



⑧ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**
⑨ **DE 197 08 399 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶
F 16 D 37/02

① Aktenzeichen: 197 08 399.4
② Anmeldetag: 1. 3. 97
③ Offenlegungstag: 3. 9. 98

DE 197 08 399 A 1

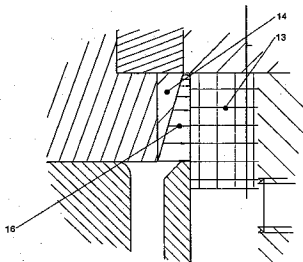
① Anmelder:
Technische Universität Dresden, 01069 Dresden, DE

⑦ Erfinder:
Lampe, Dietrich, Dipl.-Ing. (FH), 07629 Hermsdorf,
DE; Thess, André, Dr.rer.nat.-habil., 01309 Dresden,
DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

④ Magnetorheologische Kupplung mit Abdichtung für die magnetorheologische Flüssigkeit

⑦ Die Erfindung betrifft eine Magnetorheologische Kupplung mit einer Abdichtung für die magnetorheologische Flüssigkeit. Die Abdichtung wird von einem Permanentmagnetring (13) und einem Feldführungsring (14) gebildet, die einen Spalt bildend um die Kupplungsachse (15) unabhängig voneinander drehbar gelagert sind. Entlang des Spaltes nimmt die magnetische Feldstärke mit wachsender Entfernung vom abzudichtenden Bauraum ab. Der Spaltabstand ist so bemessen, daß die erzeugte magnetische Kraft die auf die magnetorheologische Flüssigkeit wirkenden Zentrifugal-, Gewichts- und Oberflächenspannungskräfte kompensieren kann. Mit der Abdichtung kann das Austreten von magnetorheologischer Flüssigkeit aus den Drehmomentübertragungsspalten in das Kupplungsinnere vermieden werden.



15

DE 197 08 399 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kupplung zur gesteuerten Übertragung von Drehmomenten mit einem rotierenden Antriebsselement, einem Abtriebsselement und einer magnetorheologischen Flüssigkeit (MRF) als Übertragungselement zwischen Antriebsselement und Abtriebsselement mit einer Abdichtung für die magnetorheologische Flüssigkeit. Das übertragene Drehmoment kann über die Stärke des Magnetfeldes, welches mit Hilfe der Spulen erzeugt wird, verändert werden.

Die Vorteile von magnetorheologischen gegenüber herkömmlichen Kupplungen liegen vor allem in der guten Steuerbarkeit des übertragenen Drehmomentes, der schnellen Reaktionszeit und dem geringen Verschleiß. Die schnelle Reaktionszeit ergibt sich vor allem aus dem fundamentalen Vorteil, daß die elektrische Information direkt, d. h. ohne mechanische Bewegung von Teilen, auf das Wirkmedium übertragen wird. Magnetorheologische Kupplungen sind sowohl als Sicherheitskupplungen, als auch als Kupplungen mit steuerbarer Ausgangsdrehzahl bzw. -drehmoment anwendbar. Ihr möglicher Anwendungsbereich reicht von Werkzeugmaschinen über den Automobilbereich bis hin zu Feinleßgeräten.

Magnetorheologische Flüssigkeiten sind Suspensionen aus Basisflüssigkeiten und magnetisierbaren Feststoffpartikeln. Beim Anlegen eines magnetischen Feldes erhöht sich in Abhängigkeit von dessen Stärke die durch das Fluid übertragbare Schubspannung. Für die Größe der übertragbaren Schubspannung ist die Komponente des magnetischen Feldes entscheidend, welche senkrecht zu den Übertragungsfächen steht.

Merkmale von magnetorheologischen Kupplungen sind die Reaktionszeit, die Größe des übertragbaren Drehmomentes und des Leerlaufdrehmomentes, die zur Drehmomentübertragung erforderliche elektrische Leistung, sowie die Massenträgheitsmomente von Antriebs- und Abtriebsselement und die Fähigkeit zur Ableitung entstehender Wärme. Mit Reaktionszeit bezeichnet man die Zeit, welche zwischen der Änderung eines elektrischen Steuersignals und der mechanischen Antwort der Kupplung auf diese Änderung liegt. Unter Leerlaufdrehmoment versteht man das Drehmoment, welches auftritt, wenn kein magnetisches Feld anliegt und das nur durch Flüssigkeitsreibung, hervorgerufen durch die Drehzahldifferenz zwischen Antriebs- und Abtriebsselement, erzeugt wird. Das übertragbare Drehmoment tritt auf, wenn sich Antriebs- und Abtriebsselement mit gleicher Drehzahl drehen und das magnetische Feld eingeschaltet ist.

Bisher bekannt sind Anordnungen, bei denen die magnetorheologische Flüssigkeit im Stillstand der Kupplung durch die Schwerkraft nach unten fließt und sich erst bei Rotation des Antriebs- bzw. Abtriebsselementes durch wirkende Zentrifugalkräfte in den scheiben- bzw. ringscheibenförmigen Übertragungsspalten gleichmäßig verteilt. Erst nachdem dieser Vorgang der gleichmäßigen Ausfüllung der Übertragungsspalte abgeschlossen ist, kann das magnetische Feld eingeschaltet werden, da ansonsten die Gleichverteilung der MRF in den Übertragungsspalten durch das vorzeitige Erstarren der MRF unter Magnetfeldeinfluß verhindert wird. Ein derartiges Prinzip findet in der WO 96/07836 und auch in der deutschen Patentanmeldung DE 196 35 343.1-12 Anwendung. Der Nachteil dieses Prinzips liegt in der langen Reaktionszeit, welche auf den Stillstand von Antriebs- und Abtriebsselement folgen muß.

Weiterhin bekannt sind mechanische Dichtungen, die in Rheometern zur Untersuchung von MRF zur Anwendung kommen. Mechanische Dichtungen haben aber den funda-

mental Nachteil, daß sie aufgrund der starken Abrasivität von MRF nach kurzer Zeit verschleien. Sie sind deshalb, für Anwendungen mit einer längeren Einsatzdauer nicht geeignet. Desweiteren treten bei mechanischen Dichtungen stets Reibungskräfte auf, welche sich negativ auf das erzielbare, möglichst niedrige, Leerlaufmoment einer Kupplung auswirken würden.

Außerdem bekannt sind Dichtungen mit Ferrofluiden. Ferrofluide unterscheiden sich von MRF hauptsächlich durch die niedrigere Partikelkonzentration in der Basisflüssigkeit. Derartige Dichtungen dienen der Vermeidung des Eindringens von Staub- o. ä. Partikeln in bestimmte Bauräume. Bei ihnen wirkt das Ferrofluid selbst als Abdichtungselement. Bei den Ferrofluiddichtungen dient das Magnetfeld von Permanentmagneten zum Halten des Ferrofluides in einer bestimmten Position. Eine Ferrofluidichtung ist unter anderem in der EP 0 3366 016 A2 beschrieben.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die gleichmäßige Ausfüllung der Übertragungsspalten mit MRF im Stillstand der Kupplung zu erhalten.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst. Eine vorteilhafte Ausgestaltung ergibt sich aus Unteranspruch 2.

Durch die Anwendung eines Permanentmagnetes und eines Eisenteiles aus gut magnetisierbarem Material, bzw. eines zweiten Permanentmagnetes, die sich unter Beibehaltung des gegenseitigen Abstandes relativ zueinander bewegen können, wird ein Magnetfeld erzeugt, welches an den Außenrändern am größten ist und mit wachsendem Abstand dazu abfällt. Unter Außenrändern wird hier die Grenze verstanden, über die das MRF nicht hinausgelangen soll. Sollte die MRF z. B. durch Schwerkrafteinfluß doch in den Spalt zwischen Permanentmagnet und Eisenteil bzw. zwischen Permanentmagnet und Permanentmagnet gelangen, so wirkt auf sie durch das Magnetfeld eine Kraft, die die MRF automatisch wieder hinaus befördert. Bedingung für das Entstehen dieser Kraftwirkung ist die Magnetisierbarkeit der Flüssigkeit und ein starker Abfall der magnetischen Feldstärke mit wachsender Entfernung zum Außenrand. Der Abfall der magnetischen Feldstärke wird bei der vorliegenden Erfindung durch eine Vergrößerung des Spaltes zwischen Permanentmagnet und Eisenteil bzw. zwischen Permanentmagnet und Permanentmagnet erreicht.

Durch diese Art der Abdichtung wird erreicht, daß die MRF ohne zusätzliche Reibkräfte und ohne jeden Dichtungsverschleiß kontinuierlich in den Übertragungsspalten gehalten werden kann und zudem das Eindringen der MRF in unerwünschte Bereiche verhindert wird.

Durch die Verwendung von Permanentmagneten zur Abdichtung in Kupplungen mit MRF ergeben sich folgende Vorteile:

1. Es tritt kein Dichtungsverschleiß auf.
2. Die Dichtungsreibung ist völlig eliminiert.
3. Es ist keine elektrische Leistung zur dauerhaften Aufrechterhaltung der Dichtungswirkung erforderlich

Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 den Schnitt durch eine erfindungsgemäße Anordnung,

Fig. 2 eine Darstellung zur Veranschaulichung des Wirkprinzips und zugleich eine Einzelheit von Fig. 1.

Nachfolgend wird anhand der Fig. 2 zunächst das Wirkprinzip der Erfindung erläutert. In Fig. 2 sind ein ringförmiger Permanentmagnet 13, im folgenden nur Permanentmagnet genannt, ein Ring aus magnetisierbarem Material 14, auch Feldführungsring genannt, im Querschnitt zu sehen.

Permanentmagnet 13 und Feldführungsring 14 sind rotationssymmetrisch um die Kupplungsachse 15 angeordnet und können sich relativ gegeneinander um diese Kupplungsachse 15 drehen. Dabei sind der Permanentmagnet mit dem Kupplungsantrieb und der Feldführungsring mit dem Kupplungsabtrieb, oder umgekehrt, fest verbunden. Zwischen Permanentmagnet 13 und Feldführungsring 14 ist das Magnetfeld 16 dargestellt. Der Permanentmagnet ist axial magnetisiert. Die magnetische Feldstärke nimmt mit größer werdendem Abstand zur Kupplungsachse zu, da der Spalt zwischen Permanentmagnet und Feldführungsring immer geringer wird. Man kann grob davon ausgehen, daß die Feldstärke im Spalt umgekehrt proportional zur Spaltdicke ist.

Die auf die MRF, bei eventuellem Eindringen in diesen Bereich, wirkende Kraftdichte f_m wird durch folgende Formel beschrieben: $f_m = \mu_0 M \nabla H$. Dabei ist M die Magnetisierung der MRF infolge einer bestimmten magnetischen Feldstärke. ∇H ist der Gradient der magnetischen Feldstärke und μ_0 die magnetische Permeabilität von Vakuum. Die Gleichung für f_m ist gültig, wenn man davon ausgehen kann, daß H und M parallel zueinander sind. Dies ist bei MRF der Fall.

Bei eventuellem Eindringen der MRF in den Spalt ist die aus der Schwerkbeschleunigung der Erde resultierende Kraftdichte von $f_g = pg$ durch die oben beschriebene magnetische Kraftdichte f_m zu kompensieren. Dabei sind g die Erdbeschleunigung und p die Dichte der MRF. Zur Erzielung eines ausreichenden f_m ist es auf jeden Fall erforderlich, die minimale Spaltdicke klein zu wählen, oder aber besonders starke Permanentmagneten zu verwenden. Für handelsübliche Permanentmagnete ist eine minimale Spaltdicke im Millimeterbereich ausreichend zur Kompensation der auf die MRF wirkenden Schwerkraft.

Nachfolgend werden Aufbau und Wirkungsweise der in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemäßen Anordnung erläutert.

Die Kupplung besteht aus einem Antriebsselement mit integrierter Magnetfelderzeugung, dem Abtriebsselement und der magnetorheologischen Flüssigkeit 1. Im Antriebsselement befinden sich die Spulen 2, welche in die Antriebsseite 3 eingebaut sind. Um einen besseren Wärmeabtransport zu gewährleisten, sind sowohl zwischen den Gehäusedeckeln 11, als auch zwischen den einzelnen Antriebsseiten jeweils Abstandsringe 9 angebracht. Der Feldführungsring 14 ist mit dem Antriebssteil fest verbunden. Verbindungsschrauben 12 dienen dazu, die Bestandteile des Antriebses zu verbinden. Zur Ermöglichung einer reibungsarmen Lagerung des Abtriebses im Antriebsselement kommen Kugellager 10 zur Anwendung.

Das Abtriebsselement setzt sich aus den Abtriebscheiben 4, der Abtriebswelle 8, den Abstandsringen 5, dem Abtriebsdeckel 7 und Befestigungsringen 6 zusammen. Die Abtriebsdeckel 7 sind starr durch Schraubklemmung mit der Abtriebswelle 8 verbunden.

Dargestellt ist eine Kupplung mit zwei Übertragungseinheiten, um zu verdeutlichen, daß es zur Erzielung eines bestimmten übertragbaren Drehmomentes ohne Schwierigkeiten möglich ist, mehrere Übertragungseinheiten parallel anzuordnen. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Wärmeabfuhr ist es dabei erforderlich, zwischen den einzelnen Übertragungseinheiten genügend Raum zur freien Luftdurchströmung zu lassen. Beim Aufbau einer magnetorheologischen Kupplung ist es aus Gründen der ausreichenden Wärmeabfuhr unbedingt erforderlich, daß das Antriebsselement außen liegt, d. h. frei von Luft umströmt werden kann. Der Grund dafür liegt darin, daß davon auszugehen ist, daß das Antriebsselement im Falle der Entstehung von Wärme

stets in Rotation ist und somit ein konvektiver turbulenter Wärmeübergang zur Umgebung gewährleistet ist, während dies für das Abtriebsselement nicht gilt.

Im Falle des Einsatzes einer anderen geeigneten Methode zur Abfuhr entstehender Wärme, ist es aber ebenso gut möglich, daß Antriebsselement nach innen zu verlegen. Somit ist eine Vertauschung der in dieser Schrift verwandten Begriffe Antrieb und Abtrieb unter bestimmten Bedingungen gut möglich.

Die MRF wird bei Rotation entweder des Antriebssteiles oder des Abtriebssteiles oder beider durch als wirkende Zentrifugalkräfte in den Übertragungsspalten zwischen Antriebs- und Abtriebsselement gehalten. Im Stillstand verhindert die Permanentmagnetabdeckung, bestehend aus Permanentmagnetring 13 und Feldführungsring 14, daß die MRF aufgrund der Schwerkraft aus den Übertragungsspalten heraus fliecht. Dadurch ist es möglich, daß die Kupplung jederzeit in der Lage ist, auf eine Änderung der magnetischen Feldstärke im Übertragungsspalte sofort mit der gewünschten Änderung des übertragenen Drehmomentes zu reagieren.

Bezugszeichenliste

- 1 magnetorheologische Flüssigkeit
- 2 Spule
- 3 Antriebsseite
- 4 Abtriebscheibe
- 5 Abstandsring
- 6 Befestigungsring
- 7 Abtriebsdeckel
- 8 Abtriebswelle
- 9 Abstandsring
- 10 Kugellager
- 11 Gehäusedeckel
- 12 Verbindungsschrauben
- 13 Permanentmagnetring
- 14 Feldführungsring
- 15 Kupplungsachse
- 16 Magnetfeld

Patentsprüche

1. Magnetorheologische Kupplung mit in Umfangsrichtung umlaufenden elektrischen Spulen (2) zur Magnetfelderzeugung, einer magnetorheologischen Flüssigkeit (1) als Übertragungselement zwischen Antriebsselement und Abtriebsselement, sowie einem Element zum Halten der magnetorheologischen Flüssigkeit (1) in den Übertragungsspalten im gesamten Drehzahlbereich und im Stillstand, dadurch gekennzeichnet, daß das Element von einer magnetisch wirkenden Abdeckung bestehend aus einem Permanentmagnetring (13) und einem Feldführungsring (14) gebildet wird, die ihrerseits einen Spalt bildend, rotationssymmetrisch und relativ gegeneinander drehbar um die Kupplungsachse (15) angeordnet sind, wobei entlang des Spaltes die magnetische Feldstärke mit wachsender Entfernung vom abzudichtenden Baureaum abnimmt und der Spaltabstand so bemessen ist, daß die erzeugte magnetische Kraft die auf die magnetorheologische Flüssigkeit (1) wirkenden Zentrifugal-, Gewicht- und Oberflächenspannungskräfte kompensiert.
2. Magnetorheologische Kupplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringe (13, 14) einen radial zur Kupplungsachse (15) liegenden Spalt bilden, dessen Abstand sich zum Übertragungsspalte mit der magnetorheologischen Flüssigkeit (1) hin verringert.
3. Magnetorheologische Kupplung nach Anspruch 1

oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldführungsring (14) ein Permanentmagnetring ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

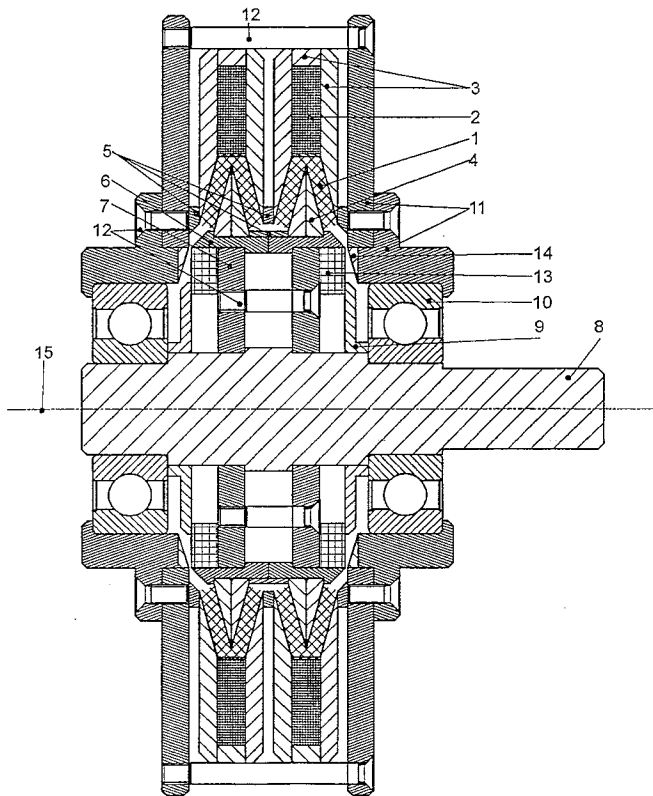
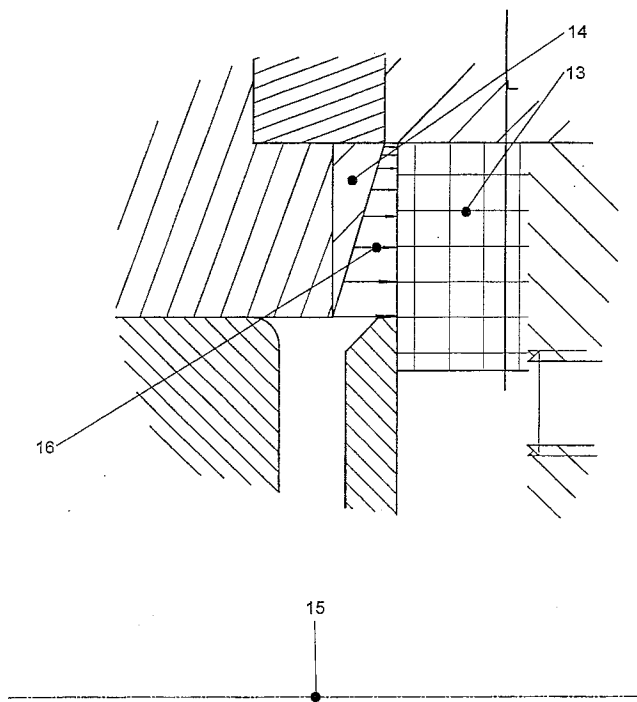


Fig. 1

Fig. 2