



(11)

EP 3 320 993 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.05.2018 Patentblatt 2018/20

(51) Int Cl.:
B21D 7/08 (2006.01)
B21D 7/06 (2006.01)
B21D 7/03 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17400059.6**

(22) Anmeldetag: **17.10.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **Tekkaya, Erman A.**
44227 Dortmund (DE)
• **Löbbe, Christian Heinrich**
59199 Bönen (DE)
• **Grzancic, Goran**
42659 Solingen (DE)

(30) Priorität: **20.10.2016 DE 102016012677**

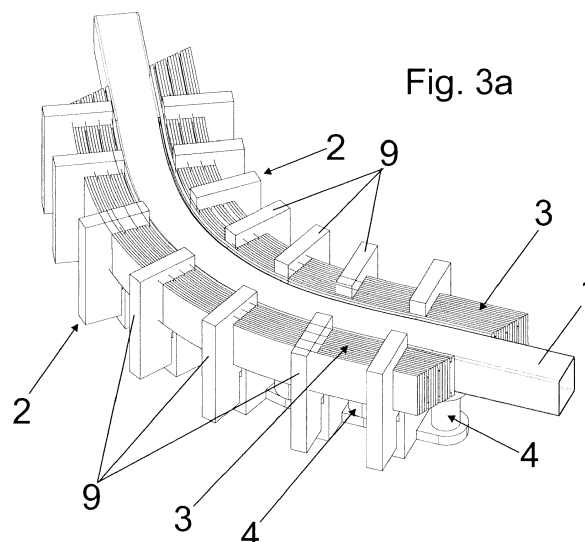
(71) Anmelder: **Technische Universität Dortmund**
44227 Dortmund (DE)

(74) Vertreter: **Schneider, Uwe**
Patentanwalt
Holbeinstrasse 27
59423 Unna (DE)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BIEGEN VON PROFILEN ODER STABMATERIAL, INSBESONDERE UNSYMMETRISCHER UND OFFENER PROFILE ODER STABMATERIAL**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (17) und ein Verfahren zum Biegen von Profilen oder Stabmaterial (1), insbesondere unsymmetrischer und offener Profile oder Stabmaterial (1), aufweisend zueinander verschwenkbare Biegeglieder (2), die das Profil oder Stabmaterial (1) aufnehmen und punktuell halten und mittels Biegemomenteneinleitung lokal in eine gebogene Konfiguration überführen. Hierbei sind mindestens zwei entlang der Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) zueinander beabstandete Biegeglieder (2) derart aneinander festgelegt und relativ zueinander verschwenk-

bar ausgebildet, dass eine relative Verschwenkung (11) der Biegeglieder (2) zueinander das Profil oder Stabmaterial (1) lokal biegend verformt, wobei entlang der Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) zumindest abschnittsweise zwischen den Biegegliedern (2) elastisch verformbare Stützelemente (3, 5, 6) an den Außenseiten des Profils oder Stabmaterials (1) anliegend angeordnet sind und die relative Verschwenkung (11) der Biegeglieder (2) zueinander die Stützelemente (3, 5, 6) ebenfalls biegt, wobei die Stützelemente (3, 5, 6) das sich biegende Profil oder Stabmaterial (1) abstützen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Biegen von Profilen oder Stabmaterial, insbesondere unsymmetrischer und offener Profile oder Stabmaterial gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren gemäß Oberbegriff des Anspruchs 15.

[0002] Das Biegen von Profilen und Stabmaterial ist eine für verschiedenste Zwecke häufig vorkommende Fertigungsnotwendigkeit zur Herstellung von Werkstückrohlingen oder Fertigprodukten aus profiliertem Vormaterial. Üblicherweise können solche Biegevorgänge an Profilen und Stabmaterial mit konventionellen formgebundenen oder freiformenden Biegeverfahren wie z.B. dem Drei-Punkt-Biegen, dem Drei-Rollen-Rundbiegen, dem Rotationszugbiegen oder dem Gesenkbiegen weitgehend fehlerfrei durchgeführt werden. Es gibt jedoch eine Vielzahl von Profilformen und Stabquerschnitten, die wegen verschiedener technischer und wirtschaftlicher Gründe nicht mit konventionellen formgebundenen oder freiformenden Biegeverfahren gebogen werden können, ohne dass es zu entsprechenden Querschnittsdeformationen kommt. Hier spielt neben der Querschnittsform auch das jeweilig umzuformende Material eine große Rolle.

[0003] Bei der Biegeumformung von Profilformen und Stabquerschnitten und insbesondere von dünnwandigen und unsymmetrisch belasteten Profilen können je nach Profilform und Biegerichtung unterschiedliche Querschnittsdeformationen (u.a. Einfallen, Ausbauchen und Verdrehung der Profilquerschnitte) auftreten, die es durch eine geeignete Prozessgestaltung zu vermeiden gilt. Neben den Querschnittsdeformationen stellt weiterhin die Faltenbildung beim freiformenden Biegen eine große Herausforderung dar, sodass für diese Profile in der Regel formgebundene Verfahren zum Einsatz kommen, welche grundsätzlich eine stark eingeschränkte Flexibilität aufweisen. Dagegen ermöglichen freiformende (kinematische) Biegeverfahren, die sich durch eine geringe Werkzeugbindung auszeichnen, das Biegen von Profilen mit beliebiger Krümmung und beliebigem Biegewinkel. Allerdings sind diese häufig auf das Biegen von dickwandigen Profilen und symmetrisch belasteten Querschnitten beschränkt.

[0004] Im Stand der Technik sind verschiedene Methoden bekannt, um das Biegen insbesondere von dünnwandigen und unsymmetrisch belasteten Profilen zu ermöglichen. Eine Möglichkeit sieht vor, dem Biegeprozess eine Zug- oder Drucklast zu überlagern. Durch die erzielte Spannungsüberlagerung werden Falten, Risse oder Knicke unterbunden.

[0005] Eine weitere Möglichkeit zur Vermeidung von Querschnittsdeformationen liegt in der äußeren oder inneren Abstützung der zu biegenden Profile. Beispielsweise werden bei freiformenden Prozessen zusätzliche Formelemente benutzt, die während des Umformens das Biegegut stützen und nach dem Prozess entfernt werden. Diese Formelemente sind nicht standardisiert und

variieren je nach Hersteller stark. So können umschließende Klammern, Füllkörper aus Kunststoffeinslagen, Umschlüsse aus Polyurethankörpern sowie Metallummantelungen und montierte Führungen zum Einsatz kommen. Neben den Formelementen werden bei geschlossenen Profilen auch Füllmedien benutzt, die den inneren Querschnitt stützen (z.B. Quarzsand, Keramikgranulat, Stahlkugeln) und nach Umformende wieder entnommen werden. Diese Füllstoffe können auch im festen Zustand während der Umformung im Profilinneren enthalten sein und durch Erhitzen fließfähig gemacht werden, um schließlich entfernt zu werden.

[0006] Daneben werden in formgebundenen Verfahren, wie z.B. beim Rotationszugbiegen oder dem Gesenkbiegen, die Profile vollflächig bereits durch die Werkzeuge abgestützt. Hierbei stützt das Werkzeug die Seitenwände des Profils ab, sodass ein Einfallen oder Verdrehen erst gar nicht möglich wird.

[0007] Neben den formgebundenen Verfahren und den freiformenden Verfahren mit Unterstützung durch Formelemente bieten die sog. querkraftfreien Biegeverfahren eine relevante Alternative, um Querschnittsverdrehungen zu vermindern oder ganz zu vermeiden.

[0008] Die Verdrehung vom Querschnitt im kinematischen oder formgebundenen Biegeprozess (beide sind nicht querkraftfrei) wird grundsätzlich dadurch hervorgerufen, dass die Biegeebene nicht parallel zur Symmetrieebene des Profils (unsymmetrisch belastetes Biegen) ausgerichtet ist. Hierdurch werden dann Querkraftschubspannungen hervorgerufen, die ein Torsionsmoment entstehen lassen, welche die Verdrehung verursacht. Um eine derartige Profilverdrehung trotz herrschender Querkraft und damit verbundener Schubspannungen vermeiden zu können werden spezielle Gegenmaßnahmen vorgenommen. Beispielsweise werden beim Drei-Rollen-Biegen neben den Biegerollen weitere Stützrollen eingesetzt, welche das Profil durch das Wirken einer zusätzlichen Querkraft in der Ebene halten und somit ein Verdrehen verhindern.

[0009] Die Nachteile des bekannten Standes der Technik äußern sich wie folgend dargestellt:

- Hohe Kosten für formgebundene Werkzeuge
- Geringe Flexibilität in Hinsicht auf Biegeradius und Biegewinkel
- Hoher Aufwand und Kosten für die Vorbereitung von Profilen mit Formelementen beim freiformenden Biegen
- Beeinträchtigung des Grundwerkstoffs und der Oberfläche, wenn Schmelzprozesse zur Stabilisierung des Profils erforderlich sind (z.B. Metallummantelungen oder feste Füllstoffe)
- Beschränkung der bestehenden Prozessrouten (Verarbeitung von Profilen mit bereits angefügten

Rohrenden, Flanschen, etc. in der Regel im Biegeprozess nicht möglich)

- Keine Richtmöglichkeiten von vorgefertigten Profilhögen im formgebundenen Biegeprozess
- Keine standardisierten Maßnahmen zur Vermeidung von Querschnittsverdrehungen, Falten und Knicken beim freiformenden Biegen, Umsetzung durch firmeneigene Lösungen.

[0010] Zur Vermeidung dieser Nachteile sind eine Reihe von sog. querkraftfreien Biegeverfahren vorgeschlagen worden, bei denen das notwendige Biegemoment direkt über eine Einspannstelle in das zu biegende Profil oder den zu biegenden Stab eingeleitet wird und somit keine Schubspannungen auftreten.

[0011] So wird in JP 2013-217829 A das Biegemoment durch Schubmotoren erwirkt, in WO 2016 001426 A1 durch eine rotierende Werkzeugscheibe mit translatorisch gelagerter Einspannung, in US 7017423 B2 und in US-PS 3026720 durch ebenfalls rotierende Spannzangen mit einem anderen Antrieb, in US 8544340 B1 durch Spannzangen, die mittels kombinierter translatorischer und rotatorischer Bewegung durch einen Stempel angetrieben ein reines Biegemoment auf die Probe applizieren. Die US-PS 3952572 zeigt relativ zueinander verschwenkbare Spannkörper, die das zu biegende Profil an einigen Punkten klemmen und ebenfalls durch die kombinierte Schwenkbewegung nicht nur ein reines Biegemoment aufbringen, sondern auch einen kontinuierlichen Vorschub des Profils ermöglichen. Obwohl eine Querschnittsverdrehung bei diesen Verfahren durch die Einbringung eines Biegemomentes vermieden werden kann, erlauben diese Prozessgestaltungen jedoch keine Stabilisierung des Profils gegen die Faltenbildung und Knicke, sodass die erzielbaren Biegeradien und Winkel limitiert sind.

[0012] Wie bereits vorstehend ausgeführt wurde, sind die flexiblen, freiformenden Biegeverfahren auf das Biegen von dickwandigen und symmetrisch belasteten Profilquerschnitten beschränkt und das Biegen von engen Radien ist hiermit in der Regel nicht umsetzbar. Um dennoch die Fertigung von den entsprechenden Profilen auch in geringer Stückzahl mit einem standardisierten Prozess herzustellen, besteht entsprechender Entwicklungsbedarf.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Herstellverfahren anzugeben, bei dem Profile und Stabmaterialien jeglicher Art und jeglichen Querschnittes flexibel so gebogen werden können, dass biegetypische, aber unerwünschte Querschnittsdeformationen, wie z.B. das Einfallen oder das Verdrehen von Profilen, verhindert werden.

[0014] Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ergibt sich hinsichtlich des Verfahrens aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich der Vorrichtung aus den Merkmalen des Anspruchs

15 jeweils in Zusammenwirken mit den Merkmalen des zugehörigen Oberbegriffes. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- 5 **[0015]** Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zum Biegen von Profilen oder Stabmaterial, insbesondere unsymmetrischer und offener Profile oder Stabmaterial, aufweisend zueinander verschwenkbare Biegeglieder, die das Profil oder Stabmaterial aufnehmen und
- 10 punktuell halten und mittels Biegemomenteneinleitung lokal in eine gebogene Konfiguration überführen. Eine derartige gattungsgemäße Vorrichtung wird dadurch weiter entwickelt, dass mindestens zwei entlang der Biegelinie des Profils oder Stabmaterials zueinander beab-
- 15 standete Biegeglieder derart aneinander festgelegt und relativ zueinander verschwenkbar ausgebildet sind, dass eine relative Verschwenkung der Biegeglieder zueinander das Profil oder Stabmaterial lokal biegend verformt, wobei entlang der Biegelinie des Profils oder Stabmaterials zumindest abschnittsweise zwischen den Biegegliedern elastisch verformbare Stützelemente an den Außenseiten des Profils oder Stabmaterials anliegend angeordnet sind und die relative Verschwenkung der Biegeglieder zueinander die Stützelemente ebenfalls biegt,
- 25 wobei die Stützelemente das sich biegende Profil oder Stabmaterial abstützen. Die Biegevorrichtung beinhaltet dabei in der Regel mehrere verschwenkbar miteinander verbundene Biegeglieder. Grundsätzlich wird über die relative Orientierung der Biegeglieder zueinander die Biegegeometrie des herzustellenden Profils oder Stabmaterials definiert. Die einzelnen Biegeglieder können unabhängig voneinander mit einem definierten Drehmoment oder einem definierten Schwenkwinkel zueinander verschwenkt werden, wodurch die so gebildete Biege-
- 30 vorrichtung ein hohes Maß an Flexibilität gewinnt, da entlang der Achse des Profils oder Stabmaterials mit nur einem Werkzeugsatz aus Biegegliedern unterschiedliche Biegeradien und Biegewinkel eingestellt werden können. Es handelt sich demnach ebenfalls um ein kinematisches Biegeverfahren. Durch den Einsatz mehrerer hintereinander angeordneter Biegeglieder in Kombination mit den das Profil oder Stabmaterial außenseitig abstützenden und elastisch mitverformten Stützelementen z.B. bestehend aus geschichteten Blattfedern lässt sich in dem Profil oder Stabmaterial eine definierte Momenteneinleitung erzielen. Wichtig ist, dass prinzipiell durch die Verschwenkung der Biegeglieder lokal ein Biegemoment an der Stelle der verschwenkten Biegeglieder durch Querkräfte eingeleitet wird, das bis zur einer anderen Stelle in der Vorrichtung konstant fortläuft und dort durch eine spiegelverkehrte Anstellung der Biegeglieder ausgeleitet wird. Durch die elastisch biegbaren Stützelemente wird ein formgebundenes Biegen ermöglicht, das sonst nur mit starren Werkzeugen erreicht wird. Die Stützelemente verhindern die sonst beim Biegen derartiger Profile oder derartigen Stabmaterials auftretenden unerwünschten Verformungen, da sich die Profile oder das Stabmaterial an den Stützelementen ggf. auch mehrach-
- 40
- 45
- 50
- 55

sig abstützen können und daher bei der Biegung gestützt werden. Daher eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung auch besonders für das Biegen von dünnwandigen Profilen, die empfindlich für Knicken und Faltenbildung sind oder einer speziellen Temperatur mit gleichzeitiger Abstützung während des Formgebens bedürfen. Darüber hinaus ist das Verfahren sehr gut geeignet für die nachträgliche Korrektur bereits erzeugter Krümmungen, da der Biegeapparat beliebig gekrümmte Ausgangszustände annehmen kann.

[0016] In einer ersten denkbaren Weiterbildung ist eine derartige Anzahl von Biegegliedern aneinander festgelegt, dass das Profil oder Stabmaterial im Wesentlichen entlang der ganzen Länge seiner Biegelinie von Biegegliedern gestützt ist. Eine solche Anzahl und Anordnung von Biegegliedern wird immer dann zu bevorzugen sein, wenn das Profil oder Stabmaterial auf der ganzen Länge gebogen werden soll oder aufgrund seines Materials oder Querschnittes so instabil ist, dass eine Abstützung des Profils oder Stabmaterials auf der ganzen Länge erforderlich ist.

[0017] Hierbei kann in weiterer Ausgestaltung die Anzahl der Biegeglieder anhängig von der Länge des zu biegenden Profils oder Stabmaterials sowie den vorzunehmenden Biegekrümmungen und den Änderungen dieser Biegekrümmungen gewählt werden. Je kleiner die Biegekrümmungen und damit je größer die Änderung der Biegekrümmungen entlang der Biegelinie sind, umso kleiner müssen die Biegeglieder sein und umso höher deren Anzahl, um z.B. kleine Biegeradien zu ermöglichen. Umgekehrt kann bei großen Biegeradien die Anzahl der Biegeglieder kleiner und deren Abstand ggf. größer gewählt werden.

[0018] In einer anderen Ausgestaltung kann eine derartige Anzahl von Biegegliedern aneinander festgelegt und diese so angeordnet sein, dass das Profil oder Stabmaterial nur entlang mindestens eines Abschnittes seiner Biegelinie von Biegegliedern gestützt ist. Soll z.B. bei einem Profil oder Stabmaterial nur ein gebogener Abschnitt hergestellt werden, kann die Anzahl und die Anordnung der Biegeglieder entlang der Biegelinie auch entsprechend gewählt und nur dort vorgesehen werden, wo die Biegung durchgeführt werden soll. Die anderen Abschnitte des Profils oder Stabmaterials brauchen hierbei keine Stützung durch die Biegeglieder.

[0019] Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Biegeglieder Halteeinrichtungen zur Aufnahme des zu biegenden Profils oder Stabmaterials aufweisen. Insbesondere, wenn die Halteeinrichtungen zangenartig ausgebildet sind und das Profil oder Stabmaterial gegenüberliegend am Profil oder Stabmaterial angreifend zwischen sich aufnehmen und beim Biegen halten, kann eine sichere Aufnahme und Abstützung des Profils oder Stabmaterials beim Biegen realisiert werden. Dabei ist es auch denkbar, dass die Halteeinrichtungen das Profil oder Stabmaterial klemmend zwischen sich aufnehmen und neben der Aufgabe der Positionierung relativ zu den verschwenkbaren Biegegliedern die Sicherung der Fest-

legung des Profils oder Stabmaterials relativ zu den Biegegliedern übernehmen.

[0020] Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Biegeglieder derart zueinander verschwenkbar aneinander festgelegt sind, dass durch eine relative Verschwenkung der Abfolge der Biegeglieder zueinander entlang der Biegelinie die gewünschte Biegelinie des Profils oder Stabmaterials einstellbar ist. Die Art der Festlegung der Biegeglieder und damit der Relativbeweglichkeit der Biegeglieder zueinander bestimmt dabei die erzielbaren Biegeoperationen. Im einfachsten Fall, wenn die Biegeglieder über einen einfachen zweidimensionalen Schwenkmechanismus wie etwa ein Drehgelenk aneinander festgelegt sind, wird eine Biegung des Profils oder Stabmaterials in einer Ebene möglich. Es ist aber in anderer Ausgestaltung auch denkbar, dass die Biegeglieder derart zueinander verschwenkbar aneinander festgelegt sind, dass die gewünschte Biegung des Profils oder Stabmaterials dreidimensional gekrümmt hergestellt werden kann.

[0021] In jedem Fall sollten aber die relativen Verschwenkbewegungen zwischen den Biegegliedern gesteuert angetrieben sein, so dass die relative Verschwenkung um einen definierten Winkel oder mit definiertem Schwenkmoment automatisiert ausgeführt und kontrolliert werden kann. Damit sind die Schwenkbewegungen jedes einzelnen Biegegliedes unabhängig von den anderen Biegegliedern kontrollierbar. Als Antriebe für diese Schwenkbewegungen der einzelnen Biegeglieder kommen elektrische oder pneumatische oder hydraulische oder mechanische Antriebe in Frage, die ggf. über Getriebe, Übersetzung, Hebel oder dgl. die Biegeglieder relativ zueinander verschwenken.

[0022] Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die Biegeglieder und die Halteeinrichtungen an einem Grundkörper angeordnet sind. Ein solcher Grundkörper kann zum einen die notwendigen Lagerungen für die Biegeglieder und die Halteeinrichtungen aufnehmen, sich auf der anderen Seite aber auch, vorzugsweise auf einer Grundplatte, gegenüber der Umgebung der Vorrichtung abstützen. Da die Relativverschwenkung der Biegeglieder zueinander eine kettenartig gekoppelte, ebene oder räumliche Bewegung der Biegeglieder verursacht, müssen die Reaktionskräfte auf diese Verschwenkbewegung und die Biegung des Profils oder Stabmaterials abgestützt und ausgeleitet werden. Dies kann im Fall zweidimensionaler Biegeoperationen etwa durch Auflagerung der Biegeglieder auf einem festen Untergrund wie einer Grundplatte erfolgen.

[0023] Von besonderem Vorteil hinsichtlich der Abstützung des Profils oder Stabmaterials ist es, wenn die Stützelemente so ausgebildet und elastisch verformbar sind, dass sie das Profil oder Stabmaterial in zumindest einer Raumrichtung bei der Verformung des Profils oder Stabmaterials abstützen und ungewollte Biegefehler verhindern. Die Stützelemente haben bei der vorliegenden Erfindung zwei Aufgaben, nämlich zum einen die Gewährleistung einer kontinuierlich verlaufenden Biegelinie zwi-

schen den einzelnen Biegegliedern und zum andern die Abstützung des Profils oder Stabmaterials bei der Durchführung der Biegeoperationen. Für den ersten Zweck erstrecken sich die Stützelemente zumindest zwischen zwei benachbarten Biegegliedern und sind an den Biegegliedern z.B. mit den Halteeinrichtungen klemmend festgelegt. In der Regel erstrecken sich die Stützelemente aber vorzugsweise über mehrere oder auch alle Biegeglieder. Durch diese Ausgestaltung sorgen die elastisch verformbaren Stützelemente dafür, dass die Biegung des Profils oder Stabmaterials mit einer kontinuierlich ausgebildeten Biegelinie erfolgt, was bedeutet, dass die Biegelinie keine Knicke oder sonstigen Irregularitäten aufweist, die man normalerweise beim Biegen vermeiden will. Zum anderen kann sich das Profil oder Stabmaterial zumindest bereichsweise an diesen sich entlang der Biegelinie erstreckenden Stützelementen bei der Durchführung der Biegeoperation durch die Relativverswenkung der Biegeglieder abstützen, wodurch unzulässige Verformungen des Profils oder Stabmaterials verringert oder ganz vermieden werden können. Da sich die Stützelemente aufgrund ihrer Eigenelastizität bei der Verswenkung der Biegeglieder ebenfalls, allerdings elastisch verbiegen und diese Biegung gleich der gewünschten Biegung des Profils oder Stabmaterials ist, bleibt das Profil oder Stabmaterial während der ganzen Ausführung der Biegung durch die Biegeglieder gestützt. Im einfachsten Fall einer zweidimensionalen ebenen Biegeoperation kann diese Abstützung in einer Raumrichtung erfolgen, etwa indem die Stützelemente als blattfederartige Elemente und an der Außenfläche des Profils oder Stabmaterials anliegend ausgebildet sind. Damit kann sich das Profil oder Stabmaterial genau in Richtung der Biegung an den blattfederartigen Stützelementen abstützen.

[0024] Es ist aber auch denkbar, dass mehrere Stützelemente so entlang der Biegelinie des Profils oder Stabmaterials angeordnet sind, dass sie das Profil oder Stabmaterial in mehr als einer Raumrichtung bei der Verformung des Profils oder Stabmaterials abstützen, z.B. erste Stützelemente so entlang der Biegelinie des Profils oder Stabmaterials angeordnet sind, dass sie das Profil oder Stabmaterial in einer Raumrichtung abstützen, und zweite Stützelemente mit einer senkrecht dazu ausgerichteten Stützwirkung entlang der Biegelinie angeordnet sind. Hierdurch können Profile oder Stabmaterial auch bei räumlichen Biegungen in zwei oder mehr Raumrichtungen abgestützt werden, so dass die Biegung genau und ohne unzulässige Biegefehler ausgeführt werden kann. Auch können die Stützelemente z.B. durch Druckkräfte belastet werden und so eine Vorspannung in das zu biegende Profil einbringen.

[0025] Weiterhin können die Stützelemente einen oder mehrere Einzelkörper aufweisen, wobei bei Verwendung mehrerer Einzelkörper die mehreren Einzelkörper einen Verbund bilden können. Durch die Verwendung mehrerer Einzelkörper, aus denen die Stützelemente gebildet werden, kann die Biegebarkeit und damit die Abstützung

des zu biegenden Profils durch die Verwendung einzelner oder auch mehrerer Einzelkörper flexibel angepasst werden.

[0026] In einer vorteilhaften Ausgestaltung können z.B. abhängig von den auftretenden Biegekräften, die bei der Abstützung der Profile oder des Stabmaterials ja auch auf die Stützelemente wirken, mehrere blattfederartig ausgebildete Einzelkörper zu einem Stützelement paketartig geschichtet angeordnet werden. Hierdurch kann durch die Art und die Dicke der Schichtung der blattfederartig ausgebildeten Stützelemente genau dort ein hoher Abstützungswiderstand erzielt werden, wo dieser benötigt wird und auch große aus der Biegung des Profils oder Stabmaterials wirkende Kräfte sicher abgestützt werden.

[0027] Es ist weiterhin auch denkbar, dass die Stützelemente drahtartig, rohrartig oder schlauchartig ausgebildet sind oder die aus einem oder mehreren Einzelkörpern gebildeten Stützelemente globale drahtartige, rohrartige oder schlauchartige Form annehmen und dadurch die Kräfte aus der Biegeoperation des Profils oder Stabmaterials in allen Raumrichtungen sicher abgestützt werden. Drahtartige Stützelemente können z.B. vorteilhaft Abstützungen bei dreidimensionalen Biegeoperationen ermöglichen, indem die Drähte passend zur Biegeverformung orientiert werden.

[0028] Weiterhin ist es denkbar, dass die Stützelemente mindestens eine zusätzliche Gleitschicht und/oder Trennschicht aufweisen, die an der Oberfläche des Profils oder Stabmaterials anliegt und/oder die Gleitbewegung zwischen Profil und Stützelement und/oder von aus Einzelkörpern gebildeter Stützelemente untereinander verbessert. Da Relativbewegungen zwischen Stützelement und Profil bzw. z.B. zwischen den aus Blattfedern gebildeten Stützelementen zwischen den einzelnen Blattfedern auftreten können, wird durch eine derartige Gleitschicht und/oder Trennschicht die Relativbewegung zwischen Profil und Stützelement bzw. zwischen den Blattfedern des Stützelementes verbessert bzw. die Oberfläche des Profils nicht beschädigt.

[0029] Weiterhin ist es denkbar, dass eine Vorschubeinrichtung auf das zu biegende Profil oder Stangenmaterial eine Vorschubkraft in Richtung des Verlaufs der Biegeglieder bzw. der Biegelinie aufbringt und so, abgestimmt auf die Bewegungen der eigentlichen Biegeoperationen mit den Biegegliedern, das Profil oder Stabmaterial durch die Kette der Biegeglieder hindurch fördert. Hierbei kann in einer denkbaren Ausgestaltung die Vorschubeinrichtung am Einlauf des Profils oder Stangenmaterials in die Anordnung der Biegeglieder angeordnet sein und eine schiebende Wirkung auf das zu biegende Profil oder Stangenmaterial ausüben, es ist aber auch denkbar, dass die Vorschubeinrichtung am Auslauf des Profils oder Stangenmaterials aus der Anordnung der Biegeglieder angeordnet ist und eine ziehende Wirkung auf das zu biegende Profil oder Stangenmaterial ausübt. Die Wahl der Anordnung hängt dabei vorrangig von der Widerstandsfähigkeit des Profils oder Stabmaterials ge-

gen Zug bzw. Druck ab, d.h. labile Profile oder Stabmaterial werden in der Regel eher durch die Biegeglieder hindurch gezogen, stabilere Profile oder Stabmaterial können auch hindurch geschoben werden. Hierbei sollten die Biegeglieder entlang der Biegelinie des zu biegenden Profils oder Stangenmaterials synchron zur Wirkung der Vorschubeinrichtung ihre entlang der Biegelinie verformte Konfiguration einnehmen, d.h. die Vorschubeinrichtung arbeitet immer in den Pausen der eigentlichen Biegeoperationen.

[0030] Von besonderem Vorteil für die Herstellung faserverstärkter Kunststoffprofile ist es, wenn die Vorrichtung im Auslaufbereich einer konventionellen Pultrusionsanlage zur Herstellung faserverstärkter Kunststoffprofile angeordnet ist und das Kunststoffprofil mittels der Anordnung der Biegeglieder vor der Verfestigung des faserverstärkten Kunststoffprofils verformt und aushärtet. Hierdurch kann die an sich bekannte Pultrusionstechnik erweitert werden auch für die offenen und wenig widerstandsfähigen Profile, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung hergestellt werden können. Derartige Profile können durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch mit nahezu beliebigen Biegungen hergestellt werden, wenn die in der Pultrusionsanlage hergestellten faserverstärkten Kunststoffprofile anschließend unmittelbar in die erfindungsgemäße Vorrichtung eingeführt, dort entsprechend gebogen und in dem gebogenen Zustand bis zur ggf. temperaturgeführten Aushärtung gehalten werden. Dies erweitert das mögliche Formenspektrum pultrusionsgestützt hergestellter faserverstärkter Kunststoffprofile ungemein.

[0031] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Biegen von Profilen oder Stabmaterial, bei dem die Profile oder das Stabmaterial in zueinander verschwenkbare Biegeglieder eingebracht werden, die das Profil oder Stabmaterial aufnehmen und punktuell halten und mittels Biegemomenteneinleitung lokal in eine gebogene Konfiguration überführen. Hierbei verschwenken in erfindungsgemäßer Weise mindestens zwei entlang der Biegelinie des Profils oder Stabmaterials zueinander beabstandete Biegeglieder relativ zueinander gesteuert und durch die relative Verschwenkung der Biegeglieder zueinander wird das Profil oder Stabmaterial lokal gebogen, wobei zumindest abschnittsweise zwischen den Biegegliedern angeordnete, elastisch verformbare Stützelemente durch die relative Verschwenkung der Biegeglieder zueinander ebenfalls mitgebogen werden und die Stützelemente dabei das sich biegende Profil oder Stabmaterial abstützen. Auf die Eigenschaften und Vorteile der vorstehend beschriebenen Vorrichtung sei in diesem Zusammenhang verwiesen, die selbstverständlich auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Tragen kommen. Durch das beschriebene Biegeverfahren mit kinematischer Wirkweise lässt sich schließlich die Krümmung von Profilen mit nahezu beliebigen Profilquerschnittsgeometrien (symmetrisch, unsymmetrisch, offen, geschlossen) flexibel entlang des Profils einstellen.

[0032] Von besonderem Vorteil ist es, wenn das zu

biegende Profil oder Stangenmaterial im unverformten oder vorverformten Zustand in die Biegeglieder eingebracht und die Biegeglieder anschließend gleichzeitig oder nacheinander in die endverformte Konfiguration entlang der Biegelinie gebracht werden. Hierdurch kann eine Art kinematische Kette aus den Biegegliedern aufgrund der eigenständigen Verschwenkbarkeit jedes einzelnen Biegegliedes gleichzeitig an allen Biegegliedern oder in zeitlicher/räumlicher Abstimmung einzelner Biegeglieder die Biegeumformung des Profils oder Stabmaterials durchführen, wodurch eine weite Veränderbarkeit und technologische Anpassbarkeit der Biegeoperationen gewährleistet werden kann. Hierbei werden die Biegeglieder unabhängig voneinander mit einem vorgebbaren Drehmoment und/oder einem vorgebbaren Winkel zueinander verschwenkt, so dass ggf. an jedem Biegeglied unterschiedliche Biegeparameter für die lokale Biegung des Profils oder Stabmaterials eingestellt werden können.

[0033] Die sichere Abstützung des Profils oder Stabmaterials bei der Biegeumformung wird dadurch gewährleistet, dass an den Biegegliedern angeordnete Halteinrichtungen gegenüberliegende lokale Aufnahmen für das Profil oder Stabmaterial bilden. Diese Halteelemente bilden quasi die Anlageflächen für das Profil oder Stabmaterial innerhalb der Biegeglieder und positionieren das Profil oder Stabmaterial relativ zu dem Biegeglied.

[0034] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Stützelemente so ausgebildet und elastisch verformt werden, dass sie das Profil oder Stabmaterial in zumindest einer Raumrichtung bei der Verformung des Profils oder Stabmaterials abstützen und ungewollte Biegefehler verhindern. Hierdurch wird eine sich beim Biegevorgang synchron mitverformende Abstützung des Profils oder Stabmaterials zur Verfügung gestellt, die in jedem Zwischenstadium des Biegens sich an dem Profil oder Stabmaterial anlegt und dieses so abstützt, dass nur die gewollten Biegeverformungen hervorgerufen werden, nicht aber ungewünschte Biegeverformungen wie Faltenbildung, Einfallen oder dgl.

[0035] Weiterhin ist es denkbar, dass das zu biegende Profil oder Stangenmaterial nach und nach in die Biegeglieder eingebracht und zwischen den Biegegliedern hindurch gefördert wird. Ein solcher quasi-kontinuierlicher Betrieb erhöht die Ausbringung und damit die Wirtschaftlichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0036] Hierzu kann in weiterer Ausgestaltung eine Vorschubeinrichtung auf das zu biegende Profil oder Stangenmaterial eine Vorschubkraft in Richtung der Biegelinie aufbringen und damit das Profil oder Stabmaterial durch die kinematische Kette der Biegeglieder hindurch fördern, wenn gewährleistet wird, dass die Biegeglieder entlang der Biegelinie des zu biegenden Profils oder Stangenmaterials synchron zur Wirkung der Vorschubeinrichtung ihre entlang der Biegelinie verformte Konfiguration einnehmen.

[0037] Ebenfalls ist es aber auch denkbar, dass das zu biegende Profil oder Stangenmaterial zeitgleich in alle

Biegeglieder eingelegt und in nur einem Biegevorgang komplett verformt wird.

[0038] Weiterhin ist es denkbar, dass ein zu biegendes hohles Profil oder Stangenmaterial bei der Biegeverformung zusätzlich im Inneren abgestützt wird, um z.B. ein Einfallen des Profils noch besser zu verhindern.

[0039] Von besonderem Vorteil ist es darüber hinaus, wenn das zu biegende Profil oder Stangenmaterial im erwärmten Zustand, vorzugsweise erwärmt durch eine indirekte Erwärmung mittels elektrischer Widerstandselemente oder eine Erwärmung durch Infrarotstrahlung oder eine Erwärmung in einem Ofen oder die direkte Erwärmung elektrisch leitfähiger Materialien durch Joule'sche Verluste, verformt wird. Durch eine Temperierung des Profils oder Stabmaterials kann der Biege- widerstand des Profils oder Stabmaterials gezielt positiv beeinflusst werden, so dass die Umformung bei besonderen Materialien überhaupt erst möglich wird oder besonders günstig ablaufen kann.

[0040] In weiterer Ausgestaltung ist es auch denkbar, dass das zu biegende Profil oder Stangenmaterial nach der Umformung im erwärmten Zustand gezielt abgekühlt wird, um bleibende Materialeigenschaften des Profils oder Stangenmaterials, insbesondere die Härte und/oder die Elastizität, zu beeinflussen.

[0041] Von besonderem Vorteil ist es, wenn als Material des zu biegenden Profils oder Stangenmaterials metallische Werkstoffe oder Kunststoffe verformt werden. Es ist aber auch denkbar, dass als Material des zu biegenden Profils oder Stangenmaterials faserverstärkte, insbesondere duroplastische Kunststoffe verformt werden, die im Auslaufbereich einer konventionellen Pultrusionsanlage mittels der Anordnung der Biegeglieder vor der Verfestigung des faserverstärkten Kunststoffstranges in eine verformte Konfiguration überführt und in der Anordnung der Biegeglieder ausgehärtet werden.

[0042] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt die Zeichnung.

[0043] Es zeigen:

Figur 1a-1d - einen grundsätzlichen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in verschiedenen Ansichten mit Darstellung der relativen Verschwenkbarkeit der an einem Profil angeordneten Biegeglieder und den Stützelementen,

Figur 2a-2e - Aufbau der Biegeglieder und deren Verschwenkeinrichtungen sowie Darstellung der Reihung einer Anzahl von Biegegliedern zur Aufnahme eines zu biegenden Profils,

Figur 3a-3d - Darstellung einer Reihung einer Anzahl von Biegegliedern mit darin angeordneten zu biegenden rechteckigem Profil in einer schon gebogenen Konfiguration so-

wie zwei Biegestadien,

Figur 4a-4b - Darstellung einer Reihung einer Anzahl von Biegegliedern mit darin angeordnetem, zu biegendem L-Profil in einer gebogenen Konfiguration,

Figur 5a-5e - Darstellung einer Reihung einer Anzahl von Biegegliedern mit darin angeordnetem, zu biegendem L-Profil in der geraden Ausgangskonfiguration und in einer gebogenen Konfiguration sowie in einer Explosionsdarstellung,

Figur 6a-6c - Darstellung von verschiedenen Biegekonfigurationen von gebogenen Profilen mit Darstellung der Orientierung der Reihung der Biegeglieder und gebogener Konfiguration der Stützelemente,

Figur 7a-7b - Beispiel eines ersten komplex dreidimensional gebogenen U-Profils mit Darstellung der Orientierung der Reihung der Biegeglieder,

Figur 8a-8c - Beispiel eines weiteren komplex dreidimensional gebogenen U-Profils mit Darstellung der Orientierung der Reihung der Biegeglieder,

Figur 9 - Darstellung einer Reihung einer Anzahl von Biegegliedern mit darin angeordnetem, zu biegendem U-Profil in einer gebogenen Konfiguration ohne Stützelemente,

Figur 10 - Darstellung des Einsatzes einer erfindungsgemäßen Vorrichtung an einer konventionellen Pultrusionsanlage zur Herstellung von komplex gebogenen faserverstärkten Kunststoffprofile.

[0044] In der Figur 1 ist eine Darstellung des prinzipiellen Aufbaus der erfindungsgemäßen Vorrichtung 17 in verschiedenen Ansichten mit Darstellung der relativen Verschwenkbarkeit 11 der an einem geschnitten und geöffnet dargestellten Profil 1 mit rechteckigem Querschnitt angeordneten Biegeglieder 2 und horizontalen Außenstützelementen 3 zu erkennen. Das hier nur als ein exemplarisches Beispiel mit rechteckigem Querschnitt dargestellte Profil 1 wird dabei mit Hilfe der Biegeglieder 2 in nachstehend beschriebener Weise einer Biegeoperation unterworfen.

[0045] Hierzu ist der Aufbau der Vorrichtung 17 wie folgt zu beschreiben. Die einzelnen Biegeglieder 2 weisen ein in der Figur 1b besser zu erkennendes Basiselement 10 auf, das mit seiner Unterfläche z.B. auf einer nicht dargestellten Platte oder dergleichen verschiebbar

abgestützt ist. An dem Basiselement 10 sind zwei gegenüberliegend und damit im Seitenbereich zu dem Profil 1 angeordnete, zangenartig betätigbare Halteelemente 9 zu erkennen, die in Öffnungs- bzw. Schließrichtung 8 auf das Profil 1 zufahren oder vom Profil 1 wegfahren können. Hierzu wird ein nicht weiter dargestellter Antrieb benutzt. Hierdurch können die zangenartigen Halteelemente 9 bis an die Außenwandungen des Profils 1 heran gefahren werden.

[0046] Zwischen den Halteelementen 10 und dem Profil 1 sind entlang der Biegeglieder 2, sich über zumindest zwei Biegeglieder 2 hinweg erstreckend, blattfederartige Außenstützelemente 3 angeordnet. Diese Außenstützelemente 3 bestehen aus einer variablen Anzahl von einzelnen blattfederartigen, elastisch verformbaren Blechstreifen z.B. aus einem Federstahldraht, die zu Paketen aufeinander geschichtet zwischen die Halteelemente 10 und dem Profil 1 eingelegt werden können. Üblicherweise erstrecken sich diese Pakete von Außenstützelementen 3 dabei nicht nur über eine Länge zwischen zwei benachbarten Biegegliedern 2 hinweg, sondern entlang der ganzen oder zumindest wesentlichen Teilen der Länge der Vorrichtung 17. Hierbei dienen die Außenstützelemente 3 zur Abstützung des sich biegenden Profils 1 während der Biegeumformung sowie zur definierten Übertragung der Biegekräfte von den Biegegliedern 2 auf das Profil 1.

[0047] Neben der seitlichen Abstützung des Profils 1 durch die Außenstützelemente 3 kann das Profil auch oberseitig durch ein vertikales Stützelement 6 gestützt werden, das hier ebenfalls aus einem Stapel blattfederartig gebildeter vertikales Außenstützelemente 6 besteht und über eine nicht weiter dargestellte Stellvorrichtung in Verstellrichtung 7 relativ zur Oberseite des Profils 1 positioniert oder auch an die Oberseite des Profils 1 gepresst werden kann. Durch das vertikale Außenstützelement 6 können unerwünschte Formänderungen des Profils 1 in dieser vertikalen Richtung verhindert werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Stapelausrichtung des Außenstützelementes 6 eine andere ist als die Stapelausrichtung der horizontalen Außenstützelemente 3. Unterseitig erfolgt die Abstützung des Profils 1 durch die Auflage auf dem Basiselement 10.

[0048] Ebenfalls kann ein z.B. hohles Profil 1 auch innerhalb des hohlen Querschnitts gestützt werden, indem ebenfalls ein Stapel blattfederartig gebildeter Innenstützelemente 5 in das hohle Profil 1 eingebracht wird, das ebenfalls durch die relative Verschwenkung 11 der Biegeglieder 2 mit gebogen werden kann. Diese Art der zusätzlichen Abstützung ist neben fragilen Hohlprofilen 1 auch zur Abstützung von offenen Profilen 1 mit nicht regelmäßigen Querschnitten denkbar, damit derartige Profile 1 sich vollflächig an den horizontalen Außenstützelementen 3 abstützen können, wie dies etwa in den Figuren 4a und 4b noch besser zu erkennen ist.

[0049] Die Abfolge der einzelnen Biegeglieder 2 ist dabei in an eine Wirbelsäule erinnernde, in zueinander verschwenkbarer Weise aneinander festgelegt. Dabei be-

steht jeweils zwischen zwei benachbarten Biegegliedern 2 eine verschwenkbare Drehverbindung 4, die wie hier dargestellt im einfachsten Fall als Drehgelenk 4 ausgebildet ist. Dadurch können sich die Biegeglieder 2 in diesem Drehgelenk 4 um eine Achse 12 in Verschwenkrichtung 11 zueinander verdrehen. Ist dabei das Profil 1 in noch nachstehend beschriebener Weise in der Anordnung der Biegeglieder 2 eingelegt, so wird das Profil 1 durch diese relative Verschwenkung 11 benachbarter Biegeglieder 2 lokal gebogen, was in der Summe der Verschwenkungen 11 aller Biegeglieder 2 dann zu einer Biegung des Profils 1 entlang der gewünschten Biegelinie 13 führt.

[0050] Die relative Verschwenkung 11 benachbarter Biegeglieder 2 zueinander wird dabei durch nicht dargestellte Antriebseinrichtungen, z.B. einen elektromotorischen Antrieb oder dgl., ausgeführt und gesteuert, so dass der Verschwenkwinkel und/oder das Drehmoment bei der relativen Verschwenkung 11 benachbarter Biegeglieder 2 automatisiert gesteuert und kontrolliert werden kann.

[0051] Die horizontalen Außenstützelemente 3 sind bei dieser relativen Verschwenkung 11 benachbarter Biegeglieder 2 an den beiden gegenüberliegenden Außenseiten des Profils 1 zwischen den Ausnehmungen 20 in den Halteelementen 9 und dem Profil 1 angeordnet und stützen das Profil 1 bei der vorstehend beschriebenen Biegeumformung ab. Hierdurch können sonst auftretende, vor allem für offene und dünnwandige Profile 1 häufig auftretende unzulässige Formänderungen wie Faltenbildung, Einfallen, Verdrehungen etc. sicher verhindert werden, da die Biegeglieder 2 und die Außenstützelemente 3 das Profil 1 umgeben und abstützen. Außerdem kann durch die relative Verschwenkung 11 benachbarter Biegeglieder 2 und deren automatisiert ausführbarer Verschwenkung 11 eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Formgebung der erzeugbaren Biegelinie 13 erreicht werden, wobei die Biegelinie 13 selbstverständlich bei geeigneter Ausgestaltung der Vorrichtung 17 auch dreidimensional verlaufen kann.

[0052] In den Figuren 2a bis 2c ist in einer vergrößerten Darstellung noch einmal besser der detailliertere Aufbau der Biegeglieder 2 und deren Verschwenkeinrichtungen 4 sowie in den Figuren 2d und 2e die Darstellung der Reihung einer Anzahl von Biegegliedern 2 zur Aufnahme eines zu biegenden Profils 1 und die Zuordnung der Biegeglieder 2 zu den Außenstützelementen 3 zu erkennen.

[0053] Man erkennt noch einmal besser den grundsätzlich C-förmig geformten Aufbau der zangenartig verfahrbaren Halteelemente 9, die einen Aufnahmekanal für das hier nicht dargestellte Profil 1 bilden. Die Biegeglieder 2 sind dabei voneinander beabstandet relativ verschwenkbar zueinander über die Drehgelenke 4 an dem Basiselement 10 kettenartig miteinander verbunden und lassen sich aus der geraden Konfiguration in zwei Richtungen definiert zueinander relativ verschwenken. Oberseitig des Basiselementes 10 sind an jedem Biegeglied 2 Auflageelemente 14 angeordnet, auf denen das Profil

1 aufliegt, wenn es in den durch die Biegeglieder 2 gebildeten Aufnahmekanal eingebracht wird. Im Bereich der Ausnehmungen 20 in den zangenartigen Halteelementen 9 sind Lagerungen 15 für die Außenstützelemente 3 angeordnet, die zur sicheren Festlegung und Führung der in Figur 2e erkennbaren Außenstützelemente 3 an den zangenartigen Halteelementen 9 dienen. Die Außenstützelemente 3 werden der Einfachheit halber in Längsrichtung der Anordnung der Biegeglieder 2 in den durch die Biegeglieder 2 gebildeten Aufnahmekanal eingeschoben. Wichtig hinsichtlich der Lagerung der Außenstützelemente 3 in den zangenartigen Halteelementen 9 ist, dass verschiedene Lagerungsarten der Außenstützelemente 3 zur Erfüllung dieser Funktion angewendet werden können, wobei eine translatorische Bewegungsmöglichkeit der Außenstützelemente 3 relativ zu den zangenartigen Halteelementen 9 in Richtung der Profillängsachse erhalten bleiben muss.

[0054] In den Figuren 3a und 3b erkennt man nun eine Darstellung einer Reihung einer Anzahl von Biegegliedern 2 gemäß Figur 2 mit darin angeordnetem, zu biegendem rechteckigem Profil 1 in einer schon gebogenen Konfiguration in einer räumlichen Ansicht (Figur 3a) und in einer Untersicht (Figur 3b), in der die relativ zueinander verschwenkte Stellung der Biegeglieder 2 besonders gut zu erkennen ist. In den Figuren 3c und 3d sind zwei unterschiedliche Biegestadien im Laufe der Biegeverformung des Rechteckprofils 1 zu erkennen.

[0055] Die Figuren 4a und 4b zeigen in zwei räumlichen Ansichten die Darstellung einer Reihung einer Anzahl von Biegegliedern 2 mit darin angeordnetem zu biegenden L-Profil 1 in einer gebogenen Konfiguration. Sehr deutlich erkennt man die stapelartige Schichtung der blattförmigen Außenstützelemente 3 zur seitlichen Abstützung des L-förmigen Profils 1, sowie die stapelartige Schichtung der blattförmigen Innenstützelemente 5 zum Andrücken der Außenstützelemente 3 an den senkrechten Schenkel des L-förmigen Querschnitts des Profils 1. Diese Innenstützelemente 5 werden vorteilhaft bei unsymmetrischen Profilquerschnitten verwendet, um ein beidseitige Anpressen der Außenstützelemente 3 an einzelne Schenkel des Profils 1 wie hier dem senkrechten Schenkel des L-förmigen Profils 1 zu realisieren.

[0056] Die Figuren 5a bis 5d zeigen in einer räumlichen Ansicht und einer Seitenansicht die Darstellung einer Reihung einer Anzahl von Biegegliedern 2 mit darin angeordnetem zu biegenden L-Profil 1 in der geraden Ausgangskonfiguration (Figuren 5a, 5b) und in einer gebogenen Konfiguration (Figuren 5c, 5d) sowie in einer teilweisen Explosionsdarstellung (Figur 5e) der gebogenen Konfiguration gemäß Figur 5d. Hier erkennt man besonders deutlich die Gestaltung der Innenstützelemente 5, die zur seitlichen Führung und Unterstützung parallel zum senkrechten Schenkel des L-förmigen Profils 1 benutzt werden.

[0057] Die Figuren 6a bis 6c zeigen in jeweils einer Draufsicht die Darstellung von verschiedenen Biegekonfigurationen der Biegeglieder 2 von wellenförmig, S-för-

mig und winklig gebogenen Profilen 1 mit Darstellung der jeweiligen Orientierung der Reihung der Biegeglieder 2 und der entsprechend gebogenen Konfiguration der Außenstützelemente 3.

[0058] In den Figuren 7 und 8 sind zwei Beispiele für dreidimensional gebogene Profile 1 zu erkennen, die mit einer nicht weiter dargestellten dreidimensional arbeitenden Vorrichtung zwischen den Biegegliedern 2 erzeugt werden können. Hierbei zeigen die Figuren 7a und 7b ein Beispiel eines ersten komplex dreidimensional gebogenen U-Profils 1 mit Darstellung der Orientierung der Reihung einiger ausgewählter Biegeglieder 2. Man erkennt, dass auch kleine Biegeradien des U-förmigen Profils 1 möglich sind. Die Figuren 8a bis 8c zeigen ein anderes Beispiel eines komplex dreidimensional gebogenen U-Profils 1 mit Darstellung der Orientierung der Reihung einiger ausgewählter Biegeglieder 2. Eine entsprechende Vorrichtung 17 zum dreidimensionalen Biegen basiert wie die Vorrichtung 17 zum zweidimensionalen Biegen auf Biegegliedern 2, die sich gegenüber durch eine verschwenkbare Lagerung der Biegeglieder 2 um zwei Raumachsen anstatt einer Raumachse ausgebildet sind (vgl. Kreuzgelenkwelle).

[0059] Gemäß Figur 9 kann eine erfindungsgemäße Anordnung von Biegegliedern 2 auch dazu genutzt werden, um ein Rechteckprofil 1 zu biegen, ohne dass die Stützelemente 3 an den Biegegliedern angeordnet werden. Hierbei verschwenken die Biegeglieder 3 in schon beschriebener Weise relativ zueinander und übertragen ein entsprechendes Biegemoment auf das Profil 1. Zwischen den Biegeelementen 2 kann sich das Profil 1 ungestützt und frei biegen. Vorteilhaft ist hierbei die jeweils lokale Biegung des Profils 1 durch die sich biegende Kette der Biegeglieder 2, wodurch wegen der in der Regel hohen Anzahl der Biegeglieder 2 eine sehr genaue Biegung des Profils 1 erreicht werden kann.

[0060] Die Figur 10 zeigt ein rein schematisches Funktionsdiagramm, nach dem eine erfindungsgemäße Vorrichtung 17 im Bereich des Auslaufs einer konventionellen Pultrusionsanlage 18 angeordnet wird und in der Pultrusionsanlage 18 hergestellte faserverstärkte Kunststoffprofile 1 am Austritt der Pultrusionsanlage 18 von der Vorrichtung 17 übernommen und in verstehend beschriebener Weise gebogen werden. Nach dem Biegen verbleiben die gebogenen Profile noch solange in der Vorrichtung, bis etwa über eine nicht weiter dargestellte Temperierungseinheit das faserverstärkte Kunststoffprofil 1 ausgehärtet wurde und damit stabil in der gebogenen Konfiguration verbleibt. Die Förderung des Profils 1 durch die Pultrusionsanlage 18 und die Vorrichtung 17 kann dabei mit Hilfe einer Vorschubvorrichtung 19 erfolgen, die den Strang des Profils 1 durch die Pultrusionsanlage 18 und die Vorrichtung 17 hindurch zieht. Dadurch kann das erzeugbare Formenspektrum pultrusiv hergestellter faserverstärkter Kunststoffprofile 1 auf nahezu beliebig gebogene Profile stark erweitert und verbessert werden, die mit einer konventionellen Pultrusionsanlage 18 so bisher nicht herstellbar waren. Hier-

durch ist die Herstellung von duroplastischen faserverstärkten Kunststoff-Profilen möglich, die zur Zeit nur als geradliniges Profil oder als Profil mit einer konstanten Krümmung gefertigt werden können.

[0061] Die wesentlichen Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung 17 und des erfindungsgemäßen Verfahrens sind im Folgenden noch einmal aufgelistet:

- definiertes Biegeverfahren mit Vorzügen wie torsionslose Biegung
- Abstützung von deformationsempfindlichen Querschnitten durch formgebundenes Wirkprinzip
- Anwendung von Übergangszonen, kein scharfer Übergang von einer Profilkrümmung zum nächsten Wert, dadurch auch für architektonische/ künstlerische Zwecke interessant
- Anwendung des zyklischen Biegens mit Vor- und Rückbiegen zur Steigerung der Präzision
- Sehr flexibles Biegeverfahren mit geringen Werkzeugkosten
- Nachjustieren bereits gebogener Profile und Rohre möglich
- Neuordnung der Prozesskette durch die Verarbeitung von gefügten bzw. bearbeiteten Strukturen (z.B. Zusammenbau, Flansche, etc. können am Biegegut bereits gefügt sein) möglich
- Gebogene CFK-Profile flexibel herstellbar, indem im gespannten Zustand durch Temperatur ausgehärtet wird (Widerstandserwärmung ist denkbar)
- Warmumformung und Härten von hochfesten Stählen und Leichtmetallen.

Sachnummernliste

[0062]

- | | |
|---|---|
| 1 | - Profil oder Stangenmaterial |
| 2 | - Biegeglied |
| 3 | - horizontales Außenstützelement |
| 4 | - Drehgelenk |
| 5 | - Innenstützelemente |
| 6 | - vertikales Außenstützelement |
| 7 | - Verstellrichtung vertikales Außenstützelement |

- | | |
|----|----------------------------------|
| 8 | - Verstellrichtung Stützelemente |
| 9 | - Halteelemente |
| 10 | - Basiselement |
| 11 | - Verschwenkrichtung |
| 12 | - Drehgelenk Biegeglied |
| 13 | - Biegelinie |
| 14 | - Auflageelemente |
| 15 | - Lagerung Außenstützelement |
| 16 | - Druckelemente |
| 17 | - Vorrichtung |
| 18 | - Pultrusionsanlage |
| 19 | - Zugapparat |
| 20 | - Ausnehmungen für Stützelemente |

Patentansprüche

1. Vorrichtung (17) zum Biegen von Profilen oder Stabmaterial (1), insbesondere unsymmetrischer und offener Profile oder Stabmaterial (1), aufweisend zueinander verschwenkbare Biegeglieder (2), die das Profil oder Stabmaterial (1) aufnehmen und punktuell halten und mittels Biegemomenteneinleitung lokal in eine gebogene Konfiguration überführen, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei entlang der Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) zueinander beabstandete Biegeglieder (2) derart aneinander festgelegt und relativ zueinander verschwenkbar ausgebildet sind, dass eine relative Verschwenkung (11) der Biegeglieder (2) zueinander das Profil oder Stabmaterial (1) lokal biegend verformt, wobei entlang der Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) zumindest abschnittsweise zwischen den Biegegliedern (2) elastisch verformbare Stützelemente (3, 5, 6) an den Außenseiten des Profils oder Stabmaterials (1) anliegend angeordnet sind und die relative Verschwenkung (11) der Biegeglieder (2) zueinander die Stützelemente (3, 5, 6) ebenfalls biegt, wobei die Stützelemente (3, 5, 6) das sich biegende Profil oder Stabmaterial (1) abstützen.
2. Vorrichtung (17) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine derartige Anzahl von Biegegliedern (2) aneinander festgelegt ist, dass das Profil oder Stabmaterial (1) im Wesentlichen entlang

- mindestens eines Abschnittes oder entlang der ganzen Länge seiner Biegelinie (13) von Biegegliedern (2) gestützt ist, vorzugsweise die Anzahl der Biegeglieder (2) abhängig ist von der Länge des zu biegenden Profils oder Stabmaterials (1) sowie den vorzunehmenden Biegekrümmungen und den Änderungen dieser Biegekrümmungen.
3. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegeglieder (2) Halteeinrichtungen (9) zur Aufnahme des zu biegenden Profils oder Stabmaterials (1) aufweisen, wobei die Halteeinrichtungen (9) vorzugsweise zangenartig ausgebildet sind und das Profil oder Stabmaterial (1) gegenüberliegend am Profil oder Stabmaterial (1) angreifend zwischen sich aufnehmen und beim Biegen lagern.
 4. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegeglieder (2) derart zueinander verschwenkbar aneinander festgelegt sind, dass durch eine relative Verschwenkung der Abfolge der Biegeglieder (2) zueinander entlang der Biegelinie (13) die gewünschte Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) einstellbar ist, vorzugsweise die Biegeglieder (2) über einen Schwenkmechanismus (4), insbesondere ein Drehgelenk (4) aneinander festgelegt und gesteuert angetrieben verdrehbar sind, wobei insbesondere die gewünschte Biegung des Profils oder Stabmaterials (1) dreidimensional gekrümmt hergestellt werden kann.
 5. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die relative Verschwenkung (11) benachbart zueinander entlang der Biegelinie (13) angeordneter Biegeglieder (2) durch jeweils separat ansteuerbare Antriebe einstellbar ist, wobei vorzugsweise die Antriebe zur relativen Verschwenkung (11) der Biegeglieder (2) elektrisch oder pneumatisch oder hydraulisch oder mechanisch zueinander verschwenken.
 6. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegeglieder (2) unabhängig voneinander mit einem vorgebbaren Drehmoment und/oder einem vorgebbaren Winkel zueinander verschwenkbar sind.
 7. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegeglieder (2) und die Halteeinrichtungen (9) an einem Grundkörper (10) angeordnet sind, wobei der Grundkörper (10) sich, vorzugsweise auf einer Grundplatte, gegenüber der Umgebung der Vorrichtung (17) abstützt.
 8. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützelemente (3, 5, 6) so ausgebildet und elastisch verformbar sind, dass sie das Profil oder Stabmaterial (1) in zumindest einer Raumrichtung bei der Verformung des Profils oder Stabmaterials (1) abstützen und ungewollte Biegefehler verhindern, wobei vorzugsweise mehrere Stützelemente (3, 5, 6) so entlang der Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) angeordnet sind, dass sie das Profil oder Stabmaterial (1) in mehr als einer Raumrichtung bei der Verformung des Profils oder Stabmaterials (1) abstützen.
 9. Vorrichtung (17) gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** erste Stützelemente (3) so entlang der Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) angeordnet sind, dass sie das Profil oder Stabmaterial (1) in einer Raumrichtung abstützen, und zweite Stützelemente (6) mit einer senkrecht dazu ausgerichteten Stützwirkung entlang der Biegelinie (13) angeordnet sind.
 10. Vorrichtung (17) gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützelemente (3, 5, 6) einen oder mehrere Einzelkörper aufweisen, wobei bei Verwendung mehrerer Einzelkörper die mehreren Einzelkörper einen Verbund bilden, wobei die Stützelemente (3, 5, 6) insbesondere blattfederartig ausgebildet sind und sich zumindest zwischen zwei benachbarten Biegegliedern (2), vorzugsweise über die ganze Länge der Biegelinie (13), erstrecken, wobei vorzugsweise mehrere blattfederartig ausgebildete Stützelemente (3, 5, 6) paketartig geschichtet angeordnet sind.
 11. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützelemente (3, 5, 6) drahtartig, rohrartig oder schlauchartig ausgebildet sind oder die aus einem oder mehreren Einzelkörpern gebildeten Stützelemente (3, 5, 6) globale drahtartige, rohrartige oder schlauchartige Form annehmen.
 12. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützelemente (3, 5, 6) mindestens eine zusätzliche Gleitschicht und/oder Trennschicht aufweisen, die an der Oberfläche des Profils oder Stabmaterials (1) anliegt und/oder die Gleitbewegung zwischen Profil (1) und Stützelement (3, 5, 6) und/oder von aus Einzelkörpern gebildeter Stützelemente (3, 5, 6) untereinander verbessert.
 13. Vorrichtung (17) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorschubeinrichtung (19) auf das zu biegende Profil oder Stangenmaterial (1) eine Vorschubkraft in Richtung der Biegelinie (13) aufbringt, wobei die Vor-

- schubeinrichtung (19) vorzugsweise entweder am Einlauf des Profils oder Stangenmaterials (1) in die Anordnung der Biegeglieder (2) angeordnet ist und eine schiebende Wirkung auf das zu biegende Profil oder Stangenmaterial (1) ausübt oder die Vorschubeinrichtung (19) am Auslauf des Profils oder Stangenmaterials (1) aus der Anordnung der Biegeglieder (2) angeordnet ist und eine ziehende Wirkung auf das zu biegende Profil oder Stangenmaterial (1) ausübt.
14. Vorrichtung (17) gemäß eine der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegeglieder (2) entlang der Biegelinie (13) des zu biegenden Profils oder Stangenmaterials (1) synchron zur Wirkung der Vorschubeinrichtung (19) ihre entlang der Biegelinie (13) verformte Konfiguration einnehmen.
15. Verfahren zum Biegen von Profilen oder Stabmaterial (1), bei dem die Profile oder Stabmaterial (1) in zueinander verschwenkbare Biegeglieder (2) eingebracht werden, die das Profil oder Stabmaterial (1) aufnehmen und punktuell halten und mittels Biegemomenteneinleitung lokal in eine gebogene Konfiguration überführen, insbesondere unter Nutzung der Vorrichtung (17) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei entlang der Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) zueinander beabstandete Biegeglieder (2) relativ zueinander gesteuert verschwenken und durch die relative Verschwenkung (11) der Biegeglieder (2) zueinander das Profil oder Stabmaterial (1) lokal gebogen wird, wobei zumindest abschnittsweise zwischen den Biegegliedern (2) angeordnete, elastisch verformbare Stützelemente (3, 5, 6) durch die relative Verschwenkung (11) der Biegeglieder (2) zueinander ebenfalls mitgebogen werden und die Stützelemente (3, 5, 6) dabei das sich biegende Profil oder Stabmaterial (1) abstützen.
16. Verfahren gemäß Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu biegende Profil oder Stangenmaterial (1) im unverformten oder vorverformten Zustand in die Biegeglieder (2) eingebracht und die Biegeglieder (2) anschließend gleichzeitig oder nacheinander in die endverformte Konfiguration entlang der Biegelinie (13) gebracht werden.
17. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 und 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegeglieder (2) derart zueinander verschwenkbar aneinander festgelegt werden, dass durch eine relative Verschwenkung (11) der Abfolge der Biegeglieder (2) zueinander entlang der Biegelinie (13) die gewünschte Biegelinie (13) des Profils oder Stabmaterials (1) eingestellt wird, wobei die Biegeglieder (2) vorzugsweise unabhängig voneinander mit einem vorgebbaren Drehmoment und/oder einem vorgebbaren Winkel zueinander verschwenkt werden, wobei die Stützelemente (3, 5, 6) so ausgebildet und elastisch verformt werden, dass sie das Profil oder Stabmaterial (1) in zumindest einer Raumrichtung bei der Verformung (11) des Profils oder Stabmaterials (1) abstützen und ungewollte Biegefehler verhindern.
18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu biegende Profil oder Stangenmaterial (1) nach und nach in die Biegeglieder (2) eingebracht und zwischen den Biegegliedern (2) hindurch gefördert wird.
19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zu biegendes hohles Profil oder Stangenmaterial (1) bei der Biegeverformung zusätzlich im Inneren abgestützt wird.
20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu biegende Profil oder Stangenmaterial (1) im erwärmten Zustand, vorzugsweise erwärmt durch eine indirekte Erwärmung mittels elektrischer Widerstandsheizelemente oder eine Erwärmung durch Infrarotstrahlung oder eine Erwärmung in einem Ofen oder die direkte Erwärmung elektrisch leitfähiger Materialien durch Joule'sche Verluste, verformt wird, wobei das zu biegende Profil oder Stangenmaterial (1) nach der Umformung im erwärmten Zustand vorzugsweise gezielt abgekühlt wird, um bleibende Materialeigenschaften des Profils oder Stangenmaterials (1), insbesondere die Härte und/oder die Elastizität, zu beeinflussen.

Fig. 1a

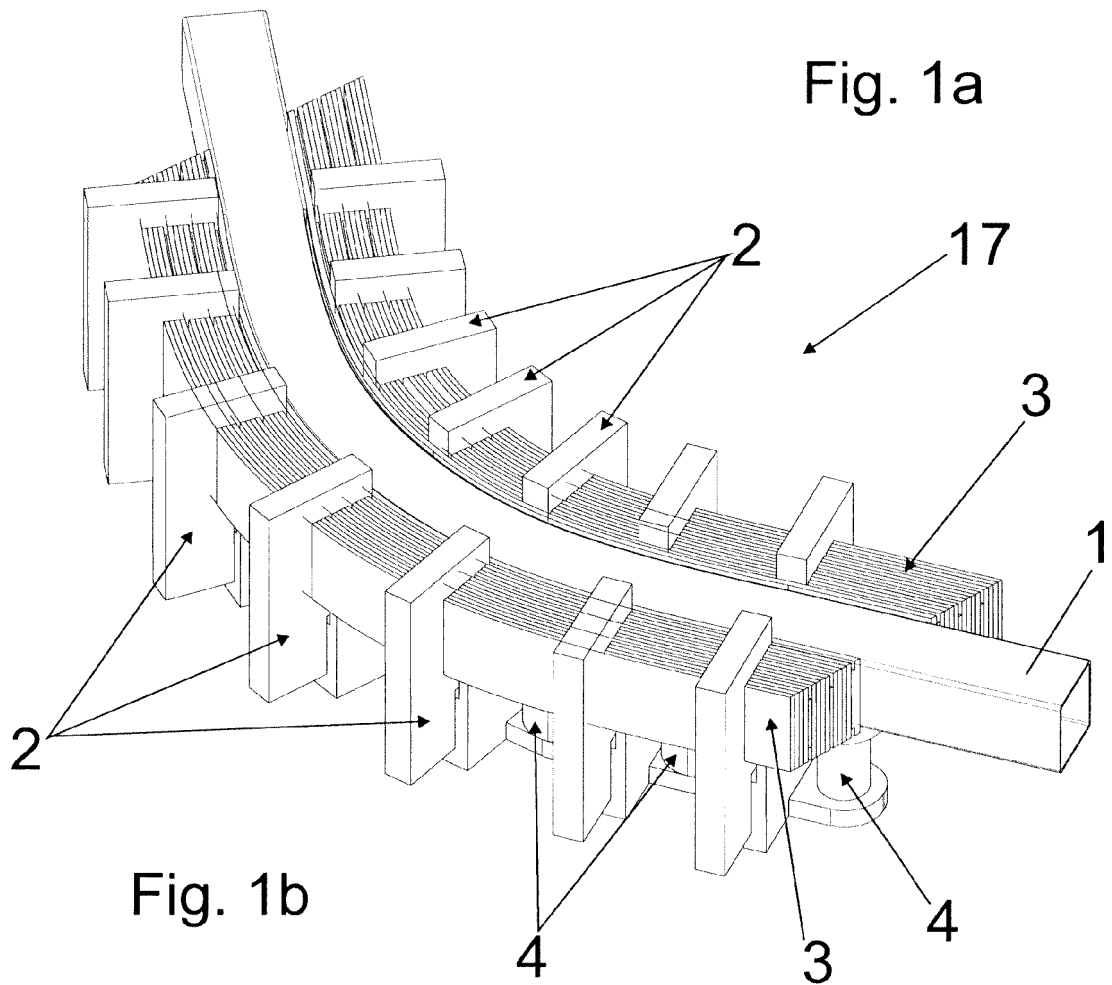
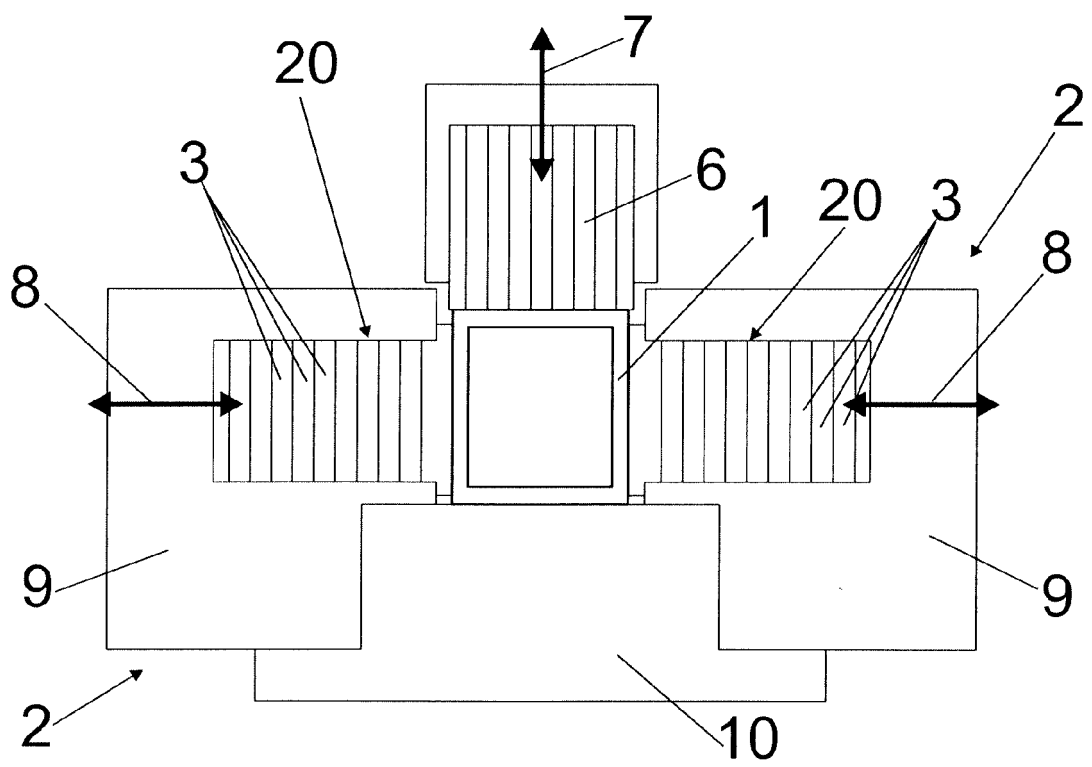
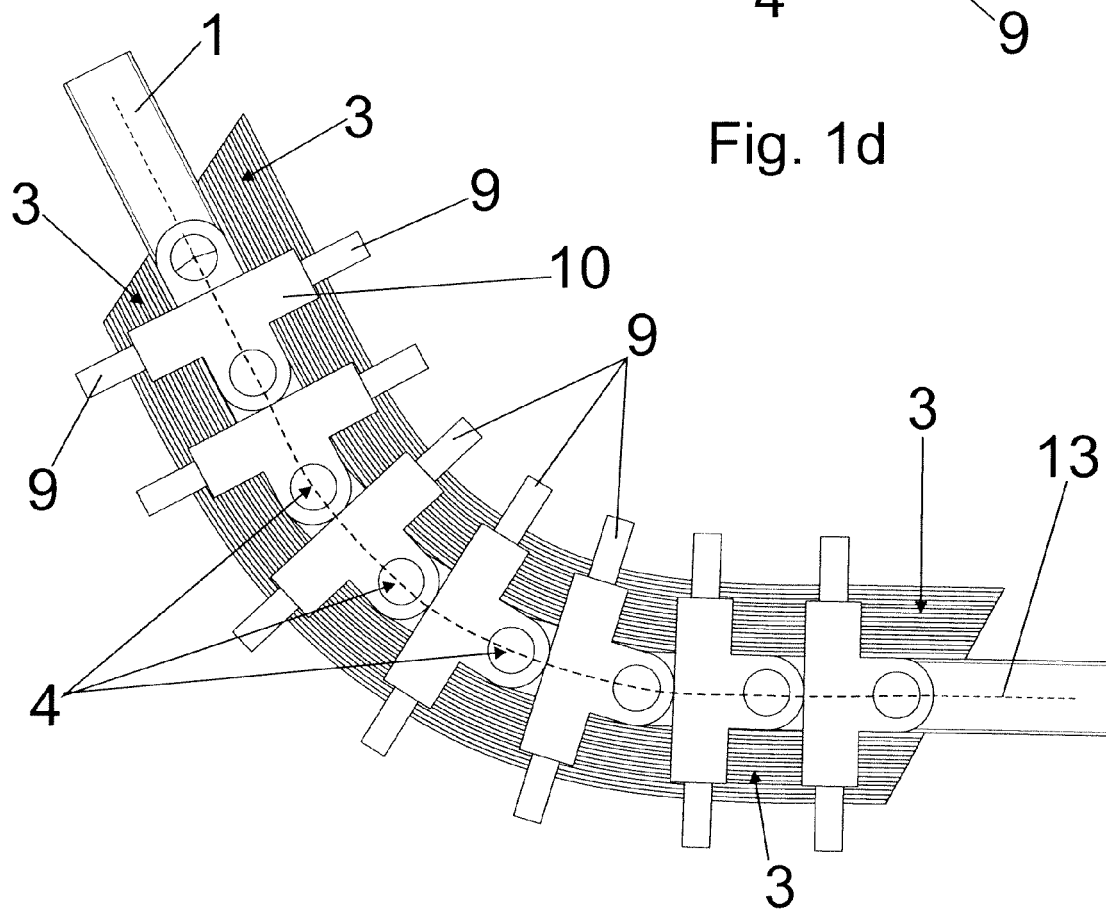
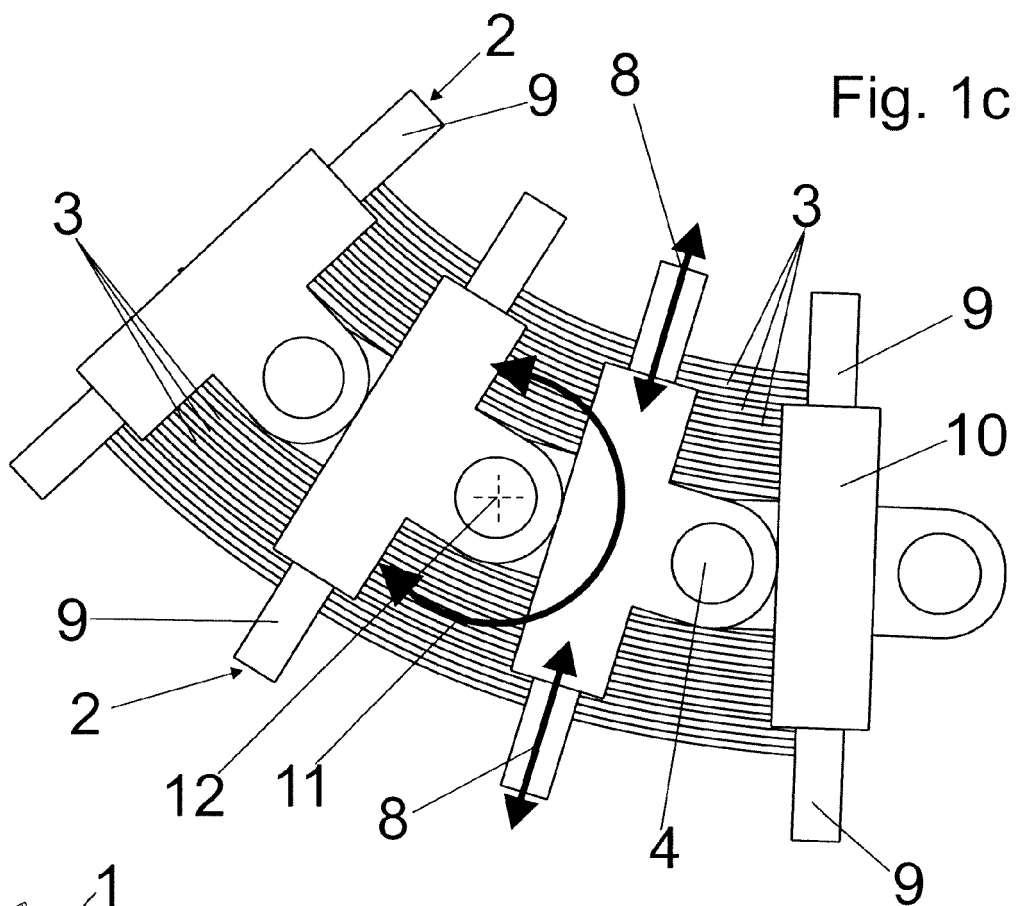


Fig. 1b





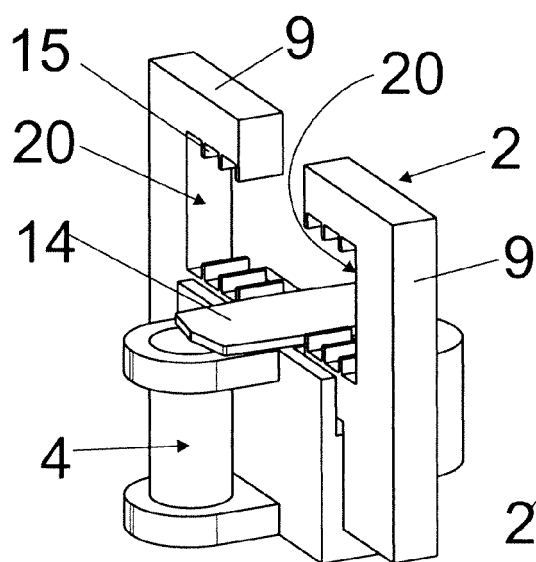
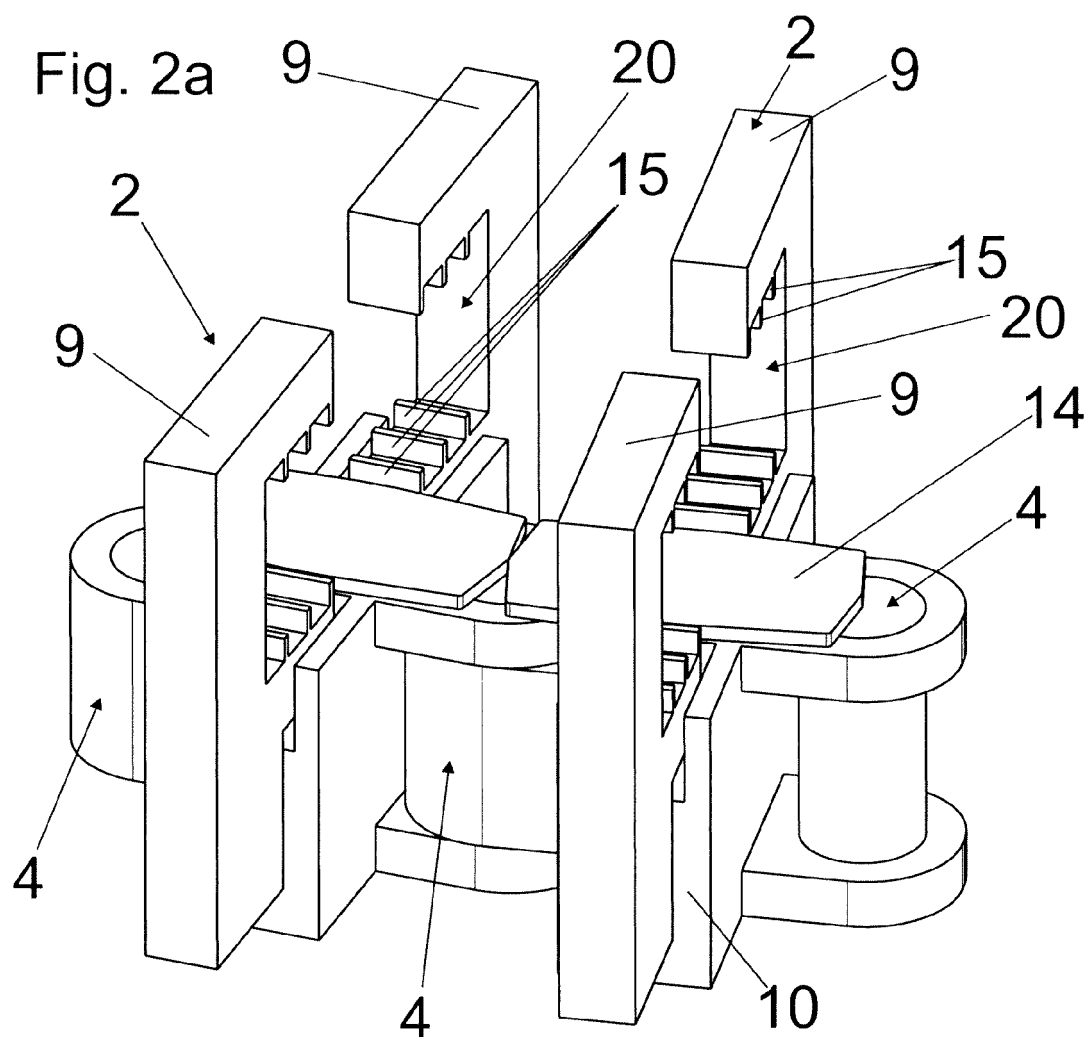


Fig. 2b

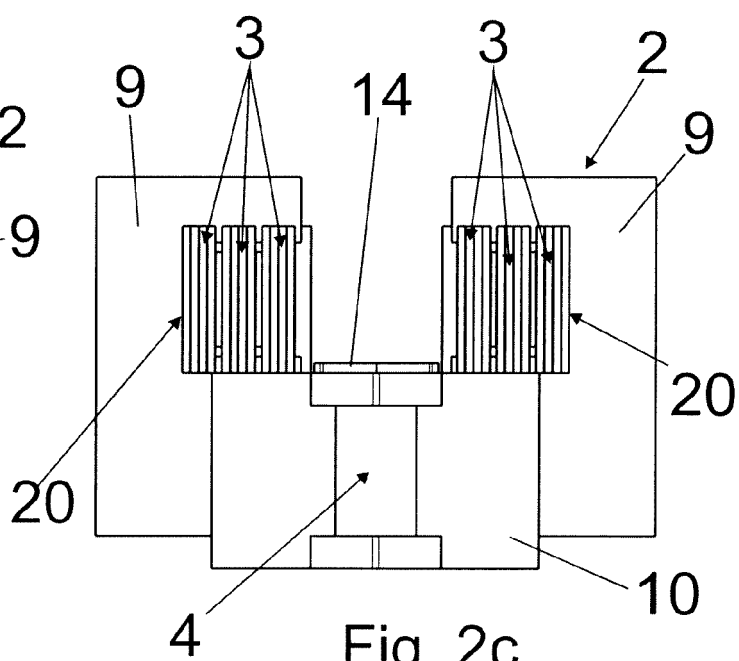
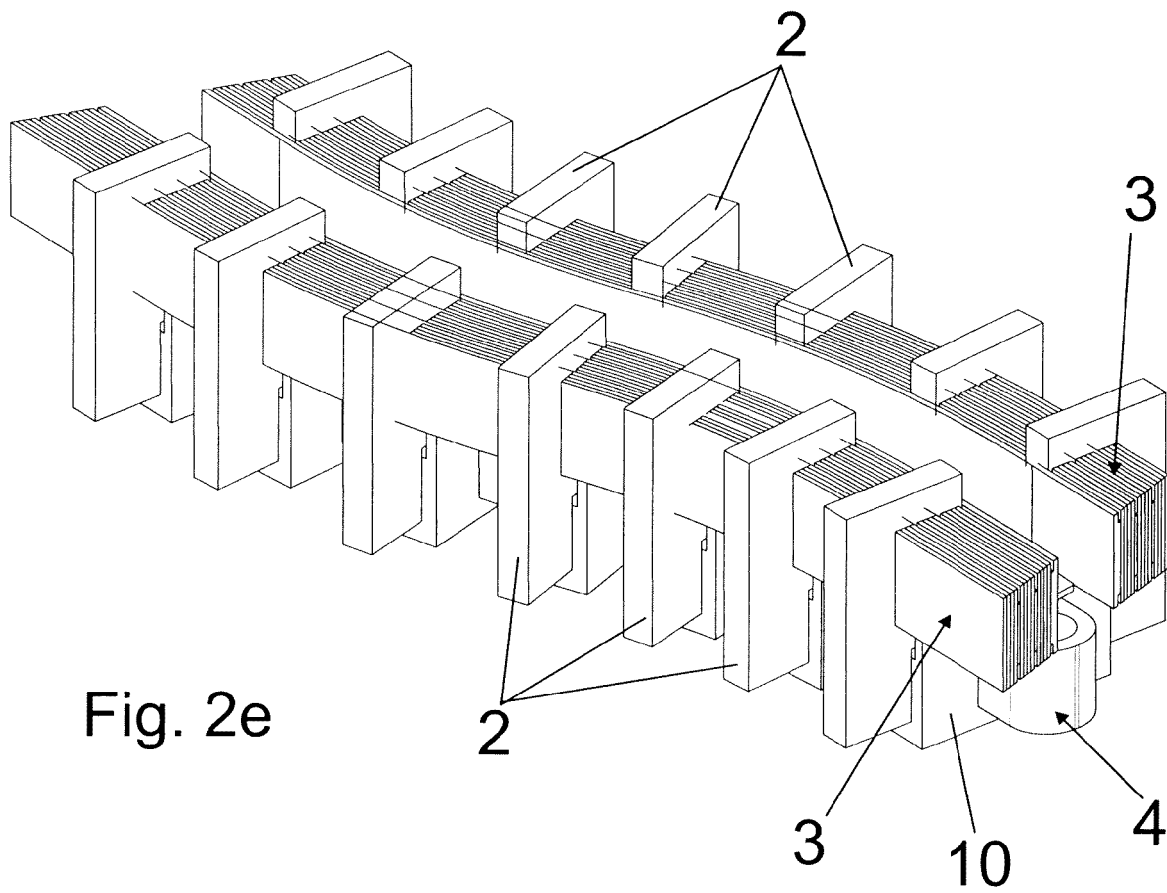
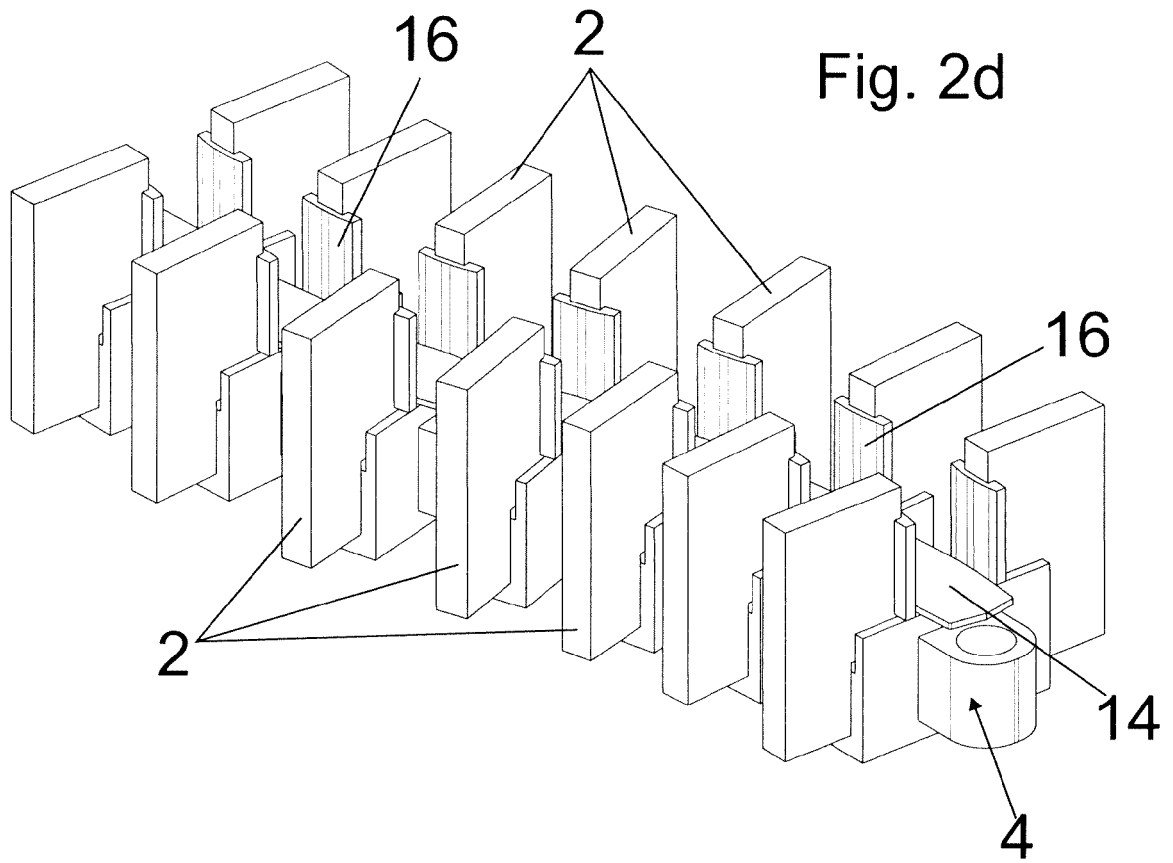
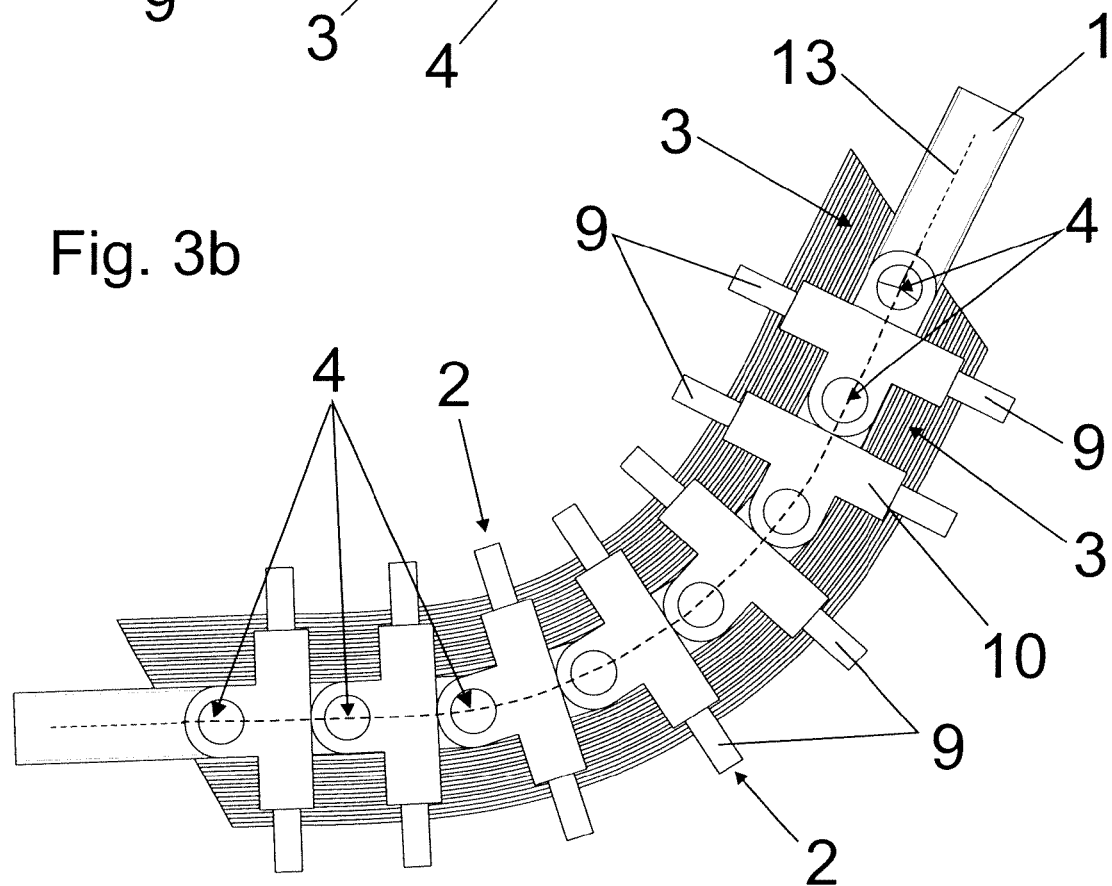
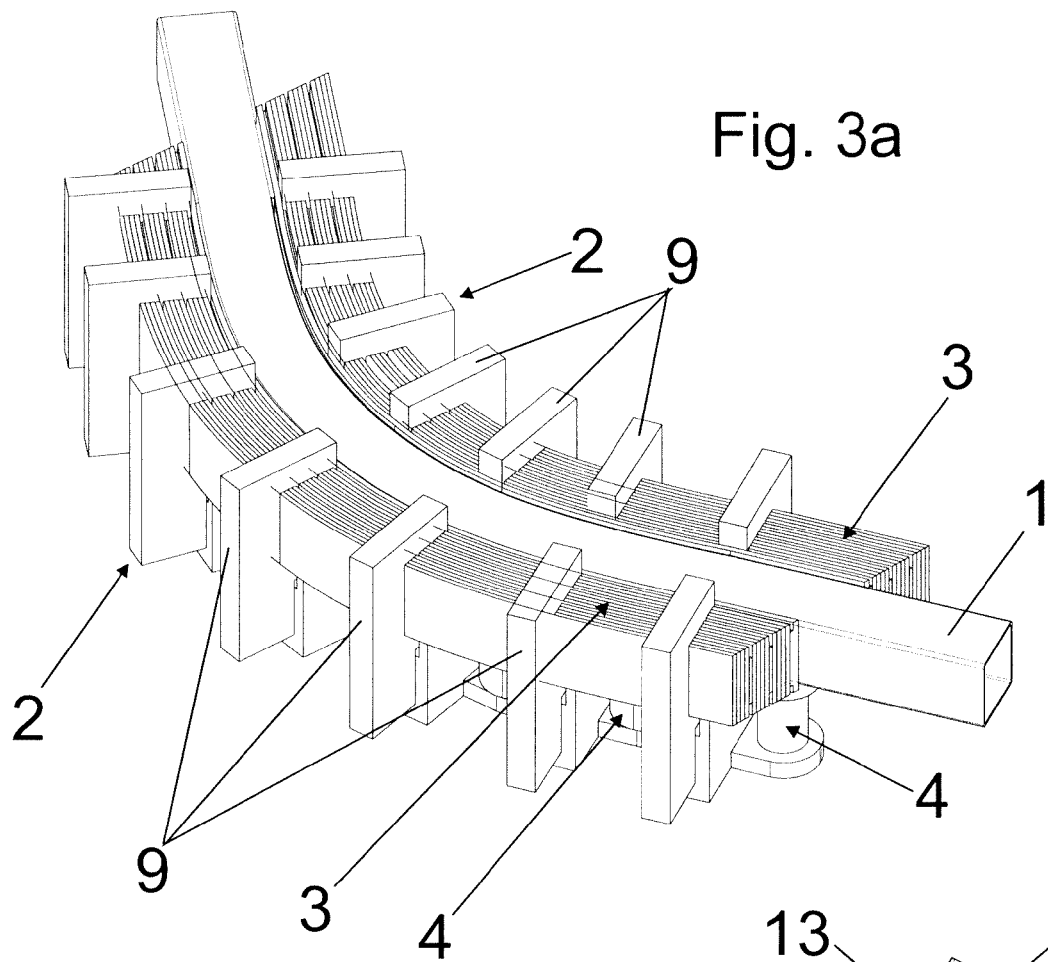
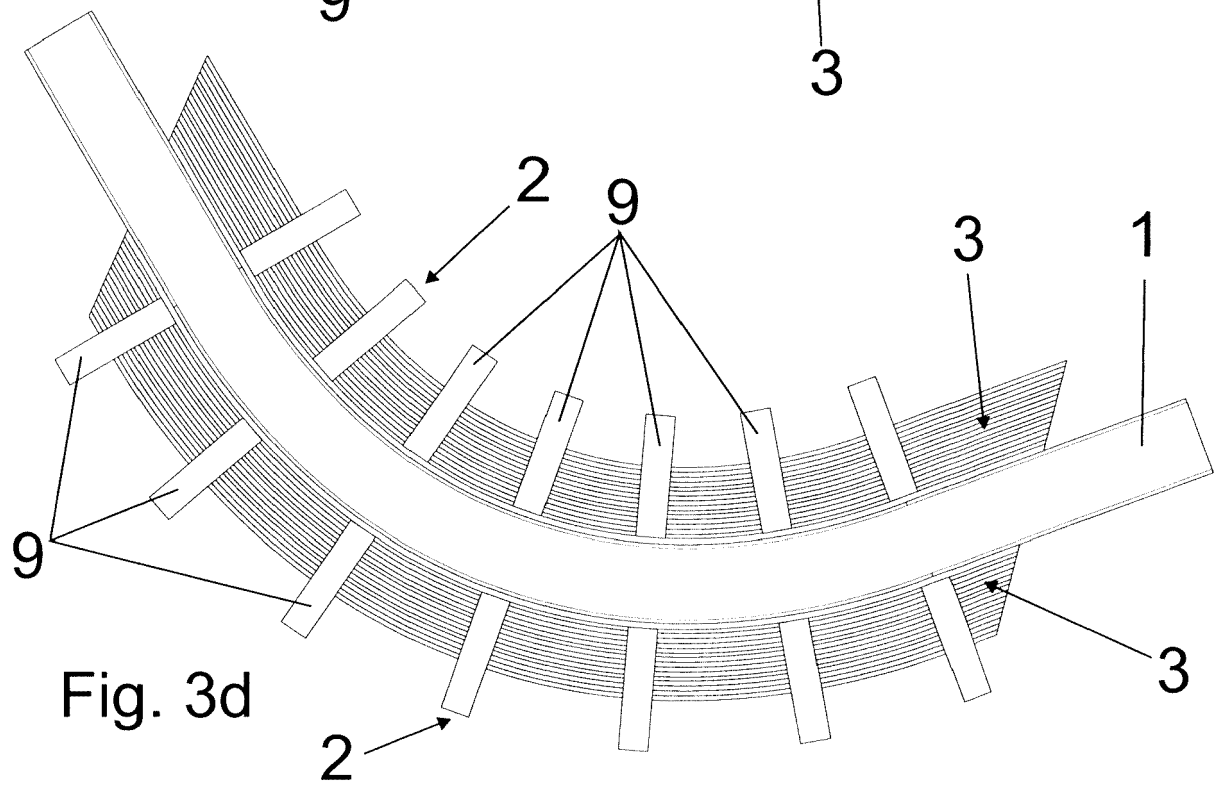
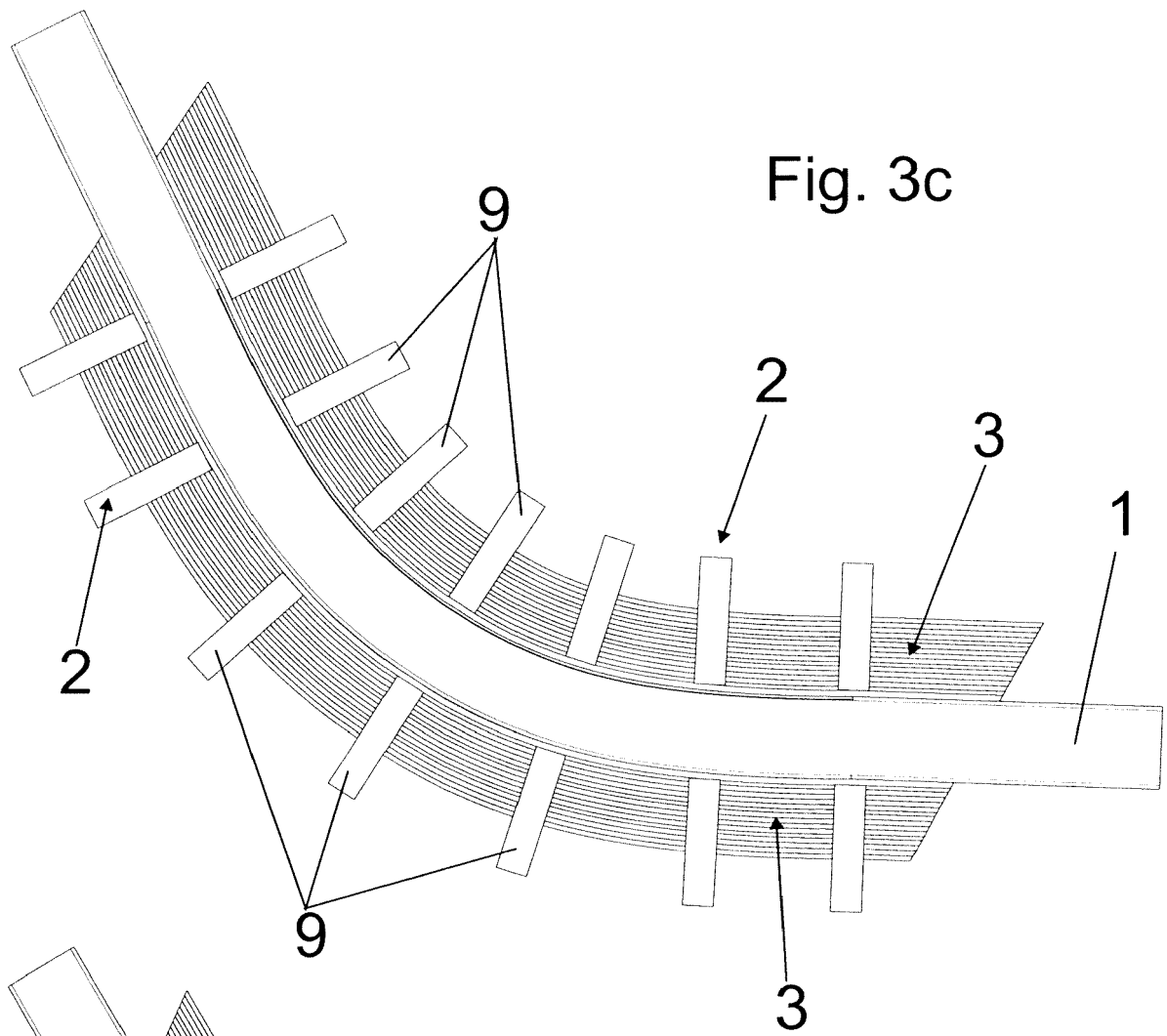
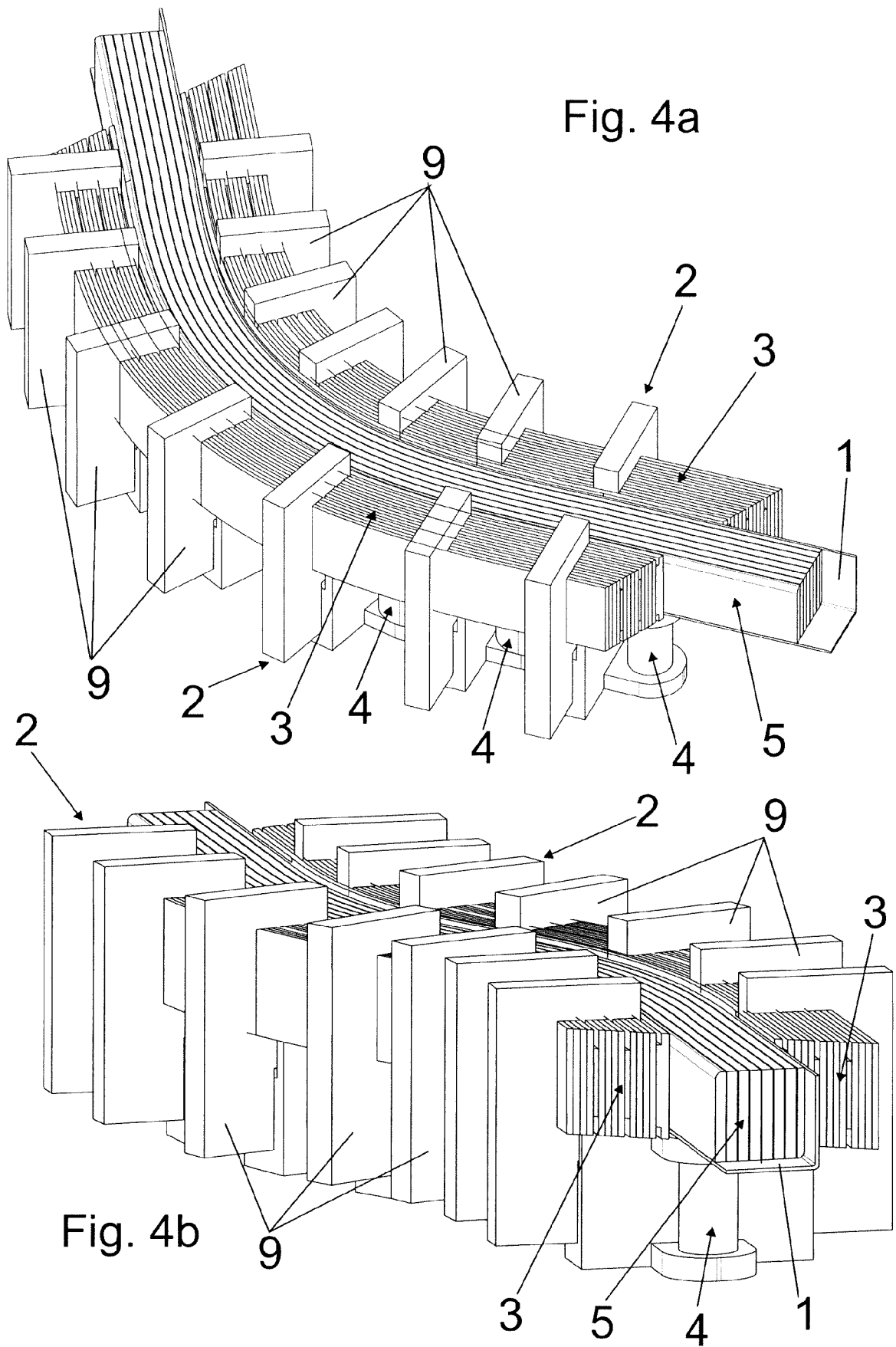


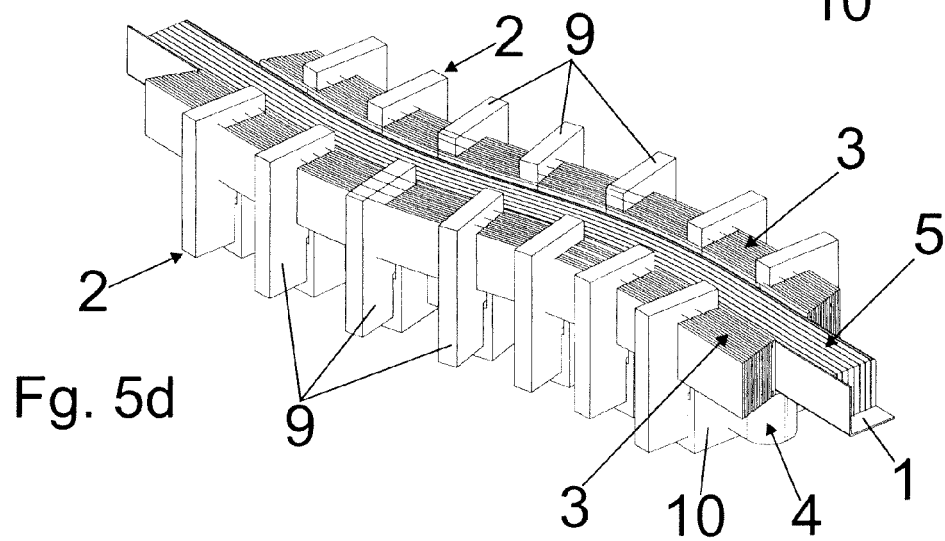
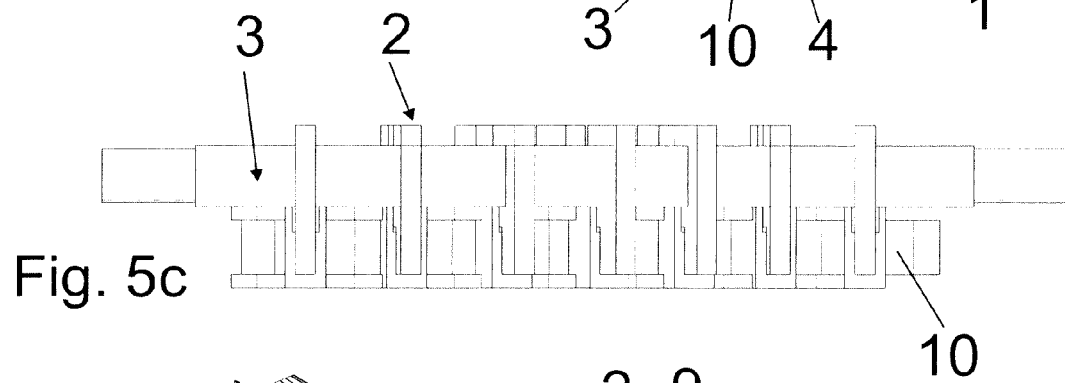
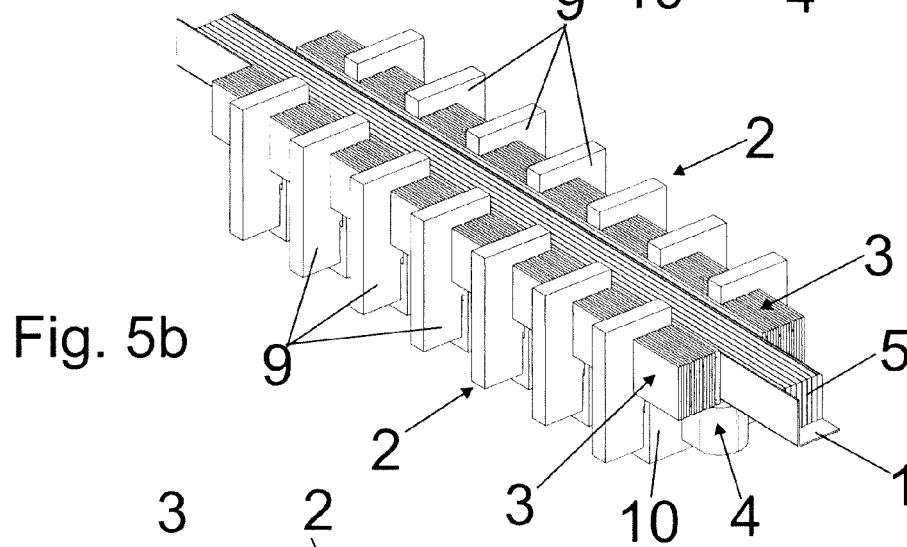
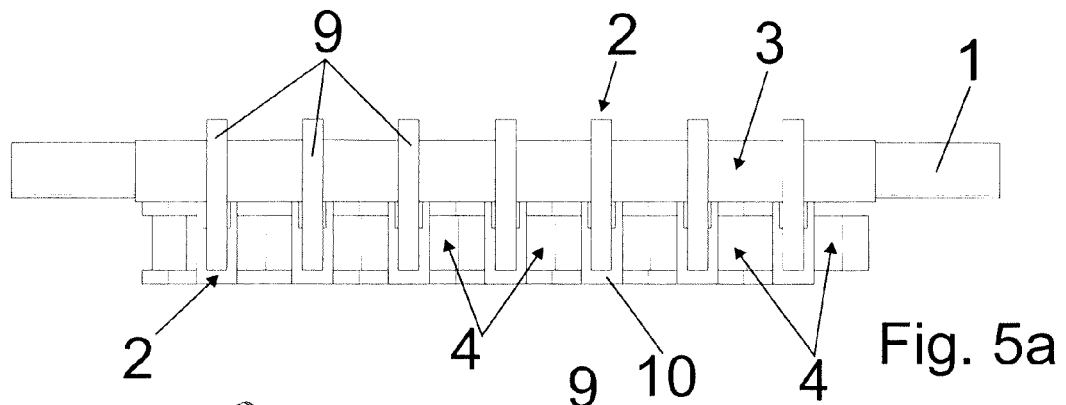
Fig. 2c











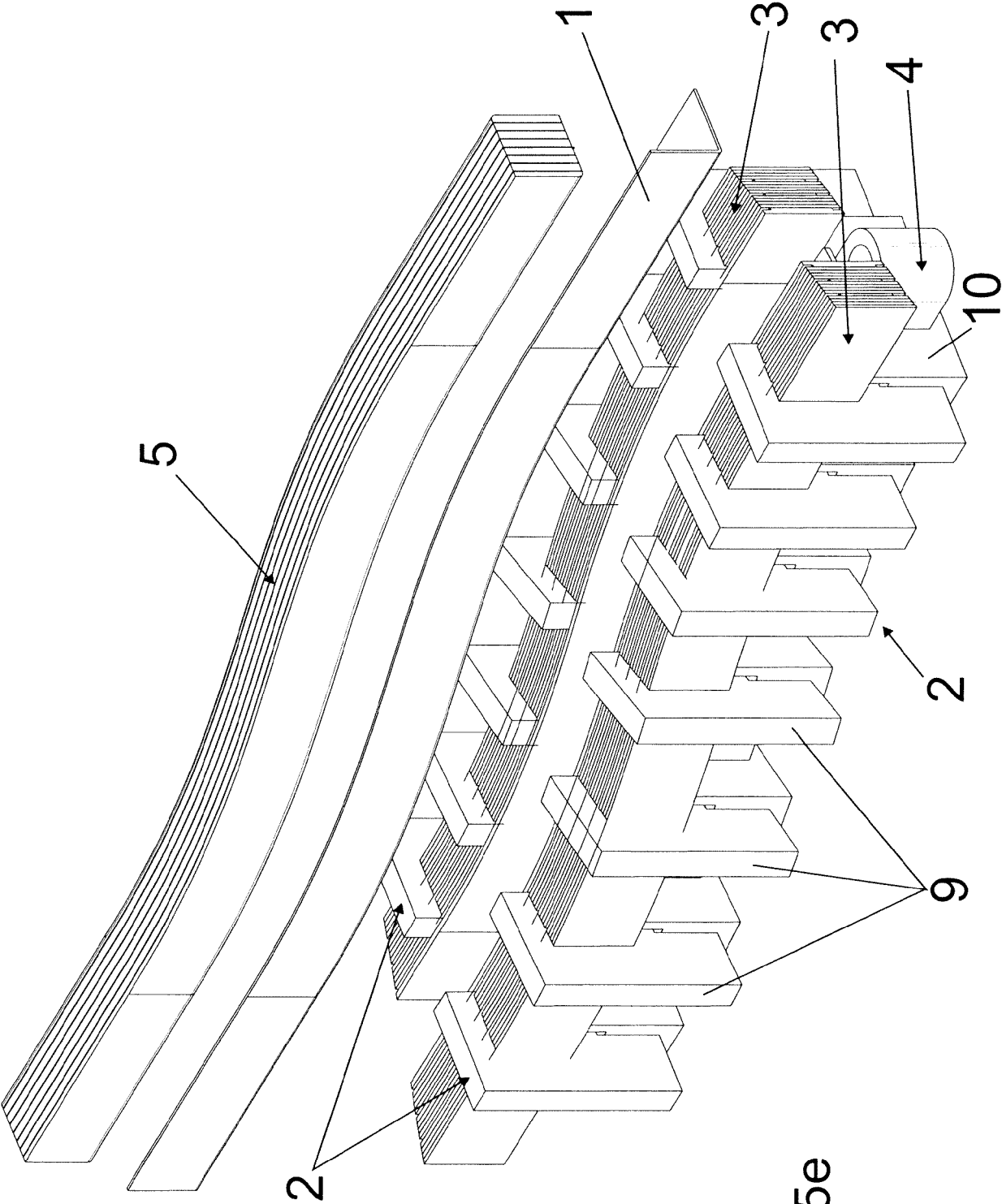
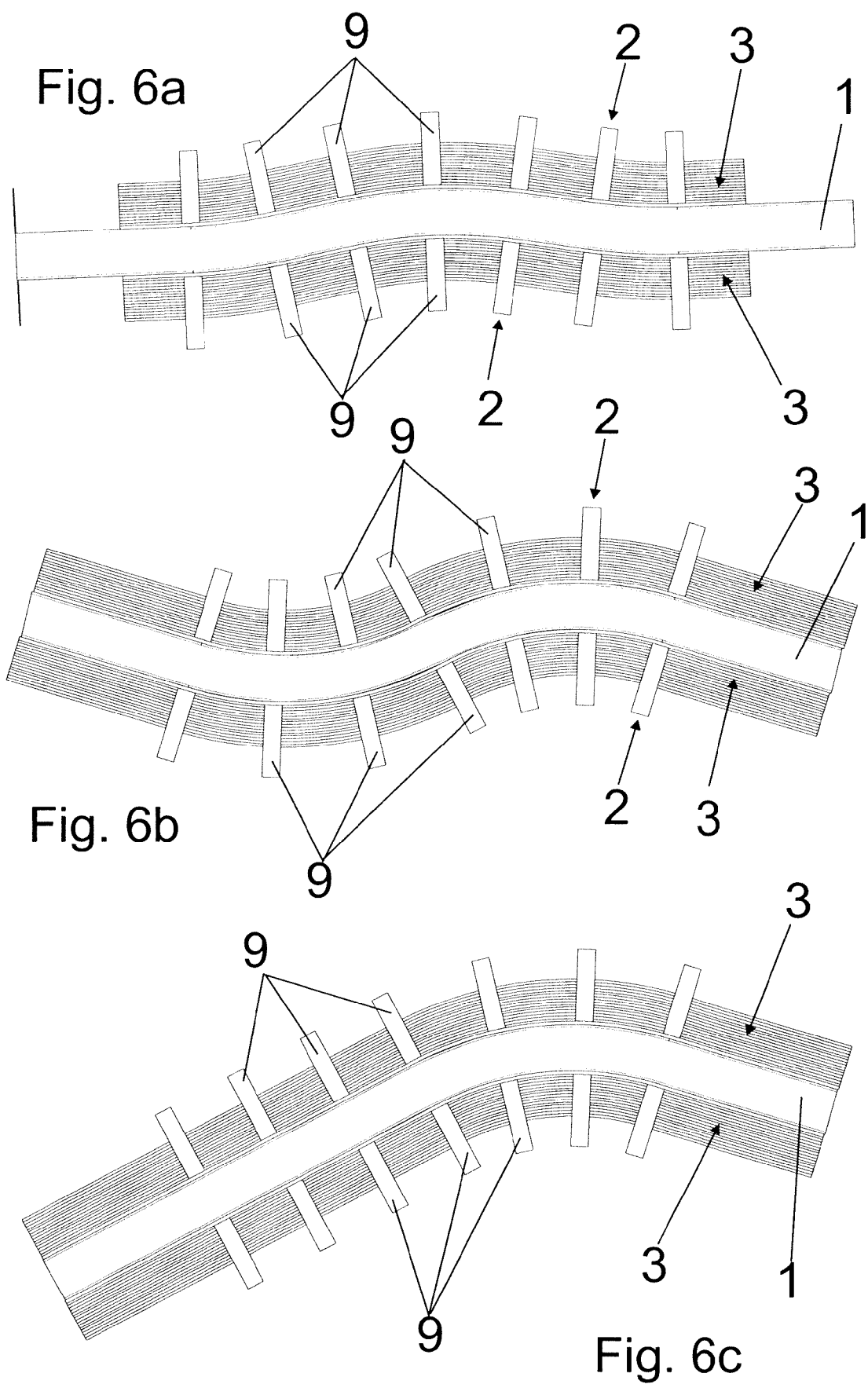
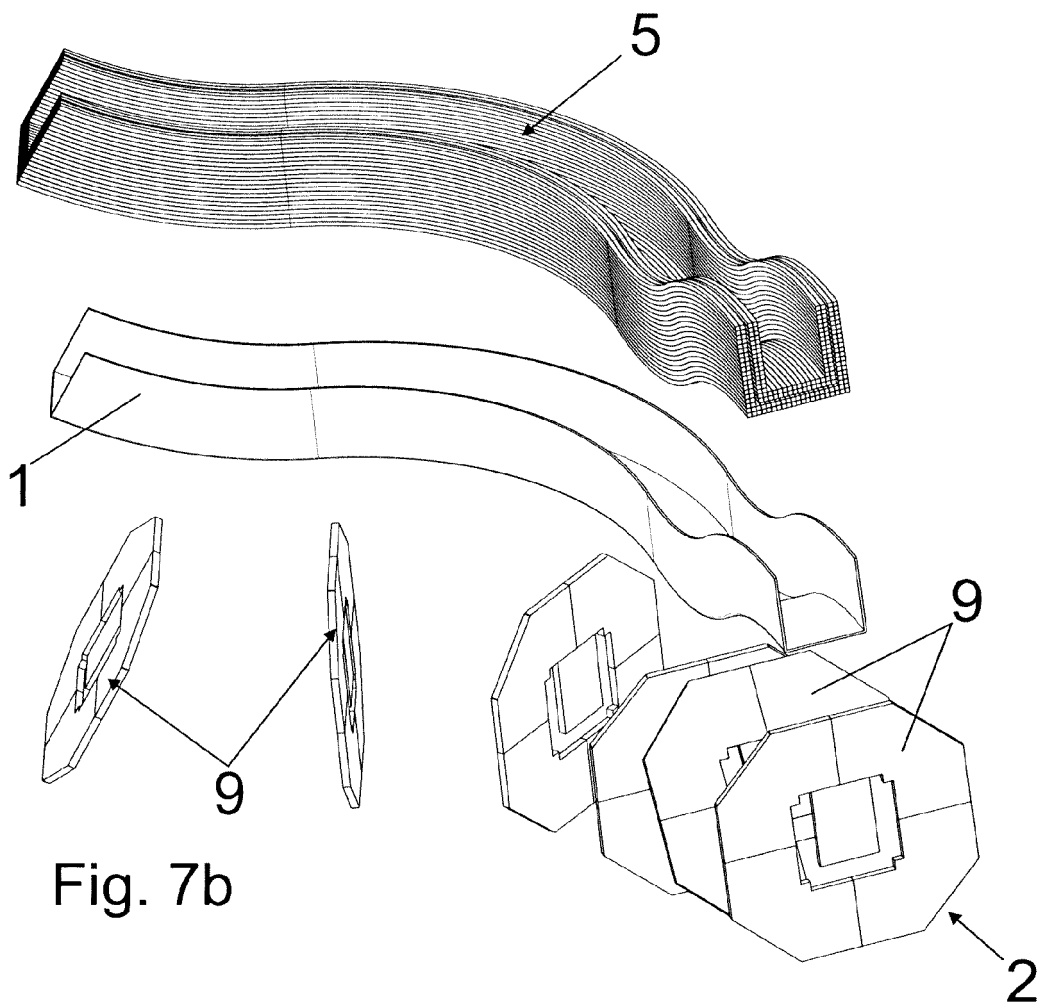
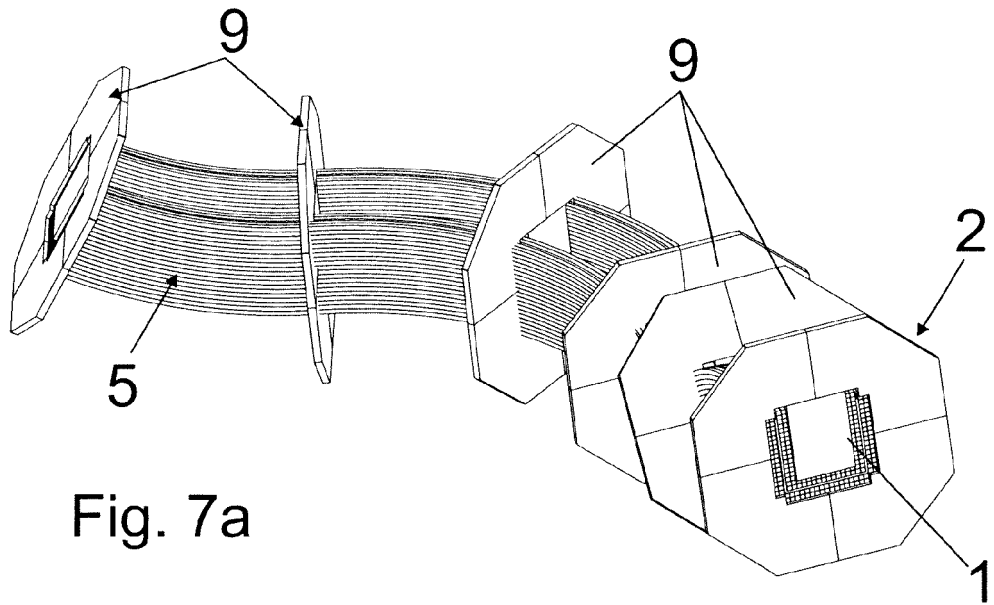


Fig. 5e





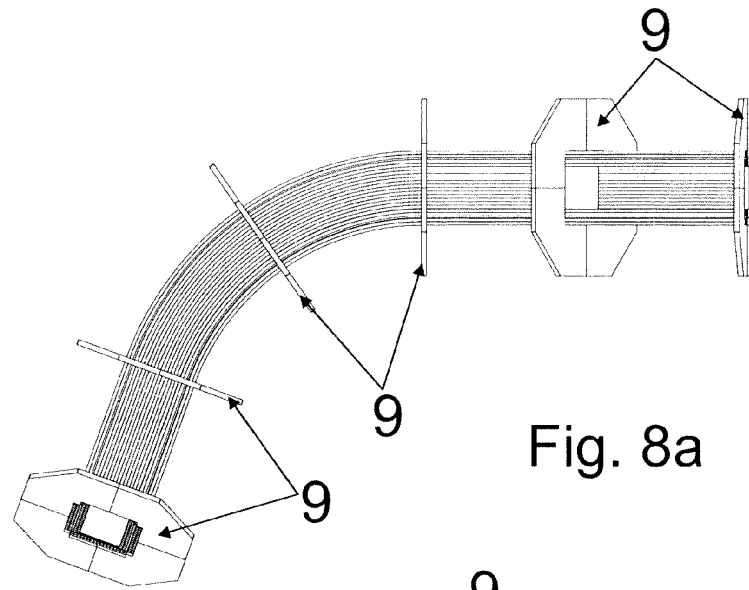


Fig. 8a

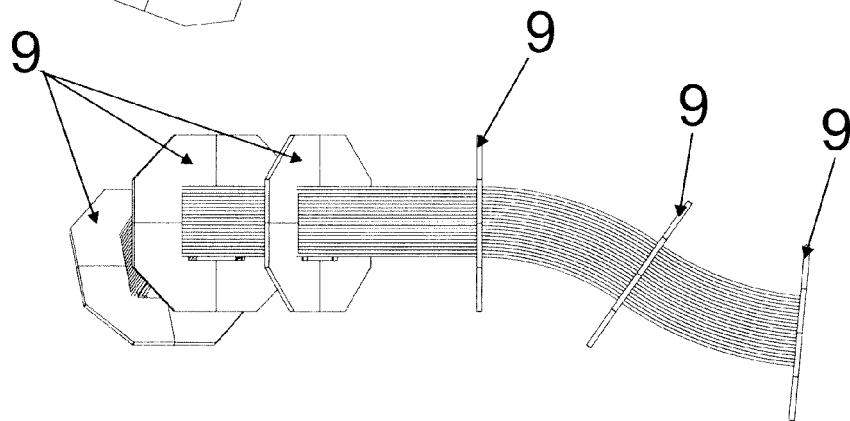


Fig. 8b

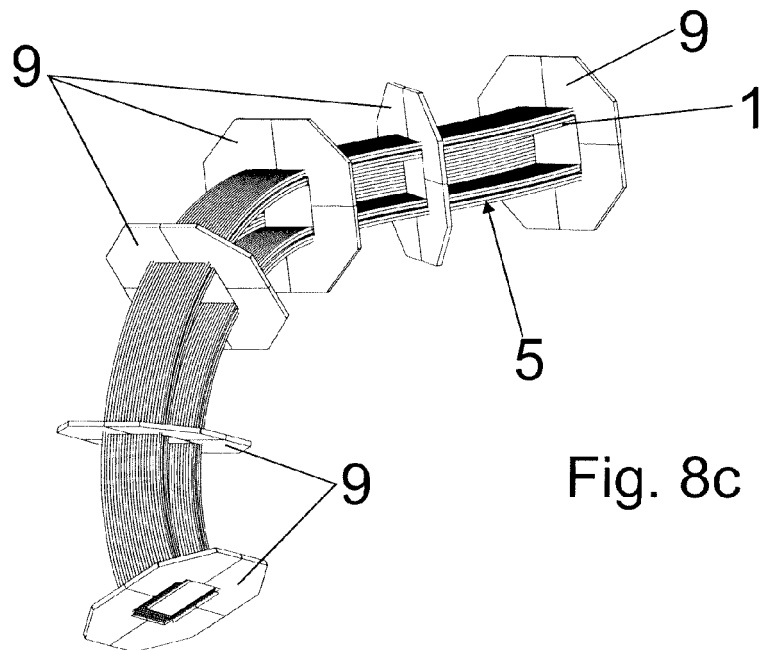
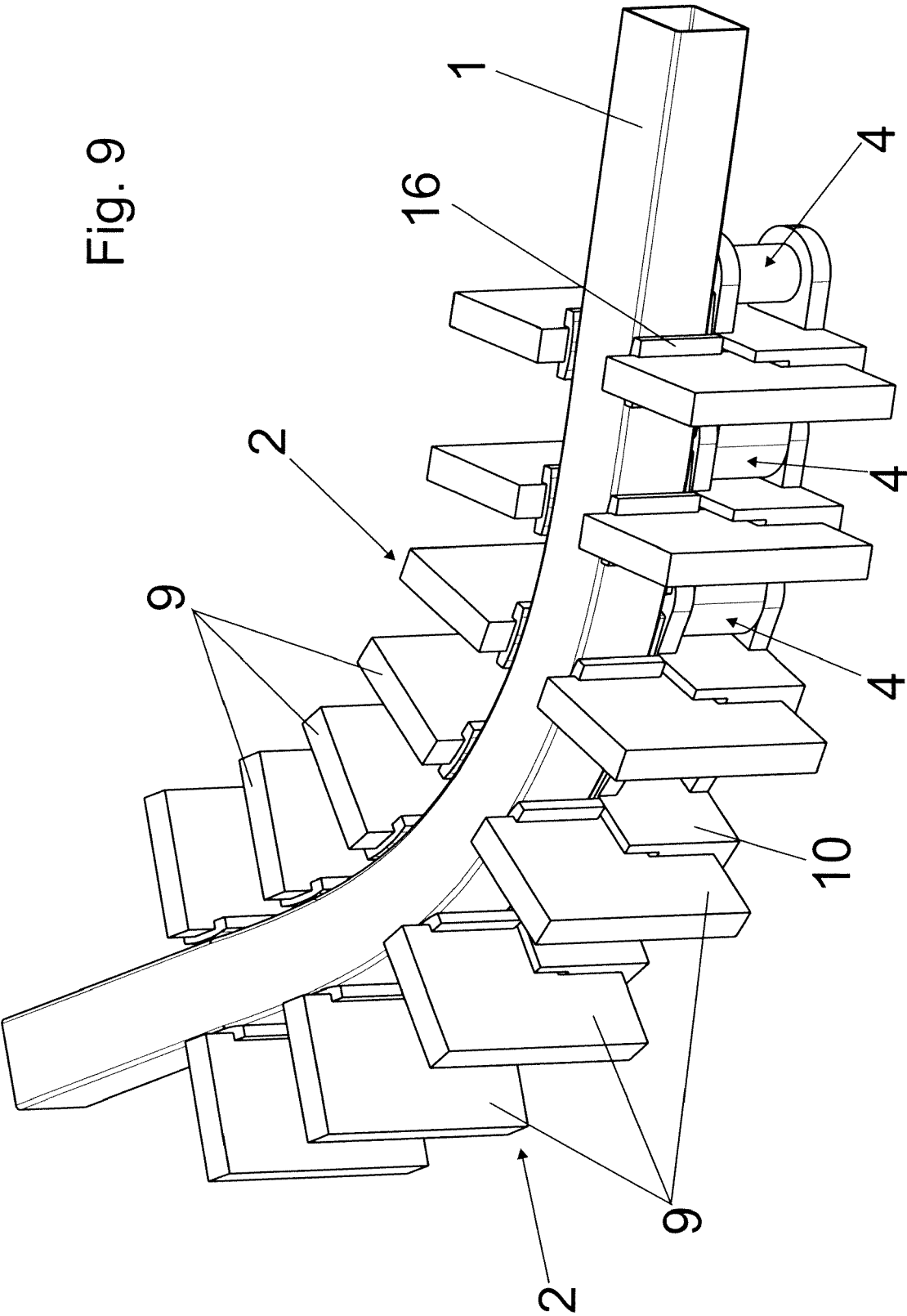
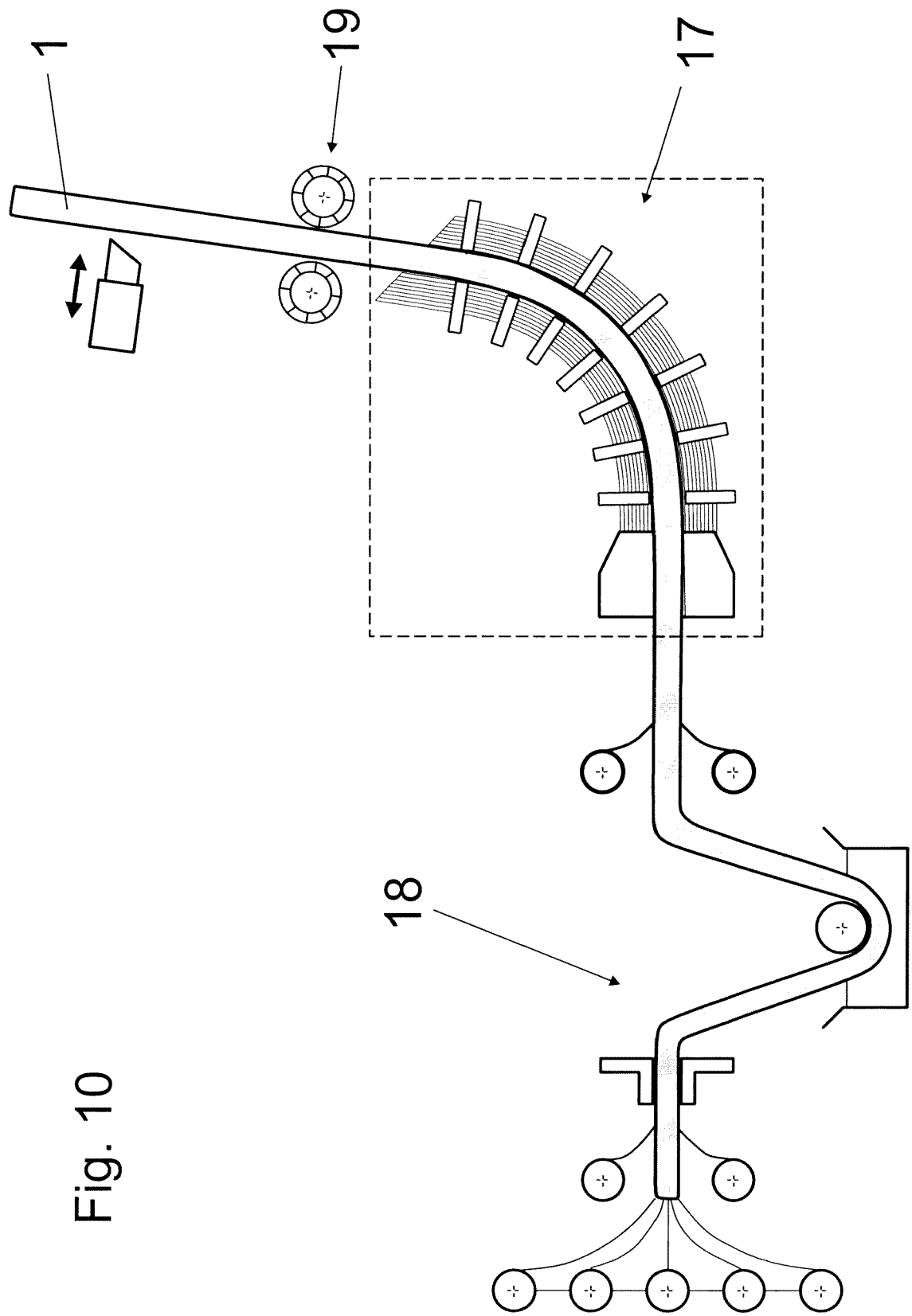


Fig. 8c

Fig. 9







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 40 0059

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	US 3 952 572 A (MERGLER HARRY W ET AL) 27. April 1976 (1976-04-27) * Abbildungen 1-3,6-10 * -----	1-20	INV. B21D7/08 B21D7/03 B21D7/06
A,D	JP 2013 217829 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP; KOBELCO KAKEN KK) 24. Oktober 2013 (2013-10-24) * Abbildungen 1,2a,2b * -----	1-20	
A	US 5 123 272 A (HEAMAN NORMAN L [CA]) 23. Juni 1992 (1992-06-23) * Abbildungen 1-3 * -----	1-20	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. März 2018	Prüfer Vinci, Vincenzo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 40 0059

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-03-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3952572 A	27-04-1976	KEINE	
JP 2013217829 A	24-10-2013	KEINE	
US 5123272 A	23-06-1992	CA 2050839 C US 5123272 A	25-04-1995 23-06-1992

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 2013217829 A [0011]
- WO 2016001426 A1 [0011]
- US 7017423 B2 [0011]
- US 3026720 A [0011]
- US 8544340 B1 [0011]
- US 3952572 A [0011]