



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 058 736 A1 2005.07.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 058 736.1**

(22) Anmeldetag: **06.12.2004**

(43) Offenlegungstag: **14.07.2005**

(51) Int Cl.7: **F16F 9/53**
B60G 17/06

(30) Unionspriorität:
10/730440 08.12.2003 US

(74) Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München

(71) Anmelder:
General Motors Corp. (n.d.Ges.d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US

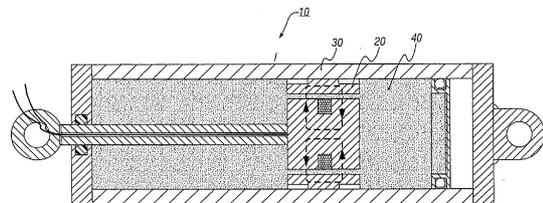
(72) Erfinder:
Namuduri, Chandra Sekhar, Troy, Mich., US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Fluid-Dämpfer mit kontinuierlich veränderlicher Dämpfungsantwort**

(57) Zusammenfassung: Verbesserte Dämpfungsanordnung, die ein Fluid mit einer Viskosität, die durch das Anlegen eines elektromagnetischen Felds verändert werden kann, wie etwa ein magnetorheologisches Fluid oder ein elektrorheologisches Fluid verwendet, um die Dämpfungsantwort zu liefern. Die Dämpfungsanordnung enthält einen Mechanismus zur Umsetzung von linear in rotatorisch, der ein verschiebbares Element, das für eine lineare Verschiebung in Vorwärtsrichtung und Rückwärtsrichtung geeignet ist, und ein drehbares Element, das eine drehbare Welle umfasst, die mit dem verschiebbaren Element drehbar gekoppelt ist, umfasst, wobei die Verschiebung des verschiebbaren Elements entweder in der Vorwärtsrichtung oder der Rückwärtsrichtung eine Vorwärtsdrehung oder eine Rückwärtsdrehung des drehbaren Elements bzw. der drehbaren Welle erzeugt. Die Dämpfungsanordnung enthält außerdem einen Dämpfungsmechanismus, der eine Nabe, die an der Welle befestigt ist, ein Mittel, das als Reaktion auf ein angelegtes elektrisches Signal, das als Reaktion auf ein Eingangssignal, das für eine Soll-Dämpfkraft repräsentativ ist, kontinuierlich verändert werden kann, ein veränderliches elektromagnetisches Feld erzeugt, sowie ein Fluid, das eine Viskosität besitzt, die durch Anlegung des elektromagnetischen Felds kontinuierlich verändert werden kann, und das mit der Nabe in Berührungskontakt ist, umfasst. Das Anlegen des veränderlichen elektromagnetischen Felds an das Fluid ruft Änderungen der Viskosität des ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Dämpfungsvorrichtungen, die bei gesteuerten Dämpfungsanwendungen wie etwa halbaktiven Fahrzeugaufhängungssystemen verwendet werden. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf kontinuierlich veränderliche Hochleistungs-Echtzeit-Dämpfungsvorrichtungen, die magnetorheologische (MR) oder elektrorheologische (ER) Fluide verwenden.

Stand der Technik

[0002] Die meisten Fahrzeugaufhängungssysteme verwenden Dämpfungsvorrichtungen oder Stoßdämpfer zum Steuern der Vibrationen der Karosserie und des Rads, die durch Straßenunebenheiten bedingt sind und auf das Masse-Feder-System aus Fahrzeugkarosserie/Rad und Aufhängungsfedern einwirken. Ein Fahrzeugaufhängungsdämpfer bewirkt gewöhnlich eine Widerstandskraft, die zur Relativgeschwindigkeit zwischen der Karosserie und dem Rad proportional ist. Gesteuerte Hochleistungs-Dämpfungsanwendungen wie etwa jene, die in Personenwagen-Aufhängungssystemen verwendet werden, bewirken vorzugsweise wegen des Komforts eine relativ kleine Dämpfungskraft bei niedrigen Geschwindigkeiten und zur sicheren Handhabung des Fahrzeugs eine große Dämpfungskraft bei hohen Geschwindigkeiten. Bekannterweise können solche Antwortcharakteristika durch halbaktive oder aktive Aufhängungssysteme geboten werden, bei denen die Dämpfungsantwort der Systeme mittels kontinuierlich veränderlicher – in Echtzeit dämpfender (CV-RTD = continuously variable – real-time damping) Stellorgane in Echtzeit und als Reaktion auf die dynamischen Zustände, denen das Fahrzeug unterliegt, kontinuierlich verändert werden kann.

[0003] Es ist die Verwendung von CV-RTD-Stellorganen, die "smarte Fluide" (z. B. elektrorheologische (ER) und magnetorheologische (MR) Fluide) mit kontinuierlich veränderlicher und steuerbarer Rheologie und einen festen Durchflussabschnitt anstelle von verstellbaren mechanischen Ventilen mit einem veränderlichen Durchflussabschnitt verwenden, vorgeschlagen worden. Die Verwendung von ER-Fluiden erfordert zur Ausbildung des gewünschten Bereichs von rheologischen Effekten relativ starke elektrische Felder (in der Größenordnung von 5 kV/mm), wohingegen MR-Fluide ähnliche rheologische Effekte bei Spannungen gut unter 12 V erzeugen und folglich für viele Anwendungen einschließlich der Verwendung in Kraftfahrzeugen im Allgemeinen bevorzugt worden sind.

[0004] Magnetorheologische (MR) Fluide bestehen aus magnetisierbaren Teilchen (z. B. Eisen- und/oder Eisenlegierungspulvern), die in einem inerten Basis-

fluid (z. B. synthetischem Öl) suspendiert sind. MR-Fluide weisen im Allgemeinen die Charakteristika einer newtownschen Strömung bei vernachlässigbarer Fließspannung auf, wenn kein äußeres Magnetfeld vorhanden ist. Jedoch kann die Fließspannung eines MR-Fluids um einige Größenordnungen erhöht werden, indem es einem zur Strömungsrichtung des Fluids senkrechten Magnetfeld unterworfen wird. Dieses plastische Bingham-Verhalten eines MR-Fluids im "Ein"-Zustand ist für das Ausbilden von Stellorganen mit steuerbaren Kraft- oder Drehmomentcharakteristika wie etwa Vibrationsdämpfern und Kupplungen, ohne irgendwelche verstellbaren Ventile zu verwenden, vorteilhaft. MR-Fluide und Vorrichtungen, die MR-Fluide verwenden, sind an sich bekannt. Jedoch hemmten bisherige Sedimentations- und Abrasionsprobleme deren Verwendung. Die jüngsten Fortschritte in der Materialtechnik und der Elektronik haben das Interesse an MR-Fluiden für Anwendungen in smarten Stellorganen zur schnellen und wirksamen Kraft- oder Drehmomentsteuerung (z. B. zur Dämpfung) in einem mechanischen System neu geweckt.

[0005] Weitere Beispiele von CV-RTD-Dämpfern sind in den US-Patenten 5,277,281 und 6,390,252 beschrieben und gezeigt und umfassen im Allgemeinen Einrohr-MR-Dämpfer **10** mit einem Kolben **20**, der in einem mit MR-Fluid **40** gefüllten Hohlrohr **30** gleitet, wie in **Fig. 1** gezeigt ist.

[0006] Obwohl MR-Fluid-Dämpfer der oben allgemein beschriebenen Typen bei CV-RTD-Anwendungen erfolgreich verwendet worden sind und die Fähigkeit, eine schnelle und kontinuierlich veränderliche Steuerung von Dämpfungskräften zu bewirken, nachgewiesen haben, erfordern sie, dass das Hohlrohr im Wesentlichen mit MR-Fluid, das ein relativ teures Material ist, gefüllt ist. Im Allgemeinen benötigen Fahrzeuge, die mit MR-Fluid-Stoßdämpfern ausgerüstet sind, etwa 1 Liter oder mehr pro Fahrzeug. Ferner können die Fluide am Ende der Nutzungsdauer des Fahrzeugs eine spezielle Behandlung und Entsorgung notwendig machen. Diese Vorrichtungen erfordern im Allgemeinen eine spezielle Endbearbeitung an der Stange und der Innenfläche des Rohrs und spezielle Hochdruckdichtungen für den schwimmenden Gaskolben und die Stange, um den mit dem MR-Fluid verbundenen Verschleiß zu minimieren und für die erforderliche Abdichtung bei den Betriebs-Fluidrücken der Vorrichtung zu sorgen. Außerdem kann das Einfassen des Kolbens mit einer geeigneten Spule, wenn hohe Einschaltverhältnisse bei hohen Geschwindigkeiten erwünscht sind, schwierig sein, was durch die relativ große Auslegung der Spule, die zur Bildung dieser Verhältnisse erforderlich ist, bedingt ist.

Aufgabenstellung

[0007] Es ist daher wünschenswert, Dämpferentwürfe zu entwickeln, die MR-Fluid zum Steuern der Dämpfungskräfte verwenden, jedoch auch einige der mit den früheren Dämpferentwürfen verbundenen Anforderungen wie etwa das erforderliche Volumen an MR-Fluid, die Notwendigkeit der Endbearbeitung von speziellen Komponenten und die Notwendigkeit eines Gasspeichers, der das während der Betätigung des Dämpfers verdrängte MR-Fluid aufnimmt, oder die Notwendigkeit von Spulენტwürfen, die schwierig in der für die Dämpfer zulässigen Hülle unterzubringen sind, zu beseitigen oder verringern.

[0008] Die vorliegende Erfindung umfasst einen Mechanismus zur Umsetzung von linear in rotatorisch, der mit einem Dämpfungsmechanismus, der eine koaxiale, rotatorische Konfiguration zum Erzeugen einer Widerstands- oder Dämpfungskraft anstelle von herkömmlichen kolbenbasierten Konfigurationen verwendet, wirksam gekoppelt ist.

[0009] Der Mechanismus zur Umsetzung von linear in rotatorisch umfasst ein verschiebbares Element wie etwa eine Kugelmutter, das für eine lineare Verschiebung in Vorwärtsrichtung und Rückwärtsrichtung geeignet ist, und ein drehbares Element wie etwa eine Kugelumlaufspindel, das eine drehbare Welle umfasst, die mit dem verschiebbaren Element drehbar gekoppelt ist, wobei die Verschiebung des verschiebbaren Elements entweder in der Vorwärtsrichtung oder der Rückwärtsrichtung eine Vorwärtsdrehung oder eine Rückwärtsdrehung des drehbaren Elements bzw. der drehbaren Welle erzeugt.

[0010] Der Dämpfungsmechanismus umfasst eine Nabe, die an der Welle befestigt ist, ein Mittel, das als Reaktion auf ein angelegtes elektrisches Signal, das als Reaktion auf ein Eingangssignal, das für eine Soll-Dämpfungskraft repräsentativ ist, kontinuierlich verändert werden kann, ein veränderliches elektromagnetisches Feld erzeugt, sowie ein Fluid wie etwa ein MR-Fluid, das eine Viskosität besitzt, die durch Anlegung des elektromagnetischen Felds kontinuierlich verändert werden kann, und das mit der Nabe in Berührungskontakt ist. Der Dämpfungsmechanismus umfasst vorzugsweise ein Dämpfergehäuse, das die beschriebenen Elemente aufnimmt und einen Kanal zum Zurückhalten des Fluids enthält.

[0011] Das Anlegen des veränderlichen elektromagnetischen Felds an das Fluid ruft Änderungen der Viskosität des Fluids hervor, die ihrerseits einen veränderlichen Widerstand gegen die Drehung der Nabe und einen veränderlichen Widerstand gegen die Verschiebung des verschiebbaren Elements bewirken, wodurch eine Dämpfungsvorrichtung mit einer kontinuierlich veränderlichen Dämpfungsantwort geschaffen ist.

[0012] Als ein Vorteil dieser Erfindung im Vergleich zu gegenwärtig vorkommenden MR-Fluid-basierten Dämpfern wie etwa kolbenbasierten MR-Dämpfern werden die niedrigeren Herstellungskosten infolge eines verkleinerten Volumens an MR-Fluid angesehen. Als zweiter Vorteil wird angesehen, dass die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung eine im Vergleich zu herkömmlichen kolbenbasierten MR-Fluid-Dämpfern kleinere Unterbringungshülle benötigt, was sowohl mit dem verringerten Volumen an MR-Fluid, das für ihren Betrieb erforderlich ist, als auch damit, dass sich ein Gasspeicher, der die Fluidverdrängung beim Betätigen des Dämpfers unterbringt, erübrigt, zusammenhängt. Als dritter Vorteil wird eine Verringerung derjenigen Mantelfläche von Komponenten in dem Dämpfermechanismus, die wegen der abschleifenden Natur der MR-Fluide Beschichtungen gegen Verschleiß benötigt, angesehen. Als vierter Vorteil wird die Fähigkeit, auf Grund der bei der vorliegenden Erfindung verwendeten niedrigeren Fluid-Betriebsdrücke einen relativ niedrigen Druck und folglich preiswertere Dichtungen zum Einschließen des MR-Fluids zu verwenden, angesehen. Als fünfter Vorteil wird die Fähigkeit der vorliegenden Erfindung, die Linearität der Kraft-Geschwindigkeits-Kennlinie des Stellorgans wegen des Fehlens von bei kolbenbasierten Einrohrvorrichtungen des Standes der Technik festgestellten sekundären Eintritts- und Austrittseffekten des MR-Fluidstroms zu verbessern, angesehen. Als letzter Vorteil wird angesehen, dass die vorliegende Erfindung im Vergleich zu herkömmlichen kolbenbasierten MR-Fluid-Dämpfern höhere Einschaltverhältnisse in kleineren Einfassungen liefern kann.

Ausführungsbeispiel

[0013] Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft anhand der Zeichnungen beschrieben.

[0014] In den Zeichnungen zeigen:

[0015] [Fig. 1](#) eine schematische Querschnittsansicht eines MR-Fluid-Dämpfers des Standes der Technik;

[0016] [Fig. 2](#) eine schematische Querschnittsansicht eines MR-Fluid-Dämpfers der vorliegenden Erfindung;

[0017] [Fig. 2A](#) eine vergrößerte schematische Querschnittsansicht der Schnittfläche A in [Fig. 2](#);

[0018] [Fig. 3](#) eine vergrößerte schematische Querschnittsansicht des Dämpfungsmechanismus des MR-Fluid-Dämpfers nach [Fig. 2](#);

[0019] [Fig. 4](#) eine schematische Querschnittsansicht einer zweiten Ausführungsform eines Dämpfungsmechanismus eines MR-Fluid-Dämpfers der vorliegenden Erfindung;

[0020] [Fig. 5](#) eine schematische Querschnittsansicht einer dritten Ausführungsform eines Dämpfungsmechanismus eines MR-Fluid-Dämpfers der vorliegenden Erfindung;

[0021] [Fig. 6](#) eine schematische Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform eines MR-Fluid-Dämpfers der vorliegenden Erfindung; und

[0022] [Fig. 7](#) eine längs des Schnitts 7-7 aufgenommene schematische Querschnittsansicht des MR-Fluid-Dämpfers von [Fig. 6](#).

[0023] Mit Bezug auf die [Fig. 2–Fig. 7](#) kann diese Erfindung allgemein als Dämpfungsrichtung **100** beschrieben werden, die einen Mechanismus **102** zur Umsetzung von linear in rotatorisch enthält, der die Linearbewegung und die linearen Kräfte, die auf die Dämpfungsrichtung ausgeübt werden, in eine Drehbewegung und in Drehkräfte, die durch den Betrieb des Dämpfungsmechanismus **104** gedämpft werden können, umsetzt. Bei einer Fahrzeuganwendung kann die Dämpfungsrichtung **100** in das Aufhängungssystem als Stoßdämpfer in dem Feder-Masse-System, das die Fahrzeugkarosserie und weitere gefederte Massen sowie die Räder und weitere ungefederte Massen umfasst, eingebaut sein. In solchen Systemen erfolgen die Linearbewegung und die Krafteinwirkungen, wenn das Fahrzeug angetrieben wird und das Rad eine Bewegung in Bezug auf die Karosserie wie beispielsweise jene, die durch Veränderungen der Oberfläche, auf der das Fahrzeug gefahren wird, oder Objekte im Weg des Rads hervorgerufen werden, erfährt.

[0024] Der Mechanismus **102** zur Umsetzung von linear in rotatorisch umfasst ein verschiebbares Element **106**, das für eine lineare Verschiebung in Vorwärtsrichtung **108** und in Rückwärtsrichtung **110** geeignet ist, und ein drehbares Element **112**, das eine drehbare Welle **114** umfasst, das mit dem verschiebbaren Element **106** durch eine Kopplung **115** drehbar gekoppelt ist, so dass die Verschiebung des verschiebbaren Elements **106** entweder in der Vorwärtsrichtung **108** oder in der Rückwärtsrichtung **110** eine Vorwärtsdrehung oder eine Rückwärtsdrehung des drehbaren Elements **112** bzw. der drehbaren Welle **114** erzeugt. Die lineare Verschiebung ist so zu verstehen, dass sie auch den Mechanismus **102** zur Umsetzung von linear in rotatorisch umfasst, in dem das verschiebbare Element **106** eine geradlinige oder eine krummlinige Verschiebung bewirkt. Neben der Bewegung übertragen diese Elemente im Allgemeinen auch mit ihrer Bewegung verbundene Linear- und Rotationskräfte. Ferner sei angemerkt, dass, obwohl die Beschreibung oben die Bewegung dieser Elemente während des Betriebs der Dämpfungsrichtung annimmt, der Dämpfungsmechanismus auch so betrieben werden kann, dass er der Bewegung dieser Element im Wesentlichen entgegenwirkt

oder eine solche verhindert, so dass sie Linear- und Rotationskräfte ohne jegliche damit verbundene Bewegung übertragen können.

[0025] Wie in den [Fig. 2–Fig. 5](#) gezeigt ist, kann das verschiebbare Element **106** eine Kugelmutter **116** umfassen, die am Ende **118** eines Kugelmuttergehäuses **120** befestigt ist. Die Kugelmutter **116** kann am Ende **118** in einer Weise, die ausreichend ist, um die maximalen Schublasten und Drehmomente, die die Dämpfungsrichtung erfährt, zu übertragen, und die von den für die Kugelmutter **116** und das Kugelmuttergehäuse **120** verwendeten Materialien abhängt, wie etwa durch Schweißen, Lötten, Presssitz/Verkerben oder andere bekannte Verfahren zum Befestigen dieser Vorrichtungen aneinander befestigt sein. In [Fig. 2A](#) besitzt die Kugelmutter **116** eine herkömmliche Konstruktion und enthält vorzugsweise mehrere bogenförmig verlaufende Nuten wie etwa schraubenlinienförmige Nuten **122** in der Oberfläche einer zylindrischen Bohrung **124**. Die schraubenlinienförmigen Nuten **122** sind vorzugsweise so beschaffen, dass sie mehrere umlaufende Kugeln **126** in irgendeinem einer Anzahl von herkömmlichen Kugelumlaufmitteln **127** aufnehmen. Die Kugelumlaufmittel **127** können entweder innerhalb oder außerhalb oder teilweise innerhalb und außerhalb der Kugelmutter **116** angeordnet sein. Die umlaufenden Kugeln **126**, die sich zwischen dem drehbaren Element **114** und der Kugelmutter **116** befinden, können die Schublast und das Drehmoment zwischen dem verschiebbaren Element und dem drehbaren Element übertragen, wie weiter unten beschrieben wird, und aus irgendeinem geeigneten Material wie etwa härtbaren Stählen jener Typen, die zur Herstellung von verschiedenartigen Lagern verwendet werden, gefertigt sein.

[0026] Das Kugelmuttergehäuse **120** kann irgendeine geeignete Form umfassen, jedoch ist es vorzugsweise ein Hohlzylinder und kann aus irgendeinem Material, das zum Übertragen von Schublasten und Drehmomenten, die sich ergeben, wenn die Dämpfungsrichtung **100** in ihrer vorgesehenen Anwendung betrieben wird, geeignet ist, wie etwa Konstruktionsmetallen (z. B. Eisen, Stahl, Aluminium, Titan oder anderen Konstruktionslegierungen) oder Konstruktionszusammensetzungen (z. B. faserverstärkten technischen Kunststoffen) gefertigt sein. Das Kugelmuttergehäuse **120** kann außerdem ein Mittel zur Anbringung wie etwa einen Flansch **128** oder eine Abdeckung wie etwa eine Elastomerhaube **130** oder andere geeignete Mittel zum Schützen und Verschließen des verschiebbaren Elements **106** und des drehbaren Elements **112** gegenüber der äußeren Umgebung enthalten. Die Abdeckung kann außerdem eine teleskopische Metall- oder Kunststoffabdeckung oder eine andere Abdeckung (nicht gezeigt), wie sie gewöhnlich zum Abdecken von Stoßdämpfern verwendet wird, umfassen. Der Flansch **128**

kann einteilig mit dem Kugelmuttergehäuse **120** ausgebildet sein oder getrennt ausgebildet und an dem Kugelmuttergehäuse **120** angebracht sein. Die Elastomerhaube **130** kann Gummi, Nitril oder andere geeignete Elastomermaterialien umfassen. Das Kugelmuttergehäuse **120** weist außerdem vorzugsweise einen Anbringungspunkt **132** wie etwa einen Flansch **134** und eine Elastomerbuchse **136** oder alternativ ein Gewindeende (nicht gezeigt) auf, um die Dämpfungsvorrichtung **100** an einem der zu dämpfenden Objekte wie etwa im Fall eines Fahrzeugs an der Fahrzeugkarosserie oder anderen "gefederten" Massen oder der Achse, einem Rad oder anderen ungefederten Massen anzubringen.

[0027] Wie in den [Fig. 6–Fig. 7](#) gezeigt ist, kann das verschiebbare Element **106** außerdem eine verschiebbare Getriebestange **138** umfassen. Die Zahnstange **138** kann irgendeine geeignete Kombination von Zahnstangenzahn-, Querschnitts- und Längskonfiguration sein. Beispielsweise können die Querschnitts- und Längskonfigurationen irgendeine Anzahl von herkömmlichen Konfigurationen einschließlich kreisförmiger, halbkreisförmiger, keilförmiger oder anderer Querschnittskonfigurationen sowie gerade, gebogene, gekrümmte oder andere longitudinale Konfigurationen umfassen. Die Zahnstange **138** kann ebenfalls einen Anbringungspunkt **140** wie etwa einen Flansch **142** und eine Elastomerbuchse **144** oder ein Gewindeende (nicht gezeigt) zum Befestigen der Dämpfungsvorrichtung **100** an dem zu dämpfenden Objekt umfassen, wie oben beschrieben worden ist.

[0028] In den [Fig. 2–Fig. 5](#) umfasst das drehbare Element **112** einen Kugelumlaufspindelabschnitt **146**, über den die Kugelmutter **116** geschoben werden kann, und eine Welle **114**, die sich in den Dämpfungsmechanismus erstreckt. Vorzugsweise sind der Kugelumlaufspindelabschnitt **146** und die Welle **114** aus einem einzigen Material wie etwa einem Konstruktionsmetall (z. B. Gusseisen, Stahl, Aluminium, Titan oder anderen Konstruktionslegierungen) gebildet, jedoch können sie auch getrennt ausgebildet und zusammengefügt sein. Die Kugelmutter **116** und die Kugelumlaufspindel **146** dienen als Kopplung **115** zum Koppeln der Linearbewegung des verschiebbaren Elements **106** mit der Drehbewegung des drehbaren Elements **112**. Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, kann das drehbare Element **112** außerdem ein Ritzel **148** und eine Welle **114** umfassen. Die Getriebestange **138** und das Ritzel **148** dienen als Kopplung **115** zum Koppeln der Linearbewegung des verschiebbaren Elements **106** mit der Drehbewegung des drehbaren Elements **112**. Vorzugsweise ist das drehbare Element **112** von der Welle durch wenigstens ein Mittel, das eine Drehunterstützung **150** bietet, wie etwa ein Lager oder eine Buchse **152** drehbar in Bezug auf den Dämpfungsmechanismus **104** geführt. In den in den [Fig. 2–Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsformen um-

fassen jene Mittel, die eine Drehunterstützung **150** bieten, zwei Lager **152**. In den [Fig. 2–Fig. 5](#) wird angenommen, dass die Lager **152** vorzugsweise Axiallager sind, die die Schubbelastungen, die durch die Welle **114** übertragen werden, wenn die Dämpfungsvorrichtung **100** in Anwendungen wie etwa Stoßdämpfern oder Stabilitätssteuervorrichtungen verwendet werden, auffangen.

[0029] Wie in den [Fig. 2–Fig. 7](#) allgemein gezeigt ist, verwendet der Dämpfungsmechanismus **104** anstatt herkömmlicher kolbenbasierter Konfigurationen eine koaxiale, rotatorische Konfiguration zum Erzeugen einer Widerstands- oder Dämpfungskraft. Der Dämpfungsmechanismus **104** umfasst im Allgemeinen eine Nabe **154**, die an der Welle **114** befestigt ist, ein Mittel **156**, das als Reaktion auf ein Eingangssignal, das für eine Soll Dämpfungskraft repräsentativ ist, ein veränderliches elektromagnetisches Feld **158** erzeugt, ein Fluid **160**, das eine Viskosität besitzt, die durch Anlegung des elektromagnetischen Felds **158** kontinuierlich verändert werden kann, und das mit der Nabe in Berührungskontakt ist, sowie ein Dämpfergehäuse **162**, wobei das Anlegen des veränderlichen elektromagnetischen Felds **158** an das Fluid **160** Änderungen der Viskosität des Fluids **160** hervorruft, die ihrerseits einen veränderlichen Widerstand gegen die Drehung der Nabe **154** durch das Fluid **160** und gegen die Verschiebung des verschiebbaren Elements **106** bewirken.

[0030] Wie wiederum in den [Fig. 2–Fig. 7](#) gezeigt ist, kann der Dämpfungsmechanismus **104** allgemein auch so beschrieben werden, dass er ein Dämpfergehäuse **162** umfasst, das ein erstes Ende **164** mit einer Bohrung **166** aufweist, die die Welle **114** drehbar aufnehmen kann. Die Bohrung **166** ist vorzugsweise so beschaffen, dass sie Mittel aufnimmt, die eine Drehführung **150** bieten. Das Dämpfergehäuse **162** weist außerdem eine Seitenwand **168** mit einer zylindrischen Innenfläche **170** sowie ein zweites Ende **172** auf. Der Dämpfungsmechanismus **104** umfasst außerdem eine Nabe **154**, die an der Welle **114** befestigt ist und innerhalb der zylindrischen Innenfläche **170** des Dämpfergehäuses **162** untergebracht ist. Die Nabe **154** besitzt eine Außenfläche **174**, die sich in unmittelbarer Nähe eines Abschnitts der Innenfläche **170** der Seitenwand **168** befindet, so dass die Außenfläche **174** der Nabe **154** und die Seitenwand **168** des Dämpfergehäuses **162** wenigstens einen Abschnitt eines Kanals **176** zwischen sich abgrenzen. Wie weiter unten beschrieben wird, können auch weitere Elemente dazu dienen, den Kanal **176** abzugrenzen. Der Kanal **176** umfasst den Raum zwischen den drehbaren Elementen wie etwa der Nabe **154** und den nicht drehbaren Elementen wie etwa dem Dämpfergehäuse **162**. Der Dämpfungsmechanismus **104** umfasst außerdem Mittel **156** zum Erzeugen des elektromagnetischen Felds **158** innerhalb des Kanals **176** sowie das Fluid **160**, das sich in dem

Kanal **176** befindet und eine Viskosität besitzt, die durch Anlegung des elektromagnetischen Felds **158** verändert werden kann.

[0031] In den [Fig. 2–Fig. 7](#) kann der Dämpfungsmechanismus **104** mehrere alternative Konfigurationen umfassen und können die Nabe **154** und der Kanal **176** mehrere unterschiedliche Formen und Größen umfassen. Wie in den [Fig. 2–Fig. 7](#) gezeigt ist, ist die Nabe **154** im Allgemeinen zylindrisch und umfasst einen magnetischen Abschnitt **178**, wobei sie optional in Abhängigkeit von der Form des Kanals **176** und der Unterbringung des Fluids **160** einen nichtmagnetischen Abschnitt **180** umfassen kann. Diese Konfigurationen des Dämpfungsmechanismus **104** werden weiter unten näher beschrieben.

[0032] In den [Fig. 2–Fig. 3](#) ist eine erste Ausführungsform des Dämpfungsmechanismus **104** gezeigt, in der die Nabe **154** allgemein die Form eines zylindrischen Bechers besitzt, der an der Welle **114** angebracht ist. In dieser Ausführungsform besitzt der Kanal **176** die Form eines Paares konzentrischer, zylindrischer Becher mit unterschiedlichem Durchmesser, die über einen seitlichen Abschnitt an ihren Krempen verbunden sind. Der Kanal **176** ist im Allgemeinen durch einen Abschnitt der Innenfläche **170** der Seitenwand **168**, der Innenfläche **165** des ersten Endes **164** und der Außenfläche **174** der Nabe **154**, der Innenfläche **182** der Nabe **154** und der Außenfläche **184** eines zylindrischen Kerns **186** sowie der Innenfläche **173** des zweiten Endes **172** definiert und abgegrenzt. Die Nabe **154** umfasst vorzugsweise eine zylindrische Grundfläche **188**, die unter Anwendung herkömmlicher Zusammenfügungsverfahren wie etwa Presssitz, Schweißen, Löten, Verkerben oder anderer Verfahren an der Welle **114** befestigt ist, und eine zylindrische Wand **190**, die sich von der zylindrischen Grundfläche **188** nach außen erstreckt. Die zylindrische Grundfläche **188** umfasst vorzugsweise ein nichtmagnetisches Material wie etwa Austenitstahl, Austenitaluminium oder ein anderes nichtmagnetisches Material. Die zylindrische Wand **190** umfasst ein magnetisches Material wie etwa Magnetstahl. Die zylindrische Wand **190** ist an der äußeren Krempe **192** unter Anwendung von Zusammenfügungsverfahren wie etwa jener, die zum Verbinden der Grundfläche **188** mit der Welle **114** angewandt werden, an der zylindrischen Grundfläche **188** befestigt. Die Außenfläche der Nabe **154** ist in unmittelbarer Nähe der zylindrischen Innenfläche **170** der Seitenwand **168**, jedoch von dieser etwas beabstandet, angeordnet, so dass dadurch ein erster Abschnitt **194** des Kanals **176** gebildet ist. Der zylindrische Kern **186** ist am zweiten Ende **172** des Dämpfergehäuses **162** befestigt, in unmittelbarer Nähe der Innenfläche **182** der Nabe **154**, jedoch von dieser etwas beabstandet, angeordnet und so bemessen, dass dadurch ein zweiter Abschnitt **186** des Kanals **176** gebildet ist. Der Kern **186** umfasst ein magnetisches Metall wie

etwa Magnetstahl und ist am zweiten Ende **172** des Dämpfergehäuses **162** angebracht. Der Kanal **176** ist ferner durch ein Paar Dichtungen **198** definiert, wovon die eine vorzugsweise zwischen der Innenfläche **165** des ersten Endes **164** und der Außenfläche **174** der Nabe **154** angeordnet ist und die andere zwischen der Innenfläche **182** der Nabe **154** und der Außenfläche **184** des Kerns **186** angeordnet ist, um das Fluid **160** in dem Kanal **176** zurückzuhalten. Das Fluid **160** ist vorzugsweise ein MR-Fluid, wie hier beschrieben ist. Wenn ein MR-Fluid verwendet wird, umfasst der Dämpfungsmechanismus **104** außerdem eine Spule **200** mit mehreren Windungen, die außerdem einen Magnetkern enthalten kann, um die Stärke des elektromagnetischen Felds **158**, das in dieser Ausführungsform der Erfindung ein Magnetfeld **158** ist, zu erhöhen. Die Spule **200** kann in einer im Kern **186** ausgebildeten Aussparung angeordnet sein. Die Spule **200** ist an eine elektrische Verbindung **202** angefügt, so dass ein elektrischer Strom an sie übertragen werden kann, um sie zu speisen und das Magnetfeld **158** zu erzeugen. Die Stärke des Magnetfelds **158** ist zum angelegten Strom proportional und kann automatisch gesteuert werden, indem der Strom verändert wird, der wiederum die Viskosität des MR-Fluids **160** und den Widerstand gegen die Drehung der Nabe **154** steuert. Die zylindrische Wand **190** enthält außerdem vorzugsweise einen der Spule **200** gegenüberliegenden nichtmagnetischen Ring **204**, der verwendet wird, um das Magnetfeld **158** so zu formen, dass seine magnetischen Flusslinien sowohl im ersten Abschnitt **194** als auch im zweiten Abschnitt **196** im Wesentlichen senkrecht zum Kanal **176** sind. Der nichtmagnetische Ring **204** kann irgendein nichtmagnetisches Material einschließlich nichtmagnetischer Metalle und Kunststoffe umfassen. Der nichtmagnetische Ring **204** kann sich durch die gesamte Dicke der zylindrischen Wand **190** erstrecken oder in eine Nut eingesetzt sein, die im Wesentlichen durch deren Dicke verläuft. Der Dämpfungsmechanismus **104** weist außerdem vorzugsweise einen Anbringungspunkt **206** wie etwa einen Flansch **208** und eine Elastomerbuchse **210** oder alternativ ein Gewindeende (nicht gezeigt) auf, um den Dämpfungsmechanismus **104** der Dämpfungsvorrichtung **100** an einem der zu dämpfenden Objekte wie etwa im Fall eines Fahrzeugs an der Fahrzeugkarosserie oder anderen "gefederten" Massen oder der Achse, einem Rad oder anderen ungefederten Massen anzubringen.

[0033] Im Betrieb bietet die Nabe **154**, wenn kein Strom durch die Spule **200** fließt, einen minimalen Widerstand gegen die Linearbewegung der Vorrichtung, wobei dieser Widerstand von der Stellorgeometrie, der MR-Fluid-Viskosität, der Steigung oder der Ganghöhe und den inneren Widerständen der Kugelmutter **116**/der Kugelumlaufspindel **146** und von anderen Faktoren abhängt. Falls von einem externen Stromtreiber (nicht gezeigt) Strom in die Spule

200 injiziert wird, wird in dem MR-Fluid ein Magnetfeld **158** erzeugt, wodurch wegen der Zunahme der Viskosität des Fluids **160** und der Fließspannung der Widerstand gegen die Drehung der Nabe **154**, der von dieser überwunden werden muss, um sich durch das Fluid **160** zu drehen, zunimmt, was sich wiederum in einer erhöhten Widerstandskraft gegen die Linearverschiebung der Dämpfungsvorrichtung **100** äußert. Durch Steuern des in die Spule **200** injizierten Stroms kann die Widerstands- oder Dämpfungskraft gesteuert werden. Somit arbeiten der Mechanismus zur Umsetzung von linear in rotatorisch und der Dämpfungsmechanismus in ihrer Kombination zusammen als steuerbare Widerstandsvorrichtung oder als steuerbarer Dämpfer in Bezug auf das System, an dem sie an den Anbringungspunkten **140**, **206** angebracht sind, wie etwa ein Fahrzeugaufhängungssystem.

[0034] In [Fig. 4](#) ist eine zweite Ausführungsform des Dämpfungsmechanismus **104** gezeigt, wobei die Nabe **154** allgemein die Form, die Merkmale und den Aufbau der oben in Gegenüberstellung der [Fig. 2–Fig. 3](#) beschriebenen zylindrischen, becherförmigen Nabe **154** besitzt. Die Außenfläche **174** der Nabe ist in unmittelbarer Nähe der Innenfläche **170** der Seitenwand **168** und der Innenfläche **165** des ersten Endes **164**, jedoch etwa beabstandet, angeordnet, so dass dadurch ein Kanal **176** gebildet ist. Der Kanal **176** ist ferner durch ein Paar Dichtungen **198** definiert, die zwischen der Innenfläche **165** des ersten Endes **164** und der Außenfläche **170** der Nabe **154** angeordnet sind, um das Fluid **160** in dem Kanal **176** zurückzuhalten. Das Fluid **160** ist vorzugsweise ein MR-Fluid. Wenn ein MR-Fluid **160** verwendet wird, umfasst der Dämpfungsmechanismus **104** außerdem eine Spule **200**, die ihrerseits mehrere Drahtwindungen umfasst und außerdem einen Magnetkern enthalten kann, um die Stärke des Magnetfelds **158**, das durch die Spule **200** erzeugt werden kann, zu erhöhen. Die Spule **200** kann so angefügt sein und so betrieben werden, wie es oben in Gegenüberstellung der Vorrichtung der [Fig. 2–Fig. 3](#) beschrieben worden ist. Der Dämpfungsmechanismus **104** weist vorzugsweise ebenfalls einen Anbringungspunkt **206** auf, wie dies oben in Gegenüberstellung der Vorrichtung der [Fig. 2–Fig. 3](#) beschrieben worden ist.

[0035] In [Fig. 5](#) ist eine dritte Ausführungsform des Dämpfungsmechanismus **104** gezeigt, wobei die Nabe **154** allgemein die Form einer zylindrischen Scheibe besitzt, die an der Welle **114** befestigt ist. In dieser Ausführungsform besitzt der Kanal **176** allgemein gleichfalls die Form eines Zylinders, der im Allgemeinen durch die Außenfläche **174** der Nabe **154** und einen zylindrischen Abschnitt der Innenfläche **170** der Seitenwand **168** definiert ist. Die Nabe **154** umfasst vorzugsweise eine zylindrische Scheibe, die unter Anwendung von Verfahren, wie sie oben in Gegenüberstellung der [Fig. 2–Fig. 3](#) beschrieben wor-

den sind, an der Welle **114** befestigt ist. Die Nabe **154** umfasst ein magnetisches Material wie etwa Magnetstahl. Die Außenfläche **174** der Nabe **154** ist in unmittelbarer Nähe eines zylindrischen Abschnitts der Innenfläche **170** der Seitenwand, jedoch etwas beabstandet, angeordnet, so dass dadurch der Kanal **176** gebildet ist. Der Kanal **176** ist ferner durch ein Paar Dichtungen **198** definiert, die zwischen der Innenfläche **170** der Seitenwand **168** und der Außenfläche **174** der Nabe **154** angeordnet sind, um das Fluid **160** in dem Kanal zurückzuhalten. Wenn ein MR-Fluid **160** verwendet wird, umfasst der Dämpfungsmechanismus **104** außerdem eine Spule **200**, die ihrerseits mehrere Drahtwindungen umfasst und außerdem einen Magnetkern enthalten kann, um die Stärke von Magnetfeldern, die durch die Spule **200** erzeugt werden können, zu erhöhen. Die Spule **200** kann so angefügt sein und so betrieben werden, wie es oben in Gegenüberstellung der Vorrichtung der [Fig. 2–Fig. 4](#) beschrieben worden ist. Der Dämpfungsmechanismus **104** weist vorzugsweise ebenfalls einen Anbringungspunkt auf, wie dies oben in Gegenüberstellung der Vorrichtung der [Fig. 2–Fig. 4](#) beschrieben worden ist.

[0036] In [Fig. 6](#) gleicht der Dämpfungsmechanismus **104** in Grunde völlig jenem, der in [Fig. 4](#) gezeigt und hier beschrieben worden ist, mit Ausnahme, dass er in Verbindung mit einem Mechanismus **102** zur Umsetzung von linear in rotatorisch, der eine Zahnstange **138** und ein Ritzel **148** umfasst, eingesetzt wird.

[0037] In den [Fig. 2–Fig. 6](#) wird angenommen, dass die Dichtungen **198**, die verwendet werden, um den Kanal **176** zu definieren, auch mit Mitteln, die eine Drehunterstützung **150** bieten, wie etwa Lagern oder Buchsen kombiniert werden können, indem abgedichtete Lager oder Buchsen verwendet und so angeordnet werden, dass sie gleichfalls den Kanal **176** definieren. In solchen Fällen kann es wünschenswert sein, die Form des Kanals **176** etwa durch Weglassen der Dichtungen **198** so zu verändern, dass das Fluid **160** einen größeren Teil des Innenvolumens des Dämpfergehäuses belegt. Obwohl solche Abänderungen eine etwas einfachere Konstruktion ermöglichen, erfordern sie ihrerseits die Verwendung eines größeren Volumens an Fluid **160**.

[0038] Das Fluid **160** kann jedes Fluid umfassen, das eine Viskosität besitzt, die durch Anlegung eines elektromagnetischen Felds verändert werden kann. Das Fluid ist vorzugsweise ein MR-Fluid oder ein elektrorheologisches (ER) Fluid und am stärksten bevorzugt ein magnetorheologisches Fluid. Elektrorheologische (ER) Fluide sind Suspensionen, die aus äußerst feinen dielektrischen Teilchen in Größen im Bereich von etwa 0,1–100 µm in einer nicht leitenden Fluidbasis bestehen. Die scheinbare Viskosität dieser Fluide ändert sich als Reaktion auf ein elektri-

sches Feld reversibel. Die Konsistenz eines typischen ER-Fluids kann beispielsweise von jener einer Flüssigkeit bis zu jener eines Gels gehen und umgekehrt, bei Reaktionszeiten in der Größenordnung von Millisekunden. Die Änderung der Viskosität ist zu dem angelegten Potential und den Eigenschaften des dielektrischen Basisfluids proportional. Da die Dielektrizitätskonstante von Suspensionsteilchen größer als die Dielektrizitätskonstante des Basisfluids ist, polarisiert die Anlegung eines äußeren elektrischen Felds die Teilchen. Die polarisierten Teilchen treten in Wechselwirkung und bilden kettenartig oder sogar gitterartig organisierte Strukturen. Gleichzeitig verändern sich die rheologischen Eigenschaften der Suspension und nimmt die Viskosität des Fluids zu. In Bezug auf die [Fig. 2–Fig. 7](#) wird angenommen, dass ER-Fluide in diesen Vorrichtungen mit den folgenden Änderungen gleichfalls verwendet werden können. Die in diesen Figuren gezeigten Spulen würden durch ein Paar Elektroden, die auf gegenüberliegenden Seiten des Kanals **176** angeordnet sind, ersetzt. Die Elektroden wären mit einer Quelle veränderlicher Spannung verbunden, die sie speisen und ein veränderliches elektrisches Feld in dem Kanal **176** erzeugen kann. In den gezeigten Ausführungsformen kann die erste Elektrode die Spule **200** ersetzen. Die zweite Elektrode wäre quer über den Kanal **176** gegenüber der ersten Elektrode angeordnet und könnte je nach Konfiguration der ersten Elektrode entweder in der Seitenwand **170** oder der Nabe **154** enthalten sein.

[0039] Das Fluid **160** ist vorzugsweise ein MR-Fluid. Verschiedene MR-Fluide und die mit der Entwicklung eines Magnetfelds in einem schmalen Kanal verbundenen Entwurfsüberlegungen sind in dem US-Patent 5,667,715 beschrieben, das hiermit in seiner Gesamtheit durch Verweis aufgenommen ist. Bei einem MR-Fluid, das Eisenteilchen in einer Trägerfluidbasis wie etwa synthetischem Öl verwendet, das eine Viskosität von etwa 50–5000 cP und eine Dichte von etwa 2–5 g/cm³ bei 40 °C besitzt, wird außerdem angenommen, dass Eisenteilchen mit einem Durchmesser im Bereich von etwa 100 nm–80 µm in einer Konzentration von etwa 0,15–0,6 Volumenanteilen vorteilhaft sind.

[0040] Bei einer Dämpfungsvorrichtung mit dem in den [Fig. 2–Fig. 3](#) gezeigten Aufbau, bei dem die Länge der zylindrischen Wand **190** der Nabe **154** etwa 20 mm beträgt, der Radius der Nabe **154** an ihrer Außenfläche **174** etwa 21 mm beträgt, die Dicke der zylindrischen Wand **174** etwa 1 mm beträgt und die Breite des Kanals **176** etwa 0,5 mm beträgt, beträgt das erforderliche Volumen an MR-Fluid etwa 2,6 c.c., was um etwa eine bis zwei Größenordnungen kleiner ist als die Menge an MR-Fluid, die in herkömmlichen kolbenbasierten Konfigurationen verwendet wird. Dies ist wegen der Verringerung der Herstellungskosten, die mit der Verringerung des Volumens an

verwendetem MR-Fluid um eine oder zwei Größenordnungen zusammenhängt, ein großer Vorteil der Dämpfungsvorrichtung **100** im Vergleich zu gegenwärtig vorkommenden MR-Fluid-basierten Dämpfern wie etwa kolbenbasierten Dämpfern. Wenn eine Spule mit Abmessungen von etwa 5,6 mm in der Breite mal 8,6 mm in der Höhe bei etwa 153 Windungen aus 26-AWG-Kupferleiter, der mit einem Strom von etwa 2,5 A gespeist wird, verwendet wird, wird angenommen, dass eine solche Dämpfungsvorrichtung **100** ein Magnetfeld von etwa 0,8 Tesla in dem Kanal und eine das Drehmoment blockierende Widerstandskraft von etwa 3–5 N-m entwickeln kann, was sich bei einer Geschwindigkeit von 1 m/s und bei einer Kugelumlaufspindel mit einer Ganghöhe von etwa 12,7 mm/Umdrehung in einer Kraft auf das verschiebbare Element von etwa 1600–2700 N äußert. Als weiterer großer Vorteil der Vorrichtung **100** im Vergleich zu gegenwärtig vorkommenden MR-Fluid-basierten Dämpfern wie etwa kolbenbasierten MR-Dämpfern wird angesehen, dass die Dämpfungsvorrichtung **100** in einer kleineren Verpackungs- oder Volumen-hülle eingefasst sein kann. Diese Verkleinerung des Packvolumens hängt sowohl mit dem kleineren Volumen an für ihren Betrieb erforderlichem MR-Fluid als auch damit zusammen, dass sich ein Gasspeicher, der die Fluidverdrängung, wenn der Dämpfer betätigt wird, wie er in [Fig. 1](#) gezeigt ist, erübrigt. Als nochmals weiterer Vorteil der Dämpfungsvorrichtung **100** wird angesehen, dass die Einfassung und die Größe der Spule **200** im Vergleich zu herkömmlichen kolbenbasierten Dämpfern, bei denen die Spule im Kolben angeordnet war und die Größe der Spule durch die Größe und Form des Kolbens begrenzt war, weniger eingeschränkt sind. Es wird auch so gesehen, dass dies die Möglichkeit bietet, auf Grund der Verwendung von im Vergleich zu herkömmlichen kolbenbasierten Dämpfern größeren Spulen in gleichen oder kleineren Einfassungsentwürfen eine im Vergleich zu herkömmlichen kolbenbasierten MR-Fluid-Dämpfern wegen des Fehlens von in diesen Vorrichtungen festgestellten sekundären Eintritts- und Austrittseffekten des MR-Fluidstroms durch die Öffnungen verbesserte Linearität der Kraft-Geschwindigkeits-Antwortcharakteristika herbeizuführen.

[0041] Der zum Speisen der Spule **200** erforderliche Strom kann durch eine externe Stromquelle wie etwa eine Batterie oder einen Wechselstromgenerator zugeführt werden. Die Steuerung der Stromquelle einschließlich der Größe des Stroms, der Schaltfunktionen und anderer Steuerfunktionen kann durch ein Leistungssteuerungsmodul erfolgen. Das Leistungssteuerungsmodul kann von einem oder mehreren Echtzeit-Steuerungsmodulen, die das Fahrzeug steuern, wie etwa jenen, die die Bremsen, die Aufhängung oder andere Aspekte der Fahrzeugdynamik steuern, ein Eingangssignal empfangen, das für die Soll-Dämpfungskraft repräsentativ ist. Das Leistungssteuerungsmodul kann in solchen Steuerungs-

modulen enthalten oder ein eigenes Steuerungsmodul sein. Wenn die Dämpfungsvorrichtung **100** mit den erwähnten Systemen kombiniert ist, kann sie als halbaktive Dämpfungsvorrichtung für die Aufhängungsdämpfung, den Rollausgleich oder die Steuerung anderer Aspekte der Fahrzeugdynamik verwendet werden.

[0042] Bei gegenwärtig vorkommenden MR-Fluid-basierten Dämpfern wie etwa kolbenbasierten MR-Dämpfern sind die Komponentenoberflächen wie etwa der Kolben und das Dämpferrohr, die mit dem MR-Fluid in Kontakt sind, wegen der abschleifenden Natur der MR-Fluide häufig mit einer Beschichtung gegen Verschleiß versehen. Hinsichtlich der Dämpfungsvorrichtung **100** kann es ebenfalls wünschenswert sein, eine oder mehrere der Oberflächen von Komponenten, die mit dem Fluid **160** in Kontakt sind, wie etwa die Oberflächen **165**, **170**, **171**, **173**, **174**, **182** und **184** mit einer Beschichtung gegen Verschleiß eines auf dem Fachgebiet an sich bekannten Typs wie etwa einem Hartchromüberzug zu versehen. Als weiterer Vorteil der Dämpfungsvorrichtung **100** wird eine Verringerung derjenigen Mantelfläche von Komponenten in dem Dämpfungsmechanismus **104**, die wegen der abschleifenden Natur der MR-Fluide Beschichtungen gegen Verschleiß benötigen, sowie eine mit dem Anbringen dieser Beschichtungen verbundene Verringerung der Herstellungskosten angesehen.

[0043] Zusammengefasst betrifft die Erfindung eine verbesserte Dämpfungsvorrichtung, die ein Fluid mit einer Viskosität, die durch das Anlegen eines elektromagnetischen Felds verändert werden kann, wie etwa ein magnetorheologisches Fluid oder ein elektrorheologisches Fluid verwendet, um die Dämpfungsantwort zu liefern. Die Dämpfungsvorrichtung enthält einen Mechanismus zur Umsetzung von linear in rotatorisch, der ein verschiebbares Element, das für eine lineare Verschiebung in Vorwärtsrichtung und Rückwärtsrichtung geeignet ist, und ein drehbares Element, das eine drehbare Welle umfasst, die mit dem verschiebbaren Element drehbar gekoppelt ist, umfasst, wobei die Verschiebung des verschiebbaren Elements entweder in der Vorwärtsrichtung oder der Rückwärtsrichtung eine Vorwärtsdrehung oder eine Rückwärtsdrehung des drehbaren Elements bzw. der drehbaren Welle erzeugt. Die Dämpfungsvorrichtung enthält außerdem einen Dämpfungsmechanismus, der eine Nabe, die an der Welle befestigt ist, ein Mittel, das als Reaktion auf ein angelegtes elektrisches Signal, das als Reaktion auf ein Eingangssignal, das für eine Soll-Dämpfungskraft repräsentativ ist, kontinuierlich verändert werden kann, ein veränderliches elektromagnetisches Feld erzeugt, sowie ein Fluid, das eine Viskosität besitzt, die durch Anlegung des elektromagnetischen Felds kontinuierlich verändert werden kann, und das mit der Nabe in Berührungskontakt ist, umfasst. Das Anle-

gen des veränderlichen elektromagnetischen Felds an das Fluid ruft Änderungen der Viskosität des Fluids hervor, die ihrerseits einen veränderlichen Widerstand gegen die Drehung der Nabe und einen veränderlichen Widerstand gegen die Verschiebung des verschiebbaren Elements bewirkt, wodurch eine Dämpfungsvorrichtung mit einer kontinuierlich veränderlichen Dämpfungsantwort geschaffen ist.

Patentansprüche

1. Dämpfungsvorrichtung (**100**), umfassend: einen Mechanismus (**102**) zur Umsetzung von linear in rotatorisch, der ein verschiebbares Element (**106**), das für eine lineare Verschiebung in Vorwärtsrichtung (**108**) und Rückwärtsrichtung (**110**) geeignet ist, und ein drehbares Element (**112**), das eine drehbare Welle (**114**) umfasst, die mit dem verschiebbaren Element drehbar gekoppelt ist, umfasst; wobei die Verschiebung des verschiebbaren Elements entweder in der Vorwärtsrichtung oder der Rückwärtsrichtung eine Vorwärtsdrehung oder eine Rückwärtsdrehung des drehbaren Elements bzw. der drehbaren Welle erzeugt; und einen Dämpfungsmechanismus (**104**), der eine Nabe (**154**), die an der Welle (**114**) befestigt ist, ein Mittel (**156**), das als Reaktion auf ein angelegtes elektrisches Signal, das als Reaktion auf ein Eingangssignal, das für eine Soll-Dämpfungskraft repräsentativ ist, kontinuierlich verändert werden kann, ein veränderliches elektromagnetisches Feld (**158**) erzeugt, sowie ein Fluid (**160**), das eine Viskosität besitzt, die durch Anlegung des elektromagnetischen Felds kontinuierlich verändert werden kann, und das mit der Nabe in Berührungskontakt ist, umfasst, wobei das Anlegen des veränderlichen elektromagnetischen Felds an das Fluid Änderungen der Viskosität des Fluids hervorruft, die ihrerseits einen veränderlichen Widerstand gegen die Drehung der Nabe und gegen die Verschiebung des verschiebbaren Elements bewirkt.

2. Dämpfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid (**160**) ein magnetorheologisches Fluid ist.

3. Dämpfer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (**156**) zum Anlegen eines elektromagnetischen Felds (**158**) eine Spule (**200**) ist, die in unmittelbarer Nähe der Nabe (**154**) und des magnetorheologischen Fluids (**160**) angeordnet ist.

4. Dämpfer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das verschiebbare Element (**106**) eine Kugelmutter (**116**) umfasst, während das drehbare Element (**112**) eine Kugelumlaufspindel (**146**) umfasst.

5. Dämpfer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das verschiebbare Element (**106**) eine

Zahnstange (138) umfasst, während das drehbare Element (112) ein Ritzel (148) umfasst.

6. Dämpfungsvorrichtung, umfassend:

ein verschiebbares Element (106), das für eine lineare Verschiebung in Vorwärtsrichtung (108) und Rückwärtsrichtung (110) geeignet ist;
 ein drehbares Element (112), das eine drehbare Welle (114) umfasst, die mit dem verschiebbaren Element drehbar gekoppelt ist;
 wobei die Verschiebung des verschiebbaren Elements entweder in der Vorwärtsrichtung oder der Rückwärtsrichtung eine Vorwärtsdrehung oder eine Rückwärtsdrehung des drehbaren Elements bzw. der drehbaren Welle erzeugt; und
 einen Dämpfungsmechanismus (104), der ein Gehäuse (162), das ein erstes Ende (164) mit einer Bohrung (166), die die Welle (114) drehbar aufnehmen kann, eine Seitenwand (168) mit einer Innenfläche (170) sowie ein zweites Ende (172) aufweist, eine Nabe (154), die an der Welle befestigt ist und eine Außenfläche (174) in unmittelbarer Nähe eines Abschnitts der Innenfläche der Seitenwand aufweist, so dass die Außenfläche der Nabe und die Seitenwand des Gehäuses einen Kanal (176) dazwischen definieren, ein Mittel (156) zum Anlegen eines elektromagnetischen Felds (158) innerhalb des Kanals, sowie ein in dem Kanal befindliches Fluid (160), das eine Viskosität besitzt, die durch das Anlegen des elektromagnetischen Felds verändert werden kann, umfasst.

7. Dämpfer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid (160) ein magnetorheologisches Fluid ist.

8. Dämpfer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (156) zum Anlegen eines elektromagnetischen Felds (158) innerhalb des Kanals (176) eine Spule (200) ist, die in unmittelbarer Nähe des Kanals angeordnet ist.

9. Dämpfer nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das verschiebbare Element (106) eine Kugelmutter (116) umfasst, während das drehbare Element (112) eine Kugelumlaufspindel (146) umfasst.

10. Dämpfer nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das verschiebbare Element (106) eine Zahnstange (138) umfasst, während das drehbare Element (112) ein Ritzel (148) umfasst.

11. Dämpfungsvorrichtung, umfassend:

ein verschiebbares Element (106), das für eine lineare Verschiebung in Vorwärtsrichtung (108) und Rückwärtsrichtung (110) geeignet ist;
 ein drehbares Element (112), das eine drehbare Welle (114) umfasst, die mit dem verschiebbaren Element drehbar gekoppelt ist;

wobei die Verschiebung des verschiebbaren Elements entweder in der Vorwärtsrichtung oder der Rückwärtsrichtung eine Vorwärtsdrehung oder eine Rückwärtsdrehung des drehbaren Elements bzw. der drehbaren Welle erzeugt; und
 einen Dämpfungsmechanismus (104), der ein Gehäuse (162), das ein erstes Ende (164) mit einer Bohrung (166), die die Welle (114) drehbar aufnehmen kann, eine Seitenwand (168) mit einer Innenfläche (170) sowie ein zweites Ende (172) aufweist, eine Nabe (154), die eine Außenfläche (174), die an der Welle befestigt ist und sich innerhalb der Innenfläche der Seitenwand befindet, aufweist, so dass die Nabe und die Seitenwand einen Kanal (176) dazwischen definieren, ein Mittel (156) zum Anlegen eines elektromagnetischen Felds (158) innerhalb des Kanals, sowie ein in dem Kanal befindliches Fluid (160), das eine Viskosität besitzt, die durch das Anlegen des elektromagnetischen Felds verändert werden kann, umfasst.

12. Dämpfer nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid (160) ein magnetorheologisches Fluid ist.

13. Dämpfer nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (156) zum Anlegen eines elektromagnetischen Felds (158) innerhalb des Kanals (176) eine Spule (200) ist, die in unmittelbarer Nähe der Nabe (154) und des Kanals angeordnet ist.

14. Dämpfer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das verschiebbare Element (106) eine Kugelmutter (116) umfasst, während das drehbare Element (112) eine Kugelumlaufspindel (146) umfasst.

15. Dämpfer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das verschiebbare Element (106) eine Zahnstange (138) umfasst, während das drehbare Element (112) ein Ritzel (148) umfasst.

16. Dämpfer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Nabe (154) eine zylindrische Grundfläche (188), die eine äußere Krempe (192) aufweist und an der Welle (114) befestigt ist, und eine zylindrische Wand (190), die sich von der äußeren Krempe erstreckt und an die Innenfläche der Seitenwand (168) des Gehäuses (162) angrenzend angeordnet ist, umfasst, wobei ein erster Abschnitt (194) zwischen der Seitenwand des Gehäuses und der zylindrischen Wand der Nabe den Kanal (176) umfasst.

17. Dämpfer nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenwand (168) eine Aussparung in der Innenfläche (170) aufweist und die Spule (200) in der Aussparung angeordnet ist.

18. Dämpfer nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrische Grundfläche (188) der

Nabe (154) ein nichtmagnetisches Material umfasst, während die zylindrische Wand (190) der Nabe ein magnetisches Material umfasst.

19. Dämpfer nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner eine untere Dichtung (198) und eine obere Dichtung (198) umfasst, die das Fluid in dem Kanal (176) einschließen, wobei die untere Dichtung zwischen dem ersten Ende (164) des Gehäuses (162) und der Nabe (154) angeordnet ist, während die zweite Dichtung zwischen dem zweiten Ende (172) des Gehäuses und der Nabe angeordnet ist.

20. Dämpfer nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner einen zylindrischen Kern (186) umfasst, der am zweiten Ende (172) des Gehäuses (162) angebracht ist und sich längs und in der Nähe der zylindrischen Wand (190) der Nabe (154) erstreckt, wobei ein zweiter Abschnitt (196) zwischen der zylindrischen Wand der Nabe und dem zylindrischen Kern ferner den Kanal (176) umfasst.

21. Dämpfer nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (186) eine Aussparung in einer Außenfläche (184) aufweist und die Spule (200) in der Aussparung angeordnet ist.

22. Dämpfer nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrische Grundfläche (188) der Nabe (154) ein nichtmagnetisches Material umfasst, während die zylindrische Wand (190) der Nabe und der zylindrische Kern (186) ein magnetisches Material umfassen.

23. Dämpfer nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner eine untere Dichtung (198) und eine obere Dichtung (198) umfasst, die das Fluid in dem Kanal (176) einschließen, wobei die untere Dichtung zwischen dem ersten Ende (164) des Gehäuses (162) und der Nabe (154) angeordnet ist, während die zweite Dichtung zwischen dem zweiten Ende (172) des Gehäuses und der Nabe angeordnet ist.

24. Dämpfer nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Nabe (154) eine zylindrische Scheibe umfasst, die an der Welle (114) befestigt ist, und die Seitenwand (168) des Gehäuses (162) eine zylindrische Aussparung aufweist, die die Nabe aufnehmen kann, wobei ein erster Abschnitt (194) zwischen der Seitenwand des Gehäuses und der Nabe den Kanal (176) umfasst.

25. Dämpfer nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid (160) ein magnetorheologisches Fluid ist.

26. Dämpfer nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (156) zum Anlegen eines

elektromagnetischen Felds (158) innerhalb des Kanals (176) ein Elektrodenpaar ist, das in unmittelbarer Nähe des Kanals angeordnet ist.

27. Dämpfer nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass das verschiebbare Element (106) eine Kugelmutter (116) umfasst, während das drehbare Element (112) eine Kugelumlaufspindel (146) umfasst.

28. Dämpfer nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass das verschiebbare Element (106) eine Zahnstange (138) umfasst, während das drehbare Element (112) ein Ritzel (148) umfasst.

29. Dämpfer nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Nabe (154) eine zylindrische Grundfläche (188), die eine äußere Krempe (192) aufweist und an der Welle (114) befestigt ist, und eine zylindrische Wand (190), die sich von der äußeren Krempe erstreckt und an die Innenfläche der Seitenwand (168) des Gehäuses (162) angrenzend angeordnet ist, umfasst, wobei ein erster Abschnitt (194) zwischen der Seitenwand des Gehäuses und der zylindrischen Wand der Nabe den Kanal (176) umfasst.

30. Dämpfer nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner eine untere Dichtung (198) und eine obere Dichtung (198) umfasst, die das Fluid in dem Kanal (176) einschließen, wobei die untere Dichtung zwischen dem ersten Ende (164) des Gehäuses (162) und der Nabe (154) angeordnet ist, während die zweite Dichtung zwischen dem zweiten Ende (172) des Gehäuses und der Nabe angeordnet ist.

31. Dämpfer nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner einen zylindrischen Kern (186) umfasst, der am zweiten Ende (172) des Gehäuses (162) angebracht ist und sich längs und in der Nähe der zylindrischen Wand (190) der Nabe (154) erstreckt, wobei ein zweiter Abschnitt (196) zwischen der zylindrischen Wand der Nabe und dem zylindrischen Kern ferner den Kanal (176) umfasst.

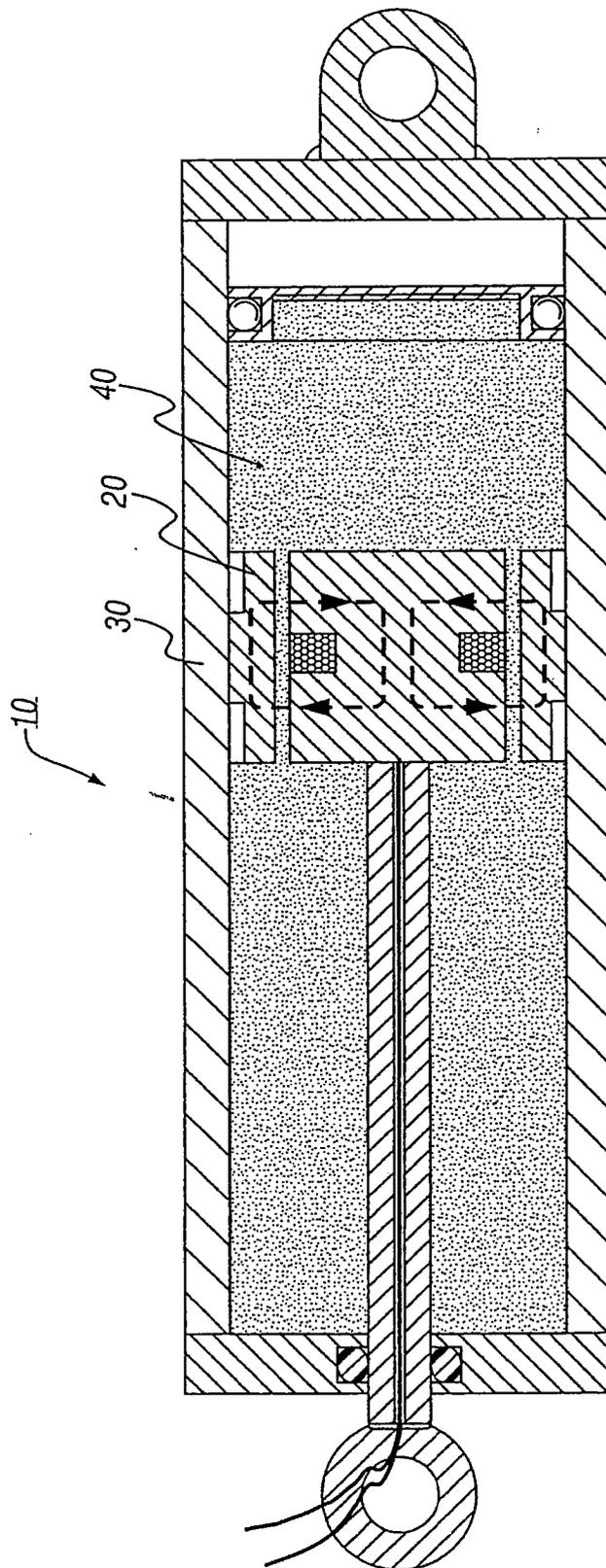
32. Dämpfer nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner eine untere Dichtung (198) und eine obere Dichtung (198) umfasst, die das Fluid in dem Kanal (176) einschließen, wobei die untere Dichtung zwischen dem ersten Ende (164) des Gehäuses (162) und der Nabe (154) angeordnet ist, während die zweite Dichtung zwischen dem zweiten Ende (172) des Gehäuses und der Nabe angeordnet ist.

33. Dämpfer nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Nabe (154) eine zylindrische Scheibe umfasst, die an der Welle (114) befestigt ist, und die Seitenwand (168) des Gehäuses (162) eine zylindrische Aussparung aufweist, die die Nabe auf-

nehmen kann, wobei ein erster Abschnitt (**194**) zwischen der Seitenwand des Gehäuses in der Aussparung und der Nabe den Kanal (**176**) umfasst.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Stand der Technik

FIG. 1

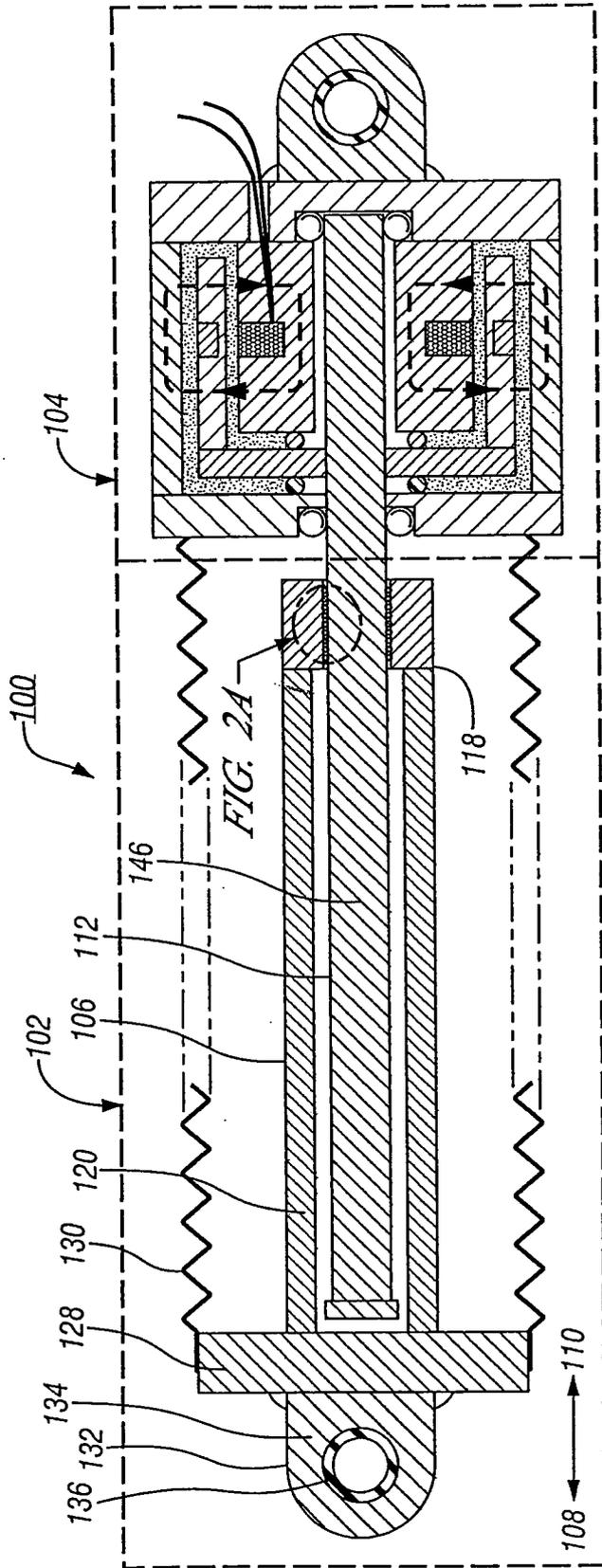


FIG. 2

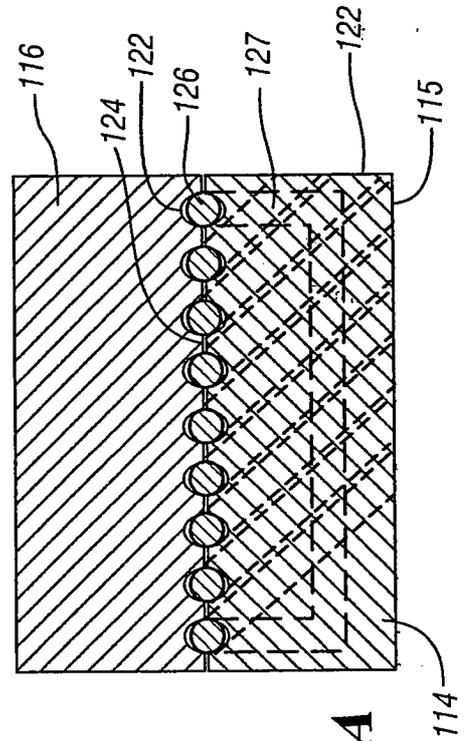


FIG. 2A

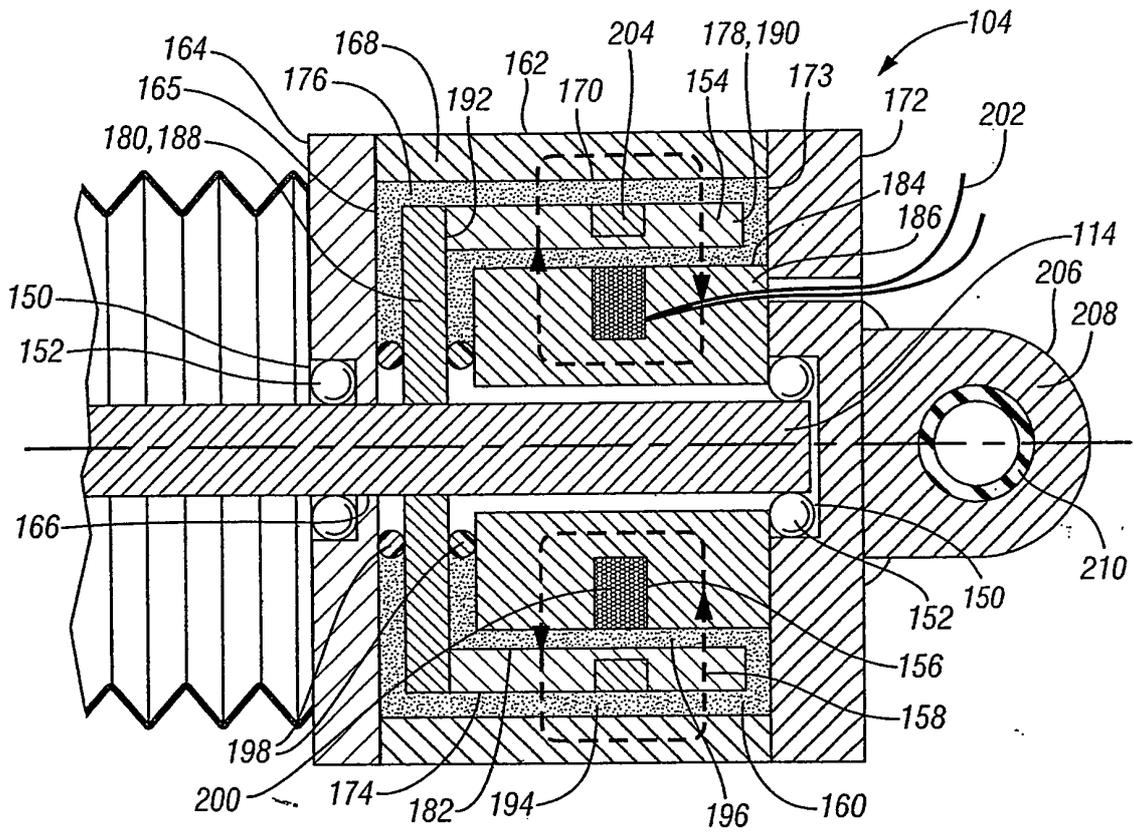


FIG. 3

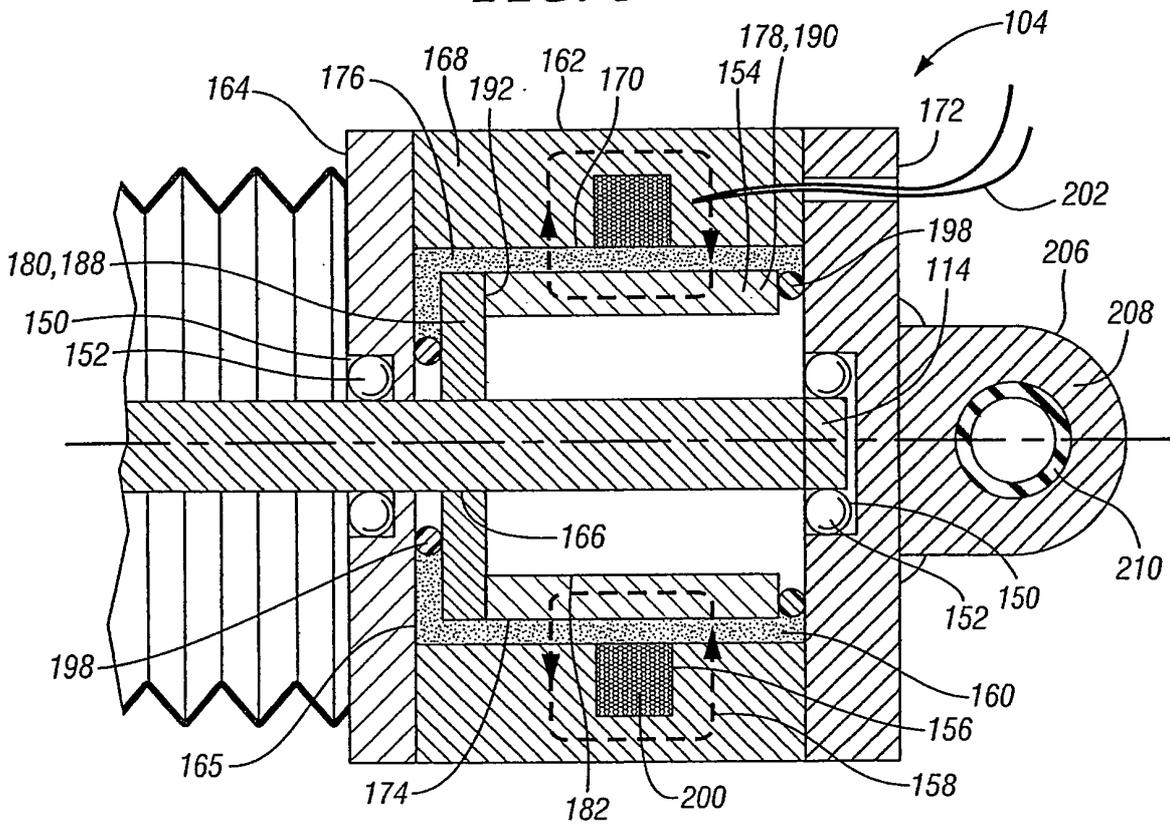


FIG. 4

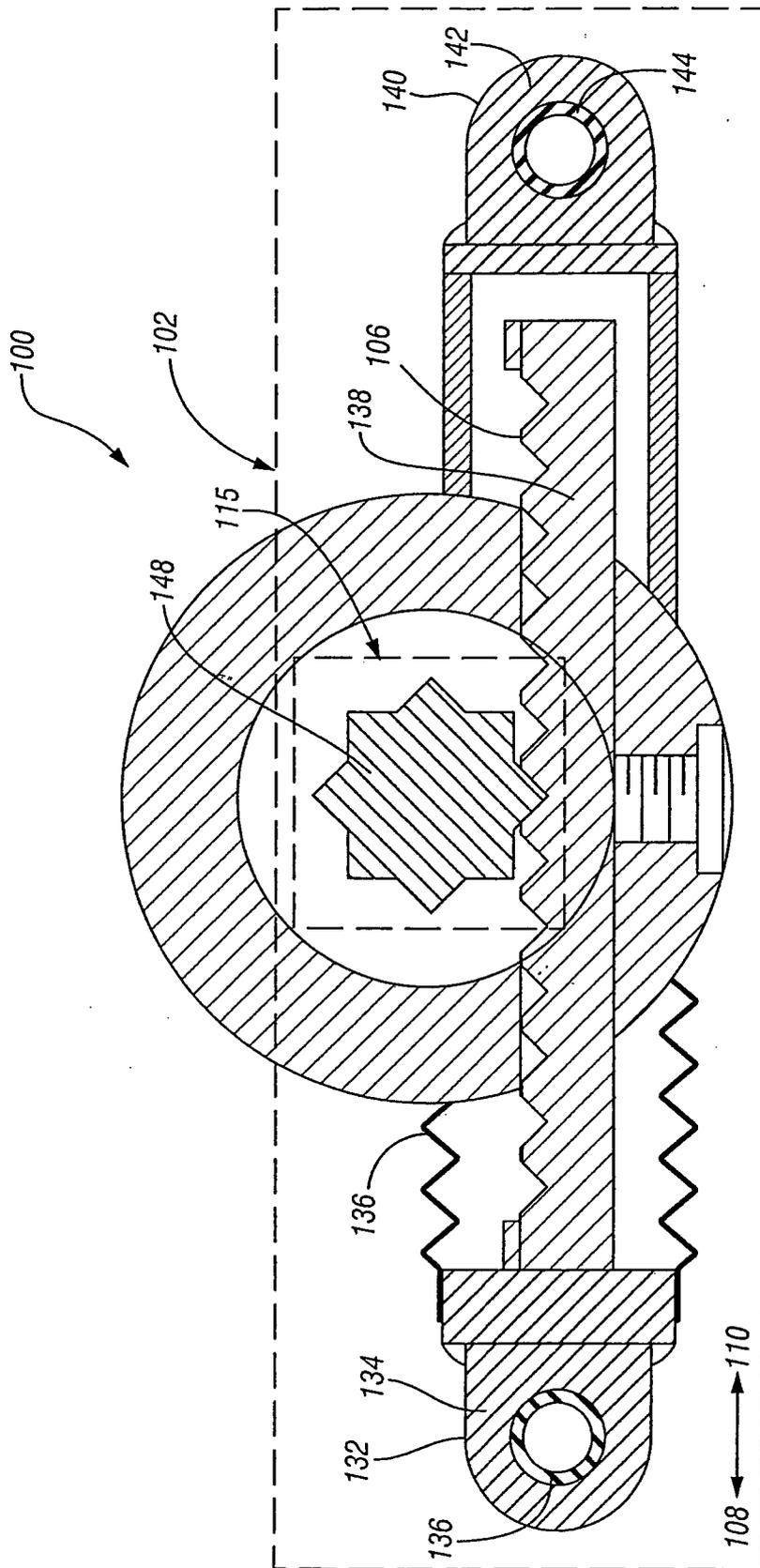


FIG. 7