die Position nach Fig. 1 ist der Ablauf umgekehrt, d.h. am Ende des zentralen Teiles 76 beginnt die Schließbeschleunigung, die in der gespiegelten Position zur Fig. 3 in die Schließverzögerung wechselt. Fig. 7 zeigt ein Schaubild, in dem die Größe und die Richtung der auf das Umschließungselement 4 ein-

wirkenden Kräfte durch Pfeile eingezeichnet sind.

[0038] Das Umschließungselement 4 kann sich, da es über die Verbindungsstelle 12 gelenkig mit dem Ventilschaft 11 verbunden ist, nicht mit dem Nockenelement 2 mitdrehen, sondern wird nur fortlaufend pulsierend verformt. Es weist in der in Fig. 5 ausschnittsweise dargestellten, bevorzugten Ausführung eine mehrschichtige geschlossene Schlaufe auf, die eine innere Gleitschicht 22 aus einem reibungsmindernden Material (PTFE, Silikon, MoS₂ od. dgl.), eine mittlere Schicht 67 aus einem elastisch dehnbaren Material, und eine äußere Schicht 66 aus einem zugfesten Material umfaßt.

[0039] Die Länge der mittleren Schicht 67 aus dem elastisch dehnbaren, beispielsweise gummiartigen Material entspricht in ungedehntem Zustand der Umschließungslänge des Nockenelementes 2, ist aber bevorzugt geringfügig kürzer. Das Material weist bevorzugt einen E-Modul zwischen 600 und 2000 N/mm², insbesondere zwischen 800 und 1200 N/mm² auf.

[0040] Die äußere Schicht 66 aus dem zugfesten Material weist eine Länge auf, die sich aus der in Fig. 3 gezeigten Position ergibt und daher größer als die Umschließungslänge des Nockenelementes 2 ist. Die Länge entspricht dabei etwa der Umfangslänge des Nockenelementes 2 mit nur einem konkaven Übergangsbereich 73 für die Öffnungsphase, selbst wenn das Nockenelement 2 einen zweiten konkaven Übergangsbereich in der Schließphase aufweist. Die äußere Schicht 66 ist vorzugsweise ein in einer textilen Rundarbeitstechnik (Rundweben, Rundstricken, Rundwirken od. dgl.) nahtlos hergestelltes Gewebeband, das als Längenbegrenzung Kohle-, Kevlar-, Glas-, Bor-, Polyethylen-, Polyester-, Aramidfäden bzw. -fasern od. dgl. enthält, da diese eine hohe Zugfestigkeit, Öl- und Temperaturbeständigkeit aufweisen. Die dehnfesten Fäden können in Umfangsrichtung des Nockenelementes verlaufende Schußfäden des Gewebebandes oder zusätzliche Fäden sein, die mit dem Gewebeband verbunden sind.

[0041] Die elastisch dehnbare Schicht 67 kann mit der zugfesten Schicht 66 verbunden, beispielsweise verklebt sein. Das aus den beiden Schichten gebildete Umschließungselement 4 weist somit zwei Umfangslängen auf, wobei die kleinere Umfangslänge der Länge der ungedehnten, elastisch dehnbaren Schicht 67 und die größere Umfangslänge durch die Länge der zugfesten äußeren Schicht 66 gegeben ist, die eine Dehnungsbegrenzung für die dehnbare Schicht 67 darstellt. Im ungedehnten Zustand sind daher die zugfesten Fäden in Zick-Zack, gewellt od. dgl. Der Effekt der Dehnungsbegrenzung ist vor allem in der Position gemäß Fig. 3 erforderlich, in der die Massenkräfte des maximal beschleunigten, und nunmehr zu verzögernden Ventils aufgenommen werden müssen.

[0042] Das Umschließungselement 4 weist einen mit einer nach innen gerichteten Erhebung 74 versehenen Bereich auf, in dem die Verbindungsstelle 12 für die Anlenkung des Nockenfolgeelementes 10 vorgesehen ist,

die in Fig. 5 vergrößert gezeigt ist. Die Verbindungsstelle 12 trägt einen Halter, beispielsweise eine Lagerbuchse 68, einen Lagerstift 14 (Fig. 6) od. dgl. für das Nockenfolgeelement, wobei die Verbindung mit dem Ventil-
 schaft 11 od. dgl. nicht näher gezeigt ist. Beispielsweise
 kann das obere Ende des Ventilschafts 11 gegabelt sein
 und zwei Ösen aufweisen, die auf den beiden aus dem
 Umschließungselement 4 seitlich vorstehenden Enden
 des Lagerstifts 14 gelagert sind. Der Lagerstift kann da-
 her auch in die elastisch dehnbare Schicht eingebettet
 sein. Wird eine Lagerbuchse 68 vorgesehen, kann der
 Lagerstift auch zweiteilig ausgebildet und von beiden
 Seiten in die Lagerbuchse 68 eingesteckt sein.

[0043] Die Erhebung 74 an der Innenseite der Verbin-
 dungsstelle 12 umfaßt eine Druckverteilungskonstrukti-
 on oder -struktur, insbesondere einen Druckverteilungs-
 polster 75, der eine etwa dreieckige Querschnittsform
 aufweist. Als innerste Schicht ist die reibungsmindernde
 Schicht 22 oder Beschichtung vorgesehen. Durch die
 Beabstandung der zugfesten Schicht 66 vom Grund-
 kreisbereich 71 der Verbindungsstelle 12 werden die
 einzuleitenden Zugkräfte besser verteilt. Der Druckver-
 teilungspolster 75 kann aus einem gummiartigen, ela-
 stischen Material sein, bevorzugt ist es aber mit Flüs-
 sigkeit oder einem Gel gefüllt, sodaß es verformbar,
 aber unelastisch ist, und sich an unterschiedliche Hohl-
 raumquerschnitte besser anpaßt (Fig. 2, 3).

[0044] Die Erhebung 74 und die im Umschließungs-
 element 4 generierten Zugkräfte, die auf die Vorspan-
 nung der elastisch dehnbaren Schicht 67 und/oder die
 Ventilmassenkräfte zurückgehen, führen gemäß Fig. 8
 zu einer zum Nockenelement 2 gerichteten Kraft, solan-
 ge die Erhebung an einem konvexen oder ebenen Be-
 reich des Nockenumfangs entlanggleitet. Sobald der
 konkave Übergangsbereich 73 erreicht wird, drückt die
 zum Nockenelement 2 gerichtete Kraft die Erhebung in
 den entstehenden Hohlraum, sodaß sich das Umschlie-
 ßungselement 2 zusammenziehen kann (Fig. 9). Die für
 die Öffnung des Ventils maßgebliche innere Berüh-
 rungsfläche des Umschließungselementes 4 wirkt da-
 durch mit der Umfangsfläche des Nockenbereiches 72
 zusammen, obwohl die Schichten 66 und 67 den kon-
 kaven Übergangsbereich 73 mit Abstand eben über-
 spannen.

Patentansprüche

1. Ventiltrieb, insbesondere für Brennkraftmaschinen
 von Kraftfahrzeugen, mit mindestens einem ange-
 triebenen Nockenelement (2), dessen Umfangsflä-
 che einen konvexen Grundkreisbereich und einen
 konvexen Nockenbereich aufweist, und mit einem
 vom Nockenelement (2) verschieb- oder ver-
 schwenkbaren Nockenfolgeelement (10), insbe-
 sondere einem Ventilstößel, wobei das Nockenele-
 ment (2) drehbar in einem flexiblen Umschlie-
 ßungselement (4) angeordnet ist, das mit dem Nok-

kenfolgeelement (10) beweglich verbunden ist, **da-
 durch gekennzeichnet, daß** zwischen dem
 Grundkreisbereich (71) und dem Nockenbereich
 (72) des Nockenelementes (2) ein konkaver Über-
 gangsbereich (73) vorgesehen ist, in den das Um-
 schließungselement (4) durch eine der Ventilöff-
 nung entgegenwirkende Kraft eindrückbar ist.

2. Ventiltrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-
 zeichnet, daß** der Grundkreisbereich (71) des Nok-
 kenelementes (2) und ein zentraler Teil (76) seines
 Nockenbereiches (72) einen gemeinsamen Krüm-
 mungsmittelpunkt aufweisen, der in der Achse (8)
 des Nockenelementes (2) liegt.

3. Ventiltrieb nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch ge-
 kennzeichnet, daß** das Umschließungselement
 (4) an der Verbindungsstelle (12) mit dem Nocken-
 folgeelement (10) eine nach innen zum Nockenele-
 ment (2) vorstehende Erhebung (74) aufweist.

4. Ventiltrieb nach Anspruch 3, **dadurch gekenn-
 zeichnet, daß** in der nach innen gerichteten Erhe-
 bung (74) des Umschließungselements (4) ein La-
 gerstift (14) für das Nockenfolgeelement (10) ange-
 ordnet ist.

5. Ventiltrieb nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch ge-
 kennzeichnet, daß** die nach innen gerichtete Er-
 hebung (74) des Umschließungselements (4) einen
 Druckverteilungspolster (75) umfaßt.

6. Ventiltrieb nach Anspruch 5, **dadurch gekenn-
 zeichnet, daß** der Druckverteilungspolster (75) aus
 einem verformbaren Material besteht.

7. Ventiltrieb nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **da-
 durch gekennzeichnet, daß** das Umschließungs-
 element (4) auf Kontraktion vorgespannt ist.

8. Ventiltrieb nach Anspruch 7, **dadurch gekenn-
 zeichnet, daß** das Umschließungselement (4) aus
 zumindest zwei unterschiedlichen Materialien zu-
 sammengesetzt ist, von denen ein Material ela-
 stisch dehnbar ist.

9. Ventiltrieb nach Anspruch 8, **dadurch gekenn-
 zeichnet, daß** das Umschließungselement (4) zu-
 mindest zweischichtig ist, und das elastisch dehn-
 bare Material die Außenschicht bildet.

10. Ventiltrieb nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch ge-
 kennzeichnet, daß** der elastisch dehnbare Bereich
 aus einem Material mit einem E-Modul zwischen 1
 und 4000 N/mm² gebildet ist.

11. Ventiltrieb nach Anspruch 10, **dadurch gekenn-
 zeichnet, daß** der E-Modul zwischen 600 und 2000

N/mm², insbesondere zwischen 800 und 1200 N/mm² liegt.

12. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Umschließungselement (4) sich in Umfangsrichtung des Nockenelementes (2) erstreckenden Fäden aus hochzugfesten Fasern aufweist. 5
13. Ventiltrieb nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die hochzugfesten Fasern in einem nahtlos geschlossenen Flächenmaterial angeordnet sind, das in einer textilen Rundarbeitstechnik hergestellt ist. 10
14. Ventiltrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Umschließungselement (4) eine innere Gleitschicht (22) aufweist. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

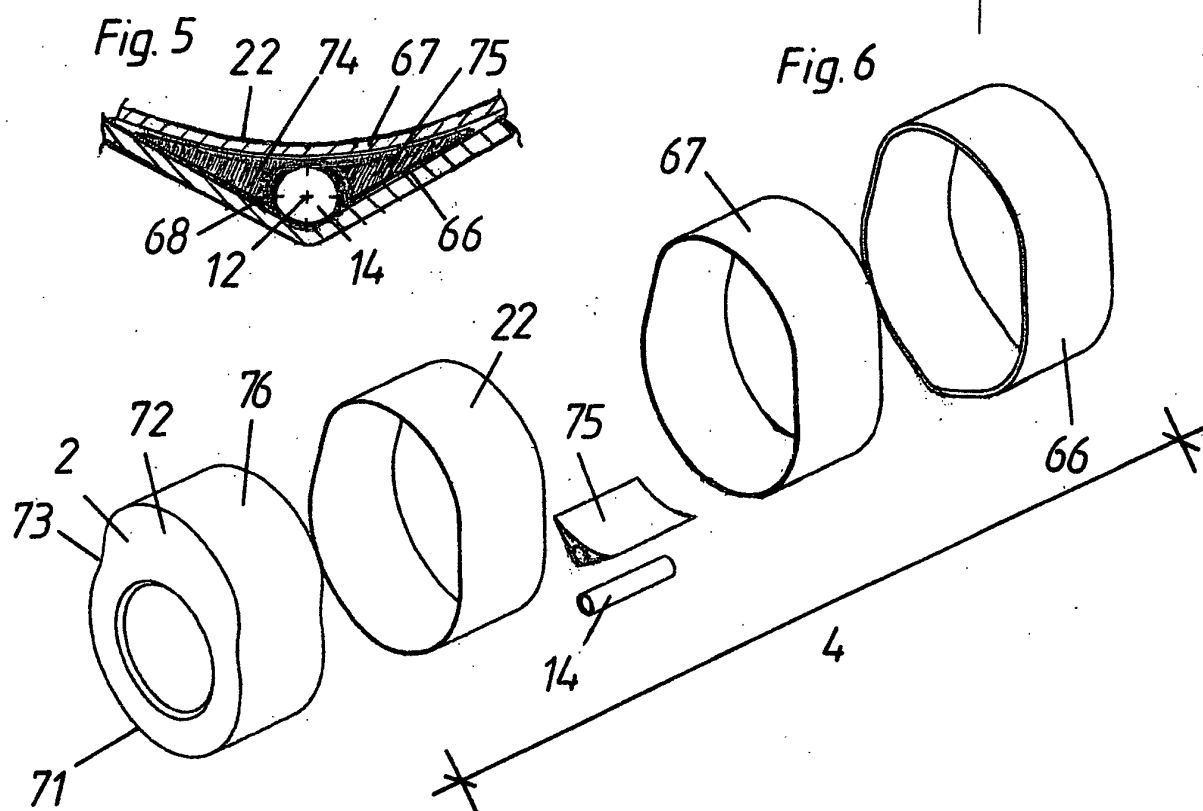
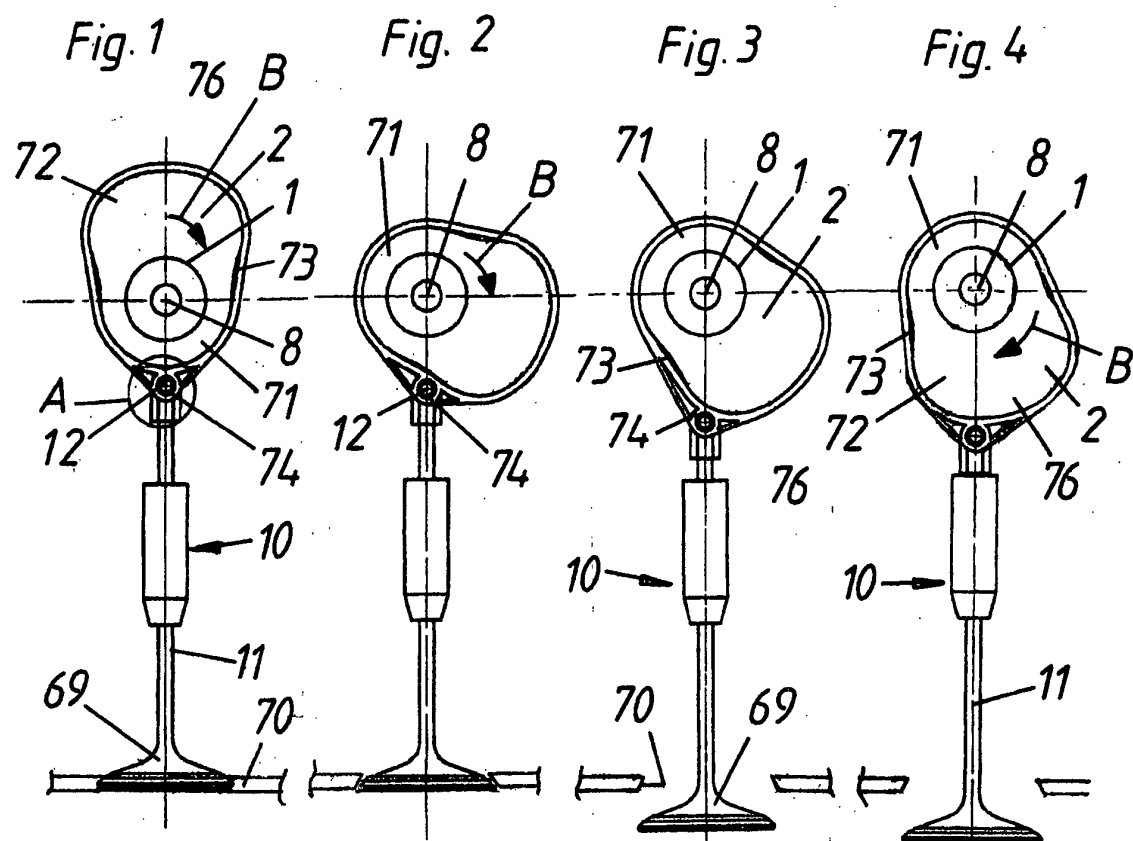


Fig. 7

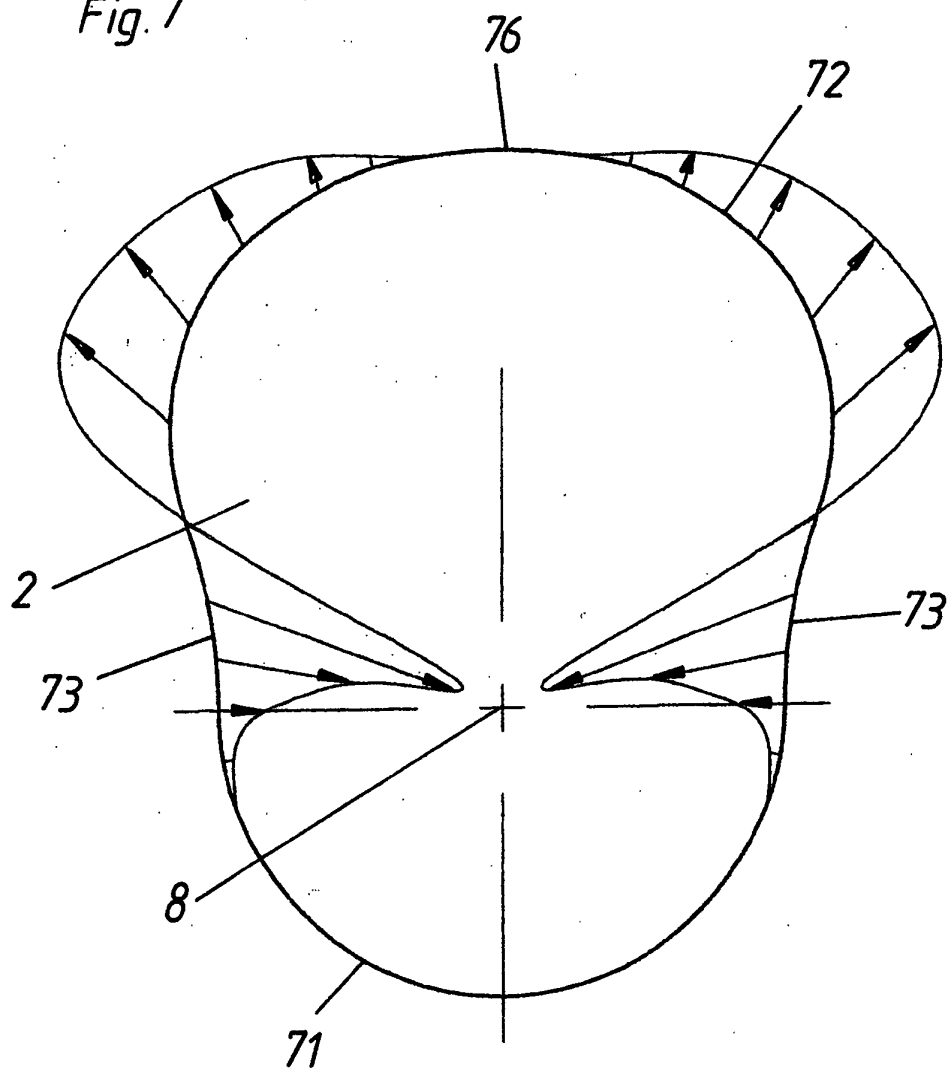


Fig. 8

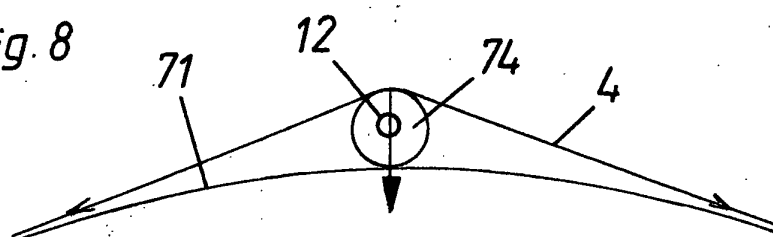


Fig. 9

