



(10) **DE 10 2010 016 599 B4** 2013.09.05

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 016 599.9**  
(22) Anmeldetag: **23.04.2010**  
(43) Offenlegungstag: **27.10.2011**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **05.09.2013**

(51) Int Cl.: **H02K 15/02 (2006.01)**  
**B21D 5/00 (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:  
**Embedded Microsystems Bremen GmbH (EMB)**  
**Applikationszentrum für Mikrosystemtechnik,**  
**28359, Bremen, DE; Universität Bremen, 28359,**  
**Bremen, DE**

(74) Vertreter:  
**von Ahsen, Erwin-Detlef, Dipl.-Ing., 85354,**  
**Freising, DE**

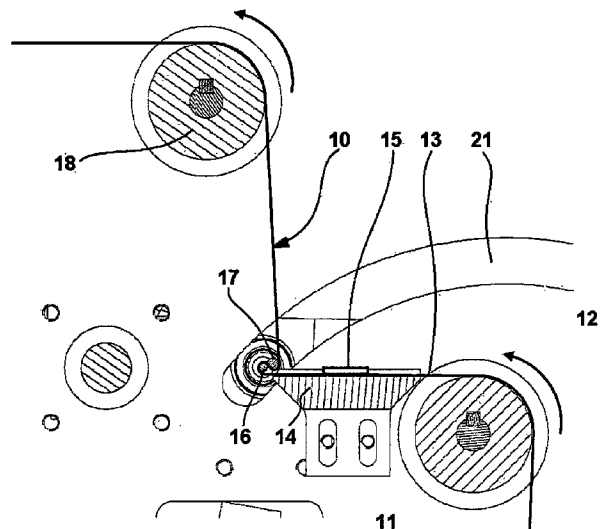
(72) Erfinder:  
**Allers, Sebastian, Dipl.-Ing., 28359, Bremen, DE;**  
**Kuhfuß, Bernd, Prof.Dr.Ing., 28359, Bremen, DE;**  
**Piwiek, Volker, Dr.Ing., 27721, Ritterhude, DE**

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

|    |                 |    |
|----|-----------------|----|
| DE | 26 29 532       | C2 |
| DE | 34 47 979       | A1 |
| DE | 41 00 211       | A1 |
| DE | 10 2004 005 278 | A1 |
| DE | 10 2007 043 443 | A1 |
| DE | 693 04 481      | T2 |
| DD | 38 931          | A1 |
| CH | 682 780         | A5 |
| US | 7 042 122       | B1 |
| CN | 201 140 946     | Y  |
| JP | S59-92 761      | A  |

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Biegen eines ebenen Werkstücks**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Herstellung von Statorwicklungen (15) für Mikromotoren aus auf einem ebenen Polymerträger galvanisch oder lithographisch aufgebracht Spulen mit einem rotierenden Wickeldorn (16, 22) und einem Andruckorgan zum Andrücken des mit den Spulen versehenen Polymerträgers an den Wickeldorn (16, 22), nämlich einem gleichsinnig mit dem Wickeldorn (16, 22) bewegten Gurt (10), der den mit den Spulen versehenen Polymerträger über einen vorbestimmten Umschlingungswinkel an den Wickeldorn (16, 22) andrückt, wobei der Gurt (10) und der Wickeldorn (16, 22) gesondert synchron zueinander angetrieben sind.



### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung von Statorwicklungen für Mikromotoren aus auf einem Polymerträger galvanisch oder lithografisch aufgebracht Spulen.

**[0002]** Für bestimmte Anwendungen werden so genannte Mikromotoren benötigt. Das sind elektrische Maschinen mit einem Gehäusedurchmesser von lediglich 4 mm oder weniger. Als Läufer, auch als Rotor bezeichnet, werden in solchen Mikromotoren permanent erregte Läufer verwendet. Um einen Gehäusedurchmesser von 4 mm zu gewährleisten sind Statoren von nur 3 mm Durchmesser erforderlich. Bisher wurden solche Statoren in herkömmlicher Weise wie große Statoren mit einem Draht mit entsprechend kleinem Durchmesser gewickelt. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig und teuer, auch weil sehr viel Ausschuss entsteht.

**[0003]** Die Erfindung ist auf das Biegen von Mikroteilen, nämlich Statorwicklungen der oben beschriebenen Mikromotoren, gerichtet. Eine solche Statorwicklung kann durch galvanisches Abscheiden eines elektrisch leitfähigen Materials als Leiterbahn auf einem ebenen, elektrisch nicht leitenden Träger in Form von zwei oder mehr ebenen Spulen und anschließendes Umformen (Biegen) des Trägers zu einem zylindrischen Körper hergestellt werden. Dabei werden die Spulen beispielsweise auf einem Polymerträger aufgebracht. Diese Art der Aufbringung von Leiterbahnen ist aus der Mikrosystemtechnik an sich bekannt und hat sich bewährt. Als Träger eignet sich insbesondere ein Epoxidharzträger (Material Su-8). Für eine Statorwicklung eines Mikromotors werden dabei in der Regel drei nebeneinander liegende Kupferspulen mit einem Leiterquerschnitt von 20 µm auf einen rechteckigen Träger aufgetragen. Anschließend wird der Träger zu einem Zylinder mit dem gewünschten Durchmesser plastisch umgeformt. Ein gewisses elastisches Auffedern ist dabei durchaus erwünscht, da die Statorwicklung dann unter einer entsprechenden Vorspannung in das Statorgehäuse, welches die Form eines kleinen Röhrchens aufweist, eingebracht werden kann.

**[0004]** Um aus dem ebenen, mit den Spulen versehenen Träger die zylindrische Statorwicklung zu formen, wurden zunächst die bekannten Umformverfahren erwogen, nämlich Umformen mit Matrix und Stempel, das Drei-Rollen-Biegen sowie das Ziehen durch eine konische Hülse. Beim Umformen mit Matrix und Stempel müssen Matrix und Stempel auf den gewünschten Statordurchmesser abgestimmt werden, was eine Anpassung auf verschiedene Durchmesser aufwendig macht. Beim Drei-Rollen-Biegen lässt sich die Vorrichtung zwar sehr einfach durch Verändern des Abstandes der Rollen zueinander an unterschiedliche Biegeradien und damit Statordurch-

messer anpassen. Bei einem Statordurchmesser von 3 mm dürften die Rollen aber nur einen Durchmesser von ca. 1,5 mm aufweisen. Ferner lassen sich die Enden des Trägers nicht vollständig umformen. Beim Ziehen durch konische Hülsen ist die Reibung zwischen Hülse und dem Träger nachteilig, da sie zu einer Beschädigung der Spulen führen kann.

**[0005]** Aus der Dissertation des Herrn Dipl.-Ing. Malte Hinrichs „Elektromagnetische Wandler für miniaturisierte Systeme“, Berlin 2007, Seiten 121 bis 127 ist es bekannt, einen Innenstator eines Außenläufermotores mit Planarspulen, die auf einem ebenen Träger aus einer Polyamidfolie aufgebracht sind, herzustellen. Der beschichtete Träger wird sodann um ein Rückschlussrohr gewickelt und mit einem Schrumpfschlauch fixiert. Dieses Verfahren eignet sich ausschließlich für die Herstellung eines Innenstators eines Außenläufermotores.

**[0006]** Aus der DE 103 07 814 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule bekannt, bei welchem auf einem ebenen Träger ein Draht spiralförmig als Planarspule fixiert wird. Dabei werden zwei oder mehr Planarspulen auf einem Träger angebracht und dieser dann hülsenförmig gerollt. Wie dieses erfolgt, lässt die Schrift offen.

**[0007]** Aus der EP 0 594 382 B1 (entsprechend DE 693 04 481 T2) ist eine Vorrichtung zur Herstellung eines Transformatorenkerns bekannt, bei welchem amorphe Stahlbänder mittels eines Gurtes auf ein Kernfenster gewickelt werden.

**[0008]** Aus der DE 34 47 979 A1 ist ein auf einer Polymerträger aufgebracht Spule bekannt. Diese wird zur Herstellung eines Stators in nicht näher beschriebenen Weise umgeformt.

**[0009]** Die US 7 042 122 B1 zeigt eine Vorrichtung zum Umformen von Wicklungen, indem die Wicklungen mittels Gurten um einen Wickeldorn gewickelt werden. Dabei werden die Gurte angetrieben und schleppen den Wickeldorn mit.

**[0010]** Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzuschlagen, mit denen sich ebene Statorwicklungen einfach und zuverlässig umformen lassen.

**[0011]** Zur Lösung dieses Problems nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Statorwicklung hergestellt, in dem die zunächst ebene Statorwicklung aus der auf den ebenen Polymerträger aufgebracht Spule mittels eines rotierenden Wickeldorns gebogen und mittels eines gleichsinnig mit dem Wickeldorn bewegten Gurtes an den Wickeldorn über einen vorbestimmten Umschlingungswinkel angedrückt wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von Statorwicklungen für Mikro-

motoren aus auf einem ebenen Polymerträger galvanisch oder lithografisch aufgebracht Spulen ist mit einem rotierenden Wickeldorn und einem Andruckorgan zum Andrücken des mit dem Spulen versehenen Polymerträgers an den Wickeldorn versehen, nämlich ein gleichsinnig mit dem Wickeldorn bewegten Gurt, der den mit Spulen versehenen Polymerträger über einen vorbestimmten Umschlingungswinkel an den Wickeldorn andrückt, wobei der Gurt und der Wickeldorn gesondert synchron zueinander angetrieben sind.

**[0012]** Durch die Erfindung lässt sich die ebene Statorwicklung einfach auf den Gurt auflegen. Die Vorrichtung wird dann gestartet und dadurch die Statorwicklung zwischen dem Wickeldorn und dem Gurt eingezogen. Die Statorwicklung wird dabei um den Wickeldorn gewickelt und dabei plastisch verformt. Dabei wird die Statorwicklung so lange um den Wickeldorn umlaufen gelassen, bis es sich entsprechend dem Durchmesser des Wickeldorns verformt hat. Je nach Werkstoff und Umformbedingungen, insbesondere der Umformtemperatur, kann hierfür schon ein Umlauf ausreichen. Durch den gesonderten synchronen Antrieb von Wickeldorn und Gurt wird Reibung zwischen ihnen und auch mit der Statorwicklung vermieden. Der Gurt ist vorzugsweise ein Endlosgurt, der als geschlossene Schlaufe umläuft. Es kann aber auch ein endlicher Gurt vorbestimmter Länge eingesetzt werden, der von einer in Laufrichtung des Gurtes vor dem Wickeldorn angeordneten Trommel abgewickelt und einer hinter den Wickeldorn angeordneten Trommel wieder aufgewickelt wird. Bei dieser Variante müssten die Trommeln aber immer wieder ausgetauscht werden, so dass diese Varianten eher nicht zur Anwendung kommen wird.

**[0013]** Der Gurt wird vorzugsweise über einen Umschlingungswinkel von  $90^\circ$  bis  $310^\circ$ , insbesondere  $180^\circ$  bis  $310^\circ$ , vorzugsweise  $260^\circ$  um den Wickeldorn geführt. Je nach Werkstoff und Umformbedingungen reicht dieser Umschlingungswinkel, um die Statorwicklung zuverlässig um den Wickeldorn zu wickeln und dabei umzuformen. Um auch Umschlingungswinkel von über  $180^\circ$  erreichen zu können, muss der Gurt in Laufrichtung gesehen hinter dem Wickeldorn vom davor verlaufenden Gurtbereich weg umgelenkt werden. Zu diesem Zweck ist nach einer konstruktiven Ausgestaltung der Erfindung in Laufrichtung des Gurtes gesehen hinter dem Wickeldorn eine Umlenkwalze für den Gurt angeordnet.

**[0014]** Wie bereits oben angedeutet, sollte die Statorwicklung bei still stehendem Gurt auf denselben aufgelegt und der Gurt, und mit ihm der Wickeldorn, sodann angetrieben werden. Die Statorwicklung lässt sich so gefahrlos auf dem Gurt positionieren. Erst dann startet der Bediener die Vorrichtung und die Statorwicklung wird umgeformt.

**[0015]** Um die fertig umgeformte Statorwicklung auf einfache Weise vom Wickeldorn abnehmen zu können, lässt sich nach einer Weiterbildung der Erfindung der Gurt außer Eingriff mit dem Wickeldorn bringen. Der Wickeldorn ist so frei zugänglich und die Statorwicklung kann ohne Behinderung durch den Gurt entnommen werden. Zu diesem Zweck ist der Wickeldorn vorzugsweise von dem Gurt weg bewegbar, insbesondere schwenkbar. Auch die Umlenkwalze sollte von dem Gurt weg bewegbar, insbesondere schwenkbar, sein. Dieses ist bei einem Umschlingungswinkel des Gurtes um den Wickeldorn von mehr als  $180^\circ$  erforderlich, um den Wickeldorn überhaupt von dem Gurt weg bewegen zu können.

**[0016]** Nach einer konstruktiven Ausgestaltung der Erfindung ist in Laufrichtung des Gurtes gesehen vor dem Wickeldorn ein Ablagebereich angeordnet, in dem die Statorwicklung auf den Gurt abgelegt und sodann zwischen den Wickeldorn und den Gurt eingezogen wird. Der gesonderte Ablagebereich erleichtert ebenfalls das Platzieren der Statorwicklung auf dem Gurt. In diesem Bereich sollte der Gurt von einem Ablagetisch unterstützt sein, damit er nicht durchhängt.

**[0017]** Der Wickeldorn kann auch zwei oder mehr Stufen unterschiedlichen Durchmessers aufweisen. Der Gurt wird dann mit der Statorwicklung zunächst über die Stufe mit dem größten Durchmesser und anschließend nacheinander über die Stufen mit kleinerem Durchmesser geführt. Die Statorwicklung wird also zunächst mit einem großen Radius und dann mit immer kleiner werdendem Radius gebogen. Hierdurch ergibt sich ein schonendes Umformen der Statorwicklung. Der Übergang zwischen den Stufen kann dabei als radial verlaufende Schulter ausgebildet sein. Alternativ kann der Übergang aber auch als kegelstumpfförmige, rampenartige Abschnitte ausgebildet werden.

**[0018]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Darin zeigen:

**[0019]** Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen in Vorderansicht in Arbeitsstellung,

**[0020]** Fig. 2 ein Detail der Vorrichtung gemäß Fig. 1 in Vorderansicht in Arbeitsstellung,

**[0021]** Fig. 3 die Vorrichtung gemäß Fig. 1 in Vorderansicht in einer Entnahmestellung,

**[0022]** Fig. 4 ein Detail einer weiteren Vorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen in perspektivischer Ansicht in Arbeitsstellung.

**[0023]** Die in Fig. 1 gezeigte Vorrichtung weist einen umlaufenden Endlosgurt **10** auf, der als geschlossene-

ne Schlaufe um Umlenkrollen geführt ist. Von diesen Umlenkrollen ist in [Fig. 1](#) zunächst eine Antriebsrolle **11** gezeigt, die in Richtung des Pfeils **12**, also im Gegenuhrzeigersinn drehend antreibbar ist. Dementsprechend läuft auch der Endlosgurt **10** im Gegenuhrzeigersinn um. In Umlaufrichtung **27** des Endlosgurtes **10** gesehen ist hinter der Antriebsrolle **11** ein horizontaler Abschnitt **13** des Endlosgurtes **10** angeordnet. Dieser Abschnitt **13** wird von einem Ablagetisch **14** unterstützt, so dass der Endlosgurt **10** hier nicht durchhängen kann. Der horizontale Abschnitt **13** bildet damit einen Ablagebereich, auf dem eine ebene Statorwicklung **15**, konkret ein lithographisch bearbeiteter Rohling für eine Statorwicklung einer kleinen elektrischen Maschine, aufgelegt wird. Die Breite (senkrecht zur Umlaufrichtung **27** gesehen) des Endlosgurtes **10** ist so bemessen, dass der Endlosgurt **10** mindestens so breit wie die Statorwicklung **15** ist.

**[0024]** Wieder in Umlaufrichtung **27** des Endlosgurtes **10** gesehen ist hinter dem horizontalen Abschnitt ein Wickeldorn **16** angeordnet, um den der Endlosgurt **10** herumgeführt ist. Der Endlosgurt **10** wird mit einem Umschlingungswinkel von  $90^\circ$ , vorzugsweise  $180^\circ$ , bis  $310^\circ$  um den Wickeldorn **16** herumgeführt. Damit auch Umschlingungswinkel von über  $180^\circ$  erzielt werden können, ist der Endlosgurt **10** um eine in Umlaufrichtung **27** des Endlosgurtes **10** gesehen hinter dem Wickeldorn **16** angeordneten Walze **17** geführt. In dem in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) konkret gezeigten Beispiel ist der Endlosgurt **10** mit einem Umschlingungswinkel von etwa  $260^\circ$  um den Wickeldorn **16** geführt. Die Walze **17** sorgt dafür, dass der Endlosgurt **10** hinter dem Wickeldorn **16** wieder von dem horizontalen Abschnitt **13** weg bewegt wird. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Endlosgurt **10** etwa senkrecht nach oben abgelenkt.

**[0025]** Über eine weitere in [Fig. 1](#) noch gezeigte Umlenkrolle **18** und weitere Umlenkrolle wird der Endlosgurt **10** dann wieder zur Antriebsrolle **11** geführt. Ferner ist wenigstens eine der Rollen als Tänzerrolle ausgebildet, die den Endlosgurt **10** stets straff spannt.

**[0026]** Anstelle der Antriebsrolle **11** kann auch jede andere der Umlenkrollen, beispielsweise die Umlenkrolle **18** antreibbar sein. Es reicht völlig, wenn eine der Rollen angetrieben wird. Selbstverständlich können auch mehrere der Rollen angetrieben sein. Zusätzlich wird der Wickeldorn **16** gesondert synchron zur Umlaufgeschwindigkeit des Endlosgurtes **10** angetrieben, so dass zwischen dem Endlosgurt **10** und dem Wickeldorn **16** kein Schlupf entsteht. Hierdurch wird Reibung zwischen dem Endlosgurt **10** und dem Wickeldorn und damit auch mit der Statorwicklung **15** vermieden, was insbesondere bei empfindlichen Statorwicklungen sonst zu einer Beschädigung führen könnte. Der schlupffrei, synchrone Antrieb bietet sich daher insbesondere für Statoren von Mikromotoren

an, da sonst die empfindlichen Spulen aufgrund der Reibung beschädigt werden könnten.

**[0027]** Es kann erforderlich sein, den Umformvorgang unter Wärme durchzuführen, um Spannungen während der Umformung zwischen dem Träger und den Leiterbahnen zu reduzieren. Hierfür ist eine Umformtemperatur zwischen  $200^\circ\text{C}$  und  $300^\circ\text{C}$  anzustreben. Dieses wird durch eine geeignete Heizung erreicht, beispielsweise durch ein Heißluftgebläse oder indem der Wickeldorn **16** beheizt wird. Auch ist es möglich, die Statorwicklung **15** schon im Bereich des Auflagetisches **14** auf die Umformtemperatur aufzuheizen, damit es gleich zu Beginn des Umformvorganges auf Umformtemperatur ist. Hierzu kann eine Heizung in den Auflagetisch **14** integriert sein oder hier ein Heizgebläse, ein Heizstrahler oder eine andere geeignete Heizung vorgesehen sein.

**[0028]** Sobald der Bediener eine Statorwicklung **15** auf den Endlosgurt **10** im Bereich des Ablagebereichs (horizontaler Abschnitt **13**) aufgelegt hat, startet er die Antriebsrolle **11** und der Endlosgurt **10** läuft um. Die Statorwicklung **15** wird dadurch unter den Wickeldorn **16** eingezogen und durch den Endlosgurt **10** um den Wickeldorn **16** gewickelt. Die Statorwicklung **15** wird dabei plastisch verformt, so dass es auf dem Wickeldorn **16** verbleibt. Obgleich dieses in der Regel nicht erforderlich sein wird, kann der Wickeldorn **16** mit die Adhäsion der Statorwicklung **15** auf dem Wickeldorn **16** unterstützenden Mitteln versehen sein. Zu diesem Zweck kann der Wickeldorn **16** beispielsweise als Unterdruckwalze ausgebildet sein, welche die Statorwicklung **15** auf ihrer Mantelfläche ansaugt.

**[0029]** Der Endlosgurt **10** wird solange weiterangetrieben, bis die Statorwicklung **15** ausreichend plastisch verformt ist, so dass es die Form des Wickeldorns **16** angenommen hat. Ein gewisses elastisches Auffedern der umgeformten Statorwicklung **15** ist dabei durchaus erwünscht. Im Falle eines Stators für einen Mikromotor kann dieser Stator dann kraftschlüssig in einem Statorgehäuse gehalten werden, indem er vor dem Einsetzen in das Statorgehäuse elastisch zusammen gebogen und in diesem Zustand in das Statorgehäuse eingesetzt wird. Durch elastisches Auffedern wird der Stator dann im Statorgehäuse kraftschlüssig gehalten.

**[0030]** Um die fertig umgeformte Statorwicklung **15** von dem Wickeldorn **16** abziehen zu können, ist die Walze **17** beweglich, im vorliegenden Falle verschwenkbar, gelagert. Wie durch den Pfeil **19** in [Fig. 3](#) dargestellt, wird die Walze **17** in einer bogenförmigen Bewegung nach oben von dem Wickeldorn **16** und dem Endlosgurt **10** weggeschwenkt, so dass sie außer Eingriff mit dem Endlosgurt **10** gelangt. Nun wird auch der Wickeldorn **16** vom Endlosgurt **10** weg, im vorliegenden Fall gemäß der Darstellung in [Fig. 3](#) nach rechts, bewegt (Pfeil **20**). Zu diesem Zweck

ist der Wickeldorn **16** in einer Kulisse **21** beweglich, konkret bogenförmig beweglich, geführt. Fig. 3 zeigt die Vorrichtung mit in Entnahmestellung wegbewegter Walze **17** und Wickeldorn **16**. Wie gut zu erkennen ist, verläuft der Endlosgurt **10** direkt von der Antriebswalze **11** zur Umlenkrolle **18**, so dass der Wickeldorn **16** frei zugänglich ist. Das umgeformte Werkstück **15** kann nun von dem Wickeldorn **16** abgezogen werden.

**[0031]** Eine alternative Ausführungsform ist in Fig. 4 gezeigt. Im Unterschied zum vorhergehend erläuterten Ausführungsbeispiel ist ein abgestufter Wickeldorn **22** eingesetzt. Dieser Wickeldorn **22** weist mehrere in Stufen **23**, **24**, **25** kleiner werdende Durchmesser auf, die in Axialrichtung des Wickeldorns gesehen hintereinander konzentrisch angeordnet sind und im vorliegenden Fall in der Ansicht gemäß Fig. 4 von rechts nach links immer kleiner werden. Die Zahl der Stufen **23** ... **25** ist beliebig und hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Vorliegend sind drei Stufen **23**, **24** und **25** vorgesehen.

**[0032]** Der Endlosgurt **10** wird zunächst über die Stufe **23** mit dem größten Durchmesser geführt. Die Statorspule **15** wird hier mit einem dem Radius dieser Stufe **23** entsprechenden Radius vorgebogen. Nach einer hierfür ausreichenden Anzahl von Umläufen der Statorwicklung **15** auf dieser Stufe **23** wird der Endlosgurt **10** in Richtung der Pfeile **26**, also senkrecht zu seiner Umlaufrichtung **27** (was wiederum der Axialrichtung des Wickeldorns **22** entspricht) relativ zum Wickeldorn **22** verschoben. Dieses kann dadurch erfolgen, dass der Wickeldorn **22** in Gegenrichtung zu den Pfeilen **26** zurückgezogen oder der Endlosgurt **10** in Richtung der Pfeile **26** durch entsprechende Führung verschoben wird. Selbstverständlich ist auch eine Kombination von beiden Bewegungen möglich. Der Endlosgurt **10** wird dabei zunächst nur soweit relativ zum Wickeldorn **22** verschoben, dass er auf die nächste Stufe **24** gelangt und die Statorwicklung **15** um diese Stufe **24** umläuft. Hierdurch wird die Statorwicklung auf dieser Stufe auf einen dieser Stufe **24** entsprechenden kleineren Radius vorgebogen. Nach einer hierfür ausreichenden Anzahl von Umläufen um die kleinere Stufe **24** wird der Endlosgurt **10** dann wieder wie oben beschrieben weiter relativ zum Wickeldorn **22** auf die nächst kleinere Stufe **23**, welche im vorliegenden Fall die kleinste Stufe ist, verschoben und die Statorspule **15** hier auf einen der Stufe **23** entsprechenden Radius (fertig-)gebogen. Die Entnahme der Statorwicklung erfolgt nach der Fertigstellung dann wieder wie oben anhand der Fig. 3 beschrieben.

**[0033]** In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel für einen Wickeldorn **22** mit Stufen **23** ... **25** gezeigt, die voneinander durch radial verlaufende Schultern **28** abgegrenzt sind, also analog zu Treppenstufen. Selbstverständlich können anstelle der radialen Schultern **28**

auch kegelstumpfförmige Rampen zwischen den Stufen **23** ... **25** vorgesehen sein. Ferner ist es möglich, nur eine größte Stufe und eine kleinste, dem Biegeradius der fertig bearbeiteten Statorwicklung **15** entsprechende Stufe vorzusehen.

**[0034]** Anwendungsgebiet der vorliegenden Erfindung ist deshalb das Umformen von Statorwicklungen für Mikromotoren, bei denen der Stator einen Durchmesser von 4 mm oder weniger aufweist. Dabei werden die Mikrospulen für den Stator zunächst z. B. lithographisch oder durch galvanisches Abscheiden auf einem ebenen Träger aufgebracht. Ferner kommt auch ein Ätzverfahren, bei dem die zwischen den Leiterbahnen liegenden Bereiche einer Metallschicht, z. B. Kupferschicht, weggeätzt werden. All diese Verfahren sind im Prinzip aus der Herstellung von Platinen bekannt. Als Träger wird ein Epoxidharzträger verwendet. Besonders geeignet ist das Material Su-8. Dieser Träger bildet das umzuformende Werkstück, welches dann in der oben beschriebenen Weise zu einer zylindrischen Statorwicklung bei einer Temperatur von 200°C bis 300°C umgeformt wird.

#### Bezugszeichenliste

|           |                |
|-----------|----------------|
| <b>10</b> | Endlosgurt     |
| <b>11</b> | Antriebsrolle  |
| <b>12</b> | Pfeil          |
| <b>13</b> | Abschnitt      |
| <b>14</b> | Ablagetisch    |
| <b>15</b> | Statorwicklung |
| <b>16</b> | Wickeldorn     |
| <b>17</b> | Walze          |
| <b>18</b> | Umlenkrolle    |
| <b>19</b> | Pfeil          |
| <b>20</b> | Pfeil          |
| <b>21</b> | Kulisse        |
| <b>22</b> | Wickeldorn     |
| <b>23</b> | Stufe          |
| <b>24</b> | Stufe          |
| <b>25</b> | Stufe          |
| <b>26</b> | Pfeil          |
| <b>27</b> | Umlaufrichtung |
| <b>28</b> | Schulter       |

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung von Statorwicklungen (**15**) für Mikromotoren aus auf einem ebenen Polymerträger galvanisch oder lithographisch aufbrachten Spulen mit einem rotierenden Wickeldorn (**16**, **22**) und einem Andruckorgan zum Andrücken des mit den Spulen versehenen Polymerträgers an den Wickeldorn (**16**, **22**), nämlich einem gleichsinnig mit dem Wickeldorn (**16**, **22**) bewegten Gurt (**10**), der den mit den Spulen versehenen Polymerträger über einen vorbestimmten Umschlingungswinkel an den Wickeldorn (**16**, **22**) andrückt, wobei der Gurt (**10**) und

der Wickeldorn (**16, 22**) gesondert synchron zueinander angetrieben sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Laufrichtung (**27**) des Gurtes (**10**) gesehen vor dem Wickeldorn (**16, 22**) ein Ablagebereich angeordnet ist, in dem die Statorwicklung (**15**) auf den Gurt (**10**) abgelegt und sodann zwischen den Wickeldorn (**16, 22**) und den Gurt (**10**) eingezogen wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gurt (**10**) im Ablagebereich von einem Ablagetisch (**14**) unterstützt ist.

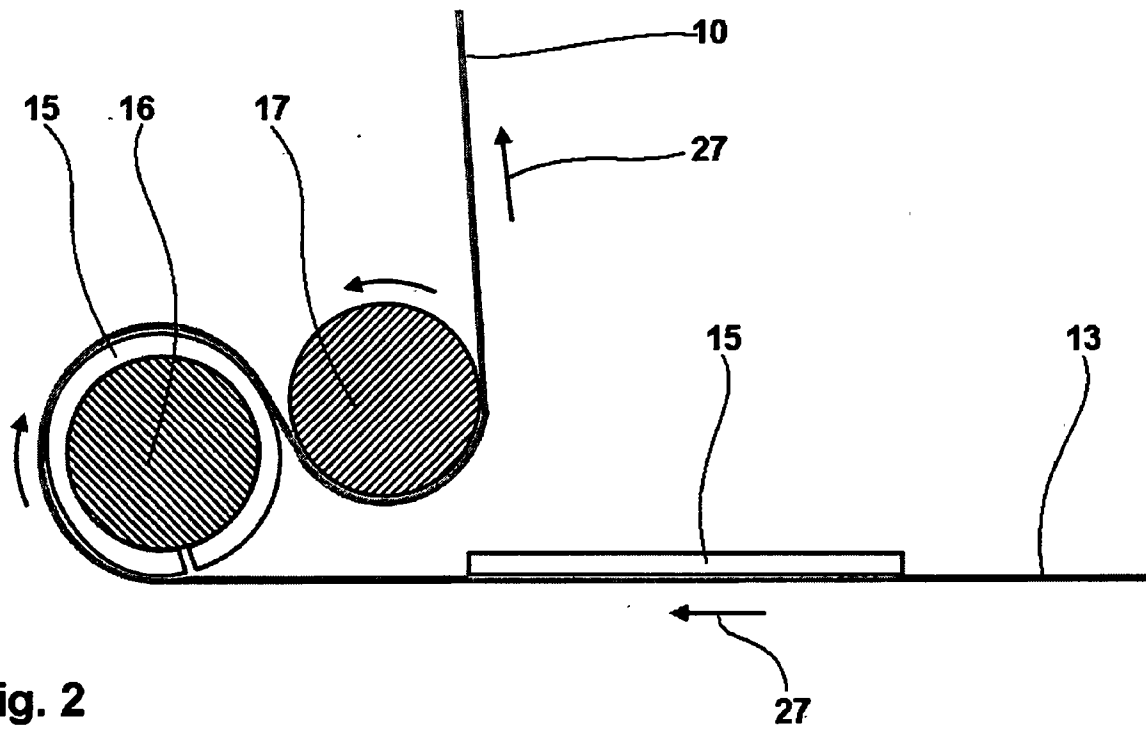
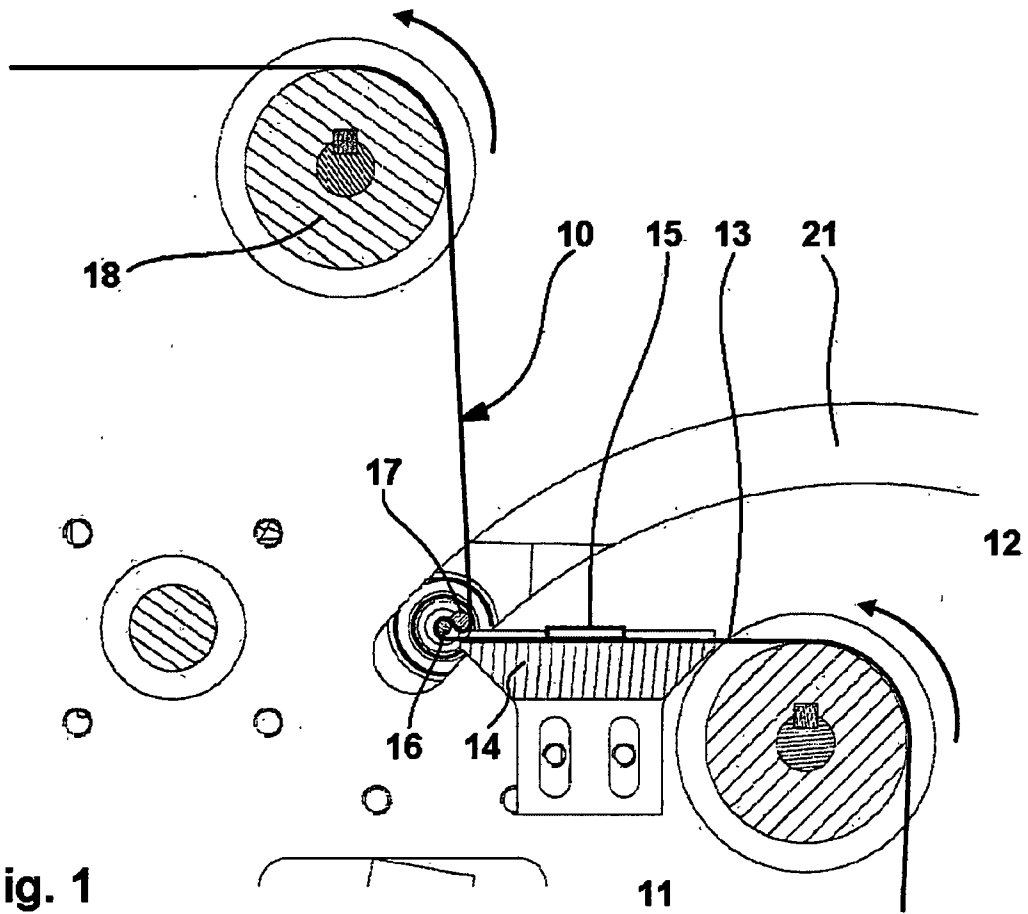
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickeldorn (**16, 22**) von dem Gurt (**10**) weg bewegbar, insbesondere schwenkbar, ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Wickeldorn (**22**) zwei oder mehr Stufen (**23, 24, 25**) unterschiedlichen Durchmessers aufweist, wobei der Gurt (**10**) mit der Statorwicklung (**15**) zunächst über die Stufe (**23**) mit dem größten Durchmesser und anschließend nacheinander über die Stufen (**24, 25**) mit kleinerem Durchmesser geführt wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Übergang zwischen zwei benachbarten Stufen (**23 ... 25**) als radial verlaufende Schulter (**28**) oder als kegelstumpfförmige, rampenartige Abschnitte ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



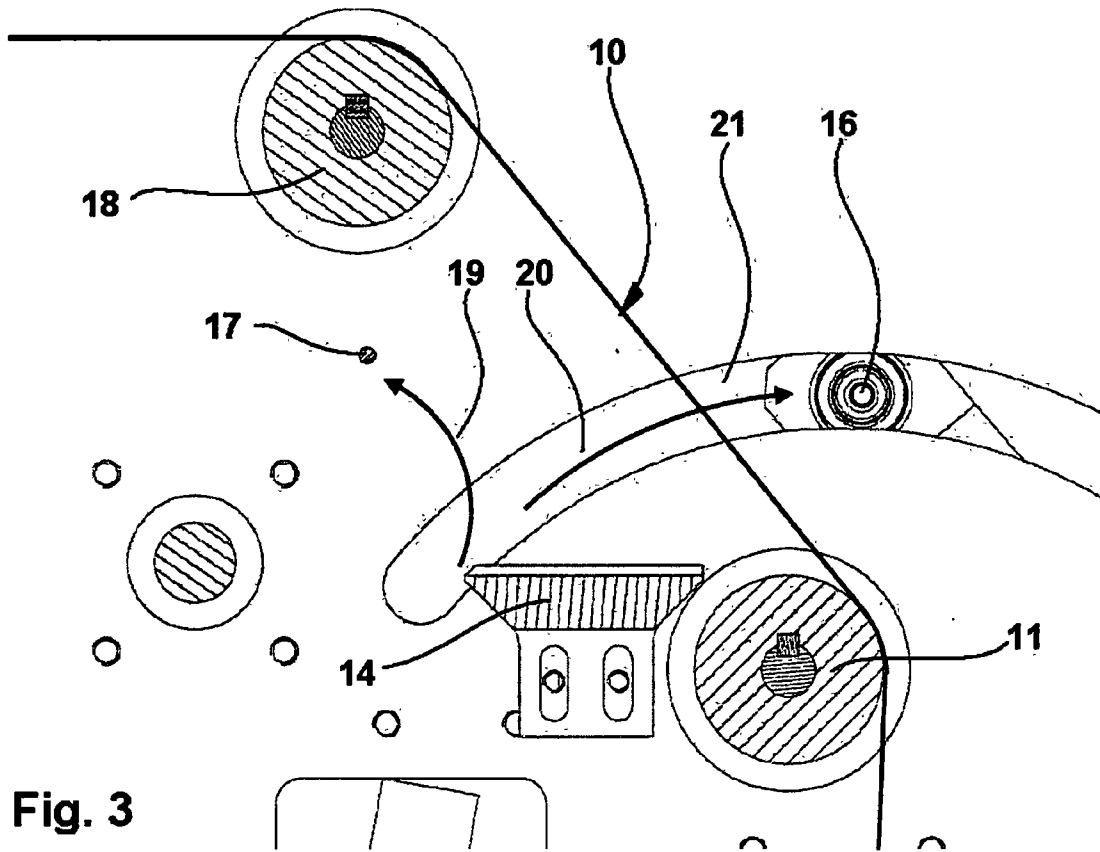


Fig. 3

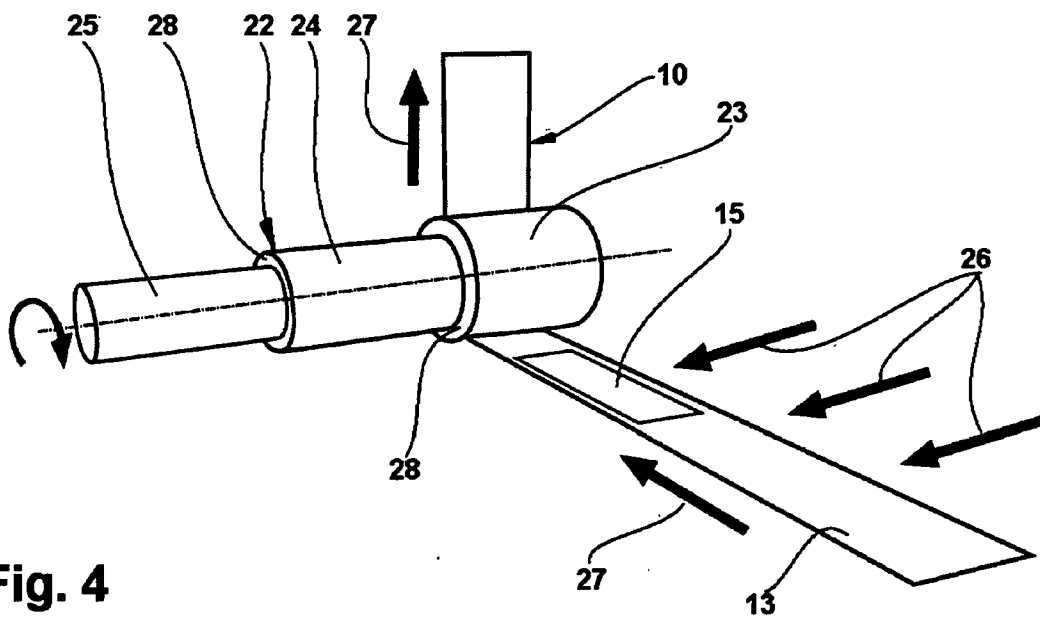


Fig. 4