



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 107 039.6**

(22) Anmeldetag: **04.07.2013**

(43) Offenlegungstag: **08.01.2015**

(51) Int Cl.: **B65H 23/04 (2006.01)**
B29C 70/38 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147 Köln, DE**

(72) Erfinder:

**Krombholz, Christian, 21614 Buxtehude, DE;
Nguyen, Duy Chinh, 21682 Stade, DE**

(74) Vertreter:

Gramm, Lins & Partner GbR, 30173 Hannover, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

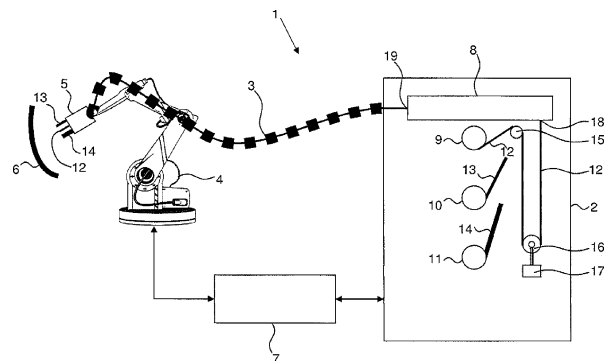
DE 695 18 956 T2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Transport eines flexiblen Quasiendlosmaterials, Anlage, Computerprogramm und elektronische Steuereinheit dafür**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Transport eines flexiblen Quasiendlosmaterials, das im Wesentlichen keine Schubkräfte übertragen kann, von einem Materialvorratsbereich einer Anlage zu einem von dem Materialvorratsbereich entfernten Verarbeitungsort des Quasiendlosmaterials, wobei das Quasiendlosmaterial mittels einer sich im Bereich des Verarbeitungsorts des Quasiendlosmaterials befindenden Vorschubeinrichtung durch Zug in einer Vorschubrichtung voranbewegt wird und dabei aus dem Materialvorratsbereich entnommen wird, wobei das Quasiendlosmaterial durch eine sich im Bereich des Materialvorratsbereichs befindende Vorspannungseinrichtung unter einer gewissen Vorspannung gehalten wird, wobei das Quasiendlosmaterial mittels wenigstens einer zwischen der Vorschubeinrichtung und der Vorspannungseinrichtung angeordneten Materialantriebseinrichtung bedarfsweise in dessen Vorschubrichtung angetrieben wird. Die Erfindung betrifft außerdem eine Anlage zum Transport eines solchen Quasiendlosmaterials sowie ein Computerprogramm und eine elektronische Steuereinheit einer Anlage der zuvor genannten Art.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Transport eines flexiblen Quasiendlosmaterials, das im Wesentlichen keine Schubkräfte übertragen kann, von einem Materialvorratsbereich einer Anlage zu einem von dem Materialvorratsbereich entfernten Verarbeitungsort des Materials gemäß Anspruch 1. Die Erfindung betrifft außerdem eine Anlage zum Transport eines solchen Quasiendlosmaterials gemäß Anspruch 6 sowie ein Computerprogramm gemäß Anspruch 14 und eine elektronische Steuerungseinheit einer Anlage der zuvor genannten Art gemäß Anspruch 15.

[0002] Beim Transport eines derartigen flexiblen Quasiendlosmaterials von einem Materialvorratsbereich einer Anlage zu einem von dem Materialvorratsbereich entfernten Verarbeitungsort des Materials können eine Reihe von technischen Problemstellungen auftreten. Als flexibles Quasiendlosmaterial sei dabei jedes Material verstanden, das nur durch Zug voranbewegt werden kann und nicht durch Druckkräfte, weil es im Wesentlichen keine Schub- bzw. Druckkräfte übertragen kann. Insofern erfasst der Begriff des flexiblen Quasiendlosmaterials alle möglichen band- oder seilförmigen Materialien, z.B. Seile, Fäden, Bänder, Folien, Drähte, Textilien, dünne Bleche und ähnliches. Insbesondere umfasst der Begriff bandförmige oder seilförmige Faserpakete (sogenannte Tows), z.B. aus Kohlefaser, Aramidfaser oder Glasfaser sowie Mischungen davon. Der Transport solcher Faserpakete ist z.B. für sogenannte Fiber-Placement-Anlagen von großer Bedeutung. Fiber-Placement-Anlagen werden für die automatische Fertigung von zumeist großskaligen Teilen aus Faserverbundwerkstoffen eingesetzt, z.B. um Kohlefaserbauteile für Flugzeuge herzustellen. Beim Betrieb einer solchen Anlage wird ein Fiber-Placement-Verfahren ausgeführt, bei dem z.B. mehrere schmale Materialstreifen gleichzeitig nebeneinander abgelegt werden. Das Material kann bereits mit Binderauftrag oder mit Harz imprägniert sein oder zunächst in einer trockenen Form abgelegt werden und später mit Binderauftrag oder Harz imprägniert werden.

[0003] Insbesondere bei Fiber-Placement-Anlagen, aber auch bei verschiedenen anderen Anlagen, bei denen flexibles Quasiendlosmaterial eingesetzt wird, ist ein sauberer Vorwärtstransport des Quasiendlosmaterials zum Verarbeitungsort hin von großer Bedeutung. Es soll nicht zu Verwicklungen, Knotenbildungen, Umschlingungen oder ähnlichem kommen. Bei Faserpaketen ist zusätzlich von großer Bedeutung, dass diese durch den Vorschub zum Verarbeitungsort hin auf ihrem Wege von dem Materialvorratsbereich nicht beschädigt werden, d.h. dass die vorhandene Fasergelege- oder -gewebestruktur möglichst nicht verändert und beschädigt wird.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein hierzu geeignetes Verfahren sowie eine geeignete Anlage anzugeben. Ferner soll ein geeignetes Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens sowie eine elektronische Steuereinheit zur Ausführung des Computerprogramms angegeben werden.

[0005] Die Aufgabe wird gemäß Anspruch 1 gelöst durch ein Verfahren zum Transport eines flexiblen Quasiendlosmaterials, das im Wesentlichen keine Schubkräfte übertragen kann, von einem Materialvorratsbereich einer Anlage zu einem von dem Materialvorratsbereich entfernten Verarbeitungsort des Quasiendlosmaterials, wobei das Quasiendlosmaterial mittels einer sich im Bereich des Verarbeitungsorts des Quasiendlosmaterials befindenden Vorschubeinrichtung durch Zug in einer Vorschubrichtung voranbewegt wird und dabei aus dem Materialvorratsbereich entnommen wird, wobei das Quasiendlosmaterial durch eine sich im Bereich des Materialvorratsbereichs befindende Vorspannungseinrichtung unter einer gewissen Vorspannung gehalten wird, wobei das Quasiendlosmaterial mittels wenigstens einer zwischen der Vorschubeinrichtung und der Vorspannungseinrichtung angeordneten Materialantriebseinrichtung bedarfsweise in dessen Vorschubrichtung angetrieben wird. Die Erfindung hat den Vorteil, dass auch empfindliches Quasiendlosmaterial sicher und beschädigungsfrei vom Materialvorratsbereich der Anlage zum Verarbeitungsort transportiert werden kann. Das Quasiendlosmaterial erstreckt sich dabei kontinuierlich vom Materialvorratsbereich zu dem Verarbeitungsort hin und wird durch die Vorschubeinrichtung durch Zug voranbewegt. Hierbei wird Material von dem Materialvorratsbereich nachgeführt. Insbesondere kann die Vorschubeinrichtung zeitlich diskontinuierlich betrieben werden, z.B. intermittierend, wie dies bei Fiber-Placement-Anlagen häufig erforderlich ist, um bestimmte Bauteile herzustellen. Durch das Halten einer gewissen Vorspannung mittels der Vorspannungseinrichtung sowie, in Kombination damit, das Vorsehen wenigstens einer zusätzlich zur Vorschubeinrichtung vorhandenen Materialantriebseinrichtung, die sozusagen auf dem Wege des Quasiendlosmaterials von dem Materialvorratsbereich zu dem Verarbeitungsort platziert ist, sowie dessen bedarfsgerechte Steuerung zum Antrieb des Quasiendlosmaterials in Vorschubrichtung kann der genannte sichere und beschädigungsfreie Transport auch empfindlichen Quasiendlosmaterials erfolgen. Vorteilhaft wird mittels des zusätzlichen Antriebs über die Materialantriebseinrichtung die Zugspannung in dem Quasiendlosmaterial auf ihrem Wege von dem Materialvorratsbereich zu dem Verarbeitungsort hin gemindert. Durch bedarfsweise Steuerung des zusätzlichen Antriebs des Quasiendlosmaterials durch die Materialantriebseinrichtung kann die unterstützende Wirkung der Materialantriebseinrichtung an den tatsächlichen Vorschubbedarf gekoppelt werden. Der Vorschubbedarf kann

dabei vom Verhalten der Vorschubeinrichtung im Bereich des Verarbeitungsorts abgeleitet werden.

[0006] Insbesondere bei relativ langen Wegen von dem Materialvorratsbereich zu dem Verarbeitungsort hin können auch an mehreren Stellen jeweils bedarfsweise gesteuerte Materialantriebseinrichtungen vorgesehen werden.

[0007] Die Minderung der Zugspannung durch die Materialantriebseinrichtung wird dabei gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung derart vorgenommen, dass die Zugspannung auf möglichst kleine positive Zugspannungswerte gemindert wird. Es soll immer eine gewisse Rest-Zugspannung im Quasiendlosmaterial aufrechterhalten werden, nur soll diese tendenziell möglichst klein sein, d.h. zumindest einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreiten.

[0008] Die Vorschubeinrichtung kann z.B. motorgetriebene Transportwalzen aufweisen, die ggf. profiliert sein können. Das Quasiendlosmaterial wird dann durch ein Walzenpaar hindurchgezogen.

[0009] Das Quasiendlosmaterial kann im Materialvorratsbereich z.B. auf einer Materialvorratsstrommel vorgehalten werden. Bei einem Vorschub des Quasiendlosmaterials wird dieses dann von der Materialvorratsstrommel abgerollt. Es können auch andere Arten der Materialspeicherung vorgesehen sein, z.B. ein Vorratsmagazin oder ein Vorratsbehälter für das Quasiendlosmaterial.

[0010] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Anlage gemäß Anspruch 1 eine Fiber-Placement-Anlage, die zur Herstellung von Faserverbundbauteilen dient. Gerade in solchen Anlagen können durch Anwendung der vorliegenden Erfindung signifikante Verbesserungen erzielt werden. In Fiber-Placement-Anlagen erfolgt, bedingt durch große Freiheitsgrade des Roboters, eine hohe zeitliche Variation des Vorschubs des Quasiendlosmaterials und dementsprechend große Änderungen der Zugspannung im Fasermaterial, unter anderem ausgelöst durch das Bremsmoment an einer Materialvorratsstrommel.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird bestimmt, ob ein Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials im Bereich des Verarbeitungsorts vorhanden ist und/oder ob die im Quasiendlosmaterial auftretende Zugspannung einen Grenzwert überschreitet, und nur dann, wenn ein Vorschubbedarf vorhanden ist und/oder wenn die Zugspannung den Grenzwert überschreitet, wird das Quasiendlosmaterial durch die Materialantriebseinrichtung angetrieben. Dies erlaubt eine vorteilhafte bedarfsgerechte Steuerung der Materialantriebseinrichtung, mit der auf einfache und kostengünstig realisierba-

re Weise der sichere und beschädigungsfreie Transport des Quasiendlosmaterials gewährleistet werden kann. So kann der Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials insbesondere in Fiber-Placement-Anlagen sowie die im Quasiendlosmaterial auftretende Zugspannung einfach und zuverlässig bestimmt werden, wie nachfolgend noch ausgeführt wird.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird ein Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials und/oder in dem Quasiendlosmaterial auftretende Zugspannung durch ein Sensiermittel an dem Quasiendlosmaterial bestimmt und/oder über eine Schnittstelle von einer Steuerungseinheit der Anlage übermittelt. Vorteilhaft können hier einfache und kostengünstige Sensiermittel verwendet werden, wie z.B. eine einfache mechanische Sensierung über einen Massekörper (Gewicht), eine Federvorspannung oder durch im Handel verfügbare elektrische Sensoren. Besonders kostengünstig kann die erforderliche Information über den Vorschubbedarf bestimmt werden, wenn eine Schnittstelle zu einer Steuerungseinheit der Anlage vorhanden ist oder hergestellt wird. In diesem Fall kann eine in der Anlagensteuerung bereits vorhandene Information für die Steuerung der Materialantriebseinrichtung verwendet werden. Auch eine Kombination eines Sensiermittels mit einer Übertragung von Informationen über eine Schnittstelle ist vorteilhaft. In diesem Fall stehen zwei unabhängig bestimmte Informationen über den Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials bzw. die in dem Quasiendlosmaterial auftretende Zugspannung zur Verfügung. Durch Auswertung beider Informationen kann eine zusätzliche Plausibilisierung der erfassten Daten und damit eine erhöhte Sicherheit beim Transport des Quasiendlosmaterials erreicht werden.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sensiert das Sensiermittel die im Quasiendlosmaterial auftretende Zugspannung an einer Position nahe der Materialantriebseinrichtung. Insbesondere ist die vom Sensiermittel erfasste Position dann entfernt von dem Materialvorratsbereich und/oder dem Verarbeitungsort des Materials angeordnet. So kann die Position der Erfassung durch das Sensiermittel im Bereich weniger Zentimeter bis hin zu 50 cm oder 100 cm Entfernung von der Materialantriebseinrichtung liegen. In Einzelfällen sind auch größere Entfernungen möglich, jedoch häufig nicht sinnvoll.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sensiert das Sensiermittel den Vorschubbedarf und/oder die Zugspannung mit einer Querkraftbeaufschlagung des Quasiendlosmaterials. Die Querkraftbeaufschlagung kann durch das Sensiermittel selbst oder eine mit dem Sensiermittel verbundene Einrichtung, z.B. eine Zug- oder Druckfeder oder ein Massekörper, erfolgen. Durch die Querkraftbeaufschlagung kann insbesondere bei flexiblen Ma-

terialien auf einfache Weise ohne Beschädigung des Quasiendlosmaterials eine zuverlässige Vorschubbedarf- und/oder Zugspannungsermittlung erfolgen.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Materialantriebseinrichtung hinsichtlich des Antreibens des Quasiendlosmaterials durch eine elektronische Steuerungseinheit und/oder durch eine direkte mechanische Verbindung mit dem zuvor erwähnten Sensiermittel gesteuert. Auch eine Kombination beider Möglichkeiten ist vorteilhaft. Die Steuerung durch eine elektronische Steuerungseinheit hat insbesondere den Vorteil, dass durch entsprechende Ausgestaltung einer Steuerungssoftware (Computerprogramm) bestimmte Steuerungsparameter sehr flexibel an den jeweiligen Anwendungsfall und das verwendete Quasiendlosmaterial angepasst werden können. So können z.B. ein Sanftanlauf und ein sanftes Stoppen der Materialantriebseinrichtung gemäß einem vorgegebenen Kennlinienverlauf vorgegeben werden. Eine Steuerung durch eine direkte mechanische Verbindung mit dem Sensiermittel hat den Vorteil, dass die Steuerung rein mechanisch erfolgen kann und hierbei auch bereits eine entsprechende Regelung beinhaltet sein kann. Solche mechanischen Steuer- und Regelmittel haben den Vorteil, dass diese einfach und robust zu realisieren sind und unabhängig von einer Stromversorgung sind. Eine Funktion ist dann auch bei einem eventuellen Stromausfall gewährleistet.

[0016] Zur Sicherstellung der Vorspannung des Quasiendlosmaterials kann z.B. ein Tänzersystem als Vorspannungseinrichtung eingesetzt werden.

[0017] Die eingangs genannte Aufgabe wird außerdem gemäß Anspruch 6 gelöst durch eine Anlage zum Transport eines flexiblen Quasiendlosmaterials, das im Wesentlichen keine Schubkräfte übertragen kann, von einem Materialvorratsbereich zu einem von dem Materialvorratsbereich entfernten Verarbeitungsort des Quasiendlosmaterials, wobei die Anlage eine sich im Bereich des Verarbeitungsorts des Quasiendlosmaterials befindende Vorschubeinrichtung zum Voranbewegen des Quasiendlosmaterials durch Zug in einer Vorschubrichtung und eine sich im Bereich des Materialvorratsbereichs befindende Vorspannungseinrichtung zum Halten des Quasiendlosmaterials unter einer gewissen Vorspannung aufweist, wobei zwischen der Vorschubeinrichtung und der Vorspannungseinrichtung wenigstens eine Materialantriebseinrichtung angeordnet ist, die das Quasiendlosmaterial bedarfsweise in dessen Vorschubrichtung antreiben kann. Mit der zuvor angegebenen Anlage können die eingangs bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens genannten Vorteile realisiert werden.

[0018] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist die Anlage ein Sensiermittel und/oder

eine Schnittstelle zum Bestimmen eines Vorschubbedarfs des Quasiendlosmaterials und/oder der im Quasiendlosmaterial auftretenden Zugspannung auf. Die Schnittstelle kann insbesondere als Datenschnittstelle eines Computersystems bzw. einer elektronischen Steuerungseinheit der Anlage ausgebildet sein. Über die Schnittstelle können dann von einer Steuerungseinheit die Anlage, die die Vorschubeinrichtung steuert, entsprechende Informationen über den Betriebszustand der Vorschubeinrichtung (Vorschub Ja/Nein bzw. Vorschubgeschwindigkeit) an die Steuerung der Materialantriebseinrichtung weitergegeben werden. Diese kann die Materialantriebseinrichtung dann bedarfsgerecht steuern, so dass das Quasiendlosmaterial nur bedarfsweise in dessen Vorschubrichtung angetrieben wird.

[0019] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist die Anlage daher eine Steuerung auf, die die Materialantriebseinrichtung nur dann zum Antreiben des Quasiendlosmaterials betätigt, wenn ein Vorschubbedarf vorhanden ist und/oder wenn die Zugspannung den Grenzwert überschreitet.

[0020] Das Sensiermittel und die Steuerung können durch direkte mechanische Verbindungen miteinander gekoppelt sein. So kann z.B. das Sensiermittel als Massekörper ausgebildet sein, der durch seine Gewichtskraft an einer bestimmten Stelle auf das Quasiendlosmaterial eine Querkraft ausübt. Der Massekörper kann über eine Hebelanordnung, die verschwenkbar aufgehängt ist, mit einer Antriebssteuerung der Materialantriebseinrichtung verbunden sein, z.B. mit einer betätigbaren Kupplungseinrichtung.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist die Steuerung eine elektronische Steuerungseinheit auf, die die Materialantriebseinrichtung hinsichtlich des Antreibens des Quasiendlosmaterials betätigt. Es können hiermit die vorher genannten Vorteile einer elektronischen Steuerung und dessen Programmierbarkeit realisiert werden.

[0022] Die Materialantriebseinrichtung kann hinsichtlich ihrer Funktion zum Antreiben des Quasiendlosmaterials auf verschiedene Art gesteuert bzw. betätigt werden. So kann die Materialantriebseinrichtung z.B. einen Motor aufweisen, z.B. einen Elektromotor, der nur bei Vorschubbedarf eingeschaltet wird. Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist die Materialantriebseinrichtung einen Motor und eine betätigbare Kupplungseinrichtung auf, durch die das Quasiendlosmaterial bedarfsweise mit dem Motor koppelbar ist. Die Kopplung mit dem Motor erfolgt in der Regel indirekt, d.h. das Quasiendlosmaterial kann z.B. mit einem vom Motor angetriebenen Antriebsrad gekoppelt werden, oder eine Rolle, über die das Quasiendlosmaterial läuft, wird mit dem Motor oder einem vom Motor angetriebenen Antriebsrad gekoppelt. Bei Verwendung

der Kupplungseinrichtung kann der Motor z.B. permanent laufen, und die bedarfsweise Unterstützung durch die Materialantriebseinrichtung wird durch Betätigung oder Nichtbetätigung der Kupplungseinrichtung gesteuert.

[0023] Die Kupplungseinrichtung kann auf verschiedene Art ausgebildet sein. Die Kupplungseinrichtung kann insbesondere einen rutschenden oder gleitenden Kraftübertragungsbereich aufweisen, d.h. einen Bereich, in dem ein gewisser Schlupf zwischen einem vom Motor betriebenen Antriebskörper und dem Quasiendlosmaterial nach Art einer Rutschkupplung vorliegt. Dies hat den Vorteil, dass keine besondere Regelung des Motors erforderlich ist. Dieser kann mit konstanter Antriebsgeschwindigkeit bzw. Antriebsdrehzahl laufen. Eine bedarfsweise Anpassung an den Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials kann dann durch rutschendes Einkuppeln der Kupplungseinrichtung erfolgen.

[0024] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Sensiermittel über einen verschwenkbaren Hebelmechanismus mit der Kupplungseinrichtung mechanisch gekoppelt. Hierdurch kann eine einfache, robuste und kostengünstige mechanische Realisierung einer bedarfsweise nur bei Vorschubbedarf wirkenden Materialantriebseinrichtung sowie einer Sensierung des Vorschubbedarfs realisiert werden.

[0025] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Anlage zur Durchführung des Verfahrens der zuvor erläuterten Art eingerichtet. Dies kann durch entsprechende anlagenmäßige Ausgestaltung und/oder durch entsprechende Programmierung einer elektronischen Steuerungseinheit der Anlage erfolgen.

[0026] Die eingangs genannte Aufgabe wird außerdem gemäß Anspruch 14 gelöst durch ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln eingerichtet zur Durchführung des Verfahrens der zuvor erläuterten Art, wenn das Computerprogramm auf einem Rechner ausgeführt wird.

[0027] Die eingangs genannte Aufgabe wird außerdem gemäß Anspruch 15 gelöst durch eine elektronische Steuerungseinheit einer Anlage der zuvor erläuterten Art, die wenigstens einen Speicher aufweist, in dem das Computerprogramm gespeichert ist, sowie ein Rechner, auf dem das Computerprogramm ausgeführt wird.

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Verwendung von Zeichnungen näher erläutert.

[0029] Es zeigen:

[0030] Fig. 1 – eine Fiber-Placement-Anlage in schematischer Darstellung und

[0031] Fig. 2 und Fig. 3 – eine erste Ausführungsform einer rein mechanischen Steuerung einer Materialantriebseinrichtung und

[0032] Fig. 4 und Fig. 5 – eine zweite Ausführungsform einer rein mechanischen Steuerung einer Materialantriebseinrichtung und

[0033] Fig. 6 – eine elektronische Steuerung einer Materialantriebseinrichtung.

[0034] In den Figuren werden gleiche Bezugszeichen für einander entsprechende Elemente verwendet.

[0035] Die in Fig. 1 dargestellte Fiber-Placement-Anlage 1 weist einen Roboter 4, eine elektronische Steuerungseinheit 7 sowie eine Materialvorratseinheit 2 auf. In der Materialvorratseinheit 2 sind eine Vielzahl von zu verarbeitenden Faserpaketen (Tows) auf Materialvorratstrommeln 9 vorgehalten. Beispielfhaft sind drei Materialvorratstrommeln 9, 10, 11 dargestellt, in der Praxis können wesentlich mehr Materialvorratstrommeln mit unterschiedlichen Fasermaterialien vorhanden sein. Die auf den Materialvorratstrommeln 9, 10, 11 aufgewickelten Faserpakete 12, 13, 14 stellen dabei jeweils ein Quasiendlosmaterial dar, das nur durch Zugbelastung abgewickelt werden kann, aber im Wesentlichen keine Schubkräfte übertragen kann. Im dargestellten Beispiel seien Faserpakete 12, 13, 14 unterschiedlicher Breite auf den unterschiedlichen Materialvorratstrommeln 9, 10, 11 vorgehalten. Um eine ausreichende Vorspannung in den Quasiendlosmaterialien 12, 13, 14 sicherzustellen, sind diese Quasiendlosmaterialien 12, 13, 14 jeweils über eine Vorspannungseinrichtung in Form eines Tänzersystems 16, 17 geführt. Dies ist in der Fig. 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nur für das Quasiendlosmaterial 12 der Materialvorratstrommel 9 dargestellt. Für die übrigen Quasiendlosmaterialien 13, 14 sind vergleichbare jeweils unabhängige Vorspannungseinrichtungen vorhanden, z.B. in Form von neben dem Tänzersystem 16, 17 angeordneten Tänzersystemen.

[0036] Das Tänzersystem 16, 17 wird durch eine drehbare Rolle 16 und einem daran aufgehängten Gewicht 17 gebildet. Das Quasiendlosmaterial 12 wird von der Materialvorratstrommel 9 zunächst über eine Rolle 15 und dann durch die frei hängende Rolle 16 geführt. Von der Rolle 16 wird das Quasiendlosmaterial 12 dann durch eine in Fig. 1 zunächst nur als Kasten symbolisierte Einrichtung 8 geführt, wo das Quasiendlosmaterial 12 an einer Eintrittsstelle 18 eintritt und an einer Austrittsstelle 19 wieder austritt. Von der Austrittsstelle 19 wird das Quasiendlosmaterial zu einem Verarbeitungsort geführt, der sich an einem

Arbeitskopf **5** des Roboters **4** befindet. Am Arbeitskopf **5** befindet sich auch eine Vorschubeinrichtung, durch die das Quasiendlosmaterial **12** durch Zug vorangetrieben werden kann, dabei von der Materialvorratsstrommel **9** abgerollt wird und von dem Roboter **4** an einer gewünschten Stelle eines zu fertigenden Bauteils **6** platziert werden kann. Auf dem ggf. mehrere Meter langen Weg von der Materialvorratsstrommel **2** zu dem Arbeitskopf **5** hin wird das Quasiendlosmaterial **12** über eine Einrichtung **3** geführt und darin gestützt. Die Einrichtung **3** kann z.B. als Rohr, Schlauch oder ähnliches ausgebildet sein. In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Einrichtung **3** als offenes System in Form einer Gliederkette ausgebildet. Die Quasiendlosmaterialien werden darin über Rollen, die sich in den einzelnen Gliedern der Gliederkette befinden, geführt. Die offene Ausführungsform hat den Vorteil, dass Irregularitäten, wie z.B. Materialverstopfungen, leicht von außen erkannt werden können. Mittels der Erfindung kann insbesondere innerhalb der Gliederkette die im Quasiendlosmaterial auftretende Zugspannung verringert werden.

[0037] Wie in der **Fig. 1** erkennbar ist, treten am Arbeitskopf **5** des Roboters **4** auch die anderen Quasiendlosmaterialien **13**, **14** aus. Diese werden in gleicher Weise wie zuvor für das Quasiendlosmaterial **12** erläutert zu dem Arbeitskopf **5** hingeführt. Für jedes Quasiendlosmaterial ist dabei in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung eine jeweils eigene Einrichtung **8** vorhanden. Die Einrichtung **8** dient zur Zugspannungsminderung des Quasiendlosmaterials und kann auf verschiedene Arten ausgeführt werden, wie nachfolgend noch erläutert wird.

[0038] Die elektronische Steuerungseinheit **7** dient zur Steuerung des Roboters **4**. Die elektronische Steuerungseinheit **7** weist daher ein Steuerungsprogramm zur Steuerung des Roboters **4** auf. Zusätzlich kann die elektronische Steuerungseinheit **7** auch zur Steuerung von Komponenten der Materialvorratsstrommel **2** verwendet werden, wie nachfolgend noch erläutert wird.

[0039] Die **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen eine erste Ausführungsform der Einrichtung **8** in verschiedenen Betriebszuständen. Im Zustand gemäß **Fig. 2** besteht kein Vorschubbedarf, d.h. die Vorschubeinrichtung bewegt das Quasiendlosmaterial **12** nicht voran. Gemäß **Fig. 3** ist ein Vorschubbedarf vorhanden, d.h. durch die Vorschubeinrichtung wird durch Zug das Quasiendlosmaterial **12** in Vorschubrichtung, d.h. von der Eintrittsstelle **18** zur Austrittsstelle **19** hin, voranbewegt.

[0040] Die Einrichtung **8** gemäß den **Fig. 2** und **Fig. 3** weist zwei drehbare Rollen **20**, **21** auf, über die das Quasiendlosmaterial **12** geführt wird. In einem Bereich zwischen den Rollen **20**, **21** ist eine an einem Hebelarm **23** befestigte drehbare Rolle **22** angeord-

net, die aufgrund ihrer Gewichtskraft auf den Quasiendlosmaterial **12** von oben aufliegt und dieses, weil aktuell kein Vorschub des Quasiendlosmaterials erfolgt, zu einem gewissen Grad herunterdrückt und damit mit einer Querkraft belastet. Die Rolle **22** dient dabei selbst als Massekörper oder kann zusätzlich mit einem Massekörper beschwert sein, um ein für die Funktion notwendiges Gewicht bereitzustellen. Der Hebelarm **23** ist mit einem Hebelarm **24** starr verbunden. Die aus den Hebelarmen **23**, **24** gebildete Hebelanordnung ist an einem Drehpunkt **25** drehbar, d.h. verschwenkbar, aufgehängt. An dem Hebelarm **24** ist an dem vom Drehpunkt **25** entfernten Ende ein Rad **26** drehbar befestigt. Das Rad **26** ist z.B. über Speichen mit einer Nabe **27**, die drehbar an dem Hebelarm **24** befestigt ist, verbunden. Das Quasiendlosmaterial **12** ist, wie in den **Fig. 2** und **Fig. 3** erkennbar, über einen gewissen Winkelbereich von z.B. ungefähr 90° über das Rad **26** geführt und liegt daran an. Innerhalb des Rades **26** befindet sich ein Antriebsrad **28**, das über einen Motor **29** zu einer Drehbewegung angetrieben wird. Im vorliegenden Beispiel sei angenommen, dass der Motor **29** das Antriebsrad **28** permanent mit einer bestimmten vorgegebenen Drehzahl rotieren lässt. Die Rotationsrichtung entspricht dabei der Vorschubrichtung des Quasiendlosmaterials.

[0041] Durch die verschwenkbare Aufhängung der Hebelanordnung **23**, **24** erfolgt bei einem Übergang vom Nicht-Vorschub-Fall (**Fig. 2**) in den Vorschub-Fall (**Fig. 3**) ein Anheben der Rolle **22** entgegen ihrer Gewichtskraft, und zwar in Folge einer ansteigenden Zugspannung im Quasiendlosmaterial. Hierdurch wird auch die Position des Rades **26** gegenüber dem Antriebsrad **28** geändert, wobei deren Positionen derart ausgelegt sind, dass bei Erreichen einer vorbestimmten Zugspannung im Quasiendlosmaterial, die nicht überschritten werden soll, das Rad **26** in Berührung mit dem Antriebsrad **28** kommt und damit einen Reibschluss erzeugt. Hierdurch wird eine betätigbare Kupplung zwischen dem Antriebsrad **28** und dem Rad **26** gebildet. Im eingekuppelten Fall, wie in **Fig. 3** dargestellt, überträgt somit das Antriebsrad **28** seine Rotationsbewegung auf das Rad **26**. Das Rad **26** treibt somit das Quasiendlosmaterial **12** an und verringert dadurch die im Quasiendlosmaterial **12** auftretende Zugspannung.

[0042] Sobald der Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials am Arbeitskopf **5** des Roboters **4** endet oder geringer wird, wird dies durch die Hebelanordnung **23**, **24** mit der als Massekörper dienenden Rolle **22** automatisch erfasst, weil dann aufgrund der Gewichtskraft der Rolle **22** diese wiederum etwas tiefer sinkt, wie in **Fig. 2** dargestellt, was wiederum zu einem Entkoppeln des Rades **26** von dem Antriebsrad **28** führt. Wie man erkennt, fungiert die Rolle **22** hierbei zugleich als mechanisches Sensiermittel zur

Erfassung des Vorschubbedarfs bzw. der Zugspannung.

[0043] Hierdurch kann auch eine automatische Regelung der Zugspannung im Quasiendlosmaterial durchgeführt werden, weil es bei Erreichen der gewünschten Zugspannung bei geeigneter Platzierung des Antriebsrades **28** gegenüber dem Rad **26** zu einem schleifenden oder rutschenden Antrieb des Rades **26** durch das Antriebsrad **28** kommen kann. Es wird somit automatisch und durch rein mechanische Regelung immer eine gewisse gewünschte Zugspannung im Quasiendlosmaterial sichergestellt.

[0044] Die **Fig. 4** und **Fig. 5** zeigen eine alternative Ausführungsform der Einrichtung **8**, bei der ähnlich wie zuvor erläutert die Regelung der Zugspannung im Quasiendlosmaterial auf rein mechanische Weise erfolgt. Bei der Hebelanordnung **23, 24** gemäß den **Fig. 4** und **Fig. 5**, die wiederum um einen Drehpunkt **25** verschwenkbar aufgehängt ist, befindet sich am Ende des Hebelarms **24** eine drehbare Rolle **30**, die eine Funktion als Andruckrolle erfüllt. Mittels der Andruckrolle **30** wird das Quasiendlosmaterial **12** gegen das Antriebsrad **28** gedrückt, wenn, wie in **Fig. 5** erkennbar, ein Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials besteht und dementsprechend die Rolle **22** angehoben wird. Wenn kein Vorschubbedarf besteht, wie in **Fig. 4** dargestellt, sinkt die Rolle **22** tiefer, und dementsprechend drückt die Andruckrolle **30** das Quasiendlosmaterial **12** nicht gegen das Antriebsrad **28**. Auf diese Weise wird eine vorteilhafte alternative Ausführungsform einer betätigbaren Kuppelungseinrichtung, mit der das Quasiendlosmaterial an das Antriebsrad **28** angekoppelt werden kann, realisiert. Wenn das Antriebsrad **28** mit dem Quasiendlosmaterial **12** in Kontakt ist, treibt es das Quasiendlosmaterial in Vorschubrichtung an und führt somit zu einer Verminderung der Zugspannung im Quasiendlosmaterial hinter dem Antriebsrad **28**.

[0045] Das Antriebsrad **28** kann grundsätzlich aus einem beliebigen Material gefertigt werden, z.B. aus Metall oder Kunststoff. An seiner äußeren Umfangsseite kann das Antriebsrad **28**, um einen definierten Reibkoeffizienten mit dem Quasiendlosmaterial zu erzielen, z.B. mit einer Ummantelung bzw. Beschichtung **31** versehen sein, wie in **Fig. 5** links neben der Einrichtung **8** dargestellt ist. Durch eine solche Ummantelung **31** kann ein Reibkoeffizient mit dem Fasermaterial hergestellt werden, der übermäßigen Schlupf zwischen dem Antriebsrad **28** und dem Fasermaterial bzw. allgemein dem Quasiendlosmaterial **12** vermeidet, so dass im Endeffekt eine Geschwindigkeitsdifferenz von etwa 0 vorliegt. Auf diese Weise kann ein unerwünschter Wärmeeintrag in das Quasiendlosmaterial, wie er im Fall einer rutschenden Verbindung auftreten könnte, vermieden werden.

[0046] Bei der Ausführungsform gemäß den **Fig. 2** und **Fig. 3** ist eine solche Ummantelung **31** nicht unbedingt erforderlich, kann aber z.B. zur Herstellung eines definierten Reibwertes dennoch an dem Rad **26** am Außenumfang vorgesehen werden.

[0047] Die **Fig. 6** zeigt eine Ausführungsform der Einrichtung **8**, bei der die Steuerung des bedarfsweisen Antriebs des Quasiendlosmaterials durch die Materialantriebseinrichtung elektronisch gesteuert wird. Hierfür ist eine elektronische Steuereinheit vorgesehen, die z.B. die elektronische Steuereinheit **7** der gesamten Anlage sein kann, oder eine separate Steuereinheit. Nachfolgend sei angenommen, dass die Steuerung der Materialantriebseinrichtung integriert ist in die Steuereinheit **7** der gesamten Anlage. Die elektronische Steuerung der Materialantriebseinrichtung erfolgt durch elektrische Betätigung des Motors **29**, der als Elektromotor ausgebildet ist, z.B. als Schrittmotor. Der Motor **29** wird von der elektronischen Steuereinheit **7** über eine Schnittstelle **76** angesteuert. Für die Steuerung des Motors **29** und damit der Antriebsfunktion der Materialantriebseinrichtung sind in der elektronischen Steuereinheit **7** ein Rechner **74** und ein Speicher **75** vorgesehen. Im Speicher **75** ist ein Computerprogramm gespeichert, das die entsprechende Steuerung des Motors **29** abhängig von Eingangsgrößen softwaremäßig durchführt. Der Rechner **74**, der z.B. als Mikroprozessor, Mikrocontroller, FPGA oder ähnliches ausgebildet sein kann, arbeitet das Computerprogramm ab und führt dabei entsprechende Steuer- und Regelfunktionen bezüglich der Materialantriebseinrichtung durch. Der Rechner **74** kann wahlweise entsprechende Eingangsgrößen für seine Steuer- und Regelfunktionen über eine interne Schnittstelle **72** oder über eine mit einem externen Sensiermittel **62** verbundenen Schnittstelle **73** erhalten. Gegebenenfalls können auch beide Schnittstellen vorhanden sein, so dass der Rechner **74** zwei Eingangsgrößen erhält, die er entweder als redundante Signale auswerten kann oder zur gegenseitigen Plausibilisierung der Eingangssignale verwenden kann.

[0048] Die interne Schnittstelle **72** ist als Datenschnittstelle zu einem Rechner **71** ausgebildet, der ein in einem Speicher **70** gespeichertes Computerprogramm ausführt. Das Computerprogramm im Speicher **70** dient zur Steuerung des Roboters **4**. Durch Abarbeitung des Programms im Speicher **70** weiß der Rechner **71** sozusagen implizit, wann ein Vorschubbedarf in der Vorschubeinrichtung des Roboters **4** vorliegt, da der Rechner **71** dieses selbst steuert. Der Rechner **71** kann entsprechende Informationen über den Vorschubbedarf über die Schnittstelle **72** dem Rechner **74** mitteilen, der dies dann direkt zur Steuerung der Materialantriebseinrichtung verwenden kann. Wie in der **Fig. 6** erkennbar ist, können der Speicher **70**, der Rechner **71** und die Schnittstelle **72** Bestandteile der Steuereinheit **7** sein.

[0049] Über die Schnittstelle **73** werden Signale von einem Sensiermittel **62** empfangen, das z.B. als Wegsensor ausgebildet sein kann. Im in **Fig. 6** dargestellten Beispiel ist eine Rolle **60** vorhanden, die mittels einer vorgespannten Feder **61** gegen das Quasiendlosmaterial **12** gedrückt wird und damit eine Querkraft auf das Quasiendlosmaterial **12** ausübt. Diese Anordnung hat gegenüber der Schwerkraft abhängigen Sensierung der Ausführungsformen der **Fig. 2** bis **Fig. 5** den Vorteil, dass die Sensierung der Zugspannung im Quasiendlosmaterial bzw. des Vorschubbedarfs lageunabhängiger erfolgen kann, d.h. die in **Fig. 6** dargestellte Einheit aus der Rolle **60** und der vorgespannten Feder **61** könnte auch umgekehrt sozusagen über Kopf montiert sein. Über den Wegsensor **63** wird die Auslenkung der Feder **61** direkt als Wegmaß sensiert und über die Schnittstelle **73** dem Rechner **74** mitgeteilt. Über diese Eingangsinformation kann der Rechner **74** ebenfalls einen Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials erkennen und entsprechend bedarfsweise die Materialantriebs-einrichtung betätigen, d.h. den Elektromotor **29** einschalten. Der Rechner **74** kann auch für eine Geschwindigkeitssteuerung des Motors **29** ausgebildet sein, z.B. durch entsprechende Programmierung des Computerprogramms. Es kann eine entsprechende Geschwindigkeitsanpassung des Antriebsrads **28** an die tatsächliche Vorschubgeschwindigkeit des Quasiendlosmaterials vorgenommen werden. Bei Unterbrechungen des Vorschubs kann durch entsprechende Steuerung des Motors **29** ein softwaremäßiger Sanftanlauf und eine sanfte Abbremsung des Antriebsrads **28** realisiert werden.

[0050] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Gewicht der Rolle **22** größer als die Summe des Gewichts der Rolle **16** und des Massekörpers **17**, z.B. wenigstens 10 % oder wenigstens 20 % größer.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Transport eines flexiblen Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**), das im Wesentlichen keine Schubkräfte übertragen kann, von einem Materialvorratsbereich (**2**) einer Anlage (**1**) zu einem von der Materialvorratsbereich (**2**) entfernten Verarbeitungsort (**5**) des Quasiendlosmaterials, wobei das Quasiendlosmaterial (**12, 13, 14**) mittels einer sich im Bereich des Verarbeitungsorts (**5**) des Quasiendlosmaterials befindenden Vorschubeinrichtung durch Zug in einer Vorschubrichtung voranbewegt wird und dabei aus dem Materialvorratsbereich (**2**) entnommen wird, wobei das Quasiendlosmaterial (**12, 13, 14**) durch eine sich im Bereich des Materialvorratsbereichs (**2**) befindende Vorspannungseinrichtung (**16, 17**) unter einer gewissen Vorspannung gehalten wird, wobei das Quasiendlosmaterial (**12, 13, 14**) mittels wenigstens einer zwischen der Vorschubeinrichtung und der Vorspannungseinrichtung (**16, 17**) angeord-

neten Materialantriebseinrichtung (**26, 27, 28, 29, 30, 31**) bedarfsweise in dessen Vorschubrichtung angetrieben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bestimmt wird, ob ein Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**) im Bereich des Verarbeitungsorts (**5**) vorhanden ist und/oder ob die im Quasiendlosmaterial (**12, 13, 14**) auftretende Zugspannung einen Grenzwert überschreitet, und nur dann, wenn ein Vorschubbedarf vorhanden ist und/oder wenn die Zugspannung den Grenzwert überschreitet, das Quasiendlosmaterial (**12, 13, 14**) durch die Materialantriebseinrichtung (**26, 27, 28, 29, 30, 31**) angetrieben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Vorschubbedarf des Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**) und/oder die im Quasiendlosmaterial (**12, 13, 14**) auftretende Zugspannung durch ein Sensiermittel (**22, 60, 61, 62**) an dem Quasiendlosmaterial (**12, 13, 14**) bestimmt wird und/oder über eine Schnittstelle (**72, 73**) von einer Steuerungseinheit (**7**) der Anlage (**1**) übermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensiermittel (**20, 60, 61, 62**) den Vorschubbedarf und/oder die Zugspannung mit einer Querkraftbeaufschlagung des Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**) sensiert.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Materialantriebseinrichtung (**26, 27, 28, 29, 30, 31**) hinsichtlich des Antreibens des Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**) durch eine elektronische Steuerungseinheit und/oder durch direkte mechanische Verbindung mit dem Sensiermittel (**22, 60, 61, 62**) nach Anspruch 3 oder 4 gesteuert wird.

6. Anlage (**1**) zum Transport eines flexiblen Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**), das im Wesentlichen keine Schubkräfte übertragen kann, von einem Materialvorratsbereich (**2**) zu einem von dem Materialvorratsbereich (**2**) entfernten Verarbeitungsort (**5**) des Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**), wobei die Anlage (**1**) eine sich im Bereich des Verarbeitungsorts (**5**) des Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**) befindende Vorschubeinrichtung zum Voranbewegen des Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**) durch Zug in einer Vorschubrichtung und eine sich im Bereich des Materialvorratsbereichs (**2**) befindende Vorspannungseinrichtung (**16, 17**) zum Halten des Quasiendlosmaterials (**12, 13, 14**) unter einer gewissen Vorspannung aufweist, wobei zwischen der Vorschubeinrichtung und der Vorspannungseinrichtung (**16, 17**) wenigstens eine Materialantriebseinrichtung (**26, 27, 28, 29, 30, 31**) angeordnet ist, die das Quasiendlosmateri-

al (12, 13, 14) bedarfsweise in dessen Vorschubrichtung antreiben kann.

einen Rechner (71, 74), auf dem das Computerprogramm ausgeführt wird.

7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Sensiermittel (22, 60, 61, 62) und/oder eine Schnittstelle (72, 73) zum Bestimmen eines Vorschubbedarfs des Quasiendlosmaterials (12, 13, 14) und/oder der im Quasiendlosmaterial (12, 13, 14) auftretenden Zugspannung vorhanden ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

8. Anlage nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Steuerung vorhanden ist, die die Materialantriebseinrichtung (26, 27, 28, 29, 30, 31) nur dann zum Antreiben des Quasiendlosmaterials (12, 13, 14) betätigt, wenn ein Vorschubbedarf vorhanden ist und/oder wenn die Zugspannung den Grenzwert überschreitet.

9. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensiermittel (22, 60, 61, 62) und die Steuerung durch direkte mechanische Verbindung miteinander gekoppelt sind.

10. Anlage nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerung eine elektronische Steuerungseinheit (7) aufweist, die die Materialantriebseinrichtung (26, 27, 28, 29, 30, 31) hinsichtlich des Antreibens des Quasiendlosmaterials (12, 13, 14) betätigt.

11. Anlage nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Materialantriebseinrichtung (26, 27, 28, 29, 30, 31) einen Motor (29) und eine betätigbare Kupplungseinrichtung aufweist, durch die das Quasiendlosmaterial bedarfsweise mit dem Motor (29) koppelbar ist.

12. Anlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensiermittel (22, 60, 61, 62) über einen verschwenkbaren Hebelmechanismus (23, 24) mit der Kupplungseinrichtung mechanisch gekoppelt ist.

13. Anlage nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlage (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 eingerichtet ist.

14. Computerprogramm mit Programmcodemitteln eingerichtet zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wenn das Computerprogramm auf einem Rechner (71, 74) ausgeführt wird.

15. Elektronische Steuerungseinheit (7) einer Anlage (1) nach Anspruch 10, die wenigstens einen Speicher (70, 75) aufweist, in dem das Computerprogramm nach Anspruch 14 gespeichert ist, sowie

Anhängende Zeichnungen

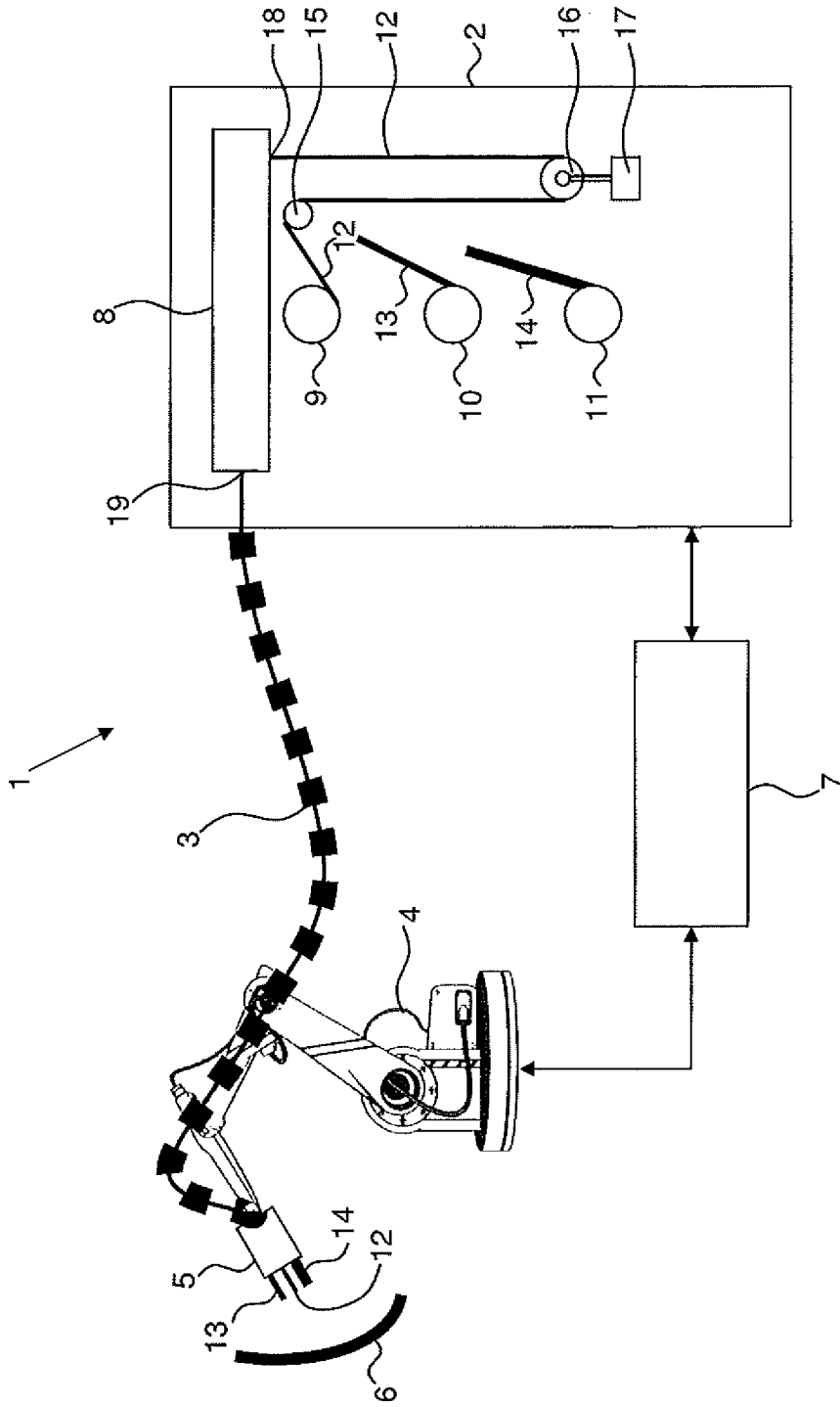


Fig. 1

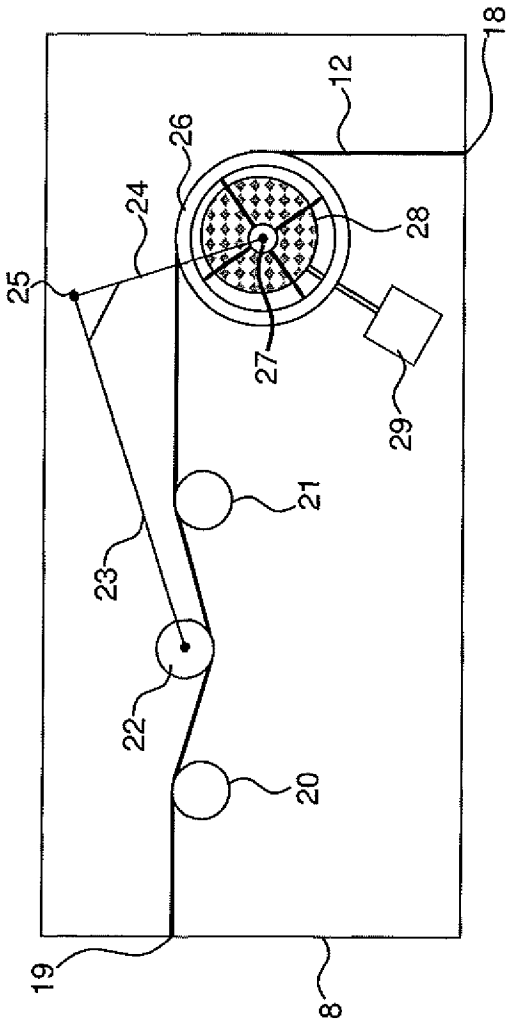


Fig. 2

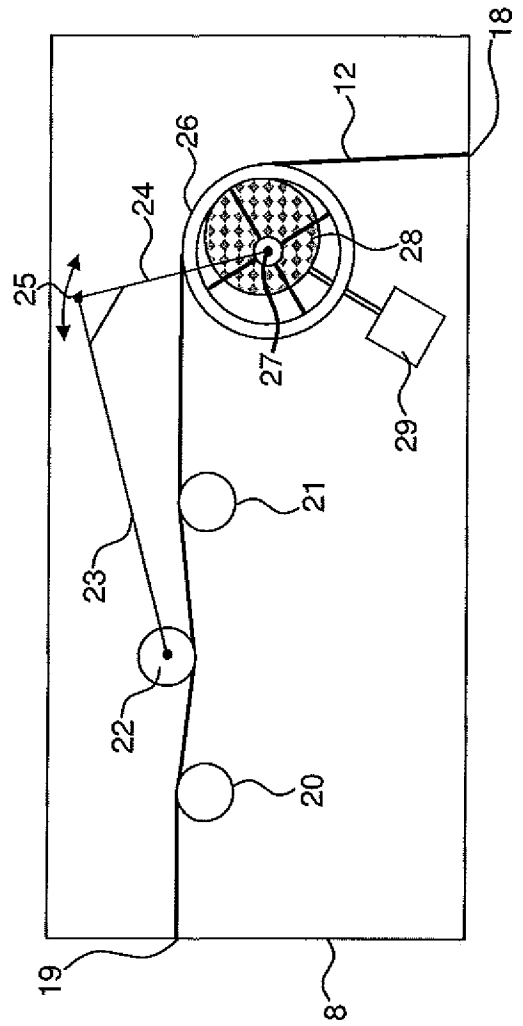


Fig. 3

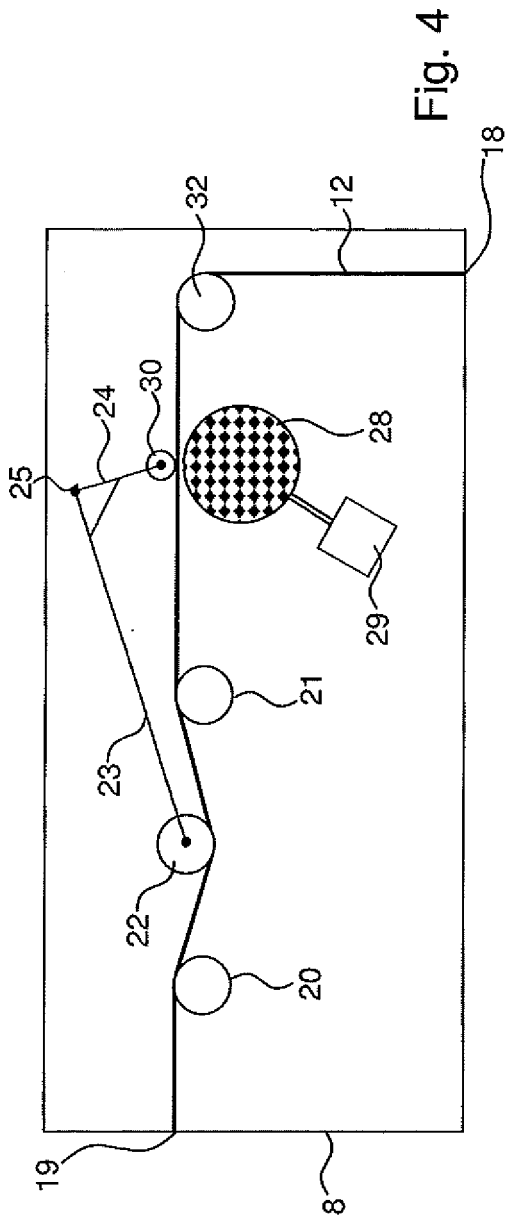


Fig. 4

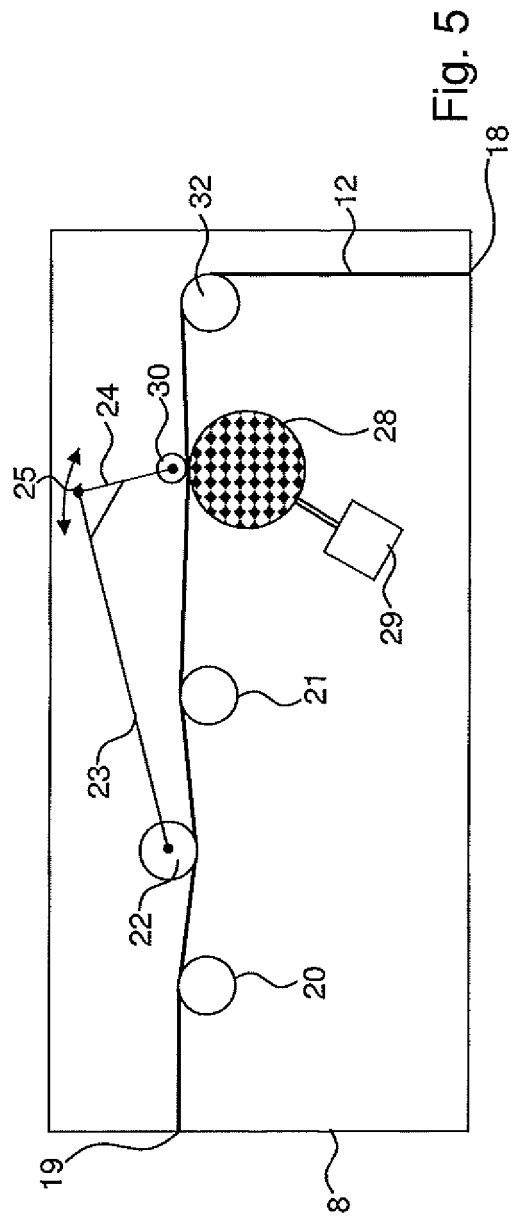
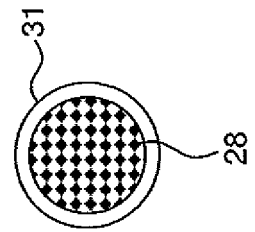


Fig. 5



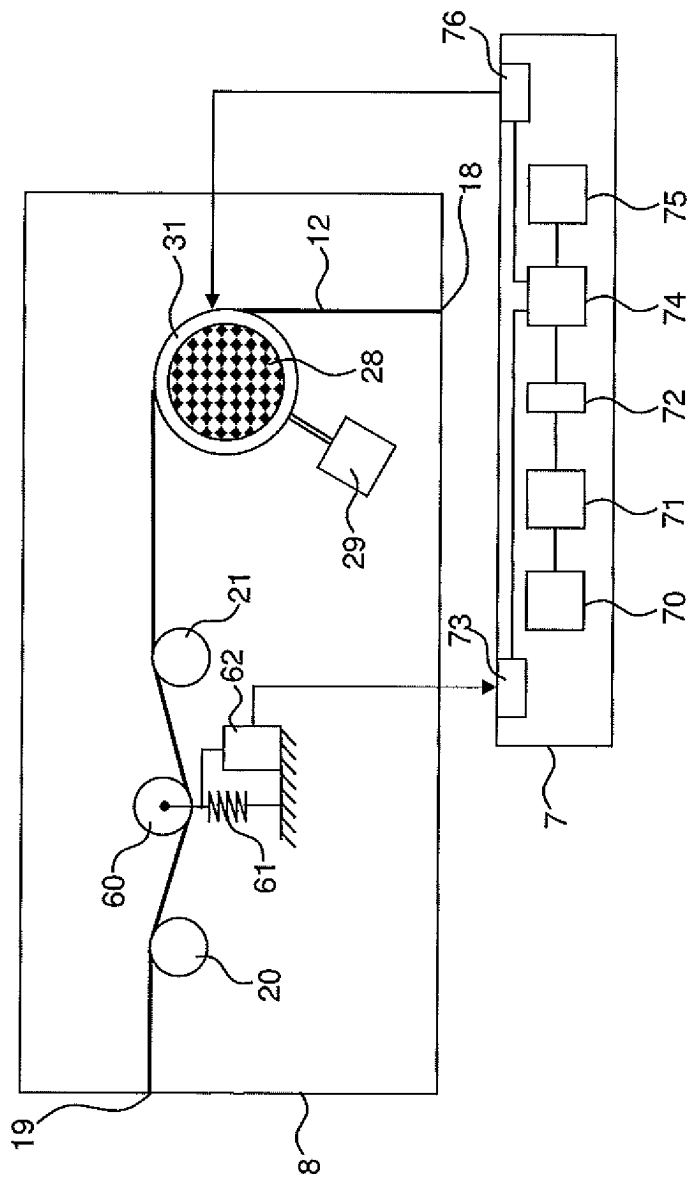


Fig. 6