



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 44 621 A1** 2005.05.04

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 44 621.4**  
(22) Anmeldetag: **25.09.2003**  
(43) Offenlegungstag: **04.05.2005**

(51) Int Cl.7: **H02N 2/04**  
**F16F 1/34, F02M 51/06**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(74) Vertreter:  
**Mitscherlich & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 80331 München**

(72) Erfinder:  
**Uhlmann, Dietmar, 71404 Korb, DE**

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

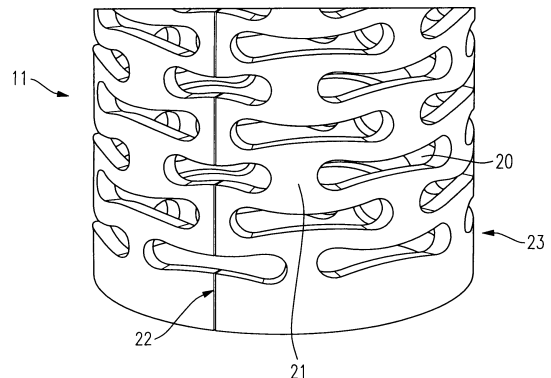
**DE 101 40 196 A1**  
**DE 101 27 583 A1**  
**DE 100 25 997 A1**  
**US 49 58 101 A**  
**WO 99/08 330 A1**  
**WO 00/08 353 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Rohrfeder für Aktor**

(57) Zusammenfassung: Eine Rohrfeder (11) für einen piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor, welcher insbesondere zur Betätigung eines Brennstoffeinspritzventils für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen dient, weist mehrere Reihen (23) von Ausnehmungen (20) mit dazwischenliegenden Stegen (21) auf. Die Rohrfeder (11) ist so ausgestaltet, daß sie ohne Verschweißung an ihren auf Stoß aneinanderliegenden Längsseiten (22) eine über den Umfang der Rohrfeder (11) gleichmäßige Lastaufnahme aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einer Rohrfeder für einen Aktor nach der Gattung des Hauptanspruchs.

**[0002]** Üblicherweise werden piezoelektrische oder magnetostruktive Aktoren zur Betätigung von Brennstoffeinspritzventilen für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen zur Vermeidung von Zug- und Scherkräften durch eine Feder vorgespannt. Gewöhnlich wird zur Erzeugung der Vorspannung die auch bei geschlossenem Brennstoffeinspritzventil vorhandene Restspannung der Rückstellfeder des Brennstoffeinspritzventils genutzt.

## Stand der Technik

**[0003]** Beispielsweise ist aus der DE 199 51 012 A1 ein Aktor, insbesondere zur Betätigung von Brennstoffeinspritzventilen für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, bekannt, welcher mehrere gestapelt angeordnete Schichten aus einem piezoelektrischen oder magnetostruktiven Material aufweist. Der Aktor wird durch einen in einer zentralen Ausnehmung angeordneten Zuganker mittels gegenläufiger Gewinde vorgespannt. Die Fixierung und Kraftübertragung erfolgt über eine Deckplatte und eine Bodenplatte.

**[0004]** Nachteilig an dieser Bauform ist dabei insbesondere die Notwendigkeit, den Stapelaktor hohl zu gestalten, um den Zuganker in der Ausnehmung unterbringen zu können. Dadurch wird der Aktor noch beschädigungsanfälliger bei Vormontage und Montage.

**[0005]** Weiterhin ist aus der WO 99/08330 A1 ein piezoelektrischer Aktor bekannt, der in eine Federhülse eingeschoben und vorgespannt mit zwei Enden der Federhülse kraft- und/oder formschlüssig verbunden wird. Dadurch wird eine Baueinheit hergestellt, bei der die Vorspannkraft des piezoelektrischen Aktors dauerhaft festgelegt ist.

**[0006]** Nachteilig an dieser Art Federn ist insbesondere, daß Querkräfte durch das Verschweißen entstehen, die zu einer ungleichmäßigen Lastverteilung führen und damit zu Störungen beim Betrieb des Aktors bzw. sogar zu dessen Zerstörung führen können.

**[0007]** Das Schweißen verursacht eine in der Regel unerwünschte Gefügeänderung des Hohlkörpers in unmittelbarer Nähe der Schweißnaht. Ein weiteres Problem besteht darin, daß Schweißspritzer und Schweißperlen sowie das Einsinken der Schweißnaht (sog. Naht einfall) an Beginn und Ende der Schweißnaht entstehen und daraus eine Kerbwirkung und Spannungserhöhung resultiert.

## Vorteile der Erfindung

**[0008]** Die erfindungsgemäße Rohrfeder für einen Aktor mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß durch eine geeignete Ausgestaltung der Rohrfeder mit Ausnehmungen und Stegen eine über den gesamten Umfang der Rohrfeder konstante Lastaufnahme auch ohne Verschweißung der Längsseiten ermöglicht wird.

**[0009]** Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Rohrfeder möglich.

**[0010]** Vorteilhafterweise sind dabei die Stege im Bereich der Längsseiten halbiert, so daß nach dem auf Stoß legen der Längsseiten die Stoßkante in einem Belastungstal liegt.

**[0011]** Weiterhin ist von Vorteil, daß die Stege je nach ihrer Position unterschiedliche Abstände voneinander haben. Insbesondere sind die Abstände zwischen Reihen mit gerader Numerierung und ungerader Numerierung unterschiedlich.

**[0012]** Zudem ist vorteilhaft, daß die Ausnehmungen zweier äußerer Reihen im Bereich der Längsseiten verlängert gegenüber den übrigen Ausnehmungen sind.

**[0013]** Die Ausnehmungen sind unabhängig von ihrer Länge immer gleich geformt und in einfacher Weise mit einem Stanzwerkzeug herstellbar.

## Ausführungsbeispiel

## Zeichnung

**[0014]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

**[0015]** [Fig. 1](#) eine stark schematisierte Darstellung eines für die Bestückung mit einer erfindungsgemäßen Rohrfeder geeigneten Brennstoffeinspritzventils;

**[0016]** [Fig. 2](#) ein Diagramm der Lastverteilung einer herkömmlichen und einer erfindungsgemäß ausgestalteten Rohrfeder unter Bezugnahme auf eine in

**[0017]** [Fig. 3](#) dargestellte, abgerollte Darstellung einer erfindungsgemäß ausgestalteten Rohrfeder;

**[0018]** [Fig. 4A](#) eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäß ausgestalteten Rohrfeder in einer Gesamtdarstellung und in

**[0019]** [Fig. 4B](#) in einer ausschnittweisen Darstel-

lung; und

[0020] [Fig. 5A](#) eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäß ausgestalteten und fertig gerollten unverschweißten Rohrfeder in einer Gesamtdarstellung und in

[0021] [Fig. 5B](#) in einer ausschnittweisen Darstellung.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0022] [Fig. 1](#) zeigt zur besseren Verständlichkeit der Erfindung in einer stark schematisierten Darstellung ein zur Bestückung mit einer erfindungsgemäß ausgestalteten Rohrfeder geeignetes Brennstoffeinspritzventil.

[0023] Das in [Fig. 1](#) dargestellte Brennstoffeinspritzventil **1** ist insbesondere als Brennstoffeinspritzventil **1** zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen nicht näher dargestellten Brennraum einer Brennkraftmaschine geeignet.

[0024] Das Brennstoffeinspritzventil **1** umfaßt einen Düsenkörper **2**, in dem eine Ventildadel **3** geführt ist. Diese weist an einem abströmseitigen Ende einen Ventilschließkörper **4** auf, welcher mit einer Ventilsitzfläche **5** einen Dichtsitz bildet. Das Brennstoffeinspritzventil **1** ist als nach außen öffnendes Brennstoffeinspritzventil **1** ausgebildet. Eine im Düsenkörper **2** angeordnete Rückstellfeder **6** beaufschlagt die Ventildadel **3** so, daß das Brennstoffeinspritzventil **1** in der Ruhephase geschlossen gehalten bzw. die Ventildadel **3** nach der Öffnungsphase in ihre Ruhestellung zurückgestellt wird.

[0025] Der Düsenkörper **2** mündet in ein Gehäuse **7** ein, in welchem eine hydraulische Ausgleichs-Aufhängung **8** und ein Aktormodul **9** angeordnet sind.

[0026] Das Aktormodul **9** umfaßt einen vorzugsweise piezoelektrischen Stapelaktor **10**, welcher durch eine erfindungsgemäß ausgestaltete Rohrfeder **11** zum Schutz vor Scherkräften vorgespannt wird. Der Aktor **10** ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel zusätzlich durch eine Umspritzung **12** geschützt. Der Aktor **10** weist einen Aktorfuß **13** und einen Aktorkopf **14** auf, welche mit der Rohrfeder **11** beispielsweise verschweißt sind. Die Rohrfeder **11** sowie die Bauteile des Aktors **10** werden weiter unten unter Bezugnahme auf die [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) näher beschrieben.

[0027] Die hydraulische Ausgleichs-Aufhängung **8**, welche zuströmseitig des Aktormoduls **9** angeordnet ist, umfaßt einen Kolben **15**, welcher durch eine Kopplerfeder **16** gegenüber dem Gehäuse **7** vorgespannt ist.

[0028] Der Koppler **8** und das Aktormodul **9** sind in

einem Aktorgehäuse **17** gekapselt. Dieses wird von dem zentral über einen Zulaufstutzen **18** zugeführten Brennstoff umströmt, welcher durch das Gehäuse **7** sowie durch den Düsenkörper **2** zum Dichtsitz strömt. Das Brennstoffeinspritzventil **1** ist über einen elektrischen Steckkontakt **19** betätigbar.

[0029] Um bei der Montage sowie beim Betrieb des Aktors **10** sicherzustellen, daß Scherkräfte, welche zur Zerstörung des Aktors **10** führen können, vermieden werden, ist der Aktor **10** in der Rohrfeder **11** gekapselt. Diese spannt den Aktor **10** vor, so daß dieser durch die auf ihn wirkenden ausschließlich axialen Kräfte stabilisiert wird. Weiterhin kann über die geeignete Wahl der Federkonstanten der Rohrfeder **11** ein progressives Ansprechverhalten des Aktors **10** ermöglicht werden.

[0030] Bekannte Rohrfedern **11** werden aus einer Platine ausgestanzt, zu einem Rohr gebogen und an einer axialen Längsseite verschweißt. Nachteilig an diesem Herstellungsverfahren ist dabei vor allem, daß durch die Schweißnaht eine Verspannung der Rohrfeder **11** nicht zu vermeiden ist. Die Verspannung führt zu einer Verfälschung des Federverhaltens und zu Querkräften auf den Aktor **10**, welcher dadurch zerstört werden kann.

[0031] Andererseits ist es mit den herkömmlichen Federgeometrien nicht möglich, eine konstante Lastaufnahme über den Umfang der Rohrfeder **11** zu erzeugen, wenn die Rohrfeder **11** an ihrer Längsseite nicht verschweißt wird. In der Folge treten wiederum Verspannungen und Querkräfte auf. In [Fig. 2A](#) ist zur Illustration ein Diagramm dargestellt, welches mit einer durchgezogenen Linie die Lastverteilung einer verschweißten Rohrfeder **11** und mit einer gestrichelten Linie die Lastverteilung einer unverschweißten Rohrfeder **11** darstellt. Die unverschweißte Rohrfeder **11** weist unter Zug an der Stoßkante einen Krafteinbruch auf, welcher zu einer Verfälschung des Federverhaltens führt.

[0032] Eine erfindungsgemäß ausgestaltete Rohrfeder **11** weist eine über den gesamten Umfang konstante Lastaufnahme auf, ohne daß die Federgeometrie kostenaufwendig geändert werden muß.

[0033] Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäß ausgestalteten Rohrfeder **11** ist im Folgenden unter Bezugnahme auf die [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) näher beschrieben.

[0034] [Fig. 3](#) zeigt eine abgerollte Darstellung einer Rohrfeder **11**, welche zur Vermeidung der oben genannten Verfälschungen des Federverhaltens einerseits unverschweißt, andererseits aber so gestaltet ist, daß der Krafteinbruch in der Lastaufnahme an der unverschweißten Längsseite vermieden wird.

[0035] Die Rohrfeder **11** weist dabei Ausnehmungen **20** auf, welche sich jeweils mit Stegen **21** abwechseln. Die Stege **21** weisen dabei jeweils die gleiche Breite  $a$  auf. Durch die achtförmige Form der Ausnehmungen **20** ist die axiale Elastizität der Rohrfeder **11** gewährleistet. Die achtförmige Form der Ausnehmungen **20** ist zugleich der Ansatzpunkt für die Vermeidung des Krafteinbruchs bei der Lastaufnahme. Die Rohrfeder **11** wird durch entsprechendes Ausstanzen so hergestellt, daß die die Ausnehmungen **20** trennenden Stege **21** im Bereich von Längskanten **22** der Rohrfeder **11** genau auf der Hälfte der Breite  $a$ , also auf  $a/2$ , bemessen sind. Dadurch ergibt sich nach dem Zusammenbiegen der Rohrfeder **11** mit den Längskanten **22** auf Stoß auch an den Längskanten **22** die Summe  $a/2 + a/2 = a$  für die Breite der Stege **21**.

[0036] Umgekehrt sind in zwei äußeren Reihen **23** die Ausnehmungen **20** ebenfalls genau mittig angeschnitten, so daß nach dem Zusammenbiegen der Rohrfeder **11** die Ausnehmungen **20** im Bereich der auf Stoß stehenden Längskanten **22** wiederum symmetrisch ausgebildet sind. Dadurch kann sichergestellt werden, daß die Kräfte auf die Rohrfeder **11** in Umfangsrichtung auch an den auf Stoß liegenden Längskanten **22** gleich sind.

[0037] Die Maßnahme bewirkt, daß die der  $0^\circ$ -Position zugeordneten auf Stoß liegenden Längskanten **22** lastmäßig in ein Belastungstal gelegt werden, wie in [Fig. 2](#) ersichtlich. Damit wird der Traganteil bei  $30^\circ$  und  $330^\circ$  in Umfangsrichtung der Rohrfeder **11** auf ca. 70% des Traganteils der übrigen tragenden Umfangspositionen bei  $90^\circ$ ,  $150^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $210^\circ$  und  $270^\circ$  jeweils an der Position der Stege **21** erhöht. Da trotzdem noch Inhomogenitäten bei  $30^\circ$  und  $330^\circ$  auftreten, sind vorzugsweise weitere Maßnahmen sinnvoll, die in [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) näher dargestellt sind.

[0038] [Fig. 4A](#) zeigt dabei die Rohrfeder **11** in gleicher Darstellung wie in [Fig. 3](#) abgerollt in einer Gesamtansicht. [Fig. 4B](#) stellt den in [Fig. 4A](#) mit IVB gekennzeichneten Bereich vergrößert dar.

[0039] Die Rohrfeder **11** gemäß dem in [Fig. 4A](#) dargestellten Ausführungsbeispiel weist insgesamt siebenzehn Reihen von Ausnehmungen **20** auf.

[0040] Zusätzlich zu der in [Fig. 3](#) beschriebenen Maßnahme werden nun die Abstände der Stege **21** und die Geometrie der Aussparungen **20** modifiziert. Dabei werden in den zwei äußeren Reihen **23** Abstände  $s_1$  der Stege **21** unter Beibehaltung der Lastpositionen in Abständen von  $60^\circ$  in Umfangsrichtung beibehalten. In Reihen **24** mit gerader Numerierung (Reihen **2, 4, 6, ...**) werden Abstände  $s_2, s_3, s_4$  und  $s_5$  gewählt, während in Reihen **25** mit ungerader Numerierung (Reihen **3, 5, 7, ...**) Abstände  $s_6, s_7$  und  $s_8$  gewählt werden. Durch diese Maßnahme wird der Tra-

ganteil an den Umfangspositionen  $30^\circ$  und  $330^\circ$  an die restlichen tragenden Umfangspositionen angeglichen, indem die Abstände  $s_1$  bis  $s_8$  entsprechend gewählt werden. Es ergeben sich sechs gleich stark beanspruchte Umfangspositionen bei  $30^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $150^\circ$ ,  $210^\circ$ ,  $270^\circ$  und  $330^\circ$ .

[0041] Die Form der Ausnehmungen **20**, welche durch Krümmungsradien  $r_1$  und  $r_2$  beschrieben ist, bleibt dabei unabhängig von einer Länge  $l$  der Ausnehmungen **20** voneinander gleich. Die Länge  $l$  variiert je nach der Breite  $s$  der Stege **21** oder umgekehrt. Die Geometrie der Ausnehmungen **20** ist somit jeweils gleich, während die Länge  $l$  der Ausnehmungen **20** mit einer geeigneten Stanzform, welche beispielsweise in Form einer halben Ausnehmung **20** ausgebildet ist, beliebig gestaltet werden kann.

[0042] [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) zeigen in perspektivischer Darstellung die fertig zusammengebogene Rohrfeder **11**. Wie bereits weiter oben beschrieben, sind die auf Stoß aneinandergelegten Längsseiten **22** nicht miteinander verschweißt. Die Abstände zwischen den Längsseiten **22** und den benachbarten Ausnehmungen **20** betragen  $a/2$ .

[0043] Die Ausnehmungen **20** der beiden äußeren Reihen **23** sind gegenüber den übrigen Ausnehmungen **20** verlängert, wie insbesondere in [Fig. 5B](#) erkennbar. Die Breiten der Stege **21** sind ebenfalls als unterschiedlich groß erkennbar.

[0044] Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt und insbesondere bei einer Vielzahl von Bauweisen von Brennstoffeinspritzventilen anwendbar. Auch sind alle Merkmale des Ausführungsbeispiels beliebig miteinander kombinierbar.

## Patentansprüche

1. Rohrfeder (**11**) für einen piezoelektrischen oder magnetostruktiven Aktor (**10**), welcher insbesondere zur Betätigung eines Brennstoffeinspritzventils (**1**) für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen dient, mit mehreren Reihen (**23, 24, 25**) von Ausnehmungen (**20**) und dazwischenliegenden Stegen (**21**), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rohrfeder (**11**) so ausgestaltet ist, daß sie ohne Verschweißung an ihren auf Stoß aneinanderliegenden Längsseiten (**22**) eine über den Umfang der Rohrfeder (**11**) gleichmäßige Lastaufnahme aufweist.

2. Rohrfeder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (**21**) zweier äußerer Reihen (**23**) von Ausnehmungen (**20**) so gestaltet sind, daß die Breite  $a$  der Stege (**21**) sich auf  $a/2$  pro Längsseite (**22**) aufteilt.

3. Rohrfeder nach Anspruch 2, dadurch gekenn-

zeichnet, daß eine Länge (l) der Ausnehmungen (20) in den zwei äußeren Reihen (23) größer ist als eine Länge (l) der Ausnehmungen (20) der übrigen Reihen (24, 25).

4. Rohrfeder nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege (21) zwischen den Ausnehmungen (20) je nach ihrer Position variable Breiten ( $s_1$  bis  $s_8$ ) aufweisen.

5. Rohrfeder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Breiten der Stege (21) in geraden Reihen (24) ( $s_2$  bis  $s_5$ ) unterschiedlich sind.

6. Rohrfeder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Breiten der Stege (21) in ungeraden Reihen (25) ( $s_6$  bis  $s_8$ ) unterschiedlich sind.

7. Rohrfeder nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (20) ungefähr achtförmig ausgeformt sind.

8. Rohrfeder nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (20) durch zwei Krümmungsradien ( $r_1$ ,  $r_2$ ) gekennzeichnet sind.

9. Rohrfeder nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge (l) der Ausnehmungen (20) durch den ersten Krümmungsradius ( $r_1$ ) bedingt ist.

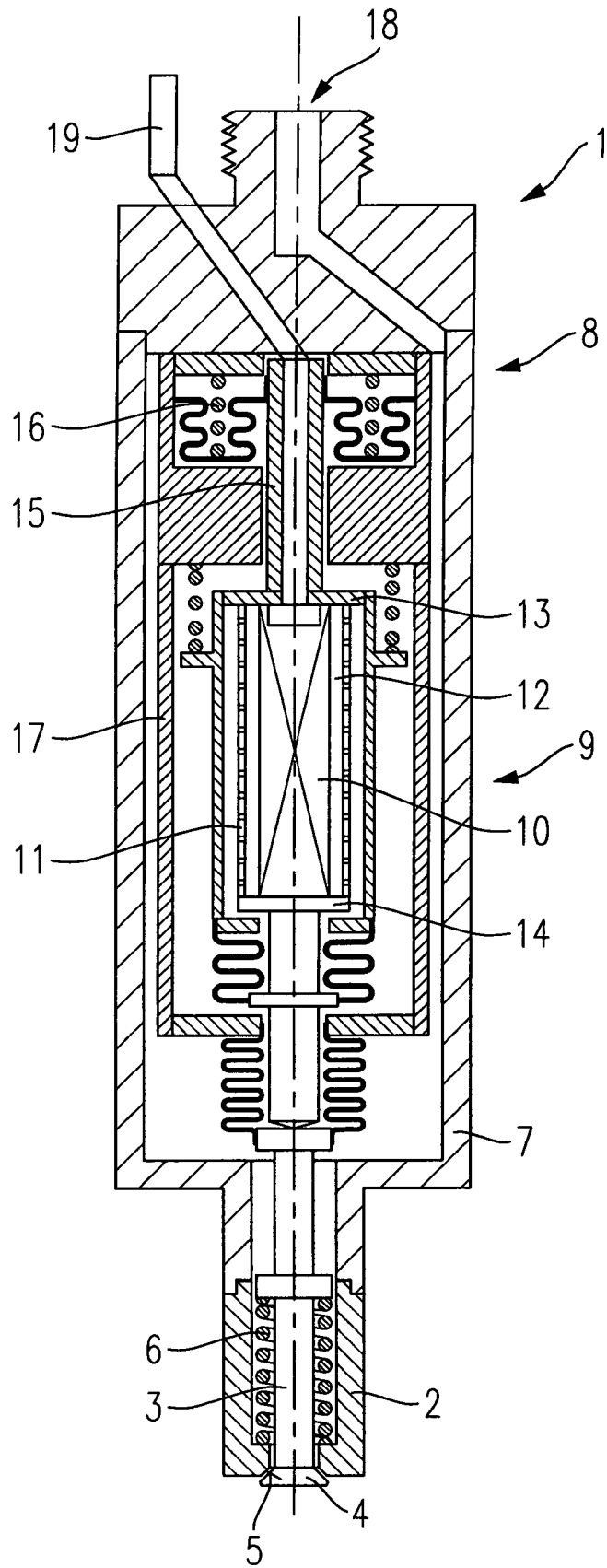
10. Rohrfeder nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge (l) der Ausnehmungen (20) unabhängig von dem zweiten Krümmungsradius ( $r_2$ ) ist.

11. Rohrfeder nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (20) durch Stanzen hergestellt sind.

12. Rohrfeder nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das verwendete Stanzwerkzeug die Form einer halben Ausnehmung (20) aufweist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



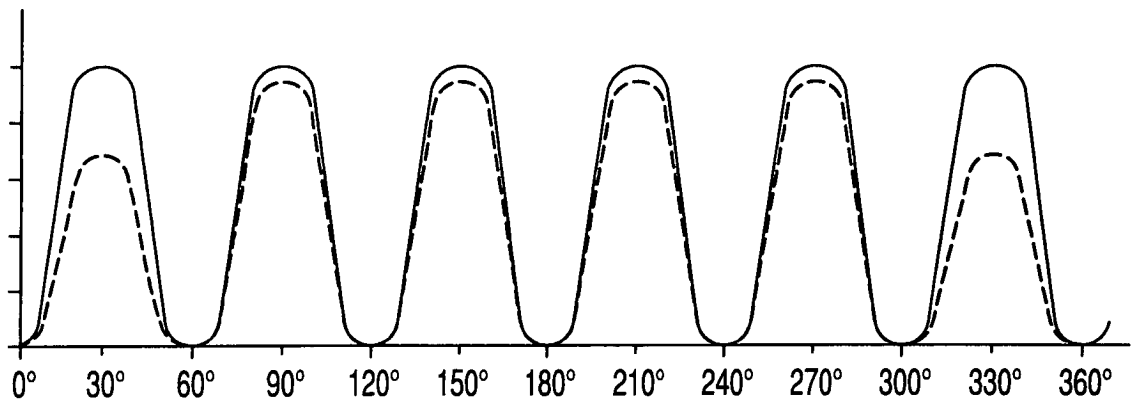


Fig. 2.

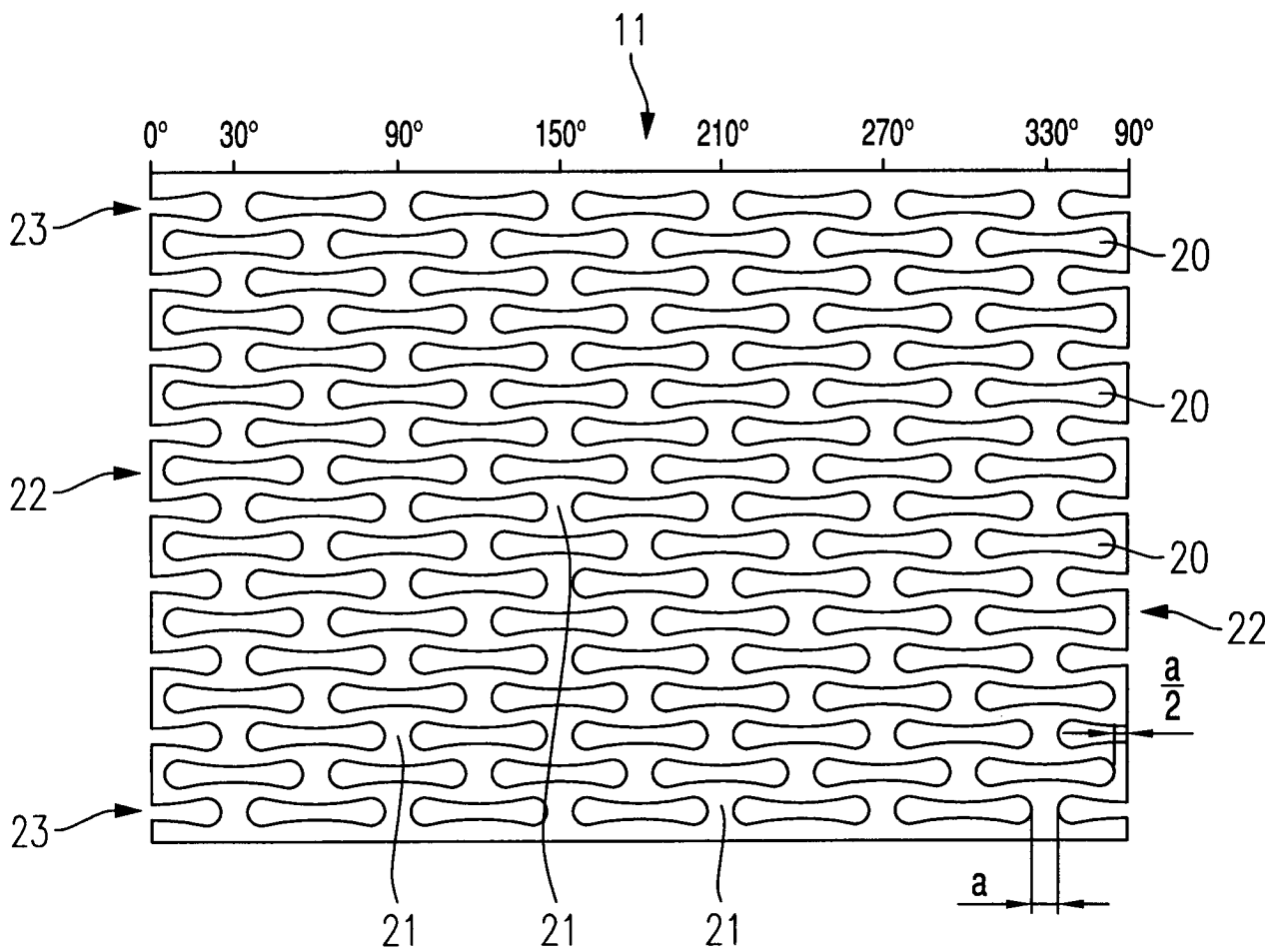
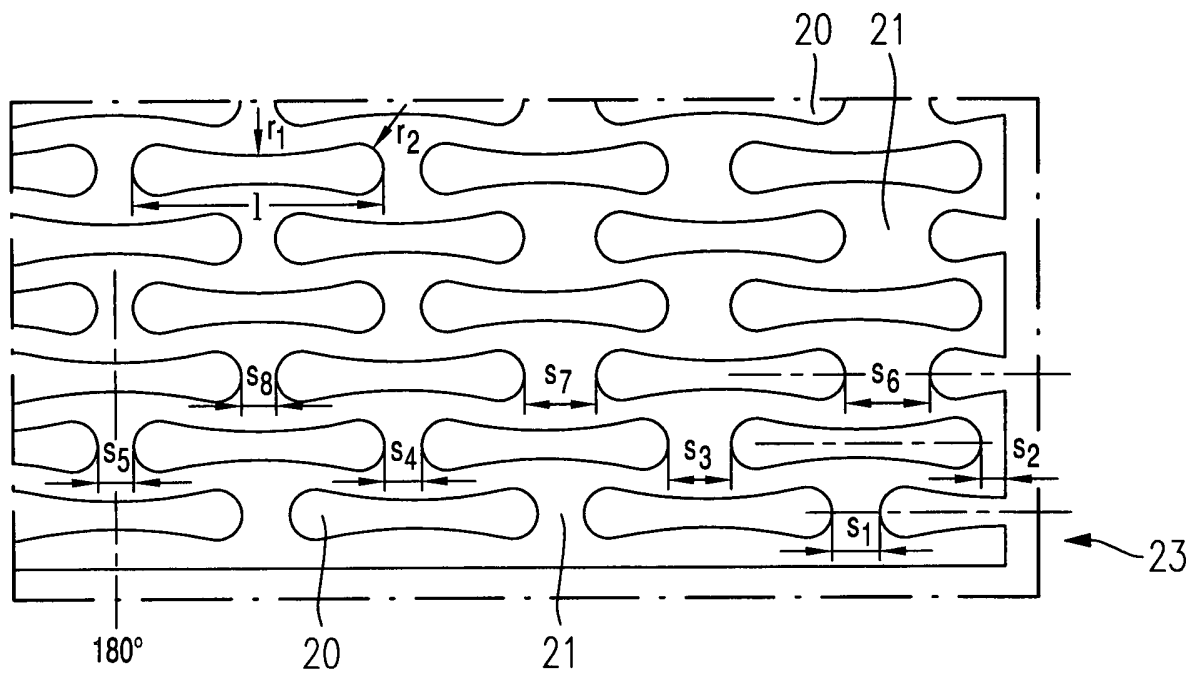
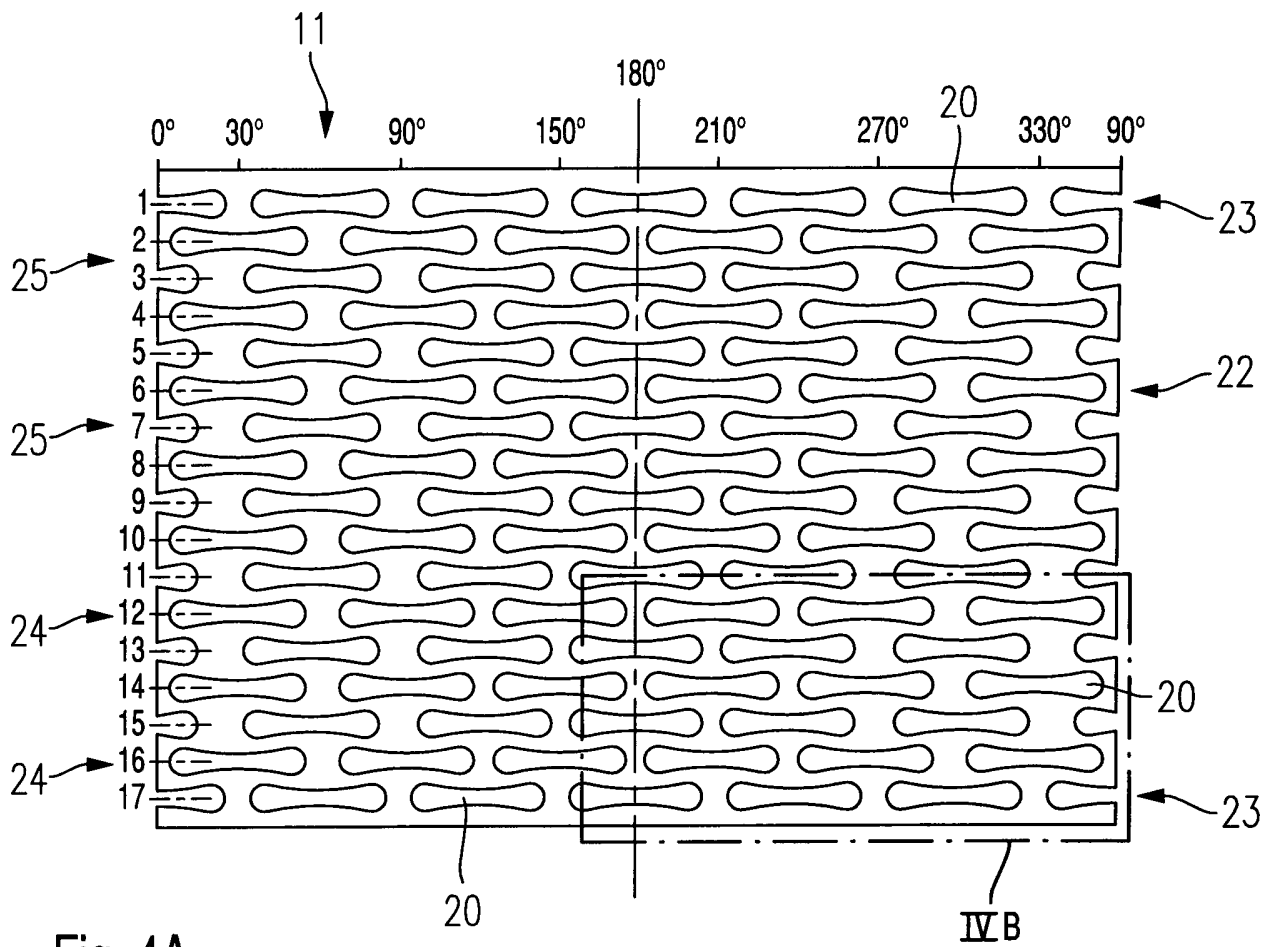


Fig. 3



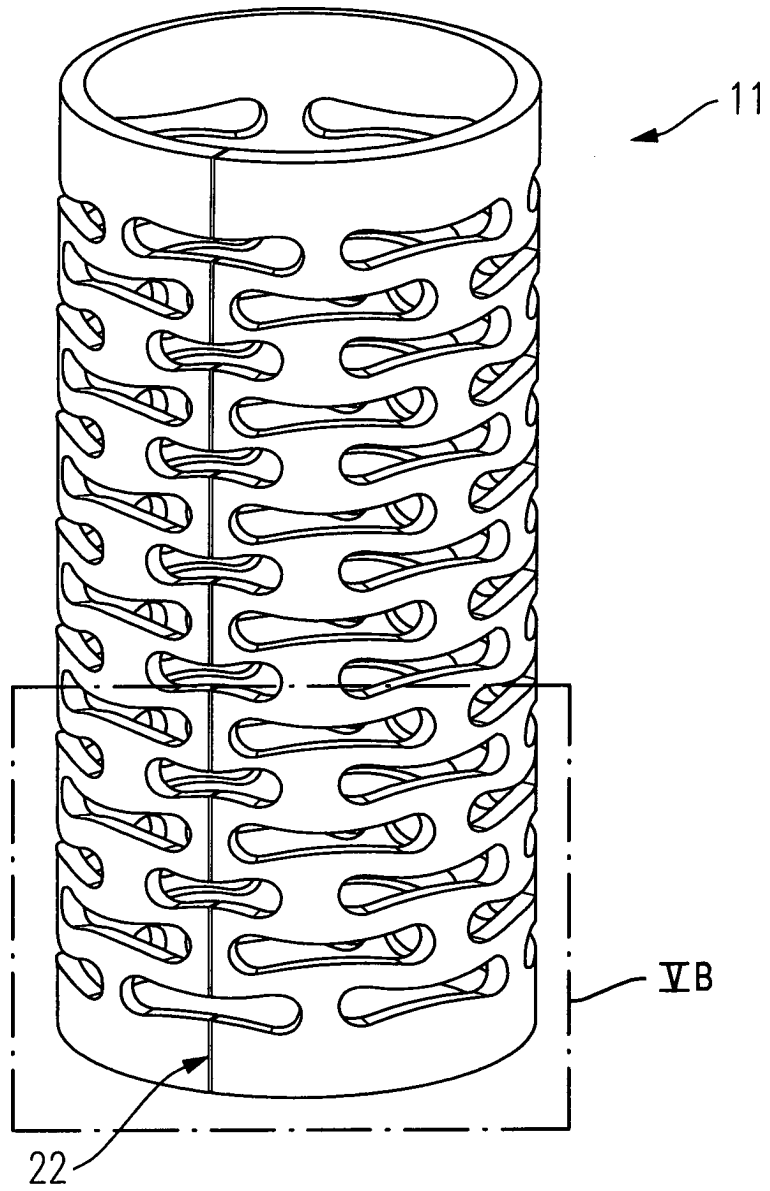


Fig. 5A

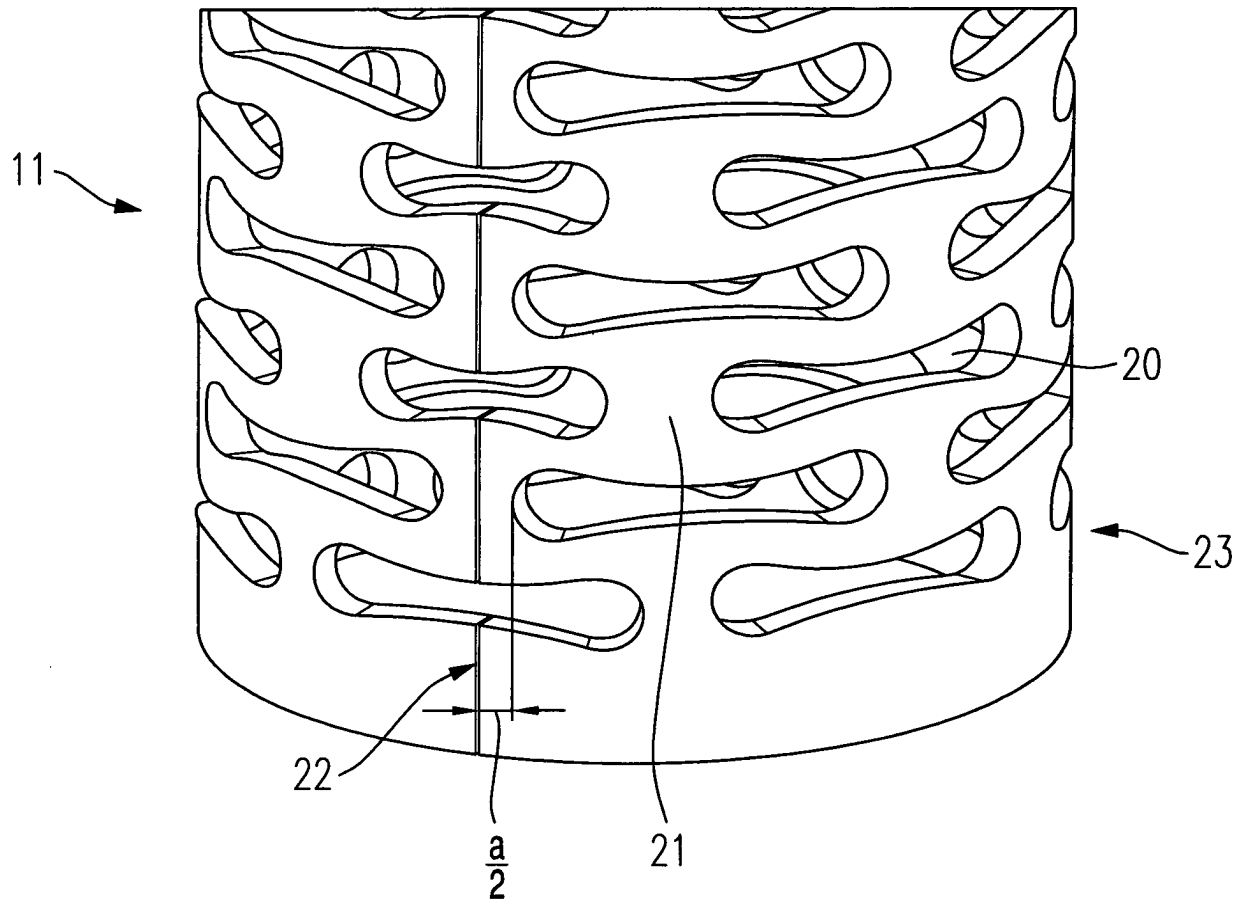


Fig. 5B