



(10) **DE 11 2015 002 921 T5** 2017.03.09

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/194537**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 002 921.4**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2015/067274**
(86) PCT-Anmeldetag: **16.06.2015**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **23.12.2015**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **09.03.2017**

(51) Int Cl.: **H02K 15/04** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2014-126762 **20.06.2014** **JP**

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

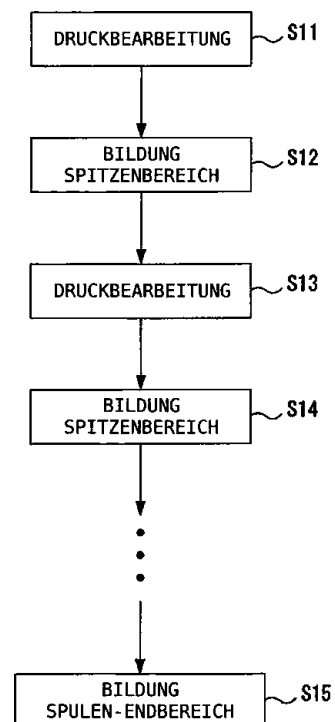
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:
**Hino, Tatsuro, Tokyo, JP; Muto, Kazunori, Tokyo,
JP; Tsuiki, Hironori, Tokyo, JP; Egashira, Kohei,
Tokyo, JP; Sakaue, Atsushi, Tokyo, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer dynamoelektrischen Maschine**

(57) Zusammenfassung: Ein vorgegebener Teil eines leitenden Drahtes wird mit Druck beaufschlagt und plastisch verformt, um einen Schlitzbereich zu bilden, der einen gewünschten Querschnitt hat (Schritt S11). Ein Teil, der von dem Schlitzbereich einen vorgegebenen Abstand entfernt ist, wird gepresst, um einen Spitzenbereich zu bilden (Schritt S12). Danach wird ein Teil, der von dem Spitzenbereich einen vorgegebenen Abstand entfernt ist, plastisch bearbeitet, um den nächsten Schlitzbereich zu bilden (Schritt S14). Durch eine Wiederholung dieser Schritte wird ein leitender Draht hergestellt, an dem die benötigte Anzahl an Schlitzbereichen und Spitzenbereichen ausgebildet ist. Unter Verwendung des Spitzenbereichs als Referenz wird der leitende Draht gebogen, um einen Spulen-Endbereich zu bilden, und wird um eine Vielzahl von Wicklungen in eine hexagonale Form gebogen (Schritt S15). Dadurch wird eine hexagonale Spule gebildet, in der der leitende Draht um eine vorgegebene Anzahl von Wicklungen gewickelt ist. In der hexagonalen Spule werden Bündel der Schlitzbereiche zu zwei gegenüberliegenden Seiten und werden in Schlitze des Ankers eingesetzt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer dynamoelektrischen Maschine.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] In jüngerer Zeit wird bei rotierenden elektrischen Maschinen, wie beispielsweise elektrischen Motoren oder elektrischen Generatoren, vorausgesetzt, dass sie kleine Dimensionen, eine hohe Leistung und eine hohe Effizienz aufweisen. Um eine Größenreduktion bei diesem Typ von rotierenden elektrischen Maschinen zu erreichen, hat man hinsichtlich der Größenreduktion auf Seite der Spulen, die dann keinen ausreichenden effektiven magnetischen Fluss erzeugen, hauptsächlich Ankerwicklungen mit konzentrierten Wicklungen verwendet, bei denen leitende Drähte auf jeweilige Zähne des Ankerkerns gewickelt werden.

[0003] Es besteht jedoch Bedarf an einem Anker mit einer Ankerwicklung, die eine verteilte Wicklungsstruktur hat, was eine hohe Ausgangsleistung ermöglicht. Im Folgenden wird ein Verfahren zum Herstellen einer rotierenden elektrischen Maschine angegeben, die verteilte Wicklungen hat, die dadurch gebildet werden, dass leitende Drähte in Schlitze eingesetzt werden, die durch zwei oder mehr Schlitze voneinander getrennt sind.

[0004] Mit steigender Ausgangsleistung wird tendenziell ein leitender Draht mit einer großen Querschnittsfläche verwendet, um eine Anpassung an hohe Stromstärken vorzunehmen. Zusätzlich wird ein Verfahren eingesetzt, mit dem die Querschnittsform oder die Querschnittsfläche von einem leitenden Draht durch Druckbearbeitung geändert wird, so dass das Verhältnis (der sogenannte Raumfaktor, engl. space factor) der Fläche des leitenden Drahtes zu der effektiven Teilfläche eines Schlitzes, sowie die Isolierungseigenschaften verbessert werden.

[0005] Unter diesen gegebenen Umständen wird ein Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine benötigt, mit dem eine präzise Bearbeitung solch eines leitenden Drahtes mit einer großen Querschnittsfläche und großer Steifigkeit ermöglicht wird, und mit dem eine Verbesserung der Durchführung erreicht werden kann.

[0006] Als Herstellungsverfahren, das diese Kriterien erfüllt, kann beispielsweise das folgende Verfahren verwendet werden: ein leitender Draht mit einem runden Querschnitt wird zu einer Ringform mit einer Vielzahl von Windungen gebogen, und dann werden von dem leitenden Draht leitende Drähte (die eine

derartige Form haben, dass eine Vielzahl von leitenden Drähten in der radialen Richtung der rotierenden elektrischen Maschine aufeinander geschichtet werden) eines Schlitzaufnahme-Bereichs (Schlitzbereichs), der ein Teil ist, der in einem Schlitz aufgenommen werden soll, mit einer Pressenanordnung einer Pressformmaschine mit Druck beaufschlagt, so dass der Querschnitt zu einer Ellipsenform oder Rennbahnform (engl. race track shape) verformt wird (siehe Patentdokument 1).

ENTGEGENHALTUNGEN

[0007]

Patentdokument 1: Wiederveröffentlichung der WO 2004/062065 A1 (Seite 6, Zeile 30 bis Seite 7, Zeile 7, und Fig. 7)

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

MIT DER ERFINDUNG ZU LÖSENDES PROBLEM

[0008] Das herkömmliche Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine ist wie oben beschrieben ausgestaltet. Bei einer Spule, die aus einer Vielzahl von gewickelten leitenden Drähten gebildet ist, haben leitende Drähte eine derartige Form, dass eine Vielzahl von leitenden Drähten aufeinander geschichtet wird und diese gleichzeitig gemeinsam gepresst werden, so dass sie deformiert werden.

[0009] Daraus ergibt sich das Problem, dass bei der Verformungsbearbeitung der leitenden Drähte Abweichungen bei der Verformung der Spulen auftreten, insbesondere hinsichtlich deren Ausdehnung in einer Richtung, die der axialen Richtung der rotierenden elektrischen Maschine entspricht. Dadurch kann die Genauigkeit bei der Einhaltung der Abmessungen nicht verbessert werden.

[0010] Die vorliegende Erfindung wurde konzipiert, um das oben beschriebene Problem zu lösen. Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine anzugeben, das eine Verbesserung hinsichtlich der Fertigungsgenauigkeit von Spulen der Ankerwicklung ermöglicht.

LÖSUNG DES PROBLEMS

[0011] Ein Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine gemäß der vorliegenden Erfindung bietet ein Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine, die einen Anker mit einer Ankerwicklung aufweist, die an einer Vielzahl von Schlitzen eines Ankerkerns angebracht ist, wobei die Schlitze ringförmig angeordnet sind, wobei die Ankerwicklung eine Spule aufweist, die aus einem leitenden Draht gebildet ist, der mit einer Vielzahl von Wicklungen gewickelt ist, wobei die Spu-

le einen Spulen-Endbereich und eine Vielzahl von Schlitzbereichen aufweist, wobei der Spulen-Endbereich Fortsatz-Bereiche und einen Verbindungsbereich aufweist, wobei die Fortsatz-Bereiche sich von den Schlitzbereichen aus erstrecken, wobei der Verbindungsbereich die Fortsatz-Bereiche miteinander verbindet, und wobei zwei der Schlitzbereiche, die durch den Spulen-Endbereich miteinander verbunden sind, in zwei der Schlitzbereiche eingesetzt werden, wobei das Verfahren folgende Schritte zum Bilden der Spule aufweist:

(a) einen Bearbeitungsschritt des leitenden Drahtes, bei dem abwechselnd ein Druckbearbeitungsschritt und ein Verbindungsbereich-Bildungsschritt durchgeführt wird, wobei der Druckbearbeitungsschritt ein Schritt ist, bei dem der leitende Draht mit Druck beaufschlagt wird, um den Querschnitt des leitenden Drahtes plastisch zu verformen, so dass die Schlitzbereiche gebildet werden, und wobei der Verbindungsbereich-Bildungsschritt ein Schritt ist, bei dem der Verbindungsbereich in dem leitenden Draht gebildet wird; und

(b) einen Spulen-Endbereich-Bildungsschritt, bei dem der leitende Draht, an dem die Schlitzbereiche und der Verbindungsbereich gebildet sind, gebogen wird, so dass der Spulen-Endbereich gebildet wird.

WIRKUNGEN DER ERFINDUNG

[0012] In dem Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine gemäß der vorliegenden Erfindung werden der Druckbearbeitungsschritt, bei dem der leitende Draht mit Druck beaufschlagt wird, um den Querschnitt des leitenden Drahtes plastisch zu verformen, so dass jeder Schlitzbereich gebildet wird, und wobei der Verbindungsbereich-Bildungsschritt, bei dem der Verbindungsbereich in dem leitenden Draht gebildet wird, zur Bildung der Spule abwechselnd ausgeführt. Dadurch werden Fehler bei der Ausdehnung in der Längsrichtung des leitenden Drahtes durch den Druckbearbeitungsschritt nicht akkumuliert. Somit kann die Abmessungsgenauigkeit der Spulen verbessert werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] Fig. 1 ist eine einseitige Schnittdarstellung, die eine rotierende elektrische Maschine gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0014] Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Anker und einen Rotor der rotierenden elektrischen Maschine zeigt.

[0015] Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht, die den Anker zeigt.

[0016] Fig. 4 ist eine perspektivische Darstellung, die einen Kernblock des Ankers zeigt.

[0017] Fig. 5 ist eine perspektivische Darstellung, die eine Spule zeigt, aus der eine Ankerwicklung gebildet wird.

[0018] Fig. 6 ist eine Draufsicht, die einen oberen Bereich der Spule zeigt, die die Ankerwicklung bildet.

[0019] Fig. 7 ist eine Vorderansicht zur Erläuterung eines Bearbeitungsvorgangs für die Spule.

[0020] Fig. 8 ist eine Schnittansicht, die die Querschnittsform eines leitenden Drahtes zeigt, der die Spule bildet.

[0021] Fig. 9 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für die Spule zeigt.

[0022] Fig. 10 ist eine Draufsicht, die den leitenden Draht vor der Bearbeitung zeigt.

[0023] Fig. 11 ist eine schematische Darstellung, die ein Verfahren zur plastischen Bearbeitung des leitenden Drahtes durch Pressformen zeigt.

[0024] Fig. 12 ist eine schematische Darstellung, die einen Bearbeitungsvorgang für einen oberen Bereich des leitenden Drahtes zeigt.

[0025] Fig. 13 ist eine Draufsicht, die einen Bearbeitungsvorgang des leitenden Drahtes zeigt.

[0026] Fig. 14 ist eine schematische Darstellung, in der ein Formungsvorgang für die Spule gezeigt wird.

[0027] Fig. 15 ist eine schematische Darstellung, in der ein Formungsvorgang für die Spule gezeigt wird.

[0028] Fig. 16 ist eine perspektivische Ansicht der Ankerwicklung.

[0029] Fig. 17 ist eine Schnittansicht von oben, in der die Kernblöcke und die Ankerwicklung zu sehen sind.

[0030] Fig. 18 ist eine Draufsicht des Ankers.

[0031] Fig. 19 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für eine Spule gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

[0032] Fig. 20 ist eine Draufsicht, die einen Bearbeitungsvorgang eines leitenden Drahtes zeigt.

[0033] Fig. 21 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für eine Spule gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

[0034] Fig. 22 ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung eines leitenden Drahtes.

[0035] Fig. 23 ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung des leitenden Drahtes.

[0036] Fig. 24 ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung des leitenden Drahtes.

[0037] Fig. 25 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für eine Spule gemäß Ausführungsform 4 zeigt.

[0038] Fig. 26 ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung eines leitenden Drahtes.

[0039] Fig. 27 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für eine Spule gemäß Ausführungsform 5 zeigt.

[0040] Fig. 28 ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung eines leitenden Drahtes.

[0041] Fig. 29 ist eine Draufsicht, die den Bearbeitungsvorgang des leitenden Drahts zeigt.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Ausführungsform 1

[0042] Fig. 1 bis Fig. 18 zeigen Ausführungsform 1 zur Ausführung der vorliegenden Erfindung. Fig. 1 ist eine einseitige Schnittdarstellung, die eine rotierende elektrische Maschine zeigt, Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Anker und einen Rotor der rotierenden elektrischen Maschine zeigt, Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht, die den Anker zeigt, Fig. 4 ist eine perspektivische Darstellung, die einen Kernblock des Ankers zeigt.

[0043] Fig. 5 ist eine perspektivische Darstellung, die eine Spule zeigt, aus der eine Ankerwicklung gebildet wird, Fig. 6 ist eine Draufsicht, die einen oberen Bereich der Spule zeigt, die die Ankerwicklung bildet, Fig. 7 ist eine Vorderansicht zur Erläuterung eines Bearbeitungsvorgangs für die Spule, und Fig. 8 zeigt die Querschnittsform eines leitenden Drahtes, der die Spule bildet, wobei Fig. 8(a) die Querschnittsform eines Spulen-Endbereichs und Fig. 8(b) die Querschnittsform eines Schlitzbereichs ist.

[0044] Fig. 9 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für die Spule zeigt, und Fig. 10 ist eine Draufsicht, die den leitenden Draht vor der Bearbeitung zeigt. Fig. 11 ist eine schematische Dar-

stellung, die ein Verfahren zur plastischen Bearbeitung des leitenden Drahtes durch Pressformen zeigt. Fig. 12 ist eine schematische Darstellung, die einen Bearbeitungsvorgang für einen oberen Bereich des leitenden Drahtes zeigt, und Fig. 13 ist eine Draufsicht, die einen Bearbeitungsvorgang des leitenden Drahtes zeigt.

[0045] Fig. 14 und Fig. 15 sind schematische Darstellungen, in denen ein Formungsvorgang für die Spule gezeigt wird, und Fig. 16 ist eine perspektivische Ansicht der Ankerwicklung. Fig. 17 ist eine Schnittansicht von oben, in der die Kernblöcke und die Ankerwicklung zu sehen sind, und Fig. 18 ist eine Draufsicht des Ankers.

[0046] In Fig. 1 und Fig. 2 weist die rotierende elektrische Maschine ein Gehäuse 1, einen Rotor 5 und einen Anker 10 auf. Das Gehäuse 1 hat einen Rahmen 2, der eine zylindrische Form mit einem Boden hat, und eine Abschlussplatte 3, die die Öffnung des Rahmens 2 verschließt. Der Rotor 5 vom Permanentmagnet-Typ hat eine Drehachse 6, einen Rotorkern 7 und einen Permanentmagneten 8. Die Drehachse 6 ist an einer axialen Position des Rotorkerns 7 eingesetzt und befestigt.

[0047] Die Permanentmagneten 8 sind an der äußeren Umfangsoberflächenseite des Rotorkerns 7 eingebettet und entlang der Umfangsrichtung des Rotorkerns 7 in einem festen Abstand zueinander angeordnet, und bilden magnetische Pole. Der Anker 10 ist in den Zylinderbereich des Rahmens 2 eingesetzt. Der Rotor 5 ist konzentrisch mit dem Anker 10 in den Anker 10 eingesetzt, und die Drehachse 6 des Rotors 5 ist durch Lager 4 am Bodenbereich des Rahmens 2 und der Abschlussplatte 3 drehbar gelagert.

[0048] Als Nächstes wird die Konfiguration des Ankers 10 unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Wie in Fig. 3 gezeigt ist, weist der Anker 10 einen Ankern Kern 11 und eine Ankerwicklung 20 auf. Der ringförmige Ankern Kern 11 ist aus einer Vielzahl von Kernblöcken 12 (siehe Fig. 4) gebildet, die ringförmig angeordnet sind, und hat Schlitze 13 (siehe Fig. 3, Fig. 4, Fig. 18).

[0049] Die Ankerwicklung 20 ist aus einer Vielzahl von Spulen 21 gebildet, von denen jede eine hexagonale Form hat und leicht bogenförmig gebogen ist, wie in Fig. 5 gezeigt, und die so in einer Ringform angeordnet sind, dass sie einander partiell überlappen (siehe Fig. 2, Fig. 3, Fig. 16). In jeden Schlitz 13 ist eine Schlitzzelle 14 eingesetzt. Die Spule 21 der Ankerwicklung 20 ist in den Schlitz 13 eingesetzt, wobei die Spule 21 gegenüber dem Ankern Kern durch die Schlitzzellen 14 isoliert ist (siehe Fig. 3, Fig. 17, Fig. 18).

[0050] Zur Vereinfachung der Beschreibung wird angenommen, dass die Anzahl der Pole zehn beträgt, dass die Anzahl der Schlitze des Ankerkerns **11** sechzig ist, und dass die Ankerwicklung **20** eine Dreiphasenwicklung ist. Das heißt, in dem Ankerkern **11** sind zwei Schlitze **13** pro Pol und pro Phase gebildet. In **Fig. 3** ist die Spule **21** über fünf Schlitze **13** eingesetzt, das heißt, sie ist in einen Schlitz **13** eingesetzt und in einen anderen Schlitz **13**, der von dem ersten Schlitz durch fünf Schlitze getrennt ist.

[0051] Die Kernblöcke **12** haben Formen, die dadurch erhalten werden, dass man den ringförmigen Ankerkern **11** entlang des Umfangs in dreißig gleiche Teile unterteilt. Wie in **Fig. 4** gezeigt ist, wird jeder Kernblock **12** dadurch gebildet, dass eine vorgegebene Anzahl elektromagnetischer Stahlbleche aufeinander gestapelt und verbunden wird. Jeder Kernblock **12** hat ein Kern-Rückenteil **12a**, das eine Bogenform hat, und zwei Zähne **12b**, die sich von dem Kern-Rückenteil **12a** radial (entsprechend der Radialrichtung des Ankerkerns **11**) nach innen erstrecken.

[0052] Der Ankerkern **11** ist ringförmig ausgebildet, indem dreißig Kernblöcke **12** entlang der Umfangsrichtung angeordnet und verbunden werden, so dass die Zähne **12b** radial nach innen gerichtet sind und die Seitenflächen der Kern-Rückenteile **12a** in Umfangsrichtung aneinander angrenzen. Die Kernblöcke **12** sind in gleichen Winkelabständen entlang des Umfangs angeordnet, so dass jeder Schlitz **13**, der durch benachbarte Kernblöcke **12** entlang des Umfangs gebildet wird, sich in die innere Umfangsrichtung öffnet.

[0053] Jeder Zahn **12b** ist derart in einer sich verjüngenden Form gebildet, dass dessen Breite in Umfangsrichtung in radialer Richtung nach innen, das heißt, in Richtung des Endes des Zahns **12b**, allmählich abnimmt, so dass der Querschnitt des Schlitzes **13** in der Richtung, die der radialen Richtung des Ankerkerns **11** entspricht, rechteckig ist.

[0054] Die Spule **21**, aus der die Ankerwicklung **20** gebildet wird, wird gebildet, indem ein in **Fig. 10** gezeigter leitender Draht **23** bearbeitet wird und dieser in eine vorgegebene Form gebogen wird (die Details werden nachstehend noch näher erläutert). Als leitender Draht **23** wird beispielsweise ein durchgehender Kupferdraht verwendet, oder ein Aluminiumdraht, der keine Fugestelle hat und zur Isolierung mit einem Harzlack beschichtet ist. In der folgenden Beschreibung wird angenommen, dass die Querschnittsform des leitenden Drahtes **23** rechteckig ist. Es kann jedoch auch eine runde Form, eine Rennbahnform („field track“-Form) oder dergleichen verwendet werden.

[0055] Wie in **Fig. 7** gezeigt ist, weist die Spule **21** Folgendes auf: ein Bündel aus einem Schlitzbereich

21a auf der linken Seite und einem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des letzten Windungsabschnitts, die in einen Schlitz **13** eingesetzt werden; ein Bündel aus einem Schlitzbereich **21a** auf der rechten Seite und einem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des ersten Windungsabschnitts, die in einen anderen Schlitz **13** eingesetzt werden; und ein Bündel von Spulen-Endbereichen **21b**.

[0056] Jeder Spulen-Endbereich **21b** weist Folgendes auf: schräge Seitenbereiche **21c** als Fortsatz-Bereiche, die sich schräg nach rechts oben und schräg nach rechts unten von dem linken Schlitzbereich **21a** in **Fig. 5** erstrecken; schräge Seitenbereiche **21c** als Fortsatz-Bereiche, die sich schräg nach links oben und schräg nach links unten von dem rechten Schlitzbereich **21a** erstrecken; und Spitzenbereiche **21d** als Verbindungsbereiche, die die schrägen Seitenbereiche **21c** verbinden, in Wesentlichen in der Mitte zwischen den Schlitzbereichen **21a**. Somit sind die in **Fig. 5** rechts und links gezeigten Schlitzbereiche **21a** und Schlitzbereiche **21e** durch die Spulen-Endbereiche **21b** verbunden.

[0057] In der folgenden Beschreibung wird bei der Spule **21** eine Abmessung (Abmessung in der Richtung (im Folgenden als Biegerichtung bezeichnet) parallel zu der Zeichenebene in **Fig. 7**) des schrägen Seitenbereichs **21c** wie in **Fig. 7** von vorn gesehen mit t bezeichnet (**Fig. 7**), und eine Abmessung in einer Richtung (im Folgenden als Tiefenrichtung bezeichnet), die senkrecht zur Zeichenebene in **Fig. 7** ist und die eine Richtung ist, die senkrecht zur Biegerichtung ist, wird mit w bezeichnet (in **Fig. 6** gezeigt).

[0058] Der Schlitzbereich **21a** hat eine rechteckige Form mit einer Abmessung t_1 (**Fig. 7**) in Biegerichtung und einer Abmessung w_1 (**Fig. 6**) in Tiefenrichtung. Das heißt, die Querschnittsfläche des schrägen Seitenbereichs **21c** (die gleich der Querschnittsfläche des leitenden Drahts **23** ist) ist $t \times w$, wie in **Fig. 8(a)** gezeigt ist, und die Querschnittsfläche des Schlitzbereichs **21a** ist ein Rechteck von $t_1 \times w_1$, wie in **Fig. 8(b)** gezeigt. In **Fig. 8** ist t nicht gleich t_1 , und w ist nicht gleich w_1 .

[0059] Als Nächstes wird das Herstellungsverfahren für die Spule **21** unter Bezugnahme auf **Fig. 9** bis **Fig. 18** erklärt. Im Folgenden wird der Fall beschrieben, in dem die Querschnittsabmessungen eines Teils, der zu dem Schlitzbereich des leitenden Drahts geformt wird, durch das Durchführen von einer Druckbearbeitung (plastische Bearbeitung) verändert werden. Zuerst wird die Beschreibung anhand von dem Ablaufdiagramm in **Fig. 9** gegeben.

[0060] Wie in **Fig. 10** gezeigt ist, wird ein leitender Draht **23**, der die Länge hat, die benötigt wird, um eine Spule **21** zu formen, im Voraus vorbereitet. Der leitende Draht **23** hat einen rechteckigen Querschnitt

mit einer Querschnittsfläche von $t \times w$. Im Schritt S11 als Druckbearbeitungsschritt wird ein Teil, das dem Schlitzbereich **21e** an der Endseite des ersten Windungsabschnitts entspricht, zwischen eine stationäre Pressform **69** als eine Form und eine bewegliche Pressform **70**, die von einer (nicht gezeigten) Presse angetrieben wird, eingelegt, wie in **Fig. 11(a)** gezeigt.

[0061] Dann wird die Druckbearbeitung mit der beweglichen Pressform **70** durchgeführt (**Fig. 11(b)**), um durch plastische Verformung die Querschnittsabmessungen des mit Druck beaufschlagten Teils (des Schlitzbereichs **21** auf der Endseite) von t auf t_1 und von w auf w_1 zu ändern, um dadurch einen leitenden Draht **241** zu erhalten, der den Schlitzbereich **23e** an seinem rechten Ende ausgebildet hat, wie in **Fig. 13(a)** gezeigt. In **Fig. 13** ist der plastisch deformierte Schlitzbereich **21** mit nicht maßstabsgetreuer Darstellung seiner reduzierten Breite gezeigt. Alternativ können die Schlitzbereiche **21e** an den Endseiten des ersten Windungsabschnitts und des letzten Windungsabschnitts an Positionen bereitgestellt werden, die nach innen voneinander um einen vorgegebenen Abstand von den Enden des leitenden Drahtes **23** entfernt sind, und die Bereiche außerhalb dieser Schlitzbereiche **21e** können als Verbindungsdrähte zu anderen Spulen **21** verwendet werden.

[0062] In der folgenden Beschreibung wird jedoch der Fall beschrieben, in dem solche außenseitigen Bereiche nicht vorgesehen sind. Als Nächstes wird im Schritt S12 als Verbindungsbereich-Bildungsschritt unter Verwendung des Schlitzbereichs **21e** auf der Endseite als Referenz der Spitzenbereich **12d** des ersten Windungsabschnitts mit einer Pressform **71** und einer Pressform **72**, wie in **Fig. 12** gezeigt, geformt, um einen leitenden Draht **242** mit dem Schlitzbereich **21e** und dem Spitzenbereich **21d**, wie in **Fig. 13(b)** gezeigt, zu erhalten.

[0063] Im Schritt S13 als Druckbearbeitungsschritt wird der Spitzenbereich **21d** des ersten Windungsabschnitts als Referenz verwendet, und es wird auf die gleiche Weise wie im Schritt S11 eine Druckbearbeitung an einem Teil durchgeführt, der dem Schlitzbereich **21a** des ersten Windungsabschnitts entspricht, um die Querschnittsabmessungen von t auf t_1 und von w auf w_1 zu verformen und einen leitenden Draht **243** mit dem Schlitzbereich **21e**, dem Spitzenbereich **21d** und dem Schlitzbereich **21a** zu erhalten, wie in **Fig. 13(c)** gezeigt.

[0064] In **Fig. 13** ist der plastisch verformte Schlitzbereich **21a** gezeigt, wobei dessen reduzierte Breite übertrieben dargestellt ist. Im Schritt S14 als Verbindungsbereich-Bildungsschritt wird der Schlitzbereich **21a** des ersten Windungsabschnitts als Referenz verwendet, und der zweite Spitzenbereich **21d** des ersten Windungsabschnitts wird auf die gleiche Weise wie im Schritt S12 gebildet.

[0065] Der Druckbearbeitungsschritt und der Schritt zur Bildung des Spitzenbereichs werden, wie oben beschrieben, aufeinanderfolgend ausgeführt, von dem ersten Windungsabschnitt bis zu dem letzten Windungsabschnitt, in der Reihenfolge: Druckbearbeitung (Schritt S11), Spitzenabschnitts-Bildung (Schritt S12), Druckbearbeitung (Schritt S13), Spitzenabschnitts-Bildung (Schritt S14), Druckbearbeitung (Schritt S13) und anschließend Spitzenabschnitts-Bildung (Schritt S14).

[0066] Dadurch wird ein leitender Draht **24** gebildet, der die benötigte Anzahl an Schlitzbereichen **21a** und **21e** und Spitzenbereichen **21d** hat, wie in **Fig. 13(d)** gezeigt. Die Länge (Abmessung in der Ausdehnungsrichtung des leitenden Drahtes) L_c des Schlitzbereichs **21a**, **21e** ist auf einen Wert gesetzt, der erhalten wird, indem man eine vorgegebene Zulässigkeitslänge von $2 \times \Delta 1$ mit einer Länge (Abmessung in der Stapelrichtung der elektromagnetischen Stahlbleche) L_s des Schlitzes **13** addiert (**Fig. 4**), d.h., $L_c = L_s + 2 \times \Delta 1$.

[0067] Die Hauptzweck dieser Abfolge von Druckbearbeitungsschritten ist es, die Querschnittsabmessungen des Schlitzbereichs **21a** und des Schlitzbereichs **21e** auf der Endseite mit hoher Genauigkeit auf vorgegebene Abmessungen zu bringen und den Raumfaktor zu verbessern, wenn die Schlitzbereiche in die Schlitze **13** eingesetzt werden. Die Reihenfolge des Druckbearbeitungsschritts im Schritt S11 und des Spitzenabschnitt-Formungsschritts im Schritt S12, und die Reihenfolge des Druckbearbeitungsschritts im Schritt S13 und des Spitzenabschnitt-Formungsschritts im Schritt S14 kann auch umgekehrt werden.

[0068] Kurz gesagt, es ist wichtig, dass der Druckbearbeitungsschritt und der Spitzenabschnitt-Formungsschritt abwechselnd ausgeführt werden, um die Abmessungsgenauigkeit sicherzustellen, wenn die Spule **21** (**Fig. 7**) gebildet wird. Im Gegensatz zu den obigen Ausführungen kann das Verfahren mit der Druckbearbeitung an dem Teil begonnen werden, der dem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des letzten Windungsabschnitts der Spule **21** entspricht, und mit der Druckbearbeitung an dem Teil abgeschlossen werden, der dem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des ersten Windungsabschnitts der Spule **21** entspricht, so dass der in **Fig. 13** gezeigte leitende Draht **24** gebildet werden kann. Der Druckbearbeitungsschritt (Schritt S11, Schritt S13) und der Spitzenabschnitt-Formungsschritt (Schritt S12, Schritt S14) entsprechen bei der vorliegenden Erfindung einem Bearbeitungsschritt des leitenden Drahtes.

[0069] Als Nächstes werden Schritt S15 als ein Spulen-Endbereich-Bildungsschritt und ein Spulenformungsschritt beschrieben. Wie in **Fig. 14(a)** gezeigt ist, wird die Position des Spitzenbereichs **21d**

(der Spitzenbereich **21d** ganz rechts in **Fig. 13**) neben dem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite an der Mitte einer stationären Pressform **74** ausgerichtet, während ein gegebener Teil des in **Fig. 13** gezeigten leitenden Drahtes **24** gehalten wird. Als Nächstes wird eine Pressform **73** nach unten gedrückt, um den Spitzenbereich **21d** zu pressen und seine Position zu fixieren (**Fig. 14(b)**). Anschließend werden eine Pressform **75** und eine Pressform **76** in **Fig. 14** um Zapfen nach oben gedreht (in Richtung der Pfeile AR), um den leitenden Draht **24** zu biegen und schräge Seitenbereiche **21c** zu formen (**Fig. 14(c)**).

[0070] Die Querschnittsabmessungen des schrägen Seitenbereichs **21c** bleiben die gleichen wie die des leitenden Drahtes **23** (**Fig. 10**). Als Nächstes wird der leitende Draht **24** einmal in die Richtung senkrecht zu der Zeichenebene in **Fig. 14** nach vorn bewegt, um von den Pressformen **73** und **74** gelöst zu werden, und wird um 90 Grad gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Danach wird die Position des nächsten Spitzenbereichs **21d** an der Mitte der Pressformen **73** und **74** ausgerichtet, wie in **Fig. 15(a)** gezeigt. Das Einsetzen des leitenden Drahtes **24** in die Pressformen **73** und **74** wird von vorn nach hinten in einer Richtung senkrecht zu der Zeichenebene in **Fig. 15** ausgeführt.

[0071] Anschließend wird die Pressform **73** nach unten gedrückt, um den Spitzenbereich **21d** zu pressen (**Fig. 15(b)**), danach werden die Pressform **75** und die Pressform **76** in **Fig. 15** um die Zapfen nach oben gedreht (in Richtung der Pfeile AR), um den leitenden Draht **24** zu biegen und schräge Seitenbereiche **21c** zu formen (**Fig. 15(c)**). Danach werden aufeinanderfolgend schräge Seitenbereiche **21c** geformt, während der Spitzenbereich **21d** sich ändert. In **Fig. 14** und **Fig. 15** setzt sich der leitende Draht kontinuierlich nach links fort, aber jede Figur zeigt einen Zustand, in dem der leitende Draht **24** in der Mitte auseinandergeschnitten ist.

[0072] Dies trifft auch auf die folgenden Ausführungsformen zu, so dass eine Beschreibung hierzu soweit wie möglich weggelassen wird.

[0073] Wie oben beschrieben, wird unter Verwendung des Spitzenbereichs **21d** jedes Windungsabschnitts, der in dem Spitzenabschnitt-Formungsschritt (Schritt S12, Schritt S14 etc. in **Fig. 9**) gebildet wird, als Referenz, der schräge Seitenbereich **21c** für die zugehörige Windung unter Verwendung der Pressformen **71** bis **76** gebildet, so dass der Spulen-Endbereich **21b** mit dem Spitzenbereich **21d** in der Mitte gebildet wird.

[0074] Dadurch wird eine hexagonale Spule gebildet, bei der der leitende Draht vor dem Formen in eine vorgegebene Anzahl von Windungen gebogen wird. Als Nächstes wird, wenn auch nicht gezeigt,

ein Bündel der Spulen-Endbereiche **21b** geformt, die in dem obigen Schritt (Schritt S15) vor dem Formen gebildet worden sind, so dass sie eine vorgegebene Spulen-Endbereich-Krümmung haben. Dadurch wird die bogenförmige (dachziegelförmige) Spule **21**, wie in **Fig. 5** und **Fig. 7** gezeigt, hergestellt. Die Spule **21** hat ein Bündel aus dem Schlitzbereich **21a** und dem Schlitzbereich **21e** auf der linken Seite in **Fig. 7**, und ein Bündel aus dem Schlitzbereich **21a** und dem Schlitzbereich **21e** auf der rechten Seite, und hat weiterhin ein Bündel aus den Spulen-Endbereichen **21b**.

[0075] Der Schlitzbereich **21a** und der Schlitzbereich **21e** haben eine derartige Form, dass Drähte, deren Anzahl der Anzahl der Windungen der Spule **21** entspricht, in der Richtung senkrecht zur Zeichenebene in **Fig. 7** aufeinander geschichtet sind. Wenn anschließend die Spule **21** mit dem Ankerkern **11** zusammengesetzt wird (**Fig. 3**) (später beschrieben), wird die Spule **21** in die Schlitz **13** eingesetzt, so dass die Aufschichtungsrichtung mit der radialen Richtung des Ankerkerns **11** übereinstimmt.

[0076] Sechzig Spulen **21**, die wie oben beschrieben gebildet sind, werden entlang der Umfangsrichtung angeordnet, so dass sie einander partiell überlappen. Dadurch erhält die Ankerwicklung **20** eine zylindrische Form, wie in **Fig. 16** gezeigt. In **Fig. 17** ist zu sehen, dass die Schlitzzellen **14** in der radialen Richtung der zylindrischen Ankerwicklung **20** angeordnet sind, und dass die Kernblöcke **12** von der radialen Richtung eingesetzt werden, so dass der in **Fig. 18** und **Fig. 3** gezeigte Anker **10** zusammengesetzt wird.

[0077] Wie in **Fig. 3** gezeigt ist, wird ein Bündel aus dem Schlitzbereich **21a** und dem Schlitzbereich **21e** auf der linken Seite der in **Fig. 7** gezeigten Spule **21** in einen Schlitz **13** eingesetzt, und ein Bündel aus dem Schlitzbereich **21a** und dem Schlitzbereich **21e** auf der rechten Seite der Spule **21** in einen anderen Schlitz **13** eingesetzt, der von dem ersten Schlitz **13** durch fünf Schlitz getrennt ist. Ohne Beschränkung der Konfiguration, in der die Schlitzbereiche der Spule in zwei Schlitz eingesetzt sind, die voneinander durch mindestens einen Schlitz getrennt sind, wie bei der vorliegenden Ausführungsform, können die Schlitzbereiche auch in benachbarte Schlitz eingesetzt werden, so dass der gleiche Effekt erreicht wird.

[0078] Wie oben beschrieben, wird gemäß der vorliegenden Ausführungsform, da der Druckbearbeitungsschritt und der Spitzenabschnitt-Formungsschritt abwechselnd durchgeführt werden, ein Fehler in der Längsausdehnung des leitenden Drahtes durch den Druckbearbeitungsschritt nicht um einen Betrag erhöht, der proportional zur Anzahl der Windungen ist. Dadurch kann die Spule mit hoher Abmessungsgenauigkeit gebildet werden. Das heißt, die Fertigungs-Genauigkeit der Spule kann verbessert werden.

[0079] Da der leitende Draht unabhängig einer Druckbearbeitung unterworfen werden kann, bevor der leitende Draht gewickelt wird, können die Druckbearbeitungseinrichtungen, wie beispielsweise die Presse und die Pressformen, verkleinert und vereinfacht werden. Selbstverständlich können, da der Schlitzbereich **21e** auf der Endseite und der Schlitzbereich **21a** nach Einlegen in eine Form mit Druck beaufschlagt werden, die Genauigkeit der Querschnittsabmessungen und der Raumfaktor des leitenden Drahtes in dem Schlitz verbessert werden.

Ausführungsform 2

[0080] **Fig. 19** und **Fig. 20** zeigen Ausführungsform 2. **Fig. 19** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für eine Spule gemäß Ausführungsform 2 zeigt. **Fig. 20** ist eine Draufsicht, die einen Bearbeitungsvorgang eines leitenden Drahtes zeigt. Zunächst wird ein leitender Draht, wie in **Fig. 10** gezeigt, vorbereitet, der eine Länge hat, die benötigt wird, um eine Spule zu formen, und dessen Querschnittsabmessungen $t \times w$ sind.

[0081] Im Folgenden wird das Herstellungsverfahren unter Bezug auf **Fig. 19** beschrieben. Im Schritt S21 wird ein gegebener Teil (bei der vorliegenden Ausführungsform hat der leitende Draht **23** einen Verlängerungsbereich, um mit einer anderen Spule verbunden zu werden, und der Verlängerungsbereich wird als zu haltender Rand verwendet) des leitenden Drahtes **23** von einem Haltewerkzeug **78** gehalten, wie in **Fig. 20(a)** gezeigt.

[0082] Als Nächstes wird unter Verwendung des gehaltenen Teils als Referenz, wie im Schritt S11 bei der Ausführungsform 1, ein Teil, der dem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des ersten Windungsabschnitts entspricht, einer Druckbearbeitung ausgesetzt, um die Querschnittsabmessungen des mit Druck beaufschlagten Bereichs (Schlitzbereich **21e** auf der Endseite) von t auf t_1 und von w auf w_1 zu deformieren, um so einen Draht **251** zu erhalten, der den Schlitzbereich **21e**, wie in **Fig. 20(a)** gezeigt, aufweist.

[0083] Als Nächstes wird unter Verwendung des zu Beginn gehaltenen Teils als Referenz der Spitzenbereich **21d** des ersten Windungsabschnitts gebildet, um einen leitenden Draht **252** zu erhalten, der den Schlitzbereich **21** und den Spitzenbereich **21d** wie in **Fig. 20(b)** gezeigt aufweist (Schritt S12).

[0084] Im Schritt S22 wird der Spitzenbereich **21d**, der zuvor als Verbindungsbereich gebildet worden ist, als Referenz A gesetzt (siehe **Fig. 20(b)**). Im nächsten Schritt S13 wird auf Grundlage der Referenz A der Schlitzbereich **21a** des ersten Windungsabschnitts durch Druckbearbeitung gebildet, um einen leitenden Draht **253** zu erhalten, der den Schlitzbereich **21e**, den Spitzenbereich **21d** und den Schlitz-

bereich **21a** aufweist, wie in **Fig. 20(c)** gezeigt. Im Schritt S14 wird auf der Grundlage von Referenz A der zweite Spitzenbereich **21d** des ersten Windungsabschnitts gebildet (nicht gezeigt). Im Schritt S23 wird der zweite Spitzenbereich **21d** als neue Referenz gesetzt (siehe **Fig. 20(d)**).

[0085] In dem nächsten Schritt S13 wird auf der Grundlage der Referenz B der Schlitzbereich **21a** des zweiten Windungsabschnitts durch Druckbearbeitung gebildet. Anschließend wird, wenn auch nicht gezeigt, das Verfahren in der Reihenfolge Bilden des Spitzenbereichs **21d**, Setzen der Referenz C, Bilden des Schlitzbereichs **21a**, Bilden des Spitzenbereichs **21d**, Setzen von Referenz D und anschließend Bilden des Schlitzbereichs **21a** fortgesetzt.

[0086] Diese Schritte werden aufeinanderfolgend durchgeführt, um einen leitenden Draht, wie in **Fig. 20(d)** gezeigt, herzustellen. Der leitende Draht **25** wird von links nach rechts bearbeitet, in der Reihenfolge des Schlitzbereichs **21e** auf der Endseite des ersten Windungsabschnitts, des Spitzenbereichs **21d**, des Schlitzbereichs **21a**, des Spitzenbereichs **21d**, ..., des Spitzenbereichs **21d**, und dann des Schlitzbereichs **21e** auf der Endseite des letzten Windungsabschnitts.

[0087] Als Nächstes werden im Schritt S15, auf die gleiche Weise wie in **Fig. 14** gezeigt, an dem leitenden Draht **25** nacheinander schräge Seitenbereiche **21c** ausgebildet, indem der in dem Spitzenformungsschritt gebildete Spitzenbereich **21d** in jeder Biegung als Referenz verwendet wird, während der leitende Draht **25** um eine vorgegebene Anzahl von Biegungen gewunden wird, um so vor der Formgebung die Spule zu bilden.

[0088] Als Nächstes werden, wenn auch nicht gezeigt, die Spulen-Endbereiche der Spule, die durch die obigen Schritte geformt worden sind, in eine Bogenform mit einer vorgegebenen Krümmung gebogen, so dass die gleiche Spule **21** mit einer Bogenform wie in **Fig. 5** gezeigt hergestellt wird.

[0089] Die Reihenfolge des Druckbearbeitungsschritts im Schritt S11 und des Spitzenbildungsschritts im Schritt S12, und die Reihenfolge des Druckbearbeitungsschritts im Schritt S13 und des Spitzenbildungsschritts im Schritt S14 können auch umgekehrt werden. Im Gegensatz zu den obigen Darlegungen kann das Verfahren auch mit der Druckbearbeitung des Teils begonnen werden, der dem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des letzten Windungsabschnitts der Spule **21** entspricht, und mit der Druckbearbeitung des Teils abgeschlossen werden, der dem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des ersten Windungsabschnitts der Spule **21** entspricht, so dass der in **Fig. 20(d)** gezeigte leitende Draht **25** gebildet werden kann.

[0090] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist, wie in **Fig. 20(a)** zu sehen ist, ein Beispiel gezeigt, in dem sich ein zu haltender Rand auf einer Endseite befindet und der Schlitzbereich **21e** gebildet wird, während der Rand von dem Haltewerkzeug **78** gehalten wird. Wenn jedoch kein Rand zum Halten zur Verfügung steht, kann auch ein anderer Teil als der, der dem anfangs zu bearbeitenden Schlitzbereich **21e** entspricht, gehalten werden, um den Schlitzbereich **21e** zu bearbeiten. Wenn dieser Schlitzbereich **21e** danach gehalten wird, kann die folgende Bearbeitung von **Fig. 20(b)** an ausgeführt werden.

[0091] Wie gerade beschrieben, werden gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Druckbearbeitung und die Spitzenbereich-Bildung aufeinanderfolgend ausgeführt, indem der im vorhergehenden Schritt gebildete Spitzenbereich **21d** bei jeder Biegung als Referenz verwendet wird, so dass eine Abweichung der Ausdehnung des leitenden Drahtes in der Längsrichtung durch den Druckbearbeitungsschritt kompensiert werden kann. Dadurch kann die Spule mit einer höheren Genauigkeit bezüglich ihrer Abmessungen gebildet werden.

Ausführungsform 3

[0092] **Fig. 21** bis **Fig. 24** zeigen Ausführungsform 3. **Fig. 21** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für eine Spule zeigt, und **Fig. 22** bis **Fig. 24** sind schematische Darstellungen zur Erläuterung des Verfahrens zur Bearbeitung eines leitenden Drahtes. Bei der vorliegenden Ausführungsform werden in dem Schritt zur Bildung des Spitzenbereichs **21d** gemäß Ausführungsform 2 zugleich schräge Seitenbereiche **21c** gebildet.

[0093] In **Fig. 21** wird ein gegebener Teil des leitenden Drahtes **23** gehalten (Schritt S21) und es wird Druckbearbeitung an dem Teil ausgeführt, der dem Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des ersten Windungsabschnitts entspricht. Dadurch wird ein leitender Draht **26** gebildet, der den Schlitzbereich **21e** hat (Schritt S11). Dies entspricht der **Fig. 19** bei der Ausführungsform 2.

[0094] Im Schritt S31 werden, als Verbindungsbereich-Bildungsschritt und Spulen-Endbereich-Bildungsschritt, wie in **Fig. 22** gezeigt, bei der Verwendung von Pressformen **81** bis **84**, die eine gleichzeitige Ausbildung eines Spitzenbereichs und schräger Seitenbereiche ermöglichen, gleichzeitig schräge Seitenbereiche **21c** gebildet, wenn der Spitzenbereich **21d** gebildet wird. Das heißt, wie in **Fig. 22(a)** gezeigt, es wird die Position eines leitenden Drahtes **261**, an der der Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des ersten Windungsabschnitts ausgebildet wird, in Bezug auf die Pressform eingestellt, indem der Schlitzbereich **21e** als Referenz verwendet wird.

[0095] Als nächstes wird der leitende Draht **261** in die Pressform **81** gepresst, um den Spitzenbereich **21d** und die schrägen Seitenbereiche **21c** auszubilden und einen leitenden Draht **262** zu erhalten, der den Schlitzbereich **21e**, den schrägen Seitenbereich **21c**, den Spitzenbereich **21d** und den schrägen Seitenbereich **21c** aufweist, wie in **Fig. 22(b)** gezeigt. In diesem Zustand (d.h., ohne den Spitzenbereich **21d** zu bewegen) werden die Pressform **83** und die Pressform **84** in **Fig. 22(c)** nach oben gedreht (in Richtung der Pfeile AR), um den leitenden Draht **262** umzubiegen und einen gebogenen leitenden Draht **263**, wie in **Fig. 22(c)** gezeigt, zu erhalten. Der zuvor beschriebene Schritt ist Schritt S31.

[0096] Als Nächstes wird der leitende Draht **263** nach vorn in eine Richtung senkrecht zur Zeichenebene in **Fig. 22** entnommen und gegen den Uhrzeigersinn um **90** Grad gedreht, um in den in **Fig. 23(a)** gezeigten Zustand zu kommen. In diesem Zustand wird der im Schritt S31 gebildete Spitzenbereich **21d** als Referenz A gesetzt (Schritt S22), und basierend auf Referenz A wird eine Druckbearbeitung an dem Schlitzbereich **21a** durchgeführt, um einen leitenden Draht **264** wie in **Fig. 23(b)** gezeigt zu erhalten (Schritt S13).

[0097] Wie in **Fig. 24(a)** gezeigt, wird die Position des leitenden Drahtes **264** mit dem neu gebildeten Schlitzbereich **21a** in Bezug auf die Pressform **82** ausgerichtet, indem der Schlitzbereich **21a** als Referenz verwendet wird, und dann wird die Pressform **81** wie in **Fig. 24** gezeigt nach unten gedrückt, um einen leitenden Draht **265** wie in **Fig. 24(b)** gezeigt zu erhalten. Weiter werden die Pressformen **83** und **84** in Richtung der Pfeile AR gedreht, um einen Spitzenbereich **21d** und schräge Seitenbereiche **21c** zu bilden und einen leitenden Draht **265** wie in **Fig. 24(c)** gezeigt zu erhalten (Schritt S32 als Verbindungsbereich-Bildungsschritt und Spulen-Endbereich-Bildungsschritt).

[0098] Weiterhin wird, auch wenn nicht gezeigt, der gerade gebildete Spitzenbereich **21d** als Referenz B gesetzt (Schritt S21), und anschließend werden der Schritt zur Bildung eines Schlitzbereichs **21a** und der Schritt zum Bilden eines Spitzenbereichs **21d** und schräger Seitenbereiche **21c** aufeinanderfolgend wiederholt, so dass eine Spule gebildet wird, bei der der leitende Draht **23** vor der Formung um eine vorgegebene Anzahl von Biegungen gewunden wird. Das heißt, die Spule wird in der Reihenfolge Referenzfestlegung, Druckbearbeitung, Spitzenbereichsbildung und Bildung schräger Seitenbereiche, Referenzfestlegung, ... gebildet.

[0099] Wenn die Schritte zur Bildung eines Schlitzbereichs **21a** und der Schritt zur Bildung eines Spitzenbereichs **21a** und schräger Seitenbereiche **21c** bei einem leitenden Draht **266** in dem Zustand

in **Fig. 24(c)** aufeinanderfolgend wiederholt werden, überlappen der Schlitzbereich **21e**, der sich in **Fig. 24(c)** auf der linken Seite befindet und der Teil, der vor der Druckbearbeitung ein leitender Draht ist und durch Druckbearbeitung zu dem Schlitz-Bereich **21a** umgearbeitet werden soll, in der Richtung senkrecht zur Zeichenebene.

[0100] Daher wird, wenn der Schlitzbereich **21** durch Druckformung gebildet wird, der Schlitzbereich **21e**, der bereits einer Druckformung unterzogen worden ist, nicht in der Pressform gehalten (stationäre Pressform **69** und bewegliche Pressform **70**, siehe **Fig. 11**), sondern es wird nur ein Draht, an dem eine Druckformung durchgeführt werden soll, in der Pressform gehalten, um eine Druckformung durchzuführen.

[0101] Die Reihenfolge des Druckbearbeitungsschritts und des Schritts zur Bildung eines Spitzenbereichs und schräger Seitenbereiche kann auch umgekehrt werden. Als Nächstes werden, wenn auch nicht gezeigt, die Spulenenden-Bereiche der Spule, die durch die obigen Schritte gebildet worden sind, in eine Bogenform mit einer vorgegebenen Krümmung gebogen, so dass die gleiche Spule **21** mit einer Bogenform wie die in **Fig. 7** gezeigte Spule hergestellt wird.

[0102] Wie oben beschrieben, werden gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Bildung des Spitzenbereichs und der schrägen Seitenbereiche zur gleichen Zeit durchgeführt. Dadurch kann die Anzahl der Schritte reduziert und die Produktivität verbessert werden.

Ausführungsform 4

[0103] **Fig. 25** und **Fig. 26** zeigen Ausführungsform 4. **Fig. 25** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für eine Spule zeigt, und **Fig. 26** ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung eines leitenden Drahtes. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird ein gegebener Teil (der jedoch ein Teil ist, der einem schrägen Seitenbereich **21c** entspricht, um einen späteren Wechsel des gehaltenen Teils zu vermeiden) des leitenden Drahtes gehalten, um die Bearbeitung zu beginnen, und die Bearbeitung der Spule bis zur Ausformung wird durchgeführt, während der Teil bis zum Ende gehalten wird.

[0104] Im Folgenden wird das Herstellungsverfahren unter Bezug auf **Fig. 25** beschrieben. Ein gegebener Teil des leitenden Drahtes **23** wird gehalten (Schritt S41 als Schritt zum Halten des leitenden Drahtes). Die darauffolgenden Bearbeitungsschritte werden durchgeführt, während der leitende Draht gehalten wird und die Halteposition als Referenz verwendet wird. Im Folgenden wird das Verfahren in gleicher Weise wie in **Fig. 9** gemäß Ausführungsform

1 schrittweise durchgeführt. Es wird eine Druckbearbeitung an dem Schlitzbereich **21e** an der Endseite des ersten Windungsabschnitts durchgeführt, um einen leitenden Draht, wie in **Fig. 26(a)** gezeigt, zu erhalten (Schritt S11).

[0105] Die Spitzenbereichsbildung wird durchgeführt, um einen leitenden Draht **242** wie in **Fig. 26(b)** gezeigt zu erhalten (Schritt S12). Die Druckbearbeitung für den Schlitzbereich **21a** wird durchgeführt um einen leitenden Draht **243** wie in **Fig. 26(c)** gezeigt zu erhalten (Schritt S13). Danach wird die Bildung eines Spitzenbereichs **21d** durchgeführt (Schritt S14). Das darauffolgende Verfahren ist gleich dem gemäß Ausführungsform 1, so dass dessen Beschreibung weggelassen wird.

[0106] Wie oben beschrieben, werden die Schritte in der folgenden Reihenfolge durchgeführt: Halten des leitenden Drahtes, Druckbearbeitung, Spitzenbereichsbildung, Druckbearbeitung, Spitzenbereichsbildung, Die Druckbearbeitung und die Spitzenbereichsbildung werden abwechselnd ausgeführt, ohne dass der gehaltene Teil (die Referenz) geändert wird.

[0107] Somit wird die Formung von dem ersten Windungsabschnitt bis zu dem letzten Windungsabschnitt oder von dem letzten Windungsabschnitt bis zu dem ersten Windungsabschnitt schrittweise durchgeführt, so dass der in **Fig. 26(d)** gezeigte leitende Draht **24** gebildet wird, der gleich dem in **Fig. 13** gezeigten leitenden Draht **24** ist. Die Reihenfolge der Druckbearbeitung und der Spitzenbereichsbildung kann auch umgekehrt werden.

[0108] Wie oben beschrieben, kann dadurch, dass der anfangs gehaltene Teil als Referenz bis zum letzten Biegevorgang verwendet wird, ohne dass der gehaltene Teil verändert wird, ein Schritt zum erneuten Halten des leitenden Drahtes (ein Wechsel der Referenz) weggelassen werden.

Ausführungsform 5

[0109] **Fig. 27** bis **Fig. 29** zeigen Ausführungsform 5. **Fig. 27** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren für eine Spule zeigt. **Fig. 28** ist eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Bearbeitung eines leitenden Drahtes. **Fig. 29** ist eine Draufsicht, die den Bearbeitungsvorgang des leitenden Drahtes zeigt. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird ein gegebener Teil des leitenden Drahtes gehalten, um die Bearbeitung zu beginnen, und die Spule wird hergestellt, während der gehaltene Teil schrittweise geändert wird, wie bei der Ausführungsform 1, aber bei dem Schritt zur Bildung des Spitzenbereichs **21d** gemäß Ausführungsform 1 werden gleichzeitig schräge Seitenbereiche **21c** gebildet. Im Folgenden wird das Herstellungsverfahren unter Bezug auf **Fig. 27** beschrieben. Ein gegebener

Teil des leitenden Drahtes **23** (Fig. 10) wird gehalten (Schritt S41).

[0110] Danach wird, wie in Fig. 9 gemäß Ausführungsform 1 eine Druckbearbeitung für den Schlitzbereich **21e** auf der Endseite des ersten Windungsabschnitts durchgeführt, um einen leitenden Draht zu erhalten, der den Schlitzbereich **21e** auf der Endseite ausgeformt besitzt (Schritt S11). Danach wird der leitende Draht zwischen eine stationäre Pressform **92** und eine bewegliche Pressform **91** eingesetzt, und die bewegliche Pressform **91** wird in Fig. 28 nach unten gedrückt, um einen Spitzenbereich **21d** und gleichzeitig zwei schräge Seitenbereiche **21c** zu bilden. So wird ein leitender Draht **281** erhalten, der den Schlitzbereich **21e**, den schrägen Seitenbereich **21c**, den Spitzenbereich **21d** und den schrägen Seitenbereich **21c**, wie in Fig. 29(a) gezeigt, aufweist (Schritt S31).

[0111] Als Nächstes wird eine Druckbearbeitung für einen Schlitzbereich **21c** durchgeführt, um einen leitenden Draht **282** zu erhalten, der den Schlitzbereich **21e**, den schrägen Seitenbereich **21c**, den Spitzenbereich **21d**, den schrägen Seitenbereich **21c** und den Schlitzbereich wie in Fig. 29(b) gezeigt aufweist (Schritt S13). Als Nächstes werden gleichzeitig ein Spitzenbereich **21d** und zwei schräge Seitenbereiche **21c** gebildet, um einen leitenden Draht **283** wie in Fig. 29(c) gezeigt zu erhalten (Schritt S31). Als Nächstes wird die Druckbearbeitung für einen Schlitzbereich **21a** durchgeführt (Schritt S13). Anschließend werden die gleichzeitige Bildung eines Spitzenbereichs **21d** und schräger Seitenbereiche **21c** und die Druckbearbeitung für einen Schlitzbereich **21a** abwechselnd ausgeführt, so dass ein in Fig. 29(d) gezeigter leitender Draht **28** erhalten wird, an dem die benötigte Anzahl von Schlitzbereichen, Spitzenbereichen und schrägen Seitenbereichen **21c** gebildet sind.

[0112] Der leitende Draht **28** wird schrittweise bearbeitet, so dass die Schlitzbereiche **21a** und **21e** unter einem vorgegebenen Winkel in Bezug auf die schrägen Seitenbereiche **21c** gebogen werden, entsprechend der Darstellung in Fig. 14 und Fig. 15 gemäß Ausführungsform 1. Dadurch wird eine hexagonale Spule gebildet, in der der leitende Draht vor dem Formen eine vorgegebene Anzahl von Wicklungen gewunden wird. Das anschließende Verfahren ist gleich dem bei der Ausführungsform 1, daher wird dessen erneute Beschreibung weggelassen.

[0113] Wie oben beschrieben, kann durch die gleichzeitige Bildung des Spitzenbereichs und der schrägen Seitenbereiche die Anzahl der Schritte reduziert und die Produktivität verbessert werden.

[0114] Es sei darauf hingewiesen, dass die oben beschriebenen Ausführungsformen im Rahmen der vor-

liegenden Erfindung frei miteinander kombiniert werden können, oder jede der obigen Ausführungsformen gegebenenfalls modifiziert werden kann oder dabei Merkmale weggelassen werden können..

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine, die einen Anker mit einer Ankerwicklung aufweist, die an einer Vielzahl von Schlitzen eines Ankerkerns angebracht ist, wobei die Schlitze ringförmig angeordnet sind, wobei die Ankerwicklung eine Spule aufweist, die aus einem leitenden Draht gebildet ist, der mit einer Vielzahl von Wicklungen gewickelt wird, wobei die Spule einen Spulen-Endbereich und eine Vielzahl von Schlitzbereichen aufweist, wobei der Spulen-Endbereich Fortsatz-Bereiche und einen Verbindungsbereich aufweist, wobei die Fortsatz-Bereiche sich von den Schlitzbereichen erstrecken, wobei der Verbindungsbereich die Fortsatz-Bereiche miteinander verbindet, und wobei zwei der Schlitzbereiche, die durch den Spulen-Endbereich miteinander verbunden sind, in zwei der Schlitze eingesetzt werden, wobei das Verfahren folgende Schritte zum Bilden der Spule aufweist:

(a) einen Bearbeitungsschritt des leitenden Drahtes, bei dem abwechselnd ein Druckbearbeitungsschritt und ein Verbindungsbereich-Bildungsschritt durchgeführt wird, wobei der Druckbearbeitungsschritt ein Schritt ist, bei dem der leitende Draht mit Druck beaufschlagt wird, um den Querschnitt des leitenden Drahtes plastisch zu verformen, so dass die Schlitzbereiche gebildet werden, und wobei der Verbindungsbereich-Bildungsschritt ein Schritt ist, bei dem der Verbindungsbereich in dem leitenden Draht gebildet wird; und

(b) einen Spulen-Endbereich-Bildungsschritt, bei dem der leitende Draht, an dem die Schlitzbereiche und der Verbindungsbereich gebildet sind, gebogen wird, so dass der Spulen-Endbereich gebildet wird.

2. Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine nach Anspruch 1, wobei in dem Druckbearbeitungsschritt der Schlitzbereich, der an den Verbindungsbereich angrenzt, unter Verwendung des in dem Verbindungsbereich-Bildungsschritt gebildeten Verbindungsbereichs als Referenz gebildet wird.

3. Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine nach Anspruch 1, wobei der Bearbeitungsschritt des leitenden Drahtes einen Schritt zum Halten des leitenden Drahtes beinhaltet, und wobei der Druckbearbeitungsschritt und der Verbindungsbereich-Bildungsschritt abwechselnd durchgeführt werden, wobei der gehaltene Teil des leitenden Drahtes als Referenz verwendet wird.

4. Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine nach Anspruch 2 oder 3, wo-

bei in dem Spulen-Endbereich-Bildungsschritt, nachdem der Verbindungsbereich in dem Verbindungsbereich-Bildungsschritt gebildet worden ist, anschließend der Spulen-Endbereich einschließlich des Verbindungsbereichs gebildet wird, ohne dass der gebildete Verbindungsbereich bewegt wird.

5. Verfahren zur Herstellung einer rotierenden elektrischen Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei in dem Druckbearbeitungsschritt der leitende Draht in eine Form eingelegt wird und dann mit Druck beaufschlagt wird, so dass der leitende Draht plastisch verformt wird.

Es folgen 24 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

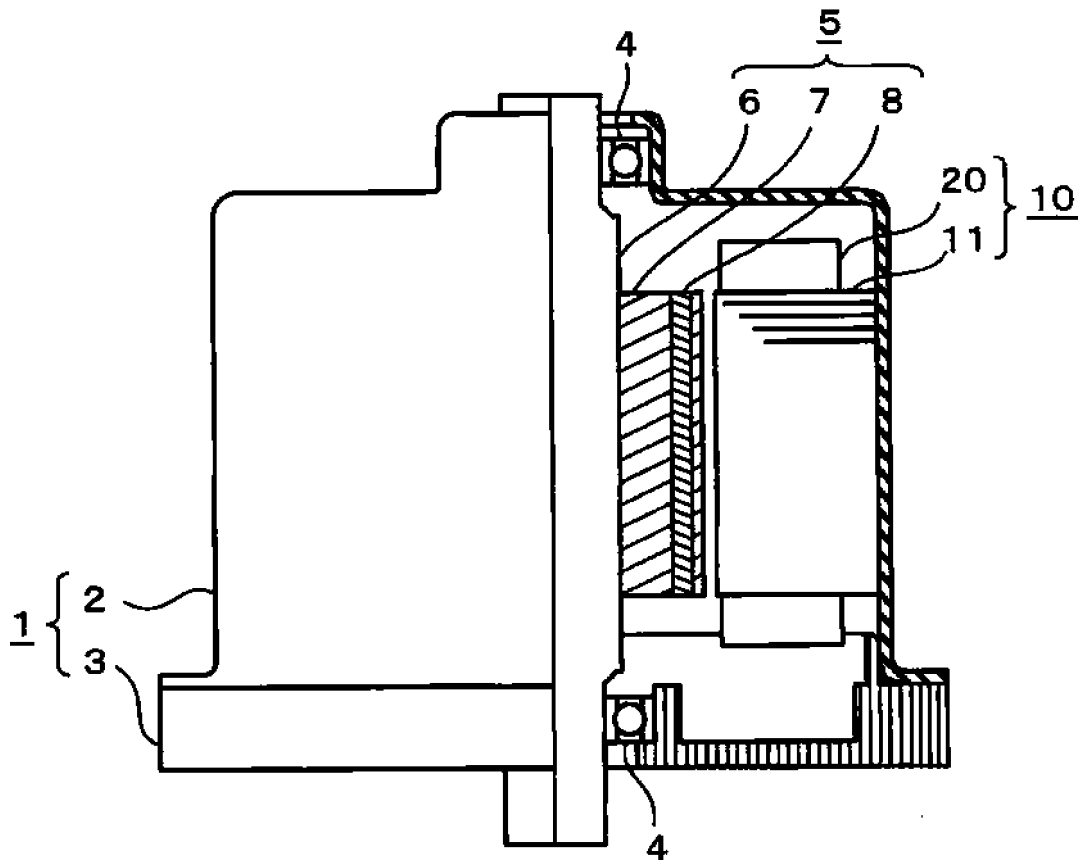


FIG. 2

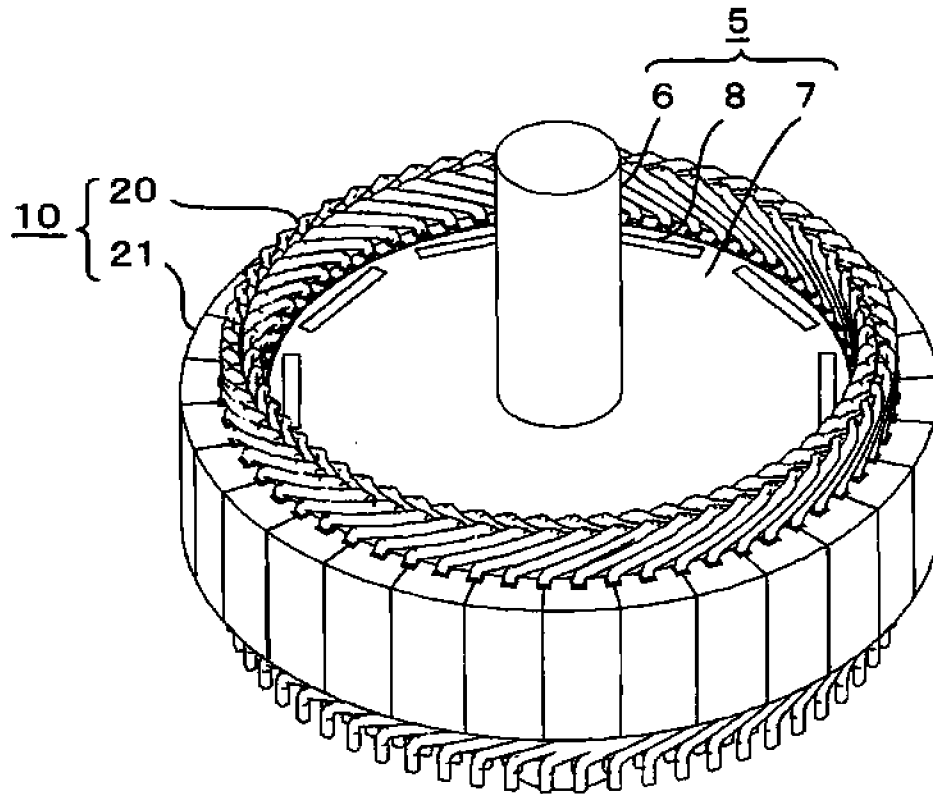


FIG. 3

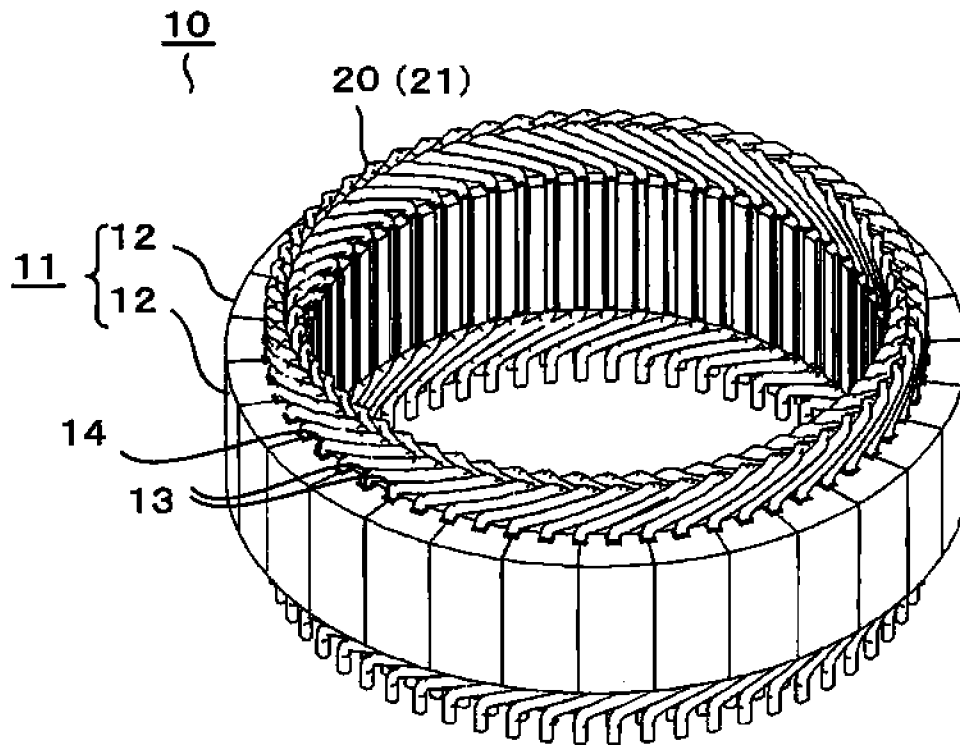


FIG. 4

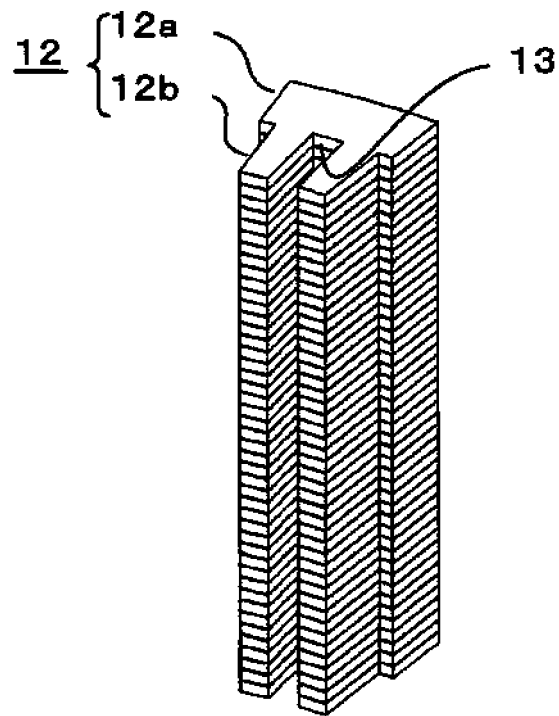


FIG. 5

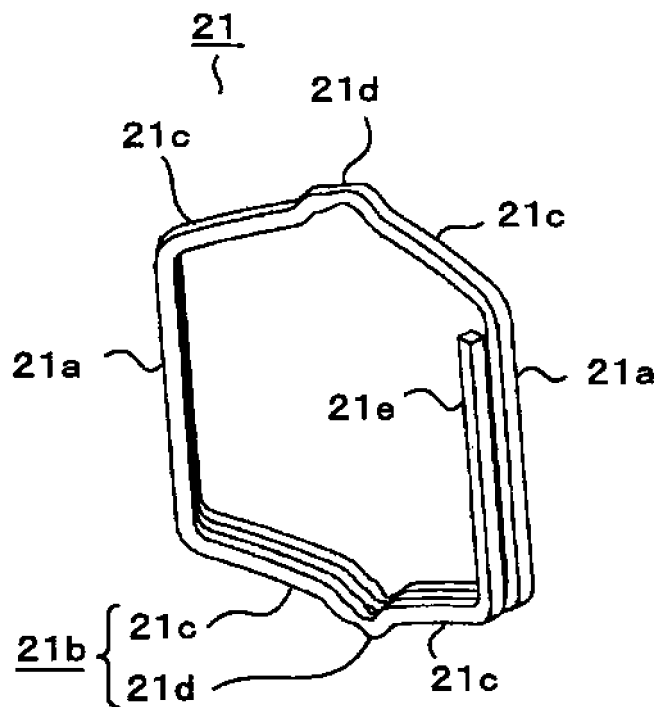


FIG. 6

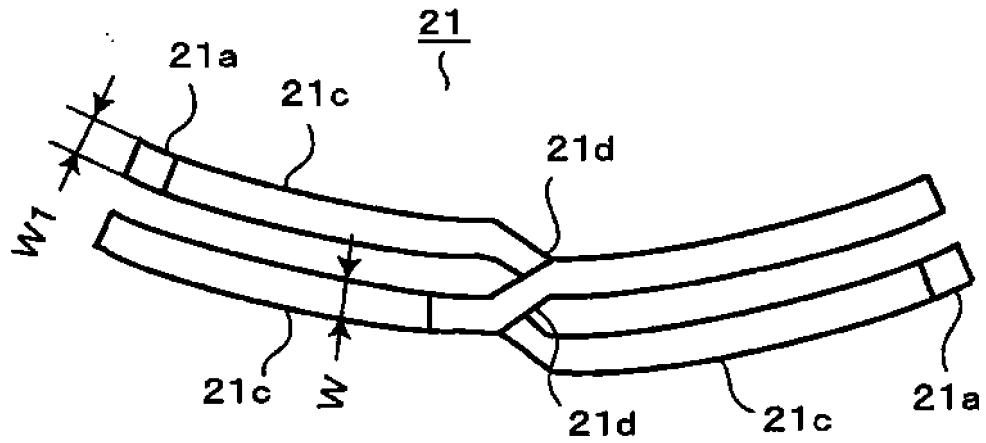


FIG. 7

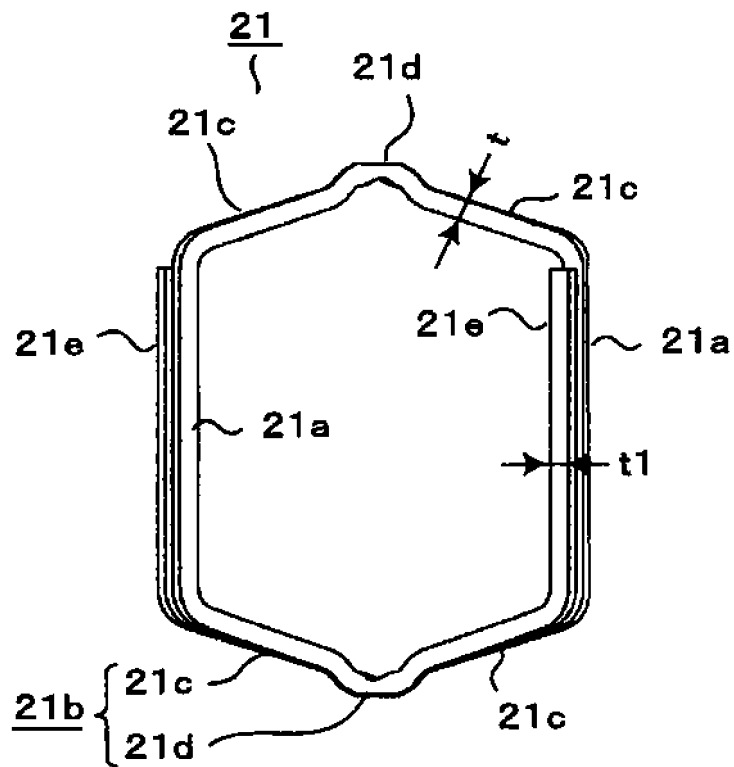


FIG. 8

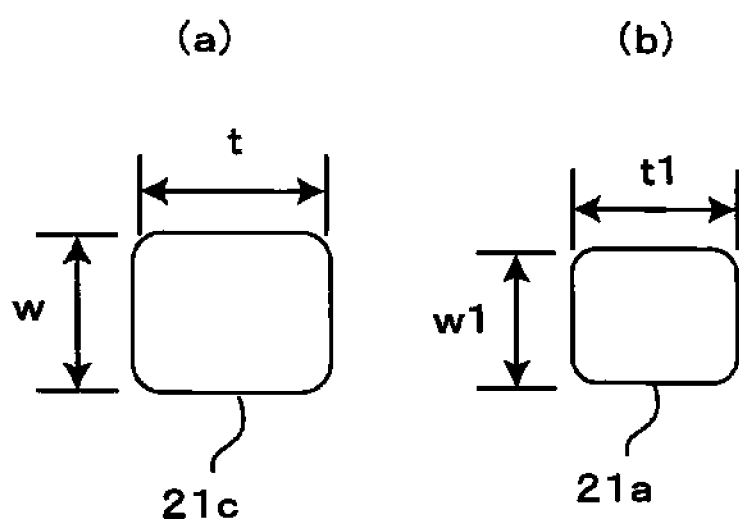


FIG. 9

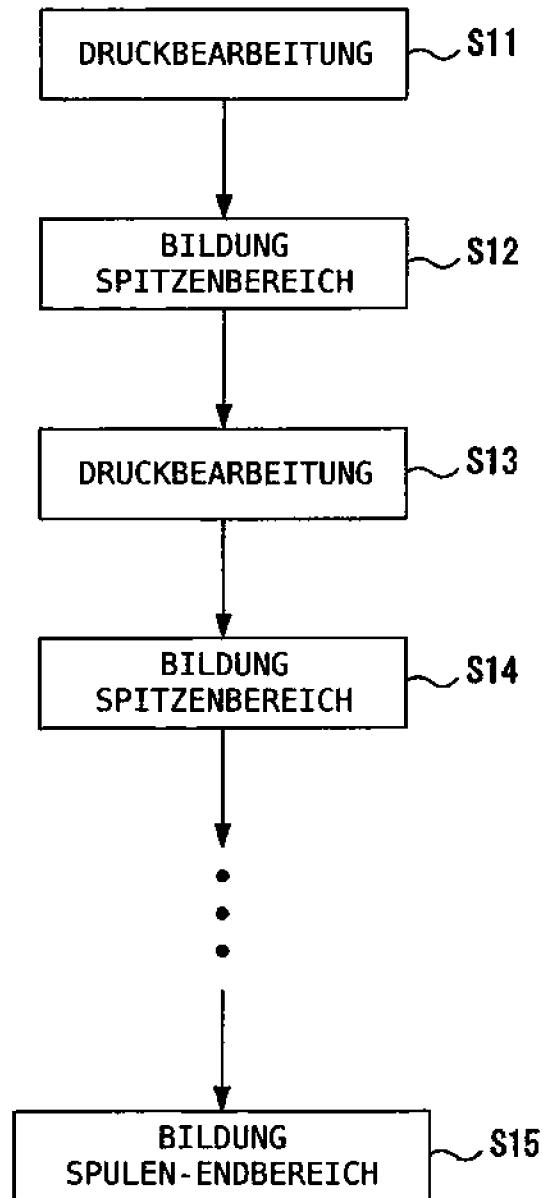


FIG. 10



FIG. 11

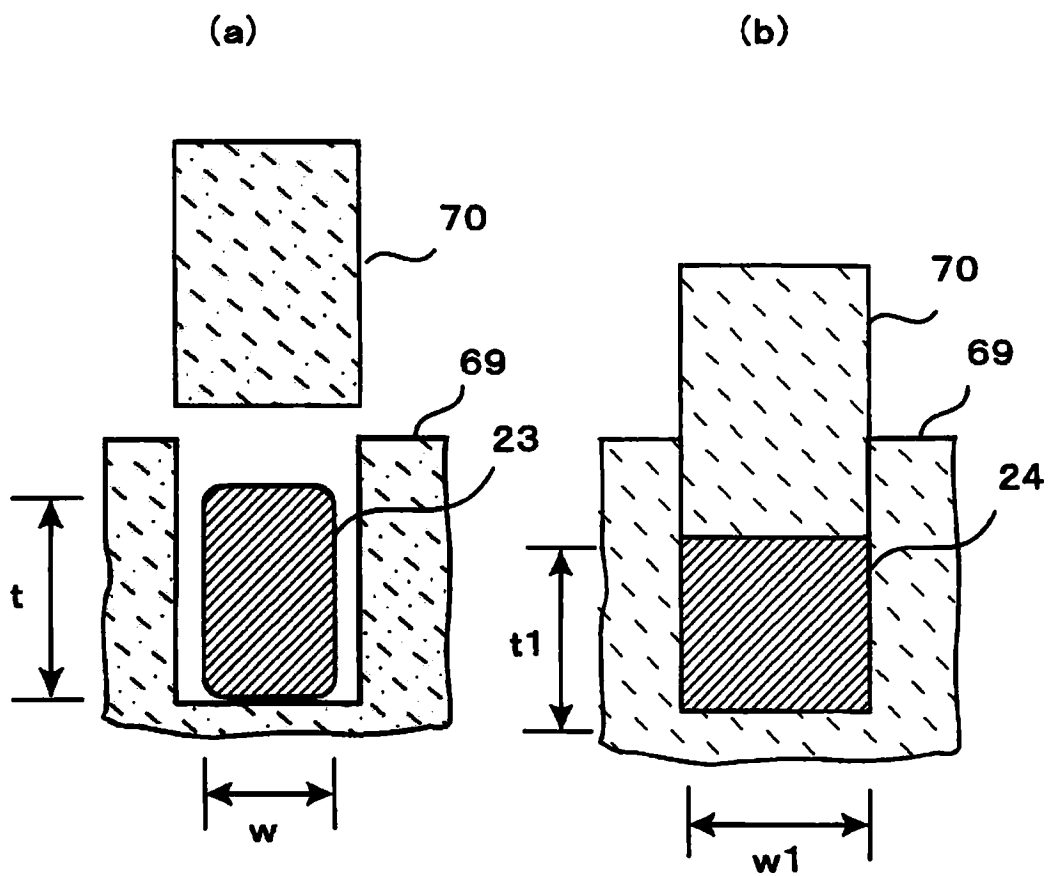


FIG. 12

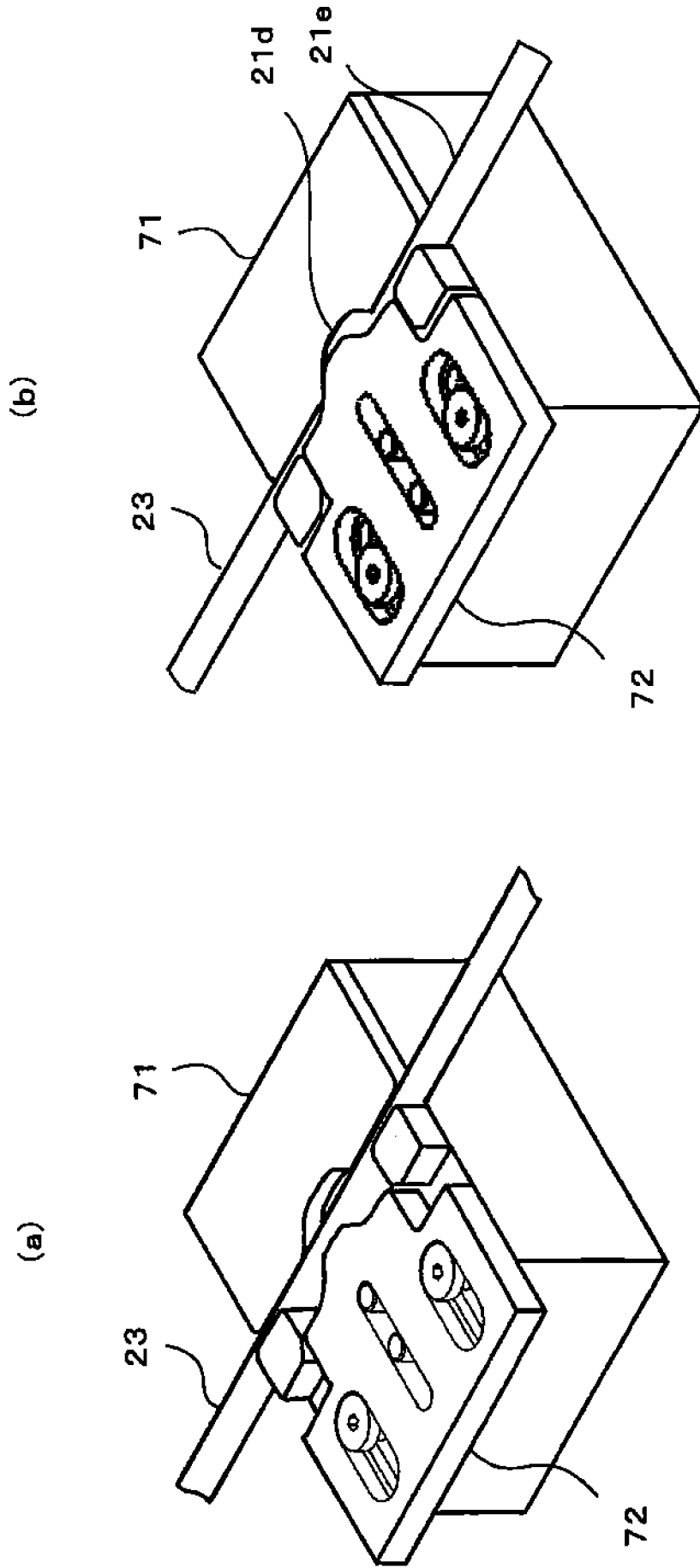


FIG. 13

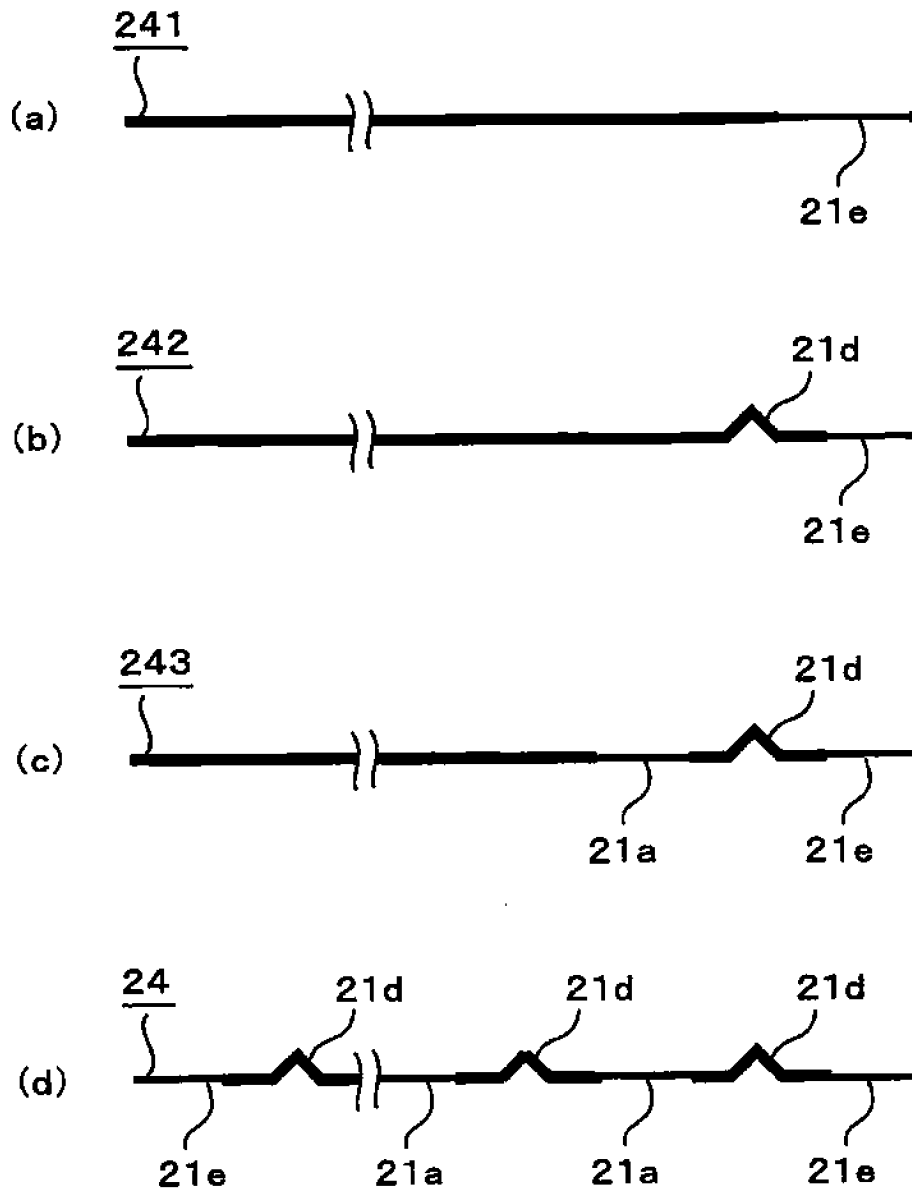


FIG. 14

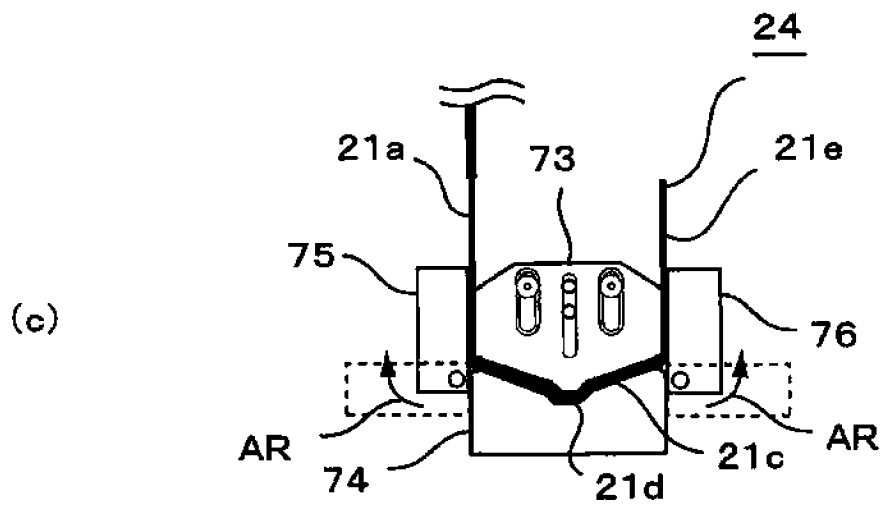
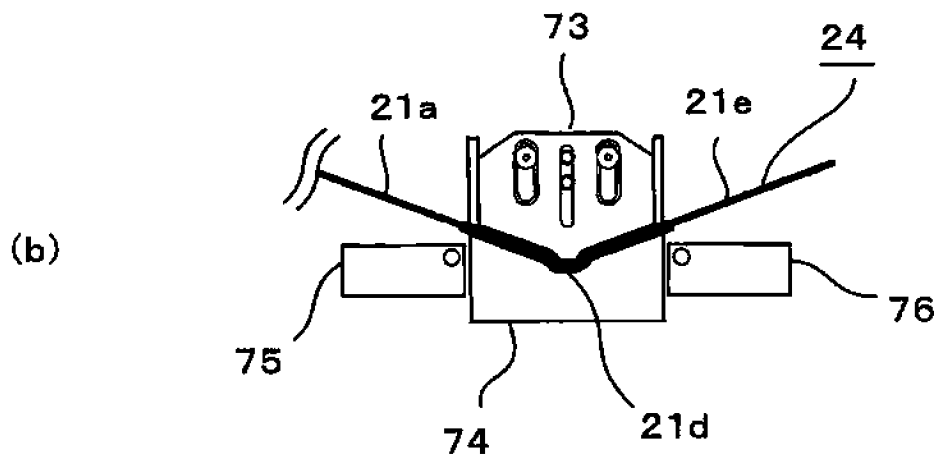
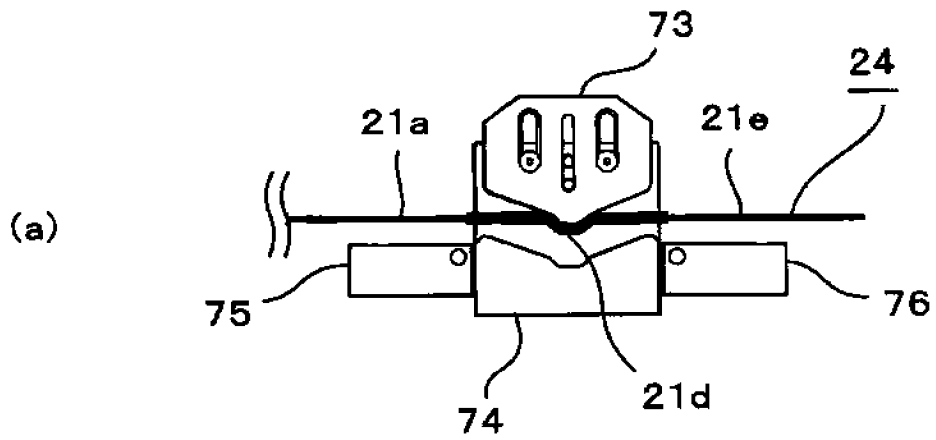


FIG. 15

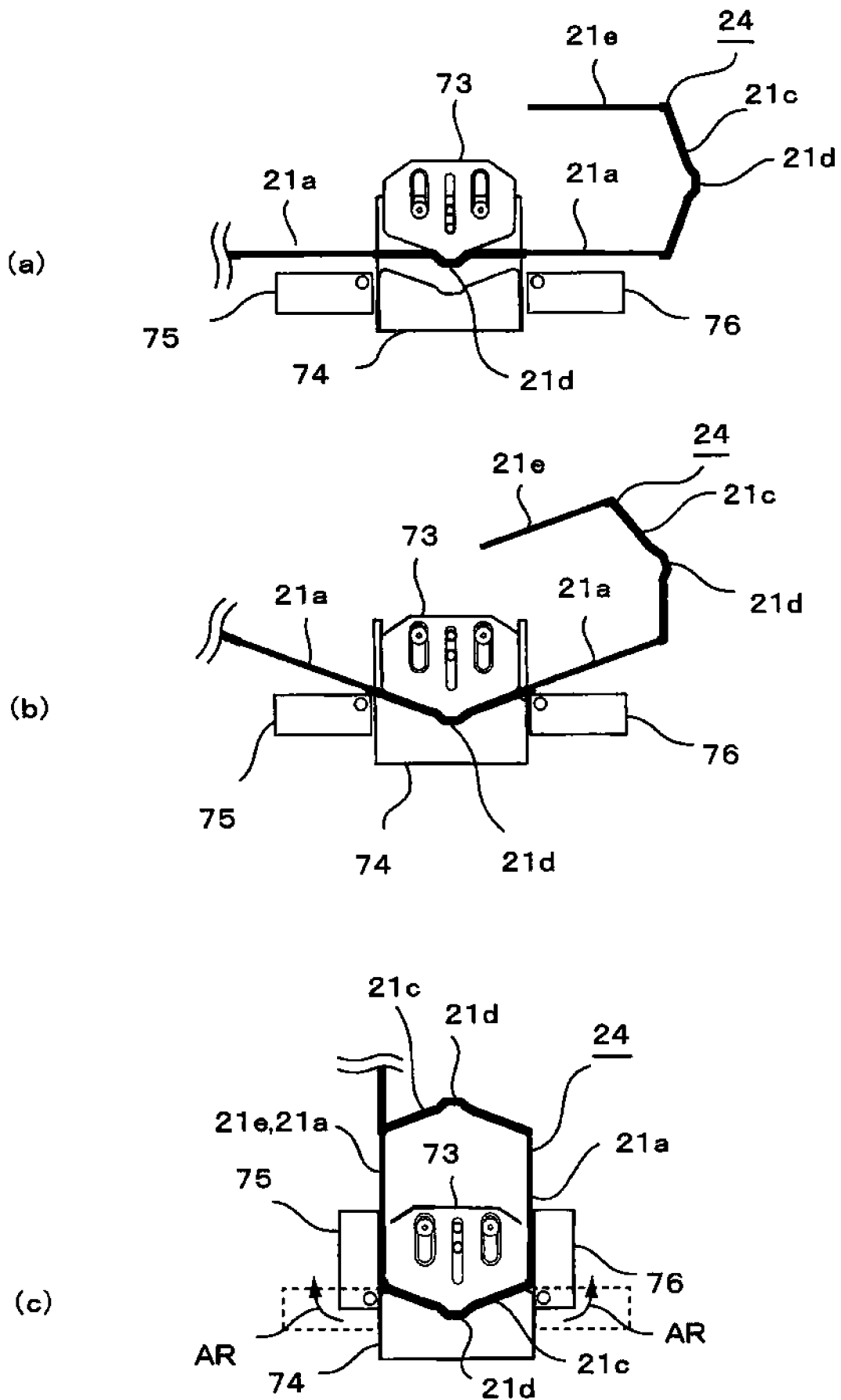


FIG. 16

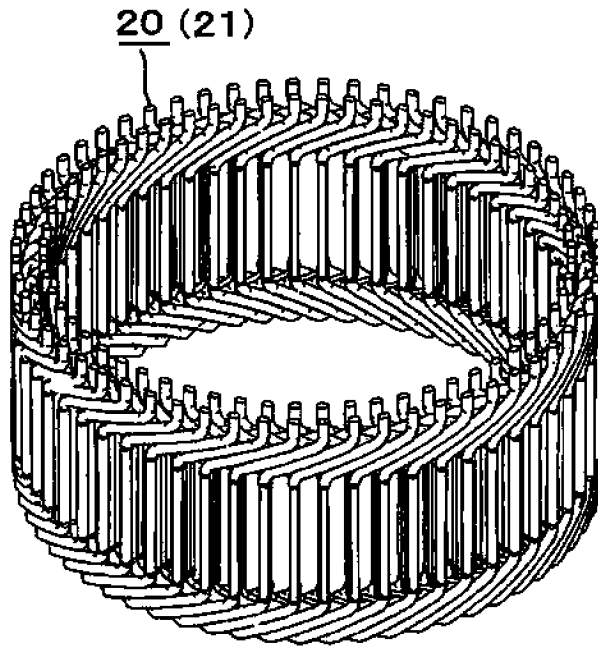


FIG. 17

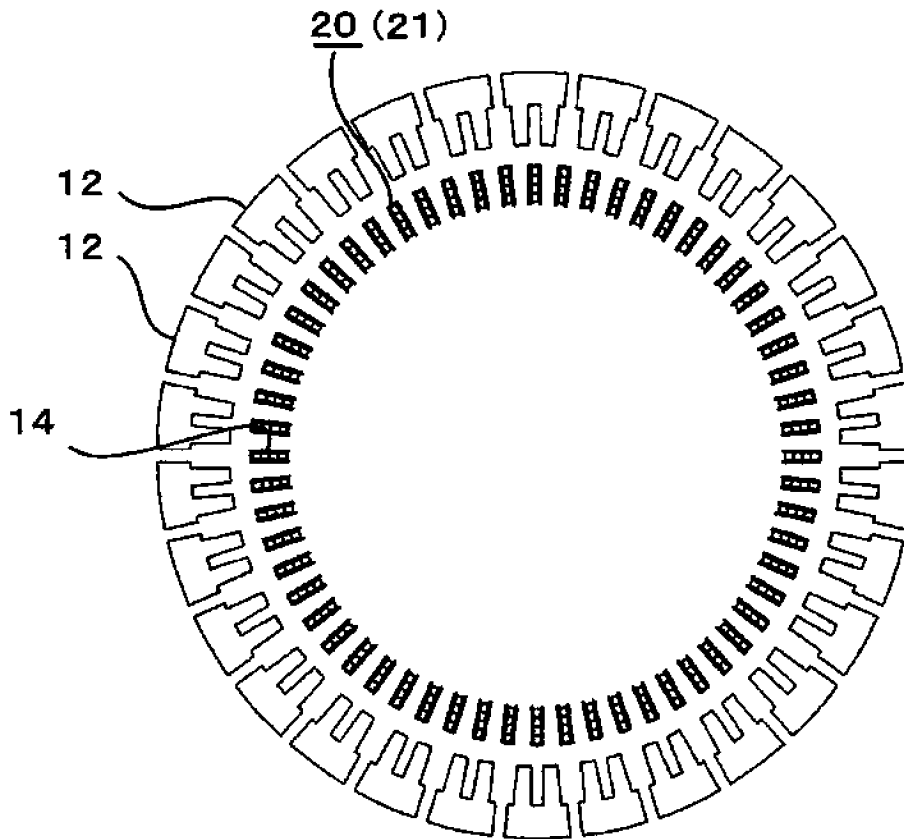


FIG. 18

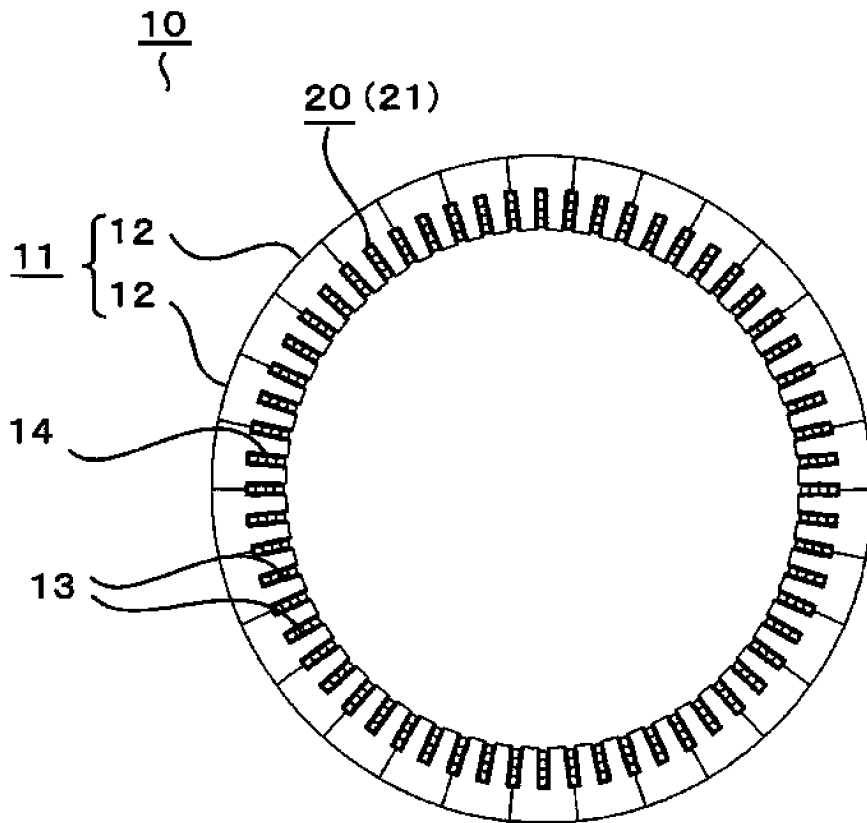


FIG. 19

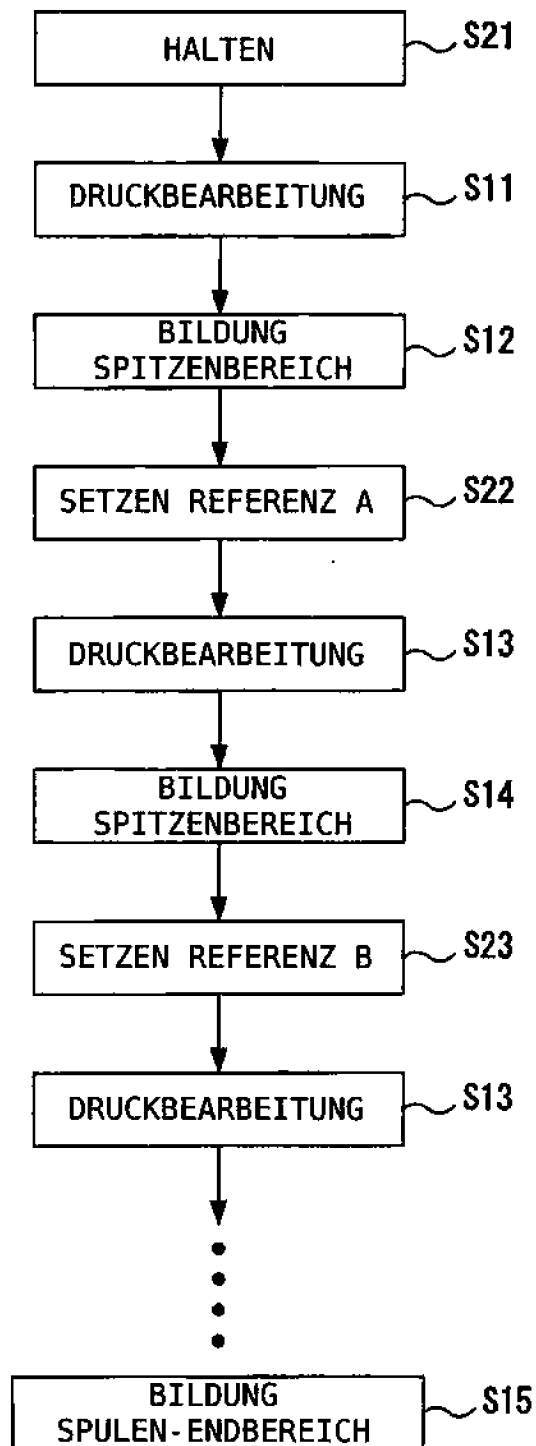


FIG. 20

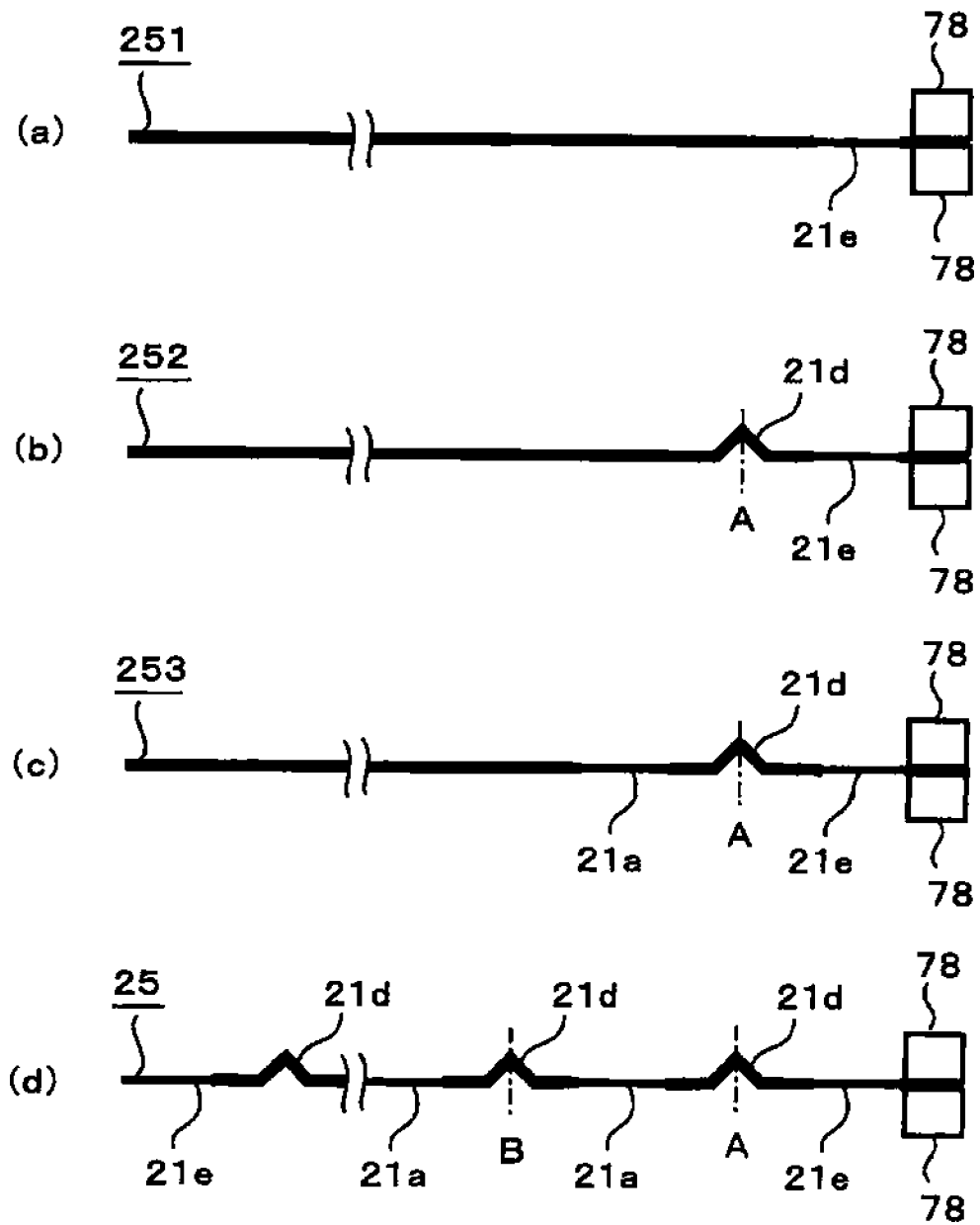


FIG. 21

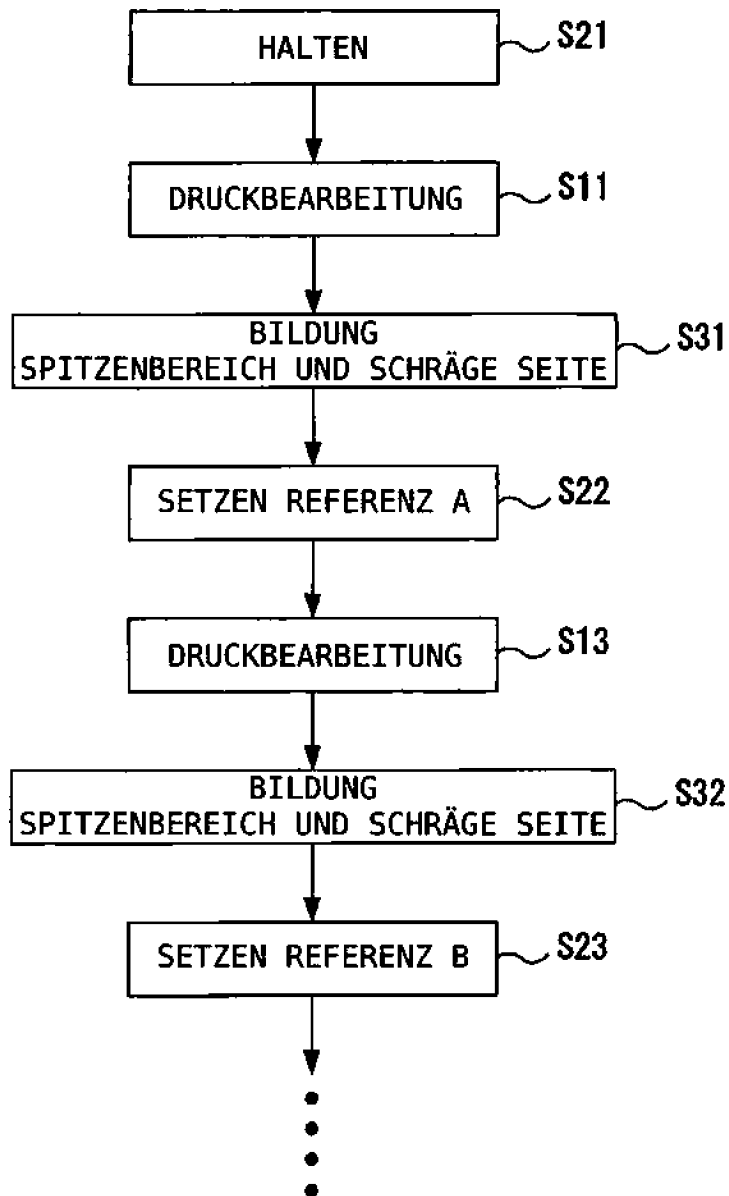


FIG. 22

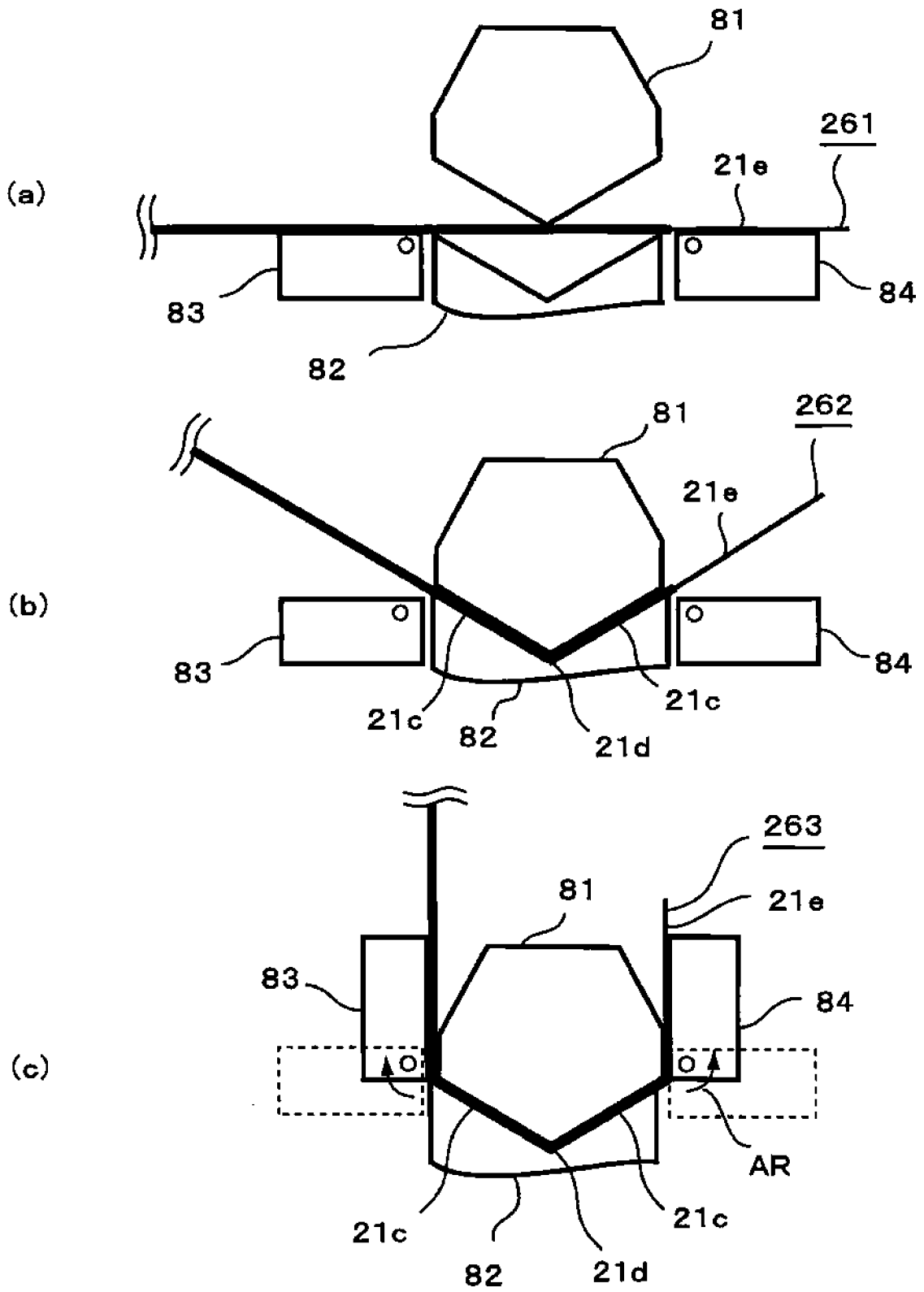


FIG. 23

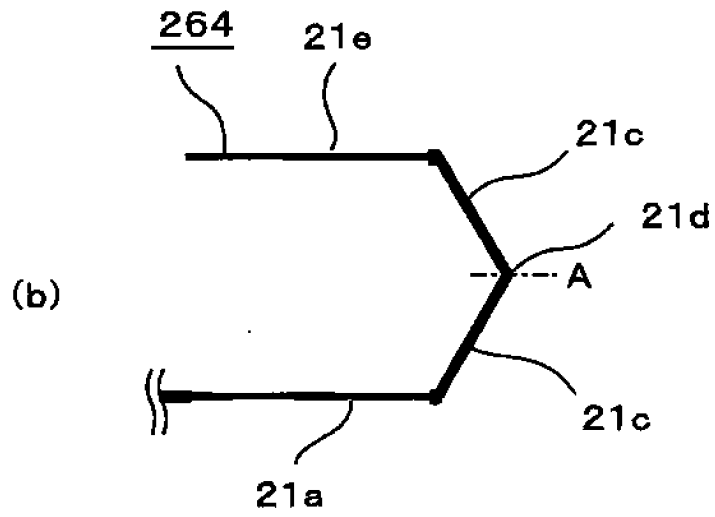
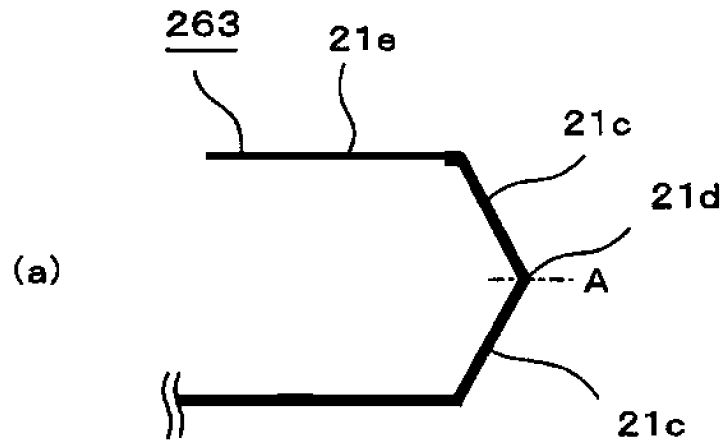


FIG. 24

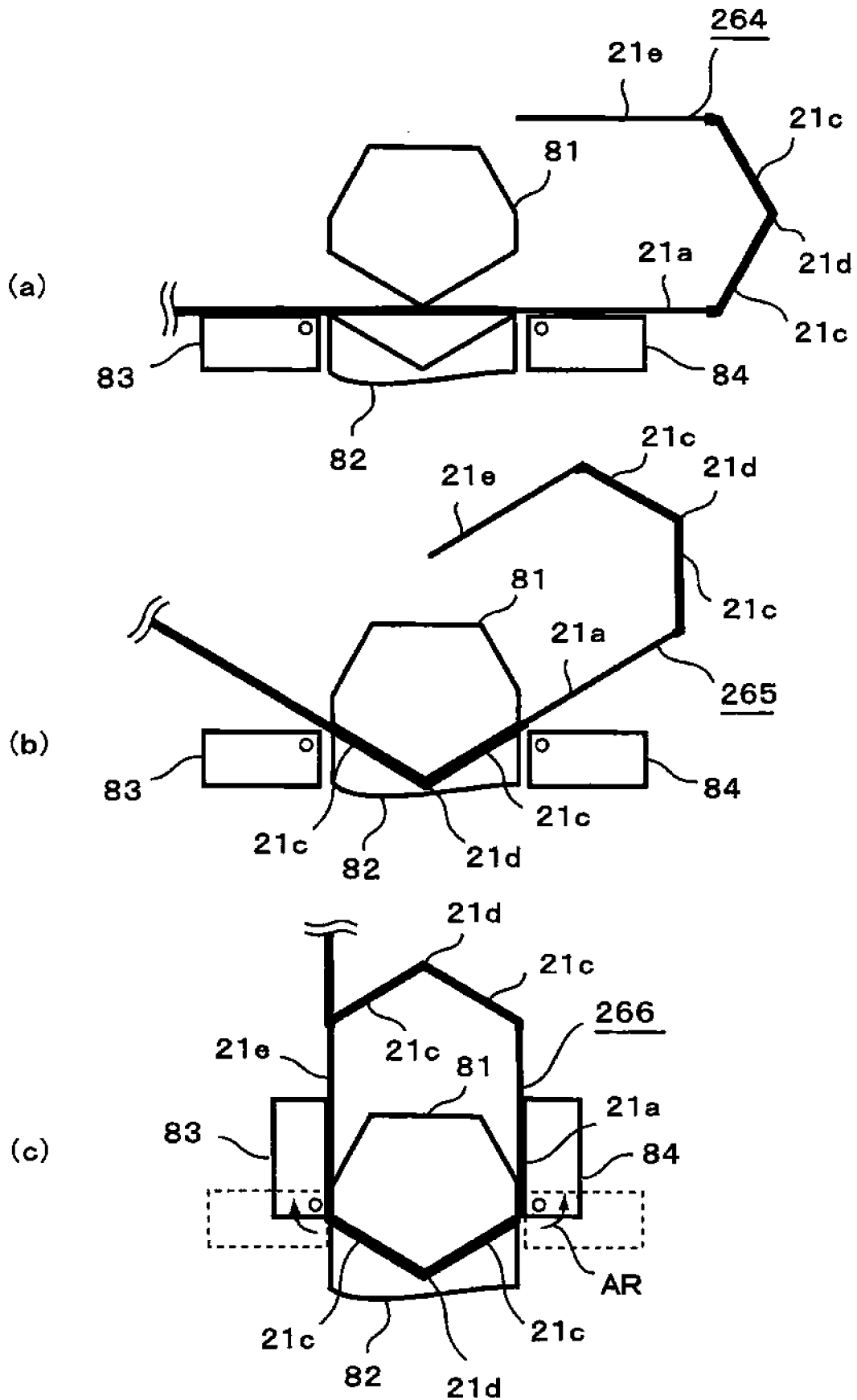


FIG. 25

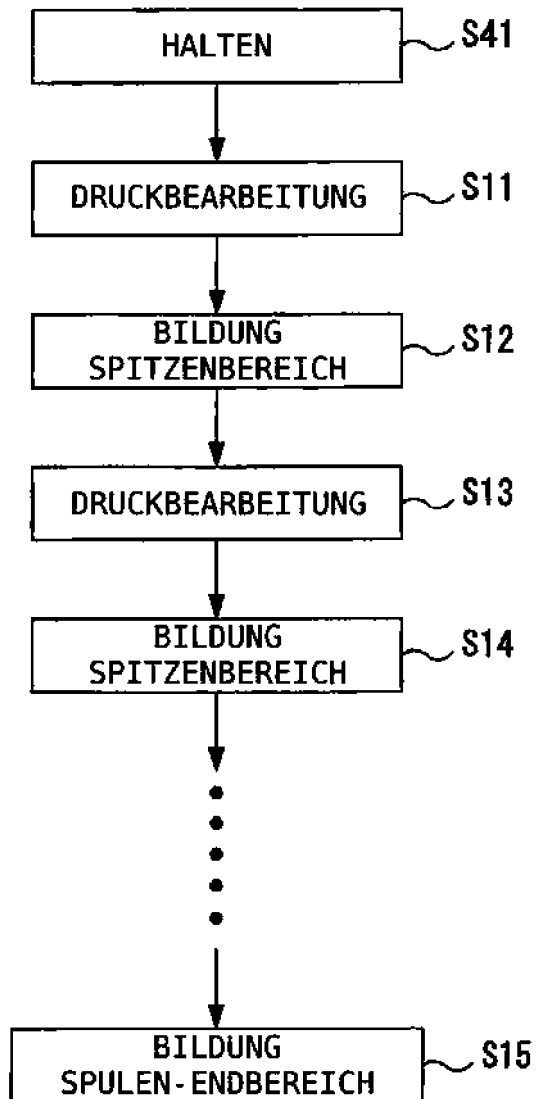


FIG. 26

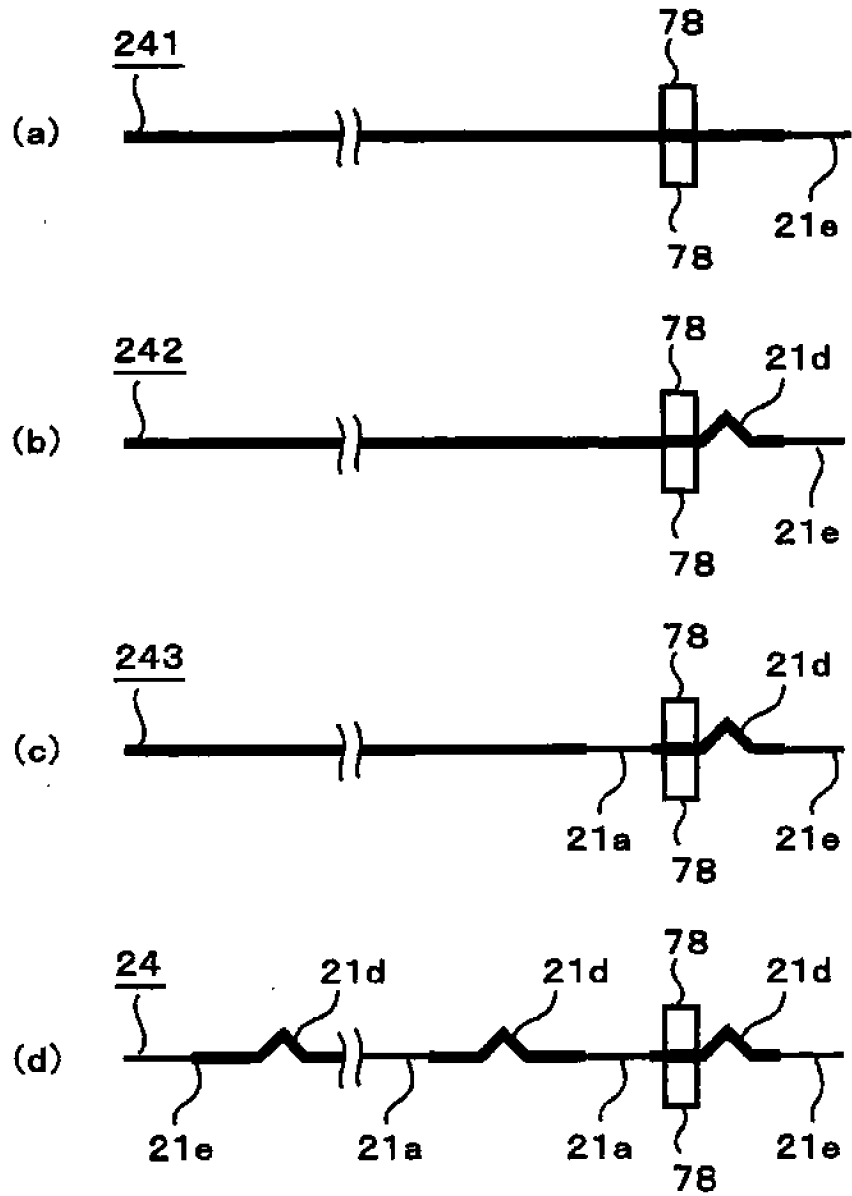


FIG. 27

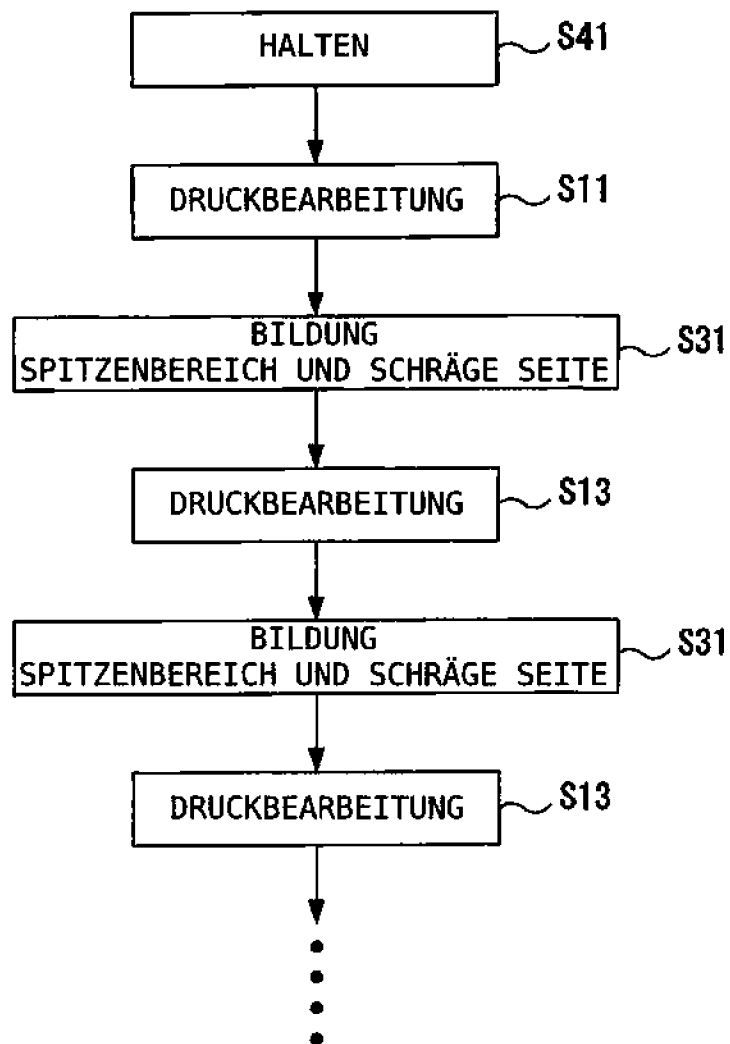


FIG. 28

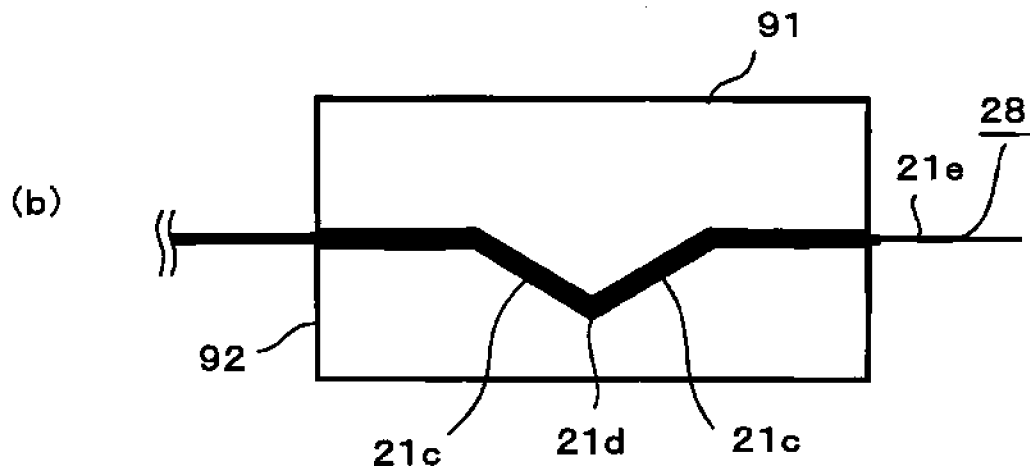
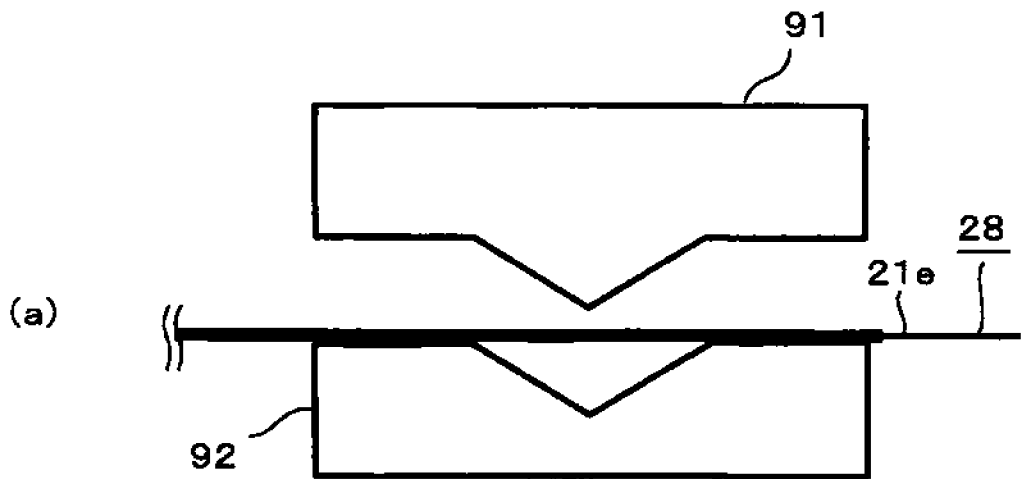


FIG. 29

