



(11) **EP 1 783 252 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**22.10.2008 Patentblatt 2008/43**

(51) Int Cl.:  
**D01D 11/02 (2006.01) D02J 1/18 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **06015960.5**

(22) Anmeldetag: **01.08.2006**

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Ausbreiten eines Karbonfaserstrangs**

Device and Method for spreading a carbon fibres tow

Dipositif et méthode de séparation d'un faisceau de fibres de carbone

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE ES FR IT LI**

(30) Priorität: **04.11.2005 DE 102005052660**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.05.2007 Patentblatt 2007/19**

(73) Patentinhaber: **Karl Mayer Malimo  
Textilmaschinenfabrik GmbH  
09117 Chemnitz (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Nestler, Jürgen  
09125 Chemnitz (DE)**

• **Vettermann, Frank  
09387 Jahnsdorf (DE)**  
• **Reuchsel, Dietmar  
09127 Chemnitz (DE)**

(74) Vertreter: **Knoblauch, Andreas  
Schlosserstrasse 23  
60322 Frankfurt (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**AU-B- 423 846 US-A- 3 704 485**  
**US-A- 4 714 642 US-A- 5 042 111**  
**US-A- 6 049 956**

**EP 1 783 252 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ausbreiten eines Karbonfaserstrangs zu einem Karbonfaserband mit einer Heizeinrichtung und einer in Laufrichtung des Karbonfaserstrangs hinter der Heizeinrichtung angeordneten Verbreiterungseinrichtung. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Ausbreiten eines Karbonfaserstrangs zu einem Karbonfaserband, bei dem der Karbonfaserstrang erwärmt und dann verbreitert wird.

[0002] Karbonfasern, die auch als Kohlefasern bezeichnet werden können, werden vielfach zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoffmaterialien verwendet. Karbonfasern haben bei einer relativ hohen Zugfestigkeit in ihrer Längsrichtung eine vergleichsweise geringe Masse. Die Karbonfasern werden vielfach in eine Kunststoffmatrix eingebettet. Wenn es in einer derartigen Matrix mehrere Schichten von Karbonfasern gibt, die in unterschiedliche Richtungen verlaufen, dann kann die erhöhte Zugfestigkeit und damit die verbesserte Belastung auch in mehreren Richtungen gegeben sein.

[0003] Karbonfasern werden vom Hersteller in der Regel in der Form von Karbonfasersträngen ausgeliefert. Diese Karbonfaserstränge sind vielfach auf Spulen aufgewickelt. Gelegentlich werden sie auch in Behältern abgelegt. Die Karbonfaserstränge sind für die Herstellung eines Verbundmaterials in der Regel viel zu dick. Bei der Herstellung eines kohlefaserverstärkten Verbundmaterials möchte man in der Regel die einzelnen Kohlefasern hauptsächlich nebeneinander und in wenigen Lagen übereinander liegen haben. Man geht also so vor, daß man einen Karbonfaserstrang zunächst verbreitert und das dadurch gewonnene Karbonfaserband mit einer Schußeintrag- oder Legevorrichtung einer Maschine zuführt, beispielsweise einer Kettenwirkmaschine mit Schußeintrag oder einer Multiaxial-Maschine, die aus jeweils einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Karbonfaserbändern ein Flächenmaterial bildet. In der Regel werden dabei mehrere Gruppen von Karbonfaserbändern in unterschiedlichen Orientierungen übereinander angeordnet, beispielsweise in Form einer 0°-Lage, einer 90°-Lage, einer +45°-Lage und einer -45°-Lage. Das Ausbreiten und das Ablegen der Karbonfaserbänder ist an sich bekannt.

[0004] Aus AU 423 846 B ist es bekannt, Karbonfaserstränge mit Hilfe von Elektroden auf ein hohes elektrisches Potential von mindestens 5000 Volt zu bringen. Die Karbonfaserstränge werden dabei quasi elektrostatisch aufgeladen. Dadurch fächern sich die Karbonfaserstränge in einzelne Filamente auf. Zwischen den Filamenten verschiedener Karbonfaserstränge, die auf einen gemeinsamen Strang aufgewickelt werden sollen, wird eine geerdete Metallplatte angeordnet, die eine gegenseitige Beeinflussung der jeweiligen Filamente aufeinander verhindern soll. Das Verbreitern des Karbonfaserstrangs erfolgt dabei allein aufgrund elektronischer Aufladung, die mit Hilfe von einer Elektrode je Karbonfaserstrang erzeugt wird.

[0005] Es ist auch bekannt, daß das Ausbreiten eines Karbonfaserstrangs zu einem Karbonfaserband wesentlich besser gelingt, wenn man den Karbonfaserstrang vor dem Ausbreiten erwärmt. Bei Karbonfasern, die bereits mit einer Schlichte oder einem Haftmittel versehen sind, führt die Erwärmung der Karbonfasern ebenfalls zu einer Erwärmung der Schlichte oder des Haftmittels, so daß die seitliche Haftung der einzelnen Karbonfasern geschwächt wird und sich die Karbonfasern unter einem Druck, der auf den Karbonfaserstrang wirkt, besser spreizen lassen.

[0006] Zum Erwärmen gibt es mehrere Möglichkeiten. Eine bekannte Möglichkeit liegt darin, den Karbonfaserstrang mit erwärmter Luft zu beaufschlagen. Wenn hierbei die Strömungsverhältnisse ungünstig sind, kann die Beheizung mit erwärmter Luft allerdings dazu führen, daß sich die Karbonfasern im Karbonfaserstrang verwirren, was wiederum den Ausbreit- oder Spreizeffekt behindert.

[0007] Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Karbonfaserstrang über beheizte Walzen zu führen. Die Wärme wird dann von den erwärmten Walzen auf den Karbonfaserstrang übertragen. Diese Ausgestaltung hat sich zwar prinzipiell bewährt. Sie erfordert jedoch einen relativ großen Energieeinsatz, weil nicht nur der Karbonfaserstrang, sondern auch die kompletten Heizwalzen beheizt werden müssen. Von den Heizwalzen strahlt ein Großteil der Wärme ungenutzt in die Umgebung ab. Darüber hinaus ist es aufgrund der thermischen Trägheit der Heizwalzen relativ schwierig, rasch auf Änderungen zu reagieren, beispielsweise auf Änderungen in der Bewegungsgeschwindigkeit der Karbonfaserstränge. Dies kann dazu führen, daß die Karbonfaserstränge überhitzt oder nicht genügend erwärmt werden.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit einfachen Mitteln ein Ausbreiten von Karbonfasersträngen zu ermöglichen.

[0009] Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Heizeinrichtung mindestens zwei mit Abstand zueinander angeordnete Elektroden aufweist, an denen der Karbonfaserstrang bei seiner Bewegung zur Verbreiterungseinrichtung anliegt, wobei die Elektroden mit einer Spannungsquelle verbunden sind.

[0010] Die Spannungsquelle erzeugt eine Potentialdifferenz zwischen den Elektroden. Der Karbonfaserstrang enthält elektrisch leitende Karbonfasern. Die elektrische Leitfähigkeit führt, verbunden mit der Potentialdifferenz oder Spannung zwischen den Elektroden, zu einem Stromfluß durch die Karbonfasern. Der elektrische Strom wiederum bewirkt aufgrund des ohmschen Widerstandes der Karbonfasern eine elektrische Verlustleistung in den Karbonfasern, die sich wiederum in Wärme umsetzt und damit zu der gewünschten erhöhten Temperatur des Karbonfaserstrangs führt. Der Energieeinsatz ist dabei relativ gering, weil man nur den für die Erwärmung notwendigen Stromfluß erzeugen muß. Es ist nicht notwendig, weitere Maschinenteile zu beheizen. Durch das Er-

wärmen der Karbonfasern wird auch die an Karbonfasern anhaftende Schlichte erwärmt. Damit kann einem wesentlichen Hemmnis für eine Karbonfaserstrangausbreitung oder -spreizung gezielt begegnet werden. Durch die Wahl der Stromstärke im Karbonfaserstrang läßt sich ein bestimmtes Temperaturniveau relativ genau einstellen. Bei Änderungen von Umgebungs- oder Betriebsbedingungen läßt sich die Stromstärke relativ schnell ändern, so daß man rasch auf Änderungen reagieren kann. Die thermische Trägheit ist relativ gering. Da der Karbonfaserstrang bei einem normalen Betrieb fortlaufend abgezogen wird, kann man die thermische Trägheit in der Praxis vernachlässigen. Da nur ein kleiner Abschnitt des Karbonfaserbandes erwärmt wird, muß nur eine relativ kleine Masse erwärmt werden. Dies wiederum führt, wie oben angegeben, zu einem geringen Energieaufwand im Betrieb.

**[0011]** Bevorzugterweise sind die Elektroden abwechselnd auf unterschiedlichen Seiten des Karbonfaserstrangs angeordnet. Dies hat mehrere Vorteile. Zum einen kann man den Karbonfaserstrang S-förmig zwischen den Elektroden führen. Dies wiederum führt dazu, daß der Karbonfaserstrang mit einer gewissen mechanischen Spannung an den Elektroden anliegt, so daß der Kontaktwiderstand verbessert und der Stromfluß erleichtert wird. Zum anderen kann man durch den mechanischen Zug, der auf den Karbonfaserstrang wirkt, zu einer anfänglichen Spreizung des Karbonfaserstrangs beitragen. Dies wiederum führt dazu, daß eine größere Fläche des Karbonfaserstrangs an den Elektroden anliegt und somit der Übergang des Stromes erleichtert wird.

**[0012]** Vorzugsweise ist mindestens eine Elektrode als Umlenkeinrichtung ausgebildet. Eine Umlenkeinrichtung ist dafür vorgesehen, die Richtung des Karbonfaserstrangs zu verändern. Der Umlenkwinkel muß hierbei nicht groß sein. Er sollte aber ausreichen, um das Aufbringen einer ausreichenden mechanischen Spannung auf den Karbonfaserstrang zu ermöglichen.

**[0013]** Vorzugsweise weisen die Elektroden zumindest in einem Kontaktbereich mit dem Karbonfaserstrang eine Zylindermantelform auf. In Abhängigkeit von dem Radius des entsprechenden Zylinders wird auf einfache Weise dafür gesorgt, daß die mechanische Belastung des Karbonfaserstrangs und der darin enthaltenen Karbonfasern klein bleibt. Der Karbonfaserstrang wird also nicht geknickt.

**[0014]** Vorzugsweise liegt der Karbonfaserstrang an mehr als zwei Elektroden an, wobei eine in Laufrichtung erste Elektrode und eine in Laufrichtung letzte Elektrode auf dem gleichen elektrischen Potential liegen. Dies ist eine einfache Möglichkeit, dafür zu sorgen, daß der Karbonfaserstrang außerhalb der Heizeinrichtung das gleiche elektrische Potential aufweist.

**[0015]** Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das Potential einem Umgebungspotential entspricht. Man sorgt also dafür, daß elektrischer Strom nur innerhalb der Heizeinrichtung fließen kann. Das Umgebungspotential ist beispielsweise das Potential, auf dem auch

die nachfolgenden Bandkontakte liegen, also die Berührungsstellen des Karbonfaserbandes mit dem Gestell einer Multiaxial-Maschine oder einer Kettenwirkmaschine mit Schußeintrag. Auch das Spulengestell, von dem das Karbonfaserband abgezogen wird, hat das gleiche Potential, nämlich in der Regel das sogenannte "Erd- oder Masse-" Potential. Wenn man dafür sorgt, daß die erste und die letzte Elektrode auf dem Masse- oder Erd-Potential liegt, dann erfolgt kein zusätzlicher Stromfluß nach außen.

**[0016]** Vorzugsweise ist der Karbonfaserstrang mit Reibung über die Elektrode geführt. Dies hat den Vorteil, daß die Elektrode durch das Karbonfaserband selbst gereinigt wird. Einer Flusenbildung wird also entgegengewirkt. Damit läßt sich auch bei einem längeren Betrieb ein nahezu unveränderter Kontaktwiderstand zwischen dem Karbonfaserband und der Elektrode erreichen. Die Elektrode kann stillstehen. Sie kann sich auch drehen. Im letzten Fall sollte sie allerdings gebremst oder angetrieben sein, um eine Relativgeschwindigkeit zwischen dem Karbonfaserstrang und der Elektrode erzeugen zu können.

**[0017]** Bevorzugterweise ist die Spannungsquelle als Konstantstromquelle ausgebildet, deren Stromstärke einstellbar ist. Man sorgt also dafür, daß immer ein konstanter Strom mit einer eingestellten Stärke durch die Karbonfasern des Karbonfaserstrangs fließt. Damit läßt sich die in den Karbonfaserstrang eingetragene Wärme und die daraus folgende Temperaturerhöhung mit einer relativ hohen Genauigkeit einstellen. Kleinere Störungen, die durch unterschiedliche Kontaktwiderstände zwischen dem Karbonfaserstrang und der Elektrode auftreten könnten, werden auf einfache Weise, aber dennoch wirksam, eliminiert. Wenn sich beispielsweise ein erhöhter Kontaktwiderstand ergibt, dann muß die Spannungsquelle ihre Spannung kurzzeitig erhöhen, um den konstanten Stromfluß zu gewährleisten. Konstantstromquellen sind zu vertretbaren Kosten im Handel erhältlich.

**[0018]** Vorzugsweise ist die Spannungsquelle mit einer Sensoranordnung verbunden, die mindestens einen vorbestimmten Ist-Parameter des Karbonfaserstrangs und/oder des Karbonfaserbandes erfaßt, wobei die Spannungsquelle so geregelt ist, daß dieser Ist-Parameter mit einem vorbestimmten Soll-Parameter übereinstimmt. Damit ist eine passive Regelung des Ausspreizvorgangs möglich.

**[0019]** Hierbei ist bevorzugt, daß der Ist-Parameter die Breite des Karbonfaserbandes in Laufrichtung hinter der Verbreiterungseinrichtung ist. Die Breite des Karbonfaserbandes ist abhängig von der Temperatur. Die Temperatur wiederum ist abhängig von dem Stromfluß und der dadurch erzeugten elektrischen Verlustwärme. Die Ermittlung der Breite des Karbonfaserbandes läßt sich berührungslos und relativ einfach durchführen. Die Breite ist letztendlich die Zielgröße, nach der man das Verfahren ausrichtet. Wenn man die Breite unmittelbar erfassen und als Regelparameter verwenden kann, dann sind keine weiteren Umrechnungen mehr erforderlich.

**[0020]** Vorzugsweise ist die Spannungsquelle mit einer Maschinensteuerung verbunden, die auch mit einer Bandeintragseinrichtung verbunden ist, wobei die Maschinensteuerung die Spannungsquelle in Abhängigkeit von der Tätigkeit der Bandeintragseinrichtung steuert. Damit kann die Ausbreitung des Karbonfaserstrangs zu einem Karbonfaserband auch durch Übernahme von Prozeßdaten aktiv gestaltet werden. Beispielsweise bieten sich bei Legern, die für einen diskontinuierlichen Bahneintrag sorgen, deutliche Vorteile an. Ein Leger legt beispielsweise ein Karbonfaserband zwischen zwei Transportketten ab, wobei die Ablage nur bei einer Bewegungsrichtung des Legers erfolgt. Beim Rückweg des Legers wird kein Karbonfaserband verbraucht. Man kann nun die Beheizung des Karbonfaserstrangs relativ einfach auf die Tätigkeit des Legers abstimmen, weil man nur dann einen Stromfluß erzeugt, wenn das Karbonfaserband tatsächlich abgezogen wird. "Standreihen" oder Bandmarkierungen können zumindest reduziert werden. Natürlich wird man in einem derartigen Fall die Beheizung unter Berücksichtigung der Führung der Karbonfaserbänder vornehmen und insbesondere die Karbonfaserband-Strecken zwischen der Heizeinrichtung und dem Leger bei der Beheizung des Karbonfaserstrangs berücksichtigen.

**[0021]** Vorzugsweise steht der Karbonfaserstrang mit einer Bandspannungsregelung in Eingriff. Damit läßt sich der Übergangswiderstand zwischen dem Karbonfaserstrang und der Elektrode beeinflussen und im wesentlichen konstant halten.

**[0022]** Vorzugsweise sind die Elektroden mit einer Reinigungseinrichtung versehen. Diese Reinigungseinrichtung kann zusätzlich oder alternativ zu der Reinigung der Elektroden durch den Karbonfaserstrang selbst vorgesehen sein. Man stellt auf diese Weise sicher, daß der Kontaktwiderstand zwischen den Elektroden und dem Karbonfaserstrang im wesentlichen konstant gehalten werden kann.

**[0023]** Vorzugsweise erzeugt die Spannungsquelle zwischen zwei Elektroden eine Gleichspannung von maximal 60V, insbesondere eine Spannung im Bereich von 12V bis 20V. Eine Gleichspannung läßt sich relativ einfach regeln. Wenn man eine Spannung von maximal 60V verwendet, dann handelt es sich um eine SELV (Safety extra low voltage) oder eine PELV (Protective extra low voltage), bei der der Sicherheitsaufwand relativ gering ist. Es besteht kein Gefährdungspotential für Bedienungspersonen.

**[0024]** Die Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, man zum Erwärmen einen Stromfluß in einer vorbestimmten Länge des Karbonfaserstrangs erzeugt.

**[0025]** Man nutzt also aus, daß die Karbonfasern im Karbonfaserstrang elektrisch leitfähig sind, weil die Karbonfasern gleichzeitig einen ohmschen Widerstand darstellen. Wenn man einen Stromfluß durch die Karbonfasern erzeugt, dann erzeugt man gleichzeitig eine elektrische Verlustwärme, die zu einer erhöhten Temperatur

der Karbonfasern selbst und der daran anhaftenden Oberflächenbeschichtungen, beispielsweise eine Schlichte oder eines Haftmittels, führt. Mit dieser Erwärmung wird die Adhäsion zwischen benachbarten Karbonfasern verringert und damit eine Voraussetzung geschaffen, die das Verbreitern oder Spreizen des Karbonfaserstrangs erleichtert. Dadurch, daß die Wärme in den Karbonfasern selbst erzeugt wird, müssen nur relativ geringe Massen erwärmt werden. Der elektrische Strom kann relativ schnell verändert werden. Eine thermische Trägheit ist also relativ klein oder fast gar nicht vorhanden. Das Verfahren läßt sich also relativ schnell an Änderungen im Betrieb einer an die Ausbreitvorrichtung angeschlossene Maschine, beispielsweise einer Multiaxial-Maschine oder einer Kettenwirkmaschine mit Schußeintrag, anpassen. Es wird vergleichsweise wenig Wärme in die Umgebung abgegeben, weil man keine zusätzlichen Maschinenelemente mitbeheizen muß. Es entsteht allenfalls eine geringe Verlustleistung in den für die Zufuhr der elektrischen Energie zu dem Karbonfaserstrang verwendeten Maschinenelemente. Diese Verlustleistung ist allerdings wesentlich geringer als die einer Heizwalze.

**[0026]** Vorzugsweise erzeugt man von einer Position ausgehend einen Stromfluß zu zwei in unterschiedlichen Richtungen von der Position entfernten Positionen. Von der "speisenden" Position aus erzeugt man also einen Stromfluß in Laufrichtung und einen Stromfluß entgegen der Laufrichtung des Karbonfaserstrangs. Damit kann man dafür sorgen, daß Karbonfaserstrang-Abschnitte, die in Laufrichtung vor oder hinter der jeweils letzten Elektrode liegen, elektrisch praktisch spannungsfrei sind. In diesen Abschnitten wird also kein Stromfluß erzeugt, so daß die Beaufschlagung des Karbonfaserstrangs mit elektrischer Energie auf klar definierte Abschnitte begrenzt werden kann.

**[0027]** Bevorzugterweise spannt man den Karbonfaserstrang mechanisch über mindestens zwei Elektroden. Dies hat den Vorteil, daß der Kontaktwiderstand zwischen dem Karbonfaserstrang und den Elektroden verbessert wird. Gleichzeitig trägt die mechanische Spannung bereits zu einer gewissen Ausbreitung bei, die wiederum den Kontaktbereich zwischen dem Karbonfaserstrang und der Elektrode vergrößert. Dies wiederum verbessert den elektrischen Übergang zwischen den Elektroden und dem Karbonfaserstrang, so daß die elektrische Verlustleistung praktisch ausschließlich in den Karbonfasern des Karbonfaserstrangs erzeugt wird, nicht jedoch in sonstigen Maschinenelementen.

**[0028]** Vorzugsweise erzeugt man einen einstellbaren konstanten Stromfluß. Über den Stromfluß läßt sich die elektrische Verlustleistung und damit die Temperaturerhöhung relativ genau einstellen.

**[0029]** Vorzugsweise ermittelt man die Breite des Karbonfaserbandes nach dem Verbreitern und stellt die Stromstärke in Abhängigkeit von der erzielten Breite ein. Der Strom durch den Karbonfaserstrang wird also in Abhängigkeit von der Breite des Karbonfaserbandes gere-

gelt.

**[0030]** Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Hierin zeigen:

- Fig. 1 eine schematische perspektivische Darstellung einer Vorrichtung zum Ausbreiten eines Karbonfaserstrangs,
- Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung einer Verbreiterungseinrichtung und
- Fig. 3 eine schematische Darstellung der Einbettung der Ausbreitvorrichtung in eine Verarbeitungsmaschine.

**[0031]** Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zum Ausbreiten eines Karbonfaserstrangs 2 zu einem Karbonfaserband 3. Der Karbonfaserstrang 2 ist auf einer Spule 4 aufgewickelt, die in einem Gattergestell 5 drehbar auf einer dort befestigten Welle 6 gelagert ist. In nicht näher dargestellter, aber an sich bekannter Weise kann die Spule 4 im Gattergestell 5 gebremst sein. Auf die Spule 4 wirkt eine Andrückeinrichtung 7, die zusätzlich die Funktion eines "Füllstandsanzeigers" erfüllen kann.

**[0032]** Ein Karbonfaserstrang enthält mehrere Tausend einzelne Karbonfasern, beispielsweise 12000 (12 K) oder 24000 (24 K) Karbonfasern, die nach Art eines Bündels zusammengefaßt sind. In der Regel sind die Karbonfasern mit einer Oberflächenbeschichtung versehen, beispielsweise einer Schlichte. Diese Oberflächenbeschichtung führt zu einem Haften der einzelnen Karbonfasern aneinander.

**[0033]** Für die weitere Verarbeitung möchte man nun einen Karbonfaserstrang 2 quer zu seiner Laufrichtung 8 ausbreiten. Hierzu ist eine Verbreiterungseinrichtung 9 vorgesehen, die in Fig. 2 vergrößert dargestellt ist.

**[0034]** Die Verbreiterungseinrichtung 9 weist eine Platte 10 mit einer Öffnung 11 auf. Die Breite der Öffnung 10 quer zur Laufrichtung 8 definiert im Grunde die maximale spätere Breite des Karbonfaserbandes 3.

**[0035]** In Laufrichtung 8 ist die Öffnung 11 begrenzt durch eine erste Umlenkeinrichtung 12 und eine zweite Umlenkeinrichtung 13. Der Karbonfaserstrang 2 wird nun abwechselnd einmal unterhalb der ersten Umlenkeinrichtung 12 und oberhalb der zweiten Umlenkeinrichtung 13 geführt, wobei er durch einen Zug auf das Karbonfaserband 3 unter einer gewissen Spannung gehalten wird. Die beiden Umlenkeinrichtungen 12, 13 weisen in Laufrichtung 8 einen relativ geringen Abstand auf, so daß man auch bei einer vergleichsweise geringen Dicke der Platte 10 eine ausreichende Ausbreitung oder Spreizung des Karbonfaserstrangs 2 zum Karbonfaserband 3 erreichen kann.

**[0036]** Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß in nicht näher dargestellter Weise eine Mehrzahl von Karbonfasersträngen 2 verarbeitet werden kann, die von einer entsprechenden Anzahl von Spulen 4 abgezogen werden.

Für jeden Karbonfaserstrang 2 ist dann eine entsprechende Verbreiterungseinrichtung 9 vorgesehen, wobei benachbarte Verbreiterungseinrichtungen 9 so nebeneinander angeordnet sind, daß ihre Öffnungen 11 aneinander anschließen.

**[0037]** Um das Ausbreiten oder Spreizen des Karbonfaserstrangs 2 zu erleichtern, ist der Verbreiterungseinrichtung 9 in Laufrichtung 8 eine Heizeinrichtung 14 vorgeschaltet. Die Heizeinrichtung 14 weist im vorliegenden Ausführungsbeispiel drei Elektroden 15-17 auf, über die der Karbonfaserstrang 2 S-förmig geführt ist. Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ist der Karbonfaserstrang 2 unter der in Laufrichtung 8 ersten Elektrode 15, dann über die zweite Elektrode 16 und wiederum unter die dritte Elektrode 17 geführt. Der Karbonfaserstrang 2 wird dabei unter einer gewissen Spannung gehalten. In Fig. 3 ist hierzu eine Strangspannungsregeleinrichtung 18 schematisch dargestellt, die Bestandteil einer Abwickleinrichtung 19 ist, zu der das Gattergestell 5 und die Spule 4 gehört.

**[0038]** Die Elektroden 15-17 sind als Zylinderstäbe ausgebildet. Sie weisen also eine zylinderförmige Umfangsfläche auf, an der jeweils der Karbonfaserstrang 2 anliegt. Allerdings sind die Elektroden 15-17 nicht drehend ausgebildet, so daß der Karbonfaserstrang mit einer gewissen Reibung über die Elektroden 15-17 geführt wird. Es ist auch möglich, daß der Karbonfaserstrang 2 beim Abwickeln von der Spule 4 senkrecht zur Laufrichtung 8 verlagert wird, also changierend über die Elektroden 15 bis 17 läuft.

**[0039]** Die Elektroden 15-17 liegen, wie dies aus den Fig. 1 und 3 hervorgeht, auf unterschiedlichen elektrischen Potentialen. Die mittlere Elektrode 16 liegt auf einem Plus-Potential und die beiden in Laufrichtung 8 äußeren Elektroden 15, 17 liegen auf einem Minus-Potential, das auch als Masse- oder Erd-Potential 20 bezeichnet werden kann. Auf diesem Masse-Potential 20 liegen elektrisch auch die übrigen Bestandteile der Fig. 3 schematisch dargestellten Einrichtung 21 zum Verarbeiten des Karbonfaserbandes 3, die im folgenden näher beschrieben werden.

**[0040]** Zur Erzeugung der einzelnen elektrischen Potentiale und damit der Potentialdifferenz zwischen der Elektrode 16 und der Elektrode 15 einerseits und der Elektrode 16 und der Elektrode 17 andererseits ist eine Spannungsquelle 22 vorgesehen, die einerseits mit der Elektrode 16 und andererseits mit der dem Masse-Potential 20 verbunden ist, so daß sie über das Masse-Potential 20 auch mit den beiden Elektroden 15, 17 verbunden ist. Die Spannungsquelle 22 erzeugt eine elektrische Spannung zwischen den Elektroden 16, 15 bzw. 16, 17, die im Bereich von 12V bis 20 V liegt. Es ist bevorzugt, wenn diese elektrische Spannung maximal 42V beträgt, weil es sich dann um eine Schutzkleinspannung handelt, bei der weitergehende Schutzmaßnahmen gegen Berührung durch eine Bedienungsperson nur einen relativ geringen Aufwand bedeuten.

**[0041]** Zwischen den Elektroden 15, 16 ist ein erster

Abschnitt 23 des Karbonfaserstrangs und zwischen den Elektroden 16, 17 ist ein zweiter Abschnitt 24 des Karbonfaserstrangs angeordnet. Beide Abschnitte 23, 24 werden von einem elektrischen Strom durchflossen, wenn der Karbonfaserstrang 2 an den Elektroden 15-17 anliegt. Allerdings ist der Stromfluß tatsächlich auf diese Abschnitte 23, 24 beschränkt, weil die beiden in Laufrichtung 8 äußeren Elektroden 15, 17 auf dem gleichen elektrischen Potential liegen, wie andere Kontaktpunkte des Karbonfaserstrangs 2 beziehungsweise des Karbonfaserbandes 3.

**[0042]** Der Stromfluß zwischen den Elektroden 15, 16 bzw. 16, 17 ist möglich, weil die Karbonfasern des Karbonfaserstrangs 2 an sich elektrisch leitfähig sind. Sie weisen zudem einen ohmschen Widerstand auf, so daß der zwischen den Elektroden 15, 16; 16, 17 fließende Strom zu einer elektrischen Verlustleistung führt, die sich in einer Wärmeerzeugung äußert. Die Wärmeerzeugung führt zu einer erhöhten Temperatur des Karbonfaserstrangs, die sich auf die Oberflächenbeschichtung der Kohle- oder Karbonfasern auswirkt und damit das Spreizen des Karbonfaserstrangs 2 begünstigt.

**[0043]** Die elektrischen Eigenschaften, insbesondere der ohmsche Widerstand der Karbonfasern in dem Karbonfaserstrang ist bekannt oder kann zuvor meßtechnisch ermittelt werden. Über die Höhe des Stromflusses läßt sich also relativ einfach auch die Höhe der elektrischen Verlustleistung und damit die Temperaturerhöhung berechnen, die sich bei einer bestimmten Stromstärke ergibt. Durch die Steuerung der Stromstärke läßt sich also sehr gezielt auch eine Einstellung des Karbonfaserstrangs 2 auf eine vorbestimmte Temperatur erreichen. Diese Temperatureinstellung kann praktisch trägeheitslos erfolgen, weil die Spannungsquelle 22 sehr schnell auf vorbestimmte Stromstärken eingestellt werden kann. Um einen negativen Einfluß von elektrischen Übergangswiderständen zwischen den Elektroden 15-17 und dem Karbonfaserstrang 2 zu vermindern, ist die Spannungsquelle 22 als Konstantstromquelle mit einem einstellbaren Strom ausgebildet. Wenn sich die Übergangswiderstände erhöhen, dann muß die Spannungsquelle 22 ihre Ausgangsspannung erhöhen, um den konstanten Stromfluß zu gewährleisten.

**[0044]** Dadurch, daß der Karbonfaserstrang 2 mit einer gewissen Reibung über die Elektroden 15-17 geführt wird, kann man dafür sorgen, daß der elektrische Übergangswiderstand im Betrieb weitgehend konstant bleibt. Das Absetzen von Flusen wird also gezielt verhindert beziehungsweise anhaftende Flusen werden entfernt. Zusätzlich kann für jede Elektrode 15-17 eine in Fig. 3 schematisch dargestellte Reinigungseinrichtung 25-27 vorgesehen sein, die beispielsweise mit Hilfe einer gezielten Luftströmung die Oberfläche der Elektroden 15-17 abreinigt.

**[0045]** Fig. 3 zeigt schematisch die Einbettung der Vorrichtung 1 in eine Einrichtung 21 zur Verarbeitung von Karbonfaserbändern 3. Die Einrichtung weist beispielsweise einen Leger 28, der auch als Bandeintrag-Einrich-

tung bezeichnet werden kann, einer Multiaxial-Maschine oder einer Kettenwirkmaschine mit Schußeintrag auf. Bei einer Multiaxial-Maschine wird eine Vielzahl von Karbonfaserbändern 3 nebeneinander in einer Lage abgelegt. Mehrere Lagen werden übereinander gelegt. In jeder Lage haben die Karbonfaserbänder eine vorbestimmte Ausrichtung zur Längserstreckung der durch das Ablegen gebildeten Bahn. Beispielsweise können die Orientierungen der Karbonfaserbänder 3 in den einzelnen Lagen 0°, 90°, +45° und -45° betragen. Der Leger 28 wird von einer schematisch dargestellten Maschinensteuerung 29 gesteuert. Der Leger 28 erfaßt einen Abschnitt eines Karbonfaserbandes 3 und legt ihn zwischen zwei Transportketten ab. Beim Rückweg des Legers 28 wird kein Karbonfaserband 3 gefördert. Während dieser Ruhepausen kann auch die Beheizung des Karbonfaserstrangs 2 entfallen oder vermindert werden. Die Maschinensteuerung 29 ist also mit der Spannungsquelle 22 verbunden, um die Spannungsquelle 22 in Abhängigkeit von der Arbeitsweise des Legers 28 zu steuern. Bandmarkierungen oder "Standreihen", die derzeit bei der Verwendung von Heizwalzen auftreten, können reduziert werden.

**[0046]** Zusätzlich oder alternativ dazu kann man hinter der Verbreiterungseinrichtung 9 einen Sensor 30 vorsehen, der beispielsweise die Breite des Karbonfaserbandes 3 senkrecht zur Laufrichtung 8 ermittelt. Man kann in Abhängigkeit von der erzielten Breite den von der Spannungsquelle 22 erzeugten Stromfluß regeln, so daß die ermittelte Ist-Breite einer vorgegebenen Soll-Breite entspricht. Die mit der Verbreiterungseinrichtung 9 erzielte Breite hängt von der Stärke des Stroms ab, der durch die Abschnitte 23, 24 fließt.

**[0047]** Die Heizeinrichtung 14 mit den Elektroden 15-17 erlaubt auf einfache Weise eine schnelle Anpassung an unterschiedliche Betriebsbedingungen, beispielsweise unterschiedliche Maschinengeschwindigkeiten des Legers 28 einer Multiaxial-Maschine. Der Ausspreizvorgang kann einerseits passiv geregelt werden, beispielsweise durch Erfassen einer Meßgröße wie der Breite des Karbonfaserbandes 3 oder der Temperatur des Karbonfaserbandes 3. Andererseits kann man den Ausspreizvorgang durch Übernahme von Prozeßdaten aus der Multiaxial-Maschine oder einer anderen nachgeschalteten Maschine aktiv gestalten.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ausbreiten eines Karbonfaserstrangs zu einem Karbonfaserband, **gekennzeichnet durch** eine Heizeinrichtung (14) und eine in Laufrichtung des Karbonfaserstrangs hinter der Heizeinrichtung angeordneten Verbreiterungseinrichtung (9), wobei die Heizeinrichtung (14) mindestens zwei mit Abstand zueinander angeordnete Elektroden (15-17) aufweist, an denen der Karbonfaserstrang bei seiner Bewegung zur Verbreite-

- rungseinrichtung (9) anliegt, wobei die Elektroden (15-17) mit einer Spannungsquelle (22) verbunden sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Elektroden (15-17) abwechselnd auf unterschiedlichen Seiten des Karbonfaserstrangs (2) angeordnet sind.
  3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Elektrode (15-17) als Umlenkeinrichtung ausgebildet ist.
  4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Elektroden (15-17) zumindest in einem Kontaktbereich mit dem Karbonfaserstrang eine Zylindermantelform aufweisen.
  5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Karbonfaserstrang (2) an mehr als zwei Elektroden (15-17) anliegt, wobei eine in Laufrichtung (8) erste Elektrode (15) und eine in Laufrichtung (8) letzte Elektrode (17) auf dem gleichen elektrischen Potential (20) liegen.
  6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Potential (20) einem Umgebungspotential entspricht.
  7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Karbonfaserstrang (2) mit Reibung über die Elektroden (15-17) geführt ist.
  8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannungsquelle (22) als Konstantstromquelle ausgebildet ist, deren Stromstärke einstellbar ist.
  9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannungsquelle (22) mit einer Sensoranordnung (30) verbunden ist, die mindestens einen vorbestimmten Ist-Parameter des Karbonfaserstrangs (2) und/oder des Karbonfaserbandes (3) erfaßt, wobei die Spannungsquelle (22) so geregelt ist, daß dieser Ist-Parameter mit einem vorbestimmten Soll-Parameter übereinstimmt.
  10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ist-Parameter die Breite des Karbonfaserbandes (3) in Laufrichtung (8) hinter der Verbreiterungseinrichtung (9) ist.
  11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannungsquelle (22) mit einer Maschinensteuerung (29) verbunden ist, die auch mit einer Bandeintragseinrichtung (28)
- verbunden ist, wobei die Maschinensteuerung (29) die Spannungsquelle (22) in Abhängigkeit von der Tätigkeit der Bandeintragseinrichtung (28) steuert.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Karbonfaserstrang (2) mit einer Bandspannungsregelung (18) in Eingriff steht.
  13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Elektroden (15-17) mit einer Reinigungseinrichtung (25-27) versehen sind.
  14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannungsquelle zwischen zwei Elektroden (16, 15; 16, 17) eine Gleichspannung von maximal 60V erzeugt.
  15. Verfahren zum Ausbreiten eines Karbonfaserstrangs zu einem Karbonfaserband, bei dem der Karbonfaserstrang erwärmt und dann verbreitert wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** man zum Erwärmen einen Stromfluß in einer vorbestimmten Länge (23, 24) des Karbonfaserstrangs (2) erzeugt.
  16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** man von einer Position ausgehend einen Stromfluß zu zwei in unterschiedlichen Richtungen von der Position entfernten Positionen erzeugt.
  17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** man den Karbonfaserstrang (2) mechanisch über mindestens zwei Elektroden (15-17) spannt.
  18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** man einen einstellbaren konstanten Stromfluß erzeugt.
  19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** man die Breite des Karbonfaserbandes (3) nach dem Verbreitern ermittelt und die Stromstärke in Abhängigkeit von der erzielten Breite einstellt.

#### Claims

1. Device for spreading a carbon fiber tow into a carbon fiber band **characterized by** a heating device (14) and a spreading device (9) arranged after the heating device in the traveling direction of the carbon fiber tow, wherein the heating device (14) includes at least two electrodes (15-17) that are spaced apart from each other on which the carbon fiber tow abuts as it travels toward the spreading device (9), wherein the

electrodes (15-17) are coupled to a power supply (22).

2. Device in accordance with claim 1, **characterized in that** the electrodes (15-17) are arranged alternately on different sides of the carbon fiber tow (2). 5
3. Device in accordance with claim 1 or 2, **characterized in that** at least one of the electrodes (15-17) is formed as a deflection device. 10
4. Device in accordance with any of the claims 1 to 3, **characterized in that** at least a contact area of the electrodes (15-17) for contacting the carbon fiber tow (3) has a cylinder jacket shape. 15
5. Device in accordance with any of the claims 1 to 4, **characterized in that** the carbon fiber tow (2) contacts more than two electrodes (15-17), wherein a first and a last electrode (15 and 17), relative to the traveling direction (8), are supplied with a same electrical potential (20). 20
6. Device in accordance with claim 5, **characterized in that** the potential (20) is an potential of the surrounding area. 25
7. Device in accordance with any of claims 1 to 6, **characterized in that** the carbon fiber tow (2) is guided over the electrodes (15-17) with friction. 30
8. Device in accordance with any of claims 1 to 7, **characterized in that** the power supply (22) is made as a constant power supply having an adjustable current strength. 35
9. Device in accordance with any of claims 1 to 8, **characterized in that** the power supply (22) is connected to a sensor arrangement (30) detecting at least one predetermined parameter of at least one of the carbon fiber tow (2) and the carbon fiber band (3), wherein the power supply (22) is regulated to control the at least one predetermined parameter. 40
10. Device in accordance with claim 9, **characterized in that** the at least one predetermined parameter is the width of the carbon fiber band (3) in the traveling direction (8) after the spreading device (9). 45
11. Device in accordance with any of claims 1 to 10, **characterized in that** the power supply (22) is connected to a machine control (29) that is also connected to a band insertion device (28), whereby the machine control (29) controls the power supply (22) subject to the activity of the band insertion device (28). 50
12. Device in accordance with any of claims 1 to 11, 55

**characterized in that** the carbon fiber tow (2) is engaged with a band tension regulator.

13. Device in accordance with any of claims 1 to 12, **characterized in that** the electrodes (15-17) are provided with a cleaning device (25-27).
14. Device in accordance with any of claims 1 to 13, **characterized in that** the power supply (22) generates between two electrodes (16, 15; 16, 17) a DC voltage of no more than 60V.
15. Method for spreading a carbon fiber tow into a carbon fiber band in which the carbon fiber tow is heated and then spread **characterized in that** for heating a current flow is generated through a predetermined length (23, 24) of the carbon fiber tow (2).
16. Method in accordance with claim 15, **characterized in that** the current flow is generated from a first position to two other positions that are spaced from each other starting and in opposite directions from the first position.
17. Method in accordance with claim 15 or 16, **characterized in that** the carbon fiber tow is mechanically tensioned over at least two electrodes (15-17).
18. Method in accordance with any of claims 15 to 17 **characterized in that** an adjustable constant current flow is generated.
19. Method in accordance with any of claims 15 to 18, **characterized in that** a width of the carbon fiber band (3) after the spreading is detected and a magnitude of the current flow is adjusted depending on the width reached.

#### Revendications

1. Dispositif d'extension d'un faisceau de fibres de carbone en un ruban de fibres de carbone, **caractérisé par** un dispositif de chauffage (14) et un dispositif d'extension (9) disposé derrière le dispositif de chauffage dans le sens des fibres du faisceau de fibres de carbone, le dispositif de chauffage (14) présentant au moins deux électrodes (15-17) disposées à distance l'une de l'autre, au niveau desquelles se trouve le faisceau de fibres de carbone lors de son déplacement en direction du dispositif d'extension, les électrodes (15-17) étant reliées à une source de tension (22).
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les électrodes (15-17) sont disposées à tour de rôle sur différents côtés du faisceau de fibres de carbone (2).

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**au moins une électrode (15-17) est réalisée comme un dispositif de renvoi.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les électrodes (15-17) présentent au moins une enveloppe cylindrique dans la zone de contact avec le faisceau de fibres de carbone.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le faisceau de fibres de carbone (2) se trouve au niveau de plus de deux électrodes (15-17), une première électrode (15) dans le sens des fibres (8) et une dernière électrode (17) dans le sens des fibres (8) étant placées sur le même potentiel électrique (20).
6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le potentiel (20) correspond à un potentiel ambiant.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le faisceau de fibres de carbone (2) est guidé avec frottement sur les électrodes (15-17).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la source de tension (22) est conçue comme source de courant constant, dont l'intensité est réglable.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la source de tension (22) est reliée à un système de détection (30), lequel détecte au moins un paramètre effectif prédéterminé du faisceau de fibres de carbone (2) et/ou du ruban de fibres de carbone (3), la source de tension (22) étant réglée, de sorte que ce paramètre effectif correspond à un paramètre de consigne prédéterminé.
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le paramètre effectif correspond à la largeur du ruban de fibres de carbone (3) derrière le dispositif d'extension (9), dans le sens des fibres (8).
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la source de tension (22) est reliée à une commande mécanique (29), laquelle est également reliée à un dispositif d'entrée sur bande (28), la commande mécanique (29) pilotant la source de tension (22) en fonction de l'activité du dispositif d'entrée sur bande (28).
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** le faisceau de fibres de carbone (2) s'engrène avec une commande de tension de bande (18).
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les électrodes (15-17) sont pourvues d'un dispositif de nettoyage (25-27).
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** la source de tension entre les deux électrodes (16, 15 ; 16, 17) génère une tension continue de 60 V maximum.
15. Procédé d'extension d'un faisceau de fibres de carbone en une bande de fibres de carbone, dans le cadre duquel le faisceau de fibres de carbone s'échauffe et ainsi s'élargit, **caractérisé en ce qu'**un flux de courant est généré, pour l'échauffement, dans une longueur prédéterminée (23, 24) du faisceau de fibres de carbone (2).
16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** des positions éloignées sont générées à partir d'une position issue d'un flux de courant dans deux directions différentes à partir de la position.
17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** le faisceau de fibres de carbone (2) est tendu mécaniquement sur au moins deux électrodes (15-17).
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, **caractérisé en ce qu'**un flux de courant constant réglable est généré.
19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, **caractérisé en ce que** la largeur du ruban de fibres de carbone (3) est déterminée après l'extension et l'intensité est réglée en fonction de la largeur obtenue.

Fig: 1

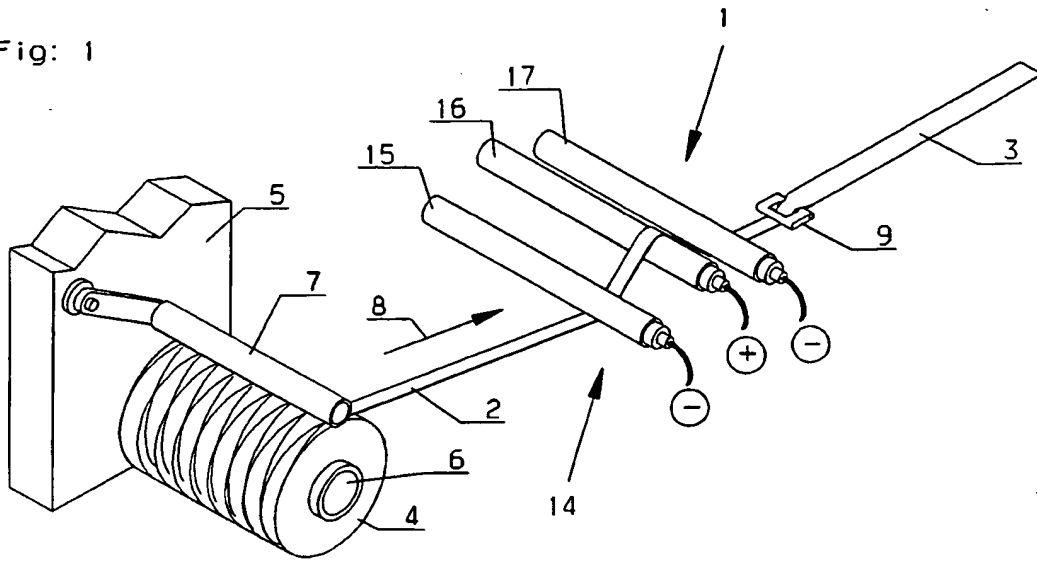


Fig: 2

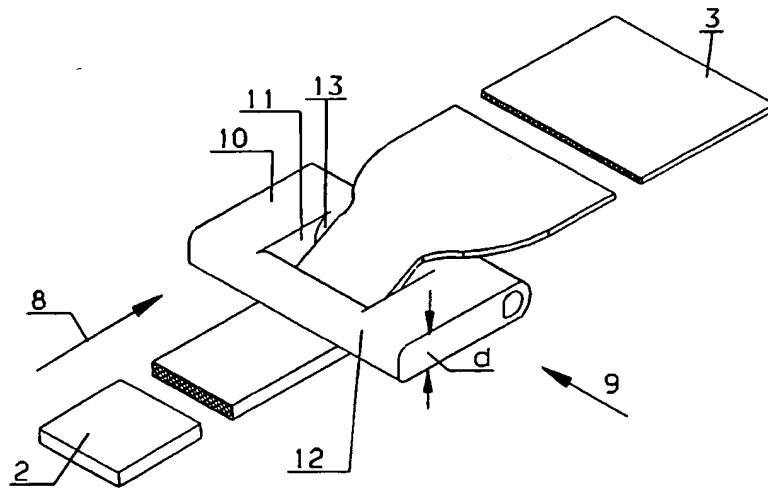
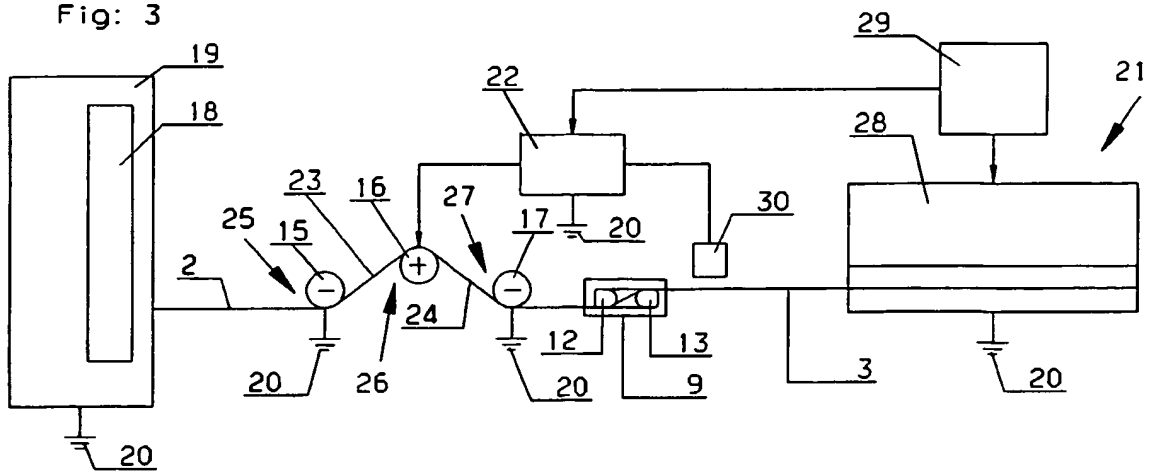


Fig: 3



**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**

- AU 423846 B [0004]