



(10) **DE 10 2006 024 023 B4** 2012.11.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 024 023.5**
(22) Anmeldetag: **23.05.2006**
(43) Offenlegungstag: **29.11.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.11.2012**

(51) Int Cl.: **F03D 7/00 (2006.01)**
F03D 11/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Suzlon Energy GmbH, 18057, Rostock, DE

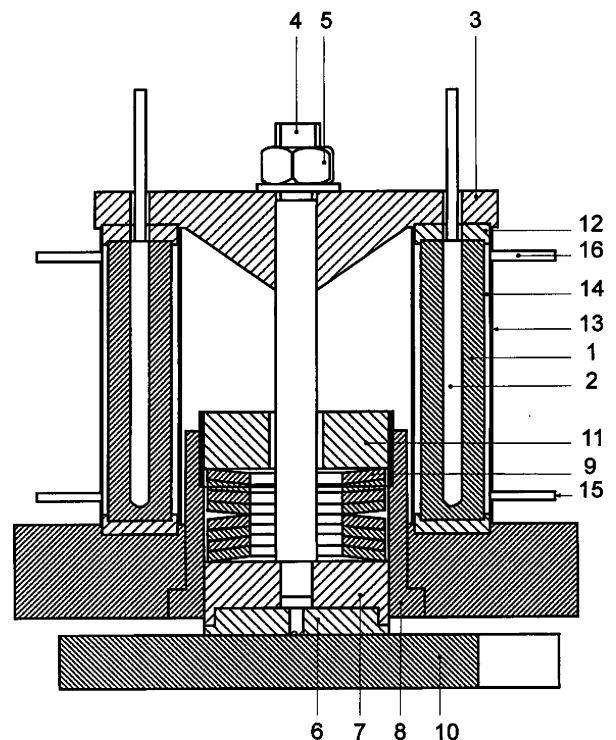
(72) Erfinder:
Wagner, Jürgen, 12435, Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	100 02 699	A1
DE	10 2004 051 054	A1
DE	202 03 794	U1
DE	20 2005 005 694	U1
DE	697 01 041	T2
WO	2005/ 038 286	A1

(54) Bezeichnung: **Azimutbremse für Windkraftanlagen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Azimutbremse für Windkraftanlagen, bei der die Kraft zum Betätigen oder Lösen der Bremse mittels sich durch Erwärmung räumlich ausdehnender Elemente erzeugt wird. Hierzu weist die Azimutbremse mindestens ein, sich durch Erwärmung von der Umgebungstemperatur bis auf 250 K höhere Temperaturen räumlich ausdehnendes Element 1 auf, das zum Betätigen oder Lösen der Bremse dient und welches mit einer Heizvorrichtung 2 versehen ist. Damit wird eine Azimutbremse geschaffen, die kostengünstig, zuverlässig und mit wenigen beweglichen Teilen aufgebaut ist. Eine bevorzugte Ausführung der Erfindung ist in [Fig. 1](#) dargestellt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Azimutbremse für Windkraftanlagen, bei der die Kraft zum Betätigen oder Lösen der Bremse mittels sich durch Erwärmung räumlich ausdehnender Elemente erzeugt wird.

[0002] Horizontal achsige Windenergieanlagen sind üblicherweise aus einem Turm, einer Gondel, die den Triebstrang beinhaltet, und einem Rotor aufgebaut. Der Rotor ist mit der Hauptwelle des Triebstrangs und die Gondel ist um die Turmachse drehbar mit dem Turm verbunden.

[0003] Um eine optimale Ausnutzung der Windenergie zu erhalten und die seitlich auf den Rotor wirkenden Kräfte zu minimieren, muss die Gondel in azimuthaler Richtung so ausgerichtet werden, dass der Rotor im Wind steht, d. h. seine Drehachse in Windrichtung zeigt. Das Ausrichten der Gondel in den Wind, das als Nachführen bezeichnet wird, wird durch elektrische oder hydraulische Antriebe bewerkstelligt. Die drehbare Anordnung der Gondel erfolgt über ein so genanntes Azimutlager, das als Wälzoder Gleitlager ausgeführt ist. Die gesamte zur Nachführung der Gondel in den Wind nötige Einheit wird als Nachführsystem bezeichnet. Das Nachführen der Gondel wird durch die Steuerung der Windkraftanlage ausgelöst, die ihrerseits über einen Windrichtungssensor die Abweichung der Rotorachse von der momentanen Windrichtung übermittelt bekommt. Hierbei wird mit zeitlichen Mittelwerten der Windrichtungssignale gearbeitet, um eine permanente Aktivität des Nachführsystems zu vermeiden und um die kleinen kurzzeitigen Schwankungen der Anströmrichtung um den Mittelwert herauszufiltern.

[0004] Um die Gondel bei Nichtaktivität des Nachführsystems gegen unbeabsichtigtes, meist durch Schräganströmung des Rotors hervorgerufenen Verdrehen zu sichern und damit das Getriebe des Antriebs zu entlasten, wird ein Azimutbremssystem eingesetzt. Damit die insbesondere bei größeren Windkraftanlagen großen Haltekräfte aufgebracht werden können, bestehen die üblichen Azimutbremssysteme aus einer waagrecht liegenden Bremsscheibe, an der eine oder üblicherweise mehrere Bremsen angreifen. Als Bremsen werden markübliche hydraulisch oder zunehmend auch elektromotorisch betätigte Bremsen eingesetzt.

[0005] Alternativ dazu gibt es auch Bremsen mit permanent vorgespannten Bremsbelägen, die nicht lösbar sind.

[0006] Das Bremssystem mit vorgespannten nicht lösbaren Bremsen ist zwar kostengünstiger, aber die permanent anliegende Bremskraft muss im Falls des Nachführens vom Drehantrieb zusätzlich überwunden werden, was zur Folge hat, dass der Drehan-

trieb und das zugehörige Getriebe größer dimensioniert werden muss, und damit nur eine Kostenverschiebung zu der Antriebskomponente hin erfolgt.

[0007] Die bisher eingesetzten aktiven Bremssysteme haben andererseits folgende Nachteile: erstens müssen die für solch hohe Kräfte benötigten Hydraulikzylinder oder elektrische Antriebe sehr kräftig ausgelegt werden und sind dadurch teuer. Bei den hydraulischen Bremsen besteht zusätzlich noch die Gefahr, dass die Bremsfläche durch Leckagen im Hydrauliksystem mit Hydrauliköl verunreinigt wird, was den Austausch sämtlicher Beläge und eine gründliche Reinigung der Bremsscheibe erforderlich macht. Solche Ausfälle haben zur Folge, dass die Effizienz der Windkraftwerke durch die Ausfallzeiten verringert wird. Außerdem birgt das Ausfallen der Bremsen auch ein großes Gefahrenpotential, wie z. B. die Schädigung der Anlage durch unkontrolliertes Schwenken von Gondel und Rotor.

[0008] Zur vollständigen oder teilweisen Lösung dieser Probleme wurden in jüngster Zeit verschiedenste Lösungen vorgeschlagen. In DE 10 2004 051 054 A1 wird u. a. vorgeschlagen, die aktive Bremsvorrichtung mit Sensoren zu überwachen. Dadurch können zwar das Gefahrenpotential und eventuell auch die Ausfallzeiten durch rechtzeitige Servicemaßnahmen verringert werden, das Problem wird aber nicht grundsätzlich gelöst.

[0009] In DE 20 2005 005 694 U1 wird ein Antrieb, der gleichzeitig zur Rotorblatt- und Azimuteinstellung dient und der außerdem mit einem aktiven Bremssystem versehen ist, vorgestellt. Durch die Zusatzbremse im Antrieb kann die Azimutbremse aber nur teilweise entlastet werden.

[0010] In DE 202 03 794 U wird eine Bremse beschrieben, bei der vorzugsweise ein elektromechanischer Antrieb, wie z. B. ein Elektromotor mit Spindeltrieb, dazu verwendet wird, die Bremsbacken bzw. Bremsbackenpaare über einen Hebel und ein nachgeschaltetes Untersetzungsgetriebe zu betätigen. Die Bremse kann als aktive oder passive Bremse ausgebildet sein, wobei die Bremse in der passiven Ausführungsform von einer Feder vorgespannt ist und der Antrieb aktiviert werden muss um die Bremse zu lösen. Die auf diesem Gebrauchsmuster aufbauende Schrift WO 2005/038286 A1 schlägt zusätzlich vor, an je einer Seite des Antriebs einen solchen Hebel zu befestigen, so dass ein Antrieb gleichzeitig zwei Bremsbackenpaare betätigen kann. Durch das Untersetzungsprinzip können somit kleinere Antriebe verwendet werden, die außerdem geringeren mechanischen Belastungen ausgesetzt sind. Der Getriebeaufbau ist jedoch aufwändig und auf der Seite der Bremsbacken relativ hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Außerdem besteht die Einheit

von Antrieb und Getriebe aus vielen bewegten Teilen, was die Gefahr von Ausfällen erhöht.

[0011] Für das Bremsen bzw. Festsetzen von hydraulischen Antrieben im Allgemeinen werden in DE 100 02 699 A1 ferner Bremssysteme beschrieben, bei denen die Bremskraft von piezoelektrischen, ferromagnetischen oder Ausdehnungselementen aus Memorymetall aufgebracht wird. Für solche Bremsen werden kleine und kräftige, jedoch auch schnelle Bremssysteme benötigt. Deshalb werden dort auch keine Systeme beschrieben, die auf dem Prinzip der ausschließlich thermischen Ausdehnung basieren.

[0012] In DE 697 01 041 T2 wird ein elektromechanisches Stellglied für eine Bremse beschrieben. Das Stellglied umfasst einen länglichen Kanal mit einem polymeren Werkstoff, der sich bei Erwärmung ausdehnt und beim Ausdehnen eine Kraft zum Öffnen oder Schließen der Bremse ausübt. Das Stellglied wird besonders in Bremssystemen mit hohen Verstellkräften und kurze Verstellwege eingesetzt.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen, insbesondere ist eine Azimutbremse der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, die kostengünstig, zuverlässig und mit wenigen beweglichen Teilen aufgebaut ist, die außerdem kein Risiko der Verunreinigung der Bremsscheibe verursacht und die zudem stufenlos regelbar ist.

[0014] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungen ergeben sich aus den nachfolgenden Ansprüchen 2 bis 8.

[0015] Nach Maßgabe der Erfindung besteht die Azimutbremse aus Bremsklötzen und einer Vorrichtung zur Aufnahme der Bremskraft, wie z. B. einer Bremsscheibe. Dabei können die Bremsscheibe am Turm und die Bremsklötze an der Gondel befestigt sein – die umgekehrte Anordnung ist aber genauso möglich. Erfindungsgemäß weist die Bremse Ausdehnungselemente auf, die durch eine Erwärmung, z. B. von der Umgebungstemperatur bis auf 250 K höhere Temperaturen, entweder direkt die Bremskraft aufbringen oder aber eine durch Federn oder andere Kräfteerzeuger, wie z. B. Hydraulikpolster, die vorgespannte Bremse entspannen. Da Azimutbremsen im Normalbetrieb fast immer bremsen und nur selten ganz oder teilweise gelöst werden müssen (es wird nur circa während 1% der Betriebszeit einer Anlage nachgeführt), wird die zweite Variante, die zwar etwas komplexer aufgebaut ist, aufgrund des geringeren Heizbedarfs favorisiert. Eine schnelle und einfache Methode, die Ausdehnungselemente zu erwärmen, besteht darin, an oder innerhalb von diesen, elektrische Heizpatronen anzubringen. Um die er-

wärmten Ausdehnungselemente schneller abzukühlen, können in oder außerhalb des Ausdehnungselements und mit diesem im thermischen Kontakt stehende Kanäle oder Rohre, die bei Bedarf mit einem Kühlmedium durchströmt werden können, angebracht sein. Dabei bietet sich die Verwendung von Druckluft als Kühlmedium an, da diese einfach bereitgestellt werden kann und von dieser auch keine Gefahr der Kontamination der Bremsscheiben ausgeht. Um die Wärmeverluste zu verringern, können die Ausdehnungselemente über thermisch isolierende Verbindungselemente mit der Bremse verbunden werden. Für eine stufenlos regelbare Bremse wird ein Kraftsensor, z. B. eine Kraftmessdose, in den Kraftweg zum Bremsklotz eingesetzt und elektrisch mit einem Regelsystem für die Heiz- und die Kühlleistung verbunden.

[0016] Der für Bremsen ungewöhnliche Einsatz der Wärmeausdehnung zur Veränderung der Bremskraft ermöglicht es, kompakte und kostengünstige Bremsen mit hoher Bremsleistung herzustellen. Da solche Bremsen aus nur wenigen bewegten Teilen, die außerdem nur geringe Stellwege haben, aufgebaut sind, sind sie vom Prinzip bedingt auch sehr zuverlässig. Die Implementierung einer stufenlosen Regelung ist ebenfalls möglich. Solche Bremsen können jedoch nur für Anwendungen eingesetzt werden, bei denen vergleichsweise große Aktivierungs- bzw. Deaktivierungszeiten und ein mögliches Schleifen des Bremsbelages bei geringer Bremskraft unproblematisch sind, oder wie im Falle des Einsatzes als Azimutbremse, sogar Vorteile durch Dämpfen der Vibrationen und Torsionsschwingungen mit sich bringen. Als weitere Einsatzmöglichkeiten ist der Einsatz in Drehkränen oder in großen Radarstationen sowie in Radioteleskopen denkbar. Entsprechende Bremsen, die auf piezoelektrischen, ferromagnetischen oder auf Memorymetall-Systemen basieren, sind aufgrund der für die beschriebenen Anwendungen nötigen hohen Bremskräfte zu kostenintensiv.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert; hierzu zeigen in schematischer Darstellung

[0018] [Fig. 1](#): Thermisch lösbare Azimutbremse

[0019] [Fig. 2](#): Thermisch aktivierbare Azimutbremse

[0020] Die in [Fig. 1](#) dargestellte, federvorgespannte und damit thermisch lösbare Azimutbremse besteht aus zwei stabförmigen Ausdehnungselementen **1**, in denen sich die Heizpatronen **2** befinden und auf denen die Traverse **3** aufliegt. In der Mitte der Traverse **3** ist der Zugstab **4** eingesetzt, der mit Hilfe der Einstellmutter **5** justiert werden kann und an dessen Ende die Andruckplatte **7** des Bremsbelags **6** befestigt ist. Der Bremsbelag **6** wird über die Andruckplatte **7**, die in der Führungshülse **8** gleitend gelagert ist,

durch ein Federpaket **9** auf die Bremsscheibe **10** gepresst. Am oberen Ende der Führungshülse **8** ist die Einstellplatte **11**, mit der die Vorspannung des Federpakets **9** und damit die maximale Bremskraft eingestellt werden kann, eingeschraubt. Die Verringerung der Bremskraft wird nun durch Bestromen der Heizpatronen **2** erreicht. Die Ausdehnungselemente **1** erwärmen sich und dehnen sich entsprechend ihrem Wärmeausdehnungskoeffizienten, der Temperaturdifferenz und ihrer Ausgangslänge wie folgt aus:

$$\Delta L = L_0 \cdot a \cdot \Delta T$$

ΔL = Längenänderung
 L_0 = Ausgangslänge
 a = Wärmeausdehnungskoeffizient
 ΔT = Temperaturdifferenz

[0021] Die Traverse **3** wird durch die Dehnung angehoben und führt zu einem Anheben des Zugstabes **4** sowie der damit verbundenen Andruckplatte **7**. Dies führt zu einer entsprechend der Dehnung abnehmenden Bremskraft. Zur Vermeidung von hohen Wärmeverlusten sind die Ausdehnungselemente stirnseitig mittthermischen Isolatoren **12** versehen, sowie mit der Ummantelungshülse **13** umgeben, die so einen isolierenden Luftspalt **14** begrenzt. Um ein schnelleres Einstellen der maximalen Bremskraft zu ermöglichen, ist die Hülse mit einem Kühlluftein- **15** und -austrittsflansch **16**, die zur Spülung des Luftspalts **14** mit Kühlluft dienen, versehen. Optional kann über eine zwischengeschaltete Kraftmessdose, welche die aktuell anliegende Bremskraft misst und an eine Regelelektronik für die Heiz- und Kühlleistung der Bremse übermittelt, die Bremskraft stufenlos geregelt werden.

[0022] Bei der in [Fig. 2](#) dargestellten, thermisch aktivierbaren Bremse ist das Ausdehnungselement **1** über die wärmeisolierende obere Druckplatte **17** an der Führungshülse **8** befestigt. Die untere Druckplatte **18**, die den Bremsbelag **6** trägt und die ebenfalls aus wärmeisolierendem Material besteht, ist direkt mit dem Ausdehnungselement **1** verbunden und gleitend in der Führungshülse **8** gelagert. Die Erwärmung mit Hilfe der Heizpatrone **2** und die Kühlung über die Zufuhr von Kühlluft über den Kühlluft Eintritt **15** in den sich zwischen Ausdehnungselement **1** und Führungshülse **8** ausgebildeten Luftspalt **14**, erfolgt völlig analog zur thermisch lösbare Bremse. Die Funktionsweise ist jedoch genau umgekehrt beim Beheizen des Ausdehnungselements wird der Bremsbelag auf die Bremsscheibe **10** gepresst, durch Abkühlen wird die Bremse wieder gelöst. Eine Regelung mit Hilfe einer Kraftmessdose ist ebenfalls möglich.

Patentansprüche

1. Azimutbremse für Windkraftanlagen, die aus jeweils mit der Gondel und dem Turm der Windkraftanlage verbundenen Bremsklötzen (**6**) und Vorrichtungen

zur Aufnahme der Bremskraft (**10**) besteht, die Azimutbremse mindestens eine Feder (**9**) oder einen anderen Kräfteerzeuger aufweist, die dazu dient, dass die Bremse im Ruhezustand unter Vorspannung geschlossen ist, mindestens ein Ausdehnungselement (**1**) vorgesehen ist, welches bei Erwärmung die vorgespannte Bremse entspannt, und welches mit einer Heizvorrichtung (**2**) und einer Kühlvorrichtung versehen ist, die Kühlvorrichtung aus einem in das Ausdehnungselement (**1**) eingebrachten Kühlkanal (**14**) oder um das Ausdehnungselement (**1**) angebrachten Kühlkanal (**14**) besteht, dem über ein Ventil ein unter Druck stehendes Kühlmittel, zugeführt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Kraftweg zum Bremsklotz (**6**) ein Kraftsensor, der zum Messen der aktuellen Bremskraft und zum Regeln des Heizelements (**2**) und des Kühlmittelventils verwendet wird, angebracht ist.

2. Azimutbremse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspannung der Bremse einstellbar ist.

3. Azimutbremse nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizvorrichtung (**2**) eine elektrische Heizpatrone ist.

4. Azimutbremse nach einem oder mehreren der voran gestellten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmittel Luft ist.

5. Azimutbremse nach einem oder mehreren der voran gestellten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausdehnungselement (**1**) über thermisch isolierende Bauelemente (**12**) mit den angrenzenden Bauteilen verbunden sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

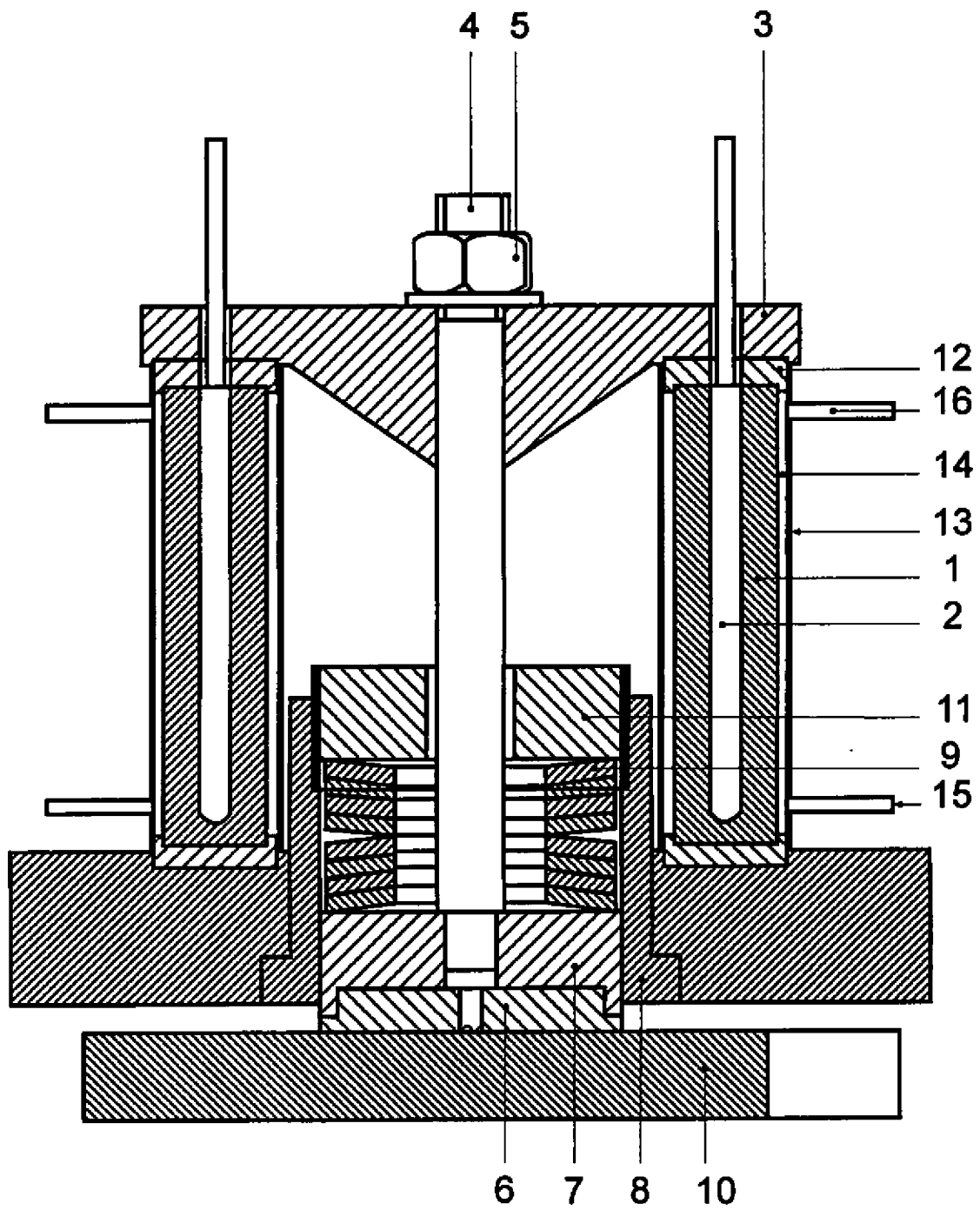


Fig. 1

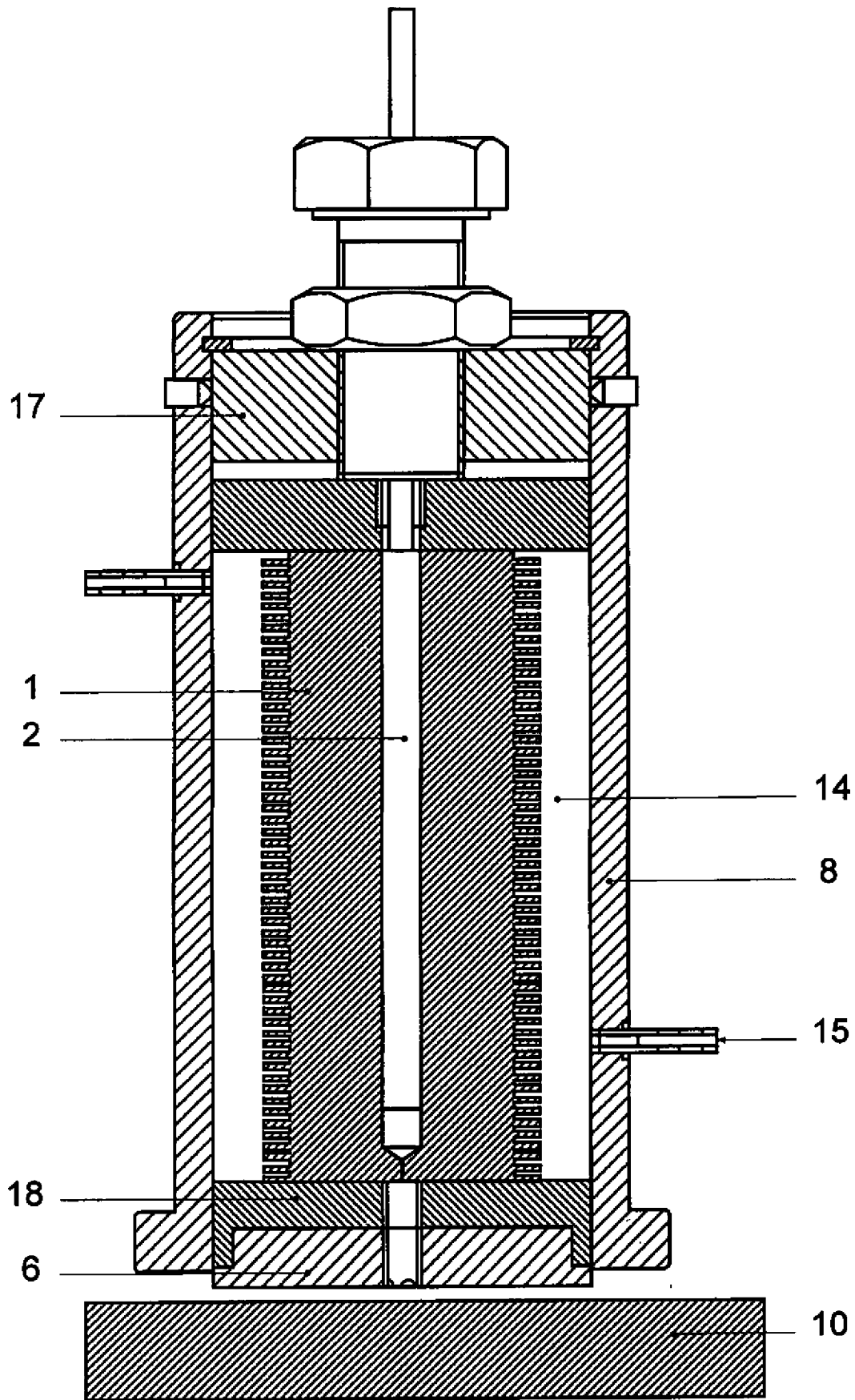


Fig. 2