



(10) **DE 10 2016 201 541 B4** 2021.05.06

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 201 541.9**
(22) Anmeldetag: **02.02.2016**
(43) Offenlegungstag: **03.08.2017**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.05.2021**

(51) Int Cl.: **B25J 15/06 (2006.01)**
B25J 13/08 (2006.01)

Innerhalb von neun 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:
**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147 Köln, DE**

(74) Vertreter:
**dompatent von Kreisler Selting Werner
- Partnerschaft von Patentanwälten und
Rechtsanwälten mbB, 50667 Köln, DE**

(72) Erfinder:
**Vogel, Jörn, Dipl.-Ing., 80687 München, DE;
Höppner, Hannes, Dipl.-Ing., 81241 München, DE;
Weitschat, Roman, 81373 München, DE**

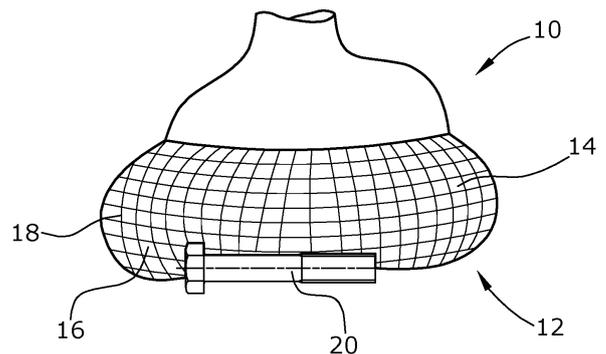
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2007 020 131	B4
DE	10 2010 034 719	A1
US	8 336 399	B2
US	2010 / 0 054 903	A1
WO	2015/ 123 128	A1

(54) Bezeichnung: **Robotischer Greifer sowie Verfahren zum Betreiben eines solchen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben eines robotischen Greifers (10), wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Drücken einer durch einen verformbaren Körper, insbesondere eine Kammer (14), gebildeten Greiffläche (12) auf den zu greifenden Gegenstand (20), wobei der Körper (14) derart verformbar ist, dass sich hierdurch die Form der Greiffläche (12) ändert, so dass hierdurch ein Gegenstand (20) formschlüssig durch die Greiffläche (12) greifbar ist, Erfassen der an der Greiffläche (12) auftretenden Kontaktkräfte während des Greifvorgangs oder nach dem Greifvorgang durch eine an der Greiffläche (12) angebrachte elastische taktile Sensorhaut (16), dadurch gekennzeichnet, dass ein Gegenstand (20) mit unbekannter Ausrichtung durch den robotischen Greifer (10) gegriffen wird, wobei durch die an der taktilen Sensorhaut (16) gemessenen Kontaktkräfte die Ausrichtung des Gegenstands (20) relativ zum robotischen Greifer (10) ermittelt wird und der Gegenstand (20) anschließend vom robotischen Greifer (10) aufgrund seiner nunmehr bekannten Ausrichtung gedreht wird und in einer gewünschten Ausrichtung übergeben wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen robotischen Greifer sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen.

[0002] Das Greifen von Gegenständen mit einer unbekanntem Geometrie durch einen robotischen Greifer stellt eine große Herausforderung dar. Es sind aufwendige Berechnungen notwendig, um eine optimale Greifkonfiguration zu ermitteln (sogenannte Greifplanung). Dies liegt an der geringen Flexibilität von robotischen Greifern und an der fehlenden Nachgiebigkeit der Greifflächen des Greifers.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind granulare Greifer bekannt, die die Möglichkeit bieten, unterschiedliche Arten von Objekten zu greifen, ohne vorher die geometrische Form oder die Ausrichtung des Objekts zu kennen. Hierzu weist der granulare Greifer eine mit einem Granulat gefüllte Granulatkammer auf, durch die die Greiffläche gebildet wird. Die Greiffläche kann somit an die geometrische Form des zu greifenden Gegenstandes angepasst werden. Die Granulatkammer ist mit einer Vakuumiervorrichtung verbunden und kann hierdurch verhärtet werden.

[0004] Mit einem derartigen granularen Greifer ist es zwar möglich, ein unbekanntes Objekt in beliebiger Ausrichtung zu greifen. Dennoch ist die Ausrichtung des Objekts nach dem Greifen unbekannt. Die Kenntnis über die Ausrichtung des Objekts kann hierbei für weitere Verarbeitungsschritte wie beispielsweise ein Verpacken oder Manipulieren des Objekts verwendet werden.

[0005] WO 2015/ 123 128 A1 beschreibt einen Greifer mit einem verformbaren Körper, der mit einem Fluid gefüllt ist und vakuumierbar ist, so dass durch diesen Körper ein Gegenstand gegriffen werden kann.

[0006] DE 10 2010 034 719 A1 beschreibt ein elastisch verformbares Folienelement, das einen taktilen Sensor bilden kann.

[0007] US 8,336,399 B2 beschreibt einen taktilen Sensor, der an einer Roboterhand angebracht ist.

[0008] DE 10 2007 020 131 B4 beschreibt einen weiteren taktilen Flächensensor.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, einen robotischen Greifer bereitzustellen, durch den die Lage und Ausrichtung des gegriffenen Gegenstands nach dem Greifen bestimmbar ist.

[0010] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 8.

[0011] Der erfindungsgemäße robotische Greifer weist eine Greiffläche auf, die durch einen verform-

baren Körper gebildet wird, der derart verformbar ist, dass sich hierdurch die Form der Greiffläche ändert. Hierdurch kann ein Gegenstand formschlüssig durch die Greiffläche gegriffen werden.

[0012] Der erfindungsgemäße Greifer ist gekennzeichnet dadurch, dass die durch den verformbaren Körper gebildete Greiffläche eine elastische taktile Sensorhaut zur Erfassung von Greif- und Kontaktkräften aufweist.

[0013] Durch diese ist es möglich, Lage und Ausrichtung eines gegriffenen Gegenstandes im gegriffenen Zustand zu bestimmen. Weiterhin ist es möglich, die Kontaktkraft zwischen der Greiffläche und dem gegriffenen Gegenstand zu bestimmen. Diese kann beispielsweise dahingehend überwacht werden, dass eine maximal zulässige Kontaktkraft nicht überschritten wird. Hierdurch können zum Beispiel fragile Gegenstände geschützt gegriffen werden. Weiterhin ist die Ermittlung anderer Parameter des Gegenstandes, beispielsweise seiner Größe, seiner geometrischen Form etc. durch die elastische taktile Sensorhaut möglich.

[0014] Es ist bevorzugt, dass der Körper und die Greiffläche zumindest teilweise passiv durch den zu greifenden Gegenstand verformbar sind. Dies kann dadurch erfolgen, dass die Greiffläche durch den Roboter auf den zu greifenden Gegenstand gedrückt wird, so dass zumindest ein Teil der Verformung der Greiffläche und des verformbaren Körpers durch den zu greifenden Gegenstand hervorgerufen wird. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die Steuerung des Roboters diese Verformung weder direkt verursacht hat noch von der Art dieser Verformung Kenntnis hat. Der Roboter verursacht lediglich eine indirekte Verformung, indem er die Greiffläche auf das Objekt drückt. Die Art der Verformung ist dem Roboter nicht bekannt.

[0015] In bevorzugter Ausführungsform ist der verformbare Körper eine Kammer, die mit einem Granulat oder Fluid gefüllt ist.

[0016] Beispielsweise kann es sich um eine mit einem Granulat gefüllte Granulatkammer handeln, wobei das Granulat in der Granulatkammer frei beweglich ist, so dass die Form der Greiffläche an einen zu greifenden Gegenstand anpassbar ist. Die Granulatkammer ist mit einer Vakuumiervorrichtung verbindbar oder verbunden und somit vakuumierbar, so dass die durch die Granulatkammer gebildete Greiffläche verhärtbar ist.

[0017] Durch den durch die Vakuumiervorrichtung entstehenden Unterdruck in der Granulatkammer wird das Granulat komprimiert. Hierdurch zieht sich die Granulatkammer leicht zusammen, so dass das Objekt, welches von der Granulatkammer umschlos-

sen ist, eingeklemmt wird. Durch das Vakuumieren der Granulatkammer kann somit das Objekt sicher gegriffen werden.

[0018] Die prinzipielle Ausgestaltung eines granulären Greifers ist aus dem Stand der Technik bekannt.

[0019] In alternativer Ausführungsform kann die verformbare Kammer mit einem Fluid gefüllt sein und durch eine Betätigungsvorrichtung in ihrer Form veränderbar sein. Die Kammer weist bei nicht betätigter Betätigungsvorrichtung eine konvexe Greiffläche auf, während sie bei betätigter Betätigungsvorrichtung eine konkave Greiffläche aufweist. Ein derart ausgestalteter robotischer Greifer wird beispielsweise durch die Firma Festo unter der Bezeichnung FlexShapeGripper angeboten.

[0020] Die taktile Sensorhaut ist vorzugsweise mit einem elektrischen Messprinzip realisiert und ändert bei einer Veränderung ihrer Krümmung ihren elektrischen Widerstand oder ihre elektrische Kapazität. Hierzu kann sie beispielsweise von einer Vielzahl von elektrisch leitenden Drähten durchzogen sein, die bei einer Veränderung ihrer Krümmung ihren elektrischen Widerstand ändern.

[0021] Die taktile Sensorhaut kann ausgebildet sein gemäß einer der folgenden Veröffentlichungen:

DE 10 2007 020 131 B4

DE 10 2010 034 719 A1

DE 10 2010 034 704 A1

[0022] In bevorzugter Ausführungsform weist die taktile Sensorhaut zusätzlich einen Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur des gegriffenen Objekts auf. Hierbei kann die taktile Sensorhaut selbst auch als Temperatursensor ausgebildet sein, so dass es nicht notwendig ist, einen gesonderten Temperatursensor vorzusehen.

[0023] Weiterhin kann die taktile Sensorhaut zusätzlich einen Leitfähigkeitssensor zur Erfassung der elektrischen und/oder thermischen Leitfähigkeit des gegriffenen Objekts aufweisen. Sollen beiden Parameter gemessen werden, müssen hier selbstverständlich zwei separate Sensoren vorgesehen werden.

[0024] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben eines robotischen Greifers, insbesondere wie er bisher beschrieben wurde. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

Es wird eine durch einen verformbaren Körper, insbesondere eine Kammer, gebildete Greiffläche auf den zu greifenden Gegenstand gedrückt. Hierbei ist der Körper bzw. die Kammer derart verformbar, dass sich hierdurch die Form

der Greiffläche ändert, so dass hierdurch ein Gegenstand formschlüssig durch die Greiffläche gegriffen werden kann. Als Greiffläche wird hierbei diejenige Fläche bezeichnet, über die der Kontakt zwischen dem robotischen Greifer und dem zu greifenden Gegenstand hergestellt wird.

[0025] Erfindungsgemäß werden die an der Greiffläche auftretenden Kontaktkräfte während des Greifvorgangs oder nach dem Greifvorgang durch eine an der Greiffläche ausgebildete taktile Sensorhaut erfasst. Es ist bevorzugt, dass über die taktile Sensorhaut nicht nur die Größe der Kontaktkraft sondern auch die Anzahl der Kontaktpunkte und die Position dieser Kontaktpunkte ermittelt werden. Hieraus resultierend kann dann die Form und Lage des Objekts ermittelt werden.

[0026] Das Verfahren kann sämtliche Merkmale aufweisen, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung beschrieben wurden und umgekehrt.

[0027] Es ist bevorzugt, dass das Verfahren ein passives Verformen des verformbaren Körpers und der Greiffläche durch den zu greifenden Gegenstand, während die Greiffläche auf den Gegenstand gedrückt wird, umfasst.

[0028] Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Kammer mit einem Granulat befüllt ist und das Granulat in der Granulatkammer während des Drückens der Greiffläche auf den Gegenstand derart frei beweglich ist, dass sich die Form der Greiffläche an den zu greifenden Gegenstand anpasst. Anschließend erfolgt ein Vakuumieren der Granulatkammer, so dass ein Verhärten der durch diese gebildeten Greiffläche erfolgt. Durch das Vakuumieren erfolgt somit ein gleichzeitiges Zusammenziehen und Verhärten der Granulatkammer, so dass das gegriffene Objekt eingeklemmt wird.

[0029] Es ist bevorzugt, dass bei Überschreiten einer maximal zulässigen Kontaktkraft das Objekt losgelassen und erneut in einer anderen Ausrichtung gegriffen wird. Hierdurch kann möglicherweise erreicht werden, dass in der neuen Greifkonfiguration die maximal zulässige Kontaktkraft nicht überschritten wird. Hierdurch kann das Greifen von fragilen Objekten verbessert werden.

[0030] Weiterhin kann eine Anpassung der Kontaktkraft durch eine Regelung des Unterdrucks der Vakuumiervorrichtung erfolgen. Insbesondere ist es möglich, dass beim Überschreiten einer maximal zulässigen Kontaktkraft die Pumpleistung der Vakuumiervorrichtung reduziert wird.

[0031] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann ein Gegenstand mit unbekannter Ausrich-

tung durch den robotischen Greifer gegriffen werden. Durch die an der taktilen Sensorhaut gemessenen Kontaktkräfte wird die Ausrichtung des Gegenstands relativ zum robotischen Greifer ermittelt. Der Gegenstand wird anschließend vom robotischen Greifer aufgrund seiner nunmehr bekannten Ausrichtung gedreht und in einer gewünschten Ausrichtung übergeben. Hierzu kann der robotische Greifer an einem Roboterarm befestigt sein, der derart bewegt wird, dass die nunmehr bekannte Ausrichtung des gegriffenen Gegenstands der gewünschten Ausrichtung entspricht und der Gegenstand somit in der gewünschten Ausrichtung übergeben werden kann.

[0032] Weiterhin ist es möglich, durch die taktile Sensorhaut zu prüfen, ob der gegriffene Gegenstand vorgegebene Fertigungstoleranzen einhält.

[0033] Die taktile Sensorhaut kann selbst als elastischer Balg ausgebildet sein, der die Granulatkammer bildet. Alternativ kann die taktile Sensorhaut auch auf einem elastischen Balg aufgebracht werden, durch den die Granulatkammer gebildet wird.

[0034] Die Kenntnis der Ausrichtung des Objekts nach seinem Greifen ermöglicht es, auf komplexe bildgestützte Messsysteme zur Erfassung der Ausrichtung zu verzichten. Dies kann von besonderer Bedeutung sein, wenn eine größere Anzahl von Objekten mit komplexen Geometrien undefiniert, beispielsweise aus einer Box gegriffen werden sollen. Der erfindungsgemäße Greifer muss ferner nicht aufwendig an neue Objekte angepasst werden, wie dies bei herkömmlichen Greifern der Fall ist.

[0035] Erfindungsgemäß kann ein Granulat mit unterschiedlichen Eigenschaften und Korngrößen verwendet werden. Das Granulat kann eine Korngröße zwischen 50 und 1.000 Mikrometern aufweisen. Es kann ein homogenes oder inhomogenes Granulat verwendet werden.

[0036] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand von Figuren erläutert.

[0037] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Greifers,

Fig. 2 eine schematische Ansicht von unten derselben Ausführungsform.

[0038] Die Greiffläche **12** des erfindungsgemäßen robotischen Greifers **10** wird in der Ausführungsform gemäß **Fig. 1** durch die Granulatkammer **14** gebildet. Diese ist mit einer nicht dargestellten Vakuumporrückung verbunden. Die Kontaktfläche **12** wird in nicht vakuumiertem Zustand auf den zu greifenden

Gegenstand **20** gedrückt, so dass sich ihre Form an die Form des Gegenstandes **20** anpasst. Anschließend wird die Granulatkammer **14** vakuumiert, so dass sich die Greiffläche zusammenzieht und verhärtet wird und die Form des Gegenstands **20** beibehält. Dieser kann somit sicher gegriffen werden. Durch die elastische Sensorhaut **16**, die auf der Greiffläche **12** angebracht ist, werden Kontaktkräfte gemessen, die an der Greiffläche **12** auftreten. Hierzu weist die elektrische Sensorhaut **16** eine Vielzahl von elektrisch leitenden Drähten **18** auf, deren elektrischer Widerstand sich ändert, wenn diese verformt werden. Diese Drähte können beispielsweise piezoelektrische Eigenschaften aufweisen.

[0039] In **Fig. 2** ist derselbe robotische Greifer **10** von unten dargestellt. Es ist möglich, den Gegenstand **20** zu greifen, ohne seine genaue Ausrichtung zu kennen. Durch die Sensorhaut **16** wird die Ausrichtung des Gegenstands **20** relativ zum robotischen Greifer **10** bestimmt, so dass der Gegenstand **20** in einer gewünschten Ausrichtung übergeben werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines robotischen Greifers (10), wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Drücken einer durch einen verformbaren Körper, insbesondere eine Kammer (14), gebildeten Greiffläche (12) auf den zu greifenden Gegenstand (20), wobei der Körper (14) derart verformbar ist, dass sich hierdurch die Form der Greiffläche (12) ändert, so dass hierdurch ein Gegenstand (20) formschlüssig durch die Greiffläche (12) greifbar ist,

Erfassen der an der Greiffläche (12) auftretenden Kontaktkräfte während des Greifvorgangs oder nach dem Greifvorgang durch eine an der Greiffläche (12) angebrachte elastische taktile Sensorhaut (16),

dadurch gekennzeichnet, dass ein Gegenstand (20) mit unbekannter Ausrichtung durch den robotischen Greifer (10) gegriffen wird,

wobei durch die an der taktilen Sensorhaut (16) gemessenen Kontaktkräfte die Ausrichtung des Gegenstands (20) relativ zum robotischen Greifer (10) ermittelt wird und

der Gegenstand (20) anschließend vom robotischen Greifer (10) aufgrund seiner nunmehr bekannten Ausrichtung gedreht wird und in einer gewünschten Ausrichtung übergeben wird.

2. Verfahren zum Betreiben eines robotischen Greifers (10) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die folgenden zusätzlichen Schritte:

Passives Verformen des verformbaren Körpers (14) und der Greiffläche (12) durch den zu greifenden Gegenstand (20), während die Greiffläche (12) auf den Gegenstand (20) gedrückt wird.

3. Verfahren zum Betreiben eines robotischen Greifers (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Granulat im verformbaren Körper (14) während des Drückens der Greiffläche (12) auf den Gegenstand (20) derart frei beweglich ist, dass sich die Form der Greiffläche (12) an den zu greifenden Gegenstand (20) anpasst, wobei anschließend ein Vakuumieren der Granulatkammer (14) erfolgt, so dass ein Zusammenziehen und Verhärten der durch diese gebildeten Greiffläche (12) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Überschreiten einer maximal zulässigen Kontaktkraft der Gegenstand (20) losgelassen und erneut in einer anderen Ausrichtung gegriffen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Anpassung der Kontaktkraft durch eine Regelung des Drucks der Vakuumiervorrichtung erfolgt, insbesondere indem bei Überschreiten einer maximal zulässigen Kontaktkraft die Pumpleistung der Vakuumiervorrichtung reduziert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die taktile Sensorhaut (16) geprüft wird, ob der gegriffene Gegenstand (20) vorgegebene Fertigungstoleranzen einhält.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die taktile Sensorhaut (16) die Form eines unbekanntes Gegenstands bestimmt wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

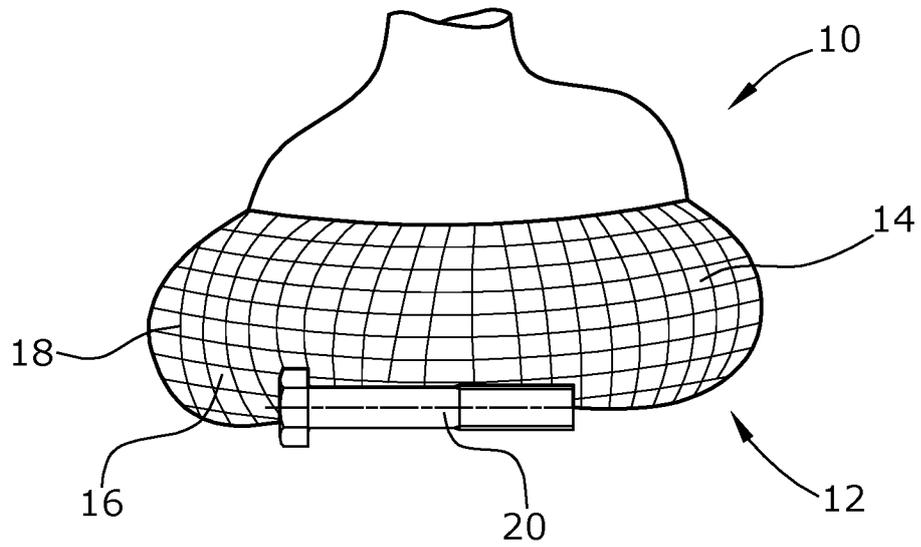


Fig.1

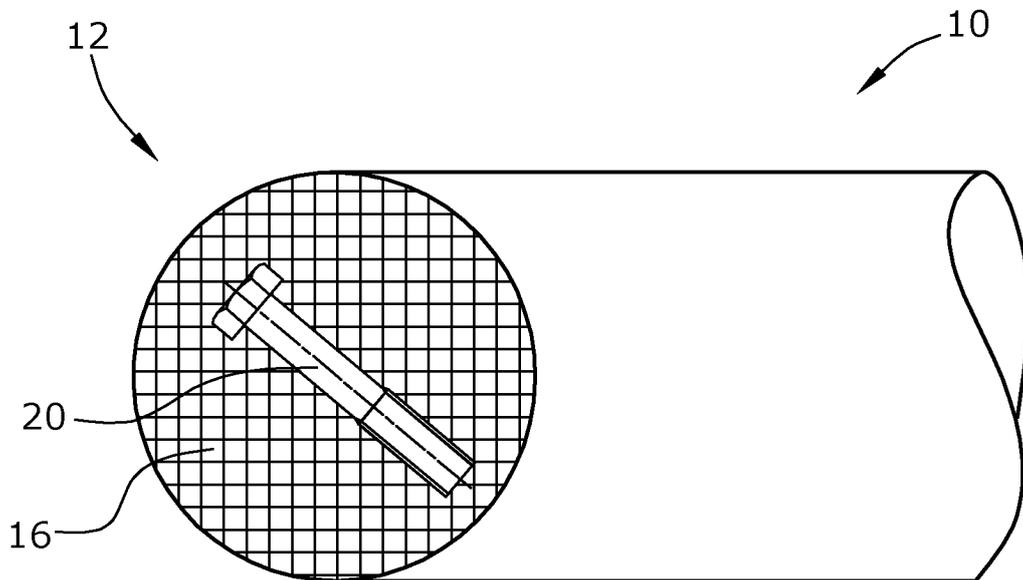


Fig.2