

(19)



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 2 422 929 B2

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**01.03.2017 Patentblatt 2017/09**

(51) Int Cl.:  
**B24B 21/16** (2006.01)  
**F03D 1/00** (2006.01)

**B24B 55/08** (2006.01)  
**B24B 21/20** (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**17.04.2013 Patentblatt 2013/16**

(21) Anmeldenummer: **10174283.1**

(22) Anmeldetag: **27.08.2010**

---

**(54) Schleifvorrichtung zum maschinellen Schleifen von Rotorblättern für Windkraftanlagen**

Grinding device for mechanical grinding of rotor blades for wind power systems

Dispositif de ponçage pour le ponçage mécanique de lames de rotor pour éoliennes

---

(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 SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.02.2012 Patentblatt 2012/09**

(73) Patentinhaber: **Jöst GmbH  
69483 Wald-Michelbach (DE)**

(72) Erfinder: **Jöst, Peter  
69518 Abststeinach (DE)**

(74) Vertreter: **Wunsch, Alexander et al  
Bardehle Pagenberg Partnerschaft mbB  
Patentanwälte, Rechtsanwälte  
Prinzregentenplatz 7  
81675 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2006/006843 WO-A1-2008/077398  
WO-A2-03/048569 DE-B3-102005 002 886  
DE-U1- 8 903 246 JP- - S59 205 264  
JP-A- 2001 191 241 US-A- 4 145 846  
US-A1- 2009 258 579**

## Beschreibung

### 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schleifvorrichtung zum maschinellen Schleifen von Rotorblättern für Windkraftanlagen. Mit Hilfe der Schleifvorrichtung können Schleifarbeiten bei der Herstellung und bei der Wartung von Rotorblättern automatisiert werden.

### 2. Stand der Technik

**[0002]** Als eine der umweltfreundlichsten Formen der Energiegewinnung wird die Verwendung von Windkraft zur Stromerzeugung angesehen. Hierzu werden Windkraftanlagen verwendet, welche einen Rotor aufweisen, der einen Generator antreibt und der an einem Mast drehbar gelagert ist. Die Belastungen, denen die Bauteile, insbesondere die Rotorblätter der Windkraftanlage ausgesetzt sind, sind jedoch enorm.

**[0003]** Witterungseinflüsse, wie zum Beispiel Wind, Wasser, Hagel, UV-Strahlung, Erosions- und Biegebelastungen stellen höchste Anforderungen an das Material der Rotorblätter. Die Funktionsfähigkeit und die Oberflächenqualität sind wesentlich für die Effektivität und Wirtschaftlichkeit von Windkraftanlagen. Daher weisen die Rotorblätter eine besondere Beschichtung auf, deren Aufbringung sehr zeitaufwendig ist, da jede einzelne Schicht der Beschichtung in der Regel beschliffen werden muss.

**[0004]** Die extrem belasteten Kunststoffoberflächen von Rotorblättern sind mehrfach beschichtet. Die Beschichtungssysteme zum Schutz der Oberflächen bestehen aus einem sogenannten Gelcoat, Spachtel, Kantschutz und Decklacken. Die dafür eingesetzten Produkte bestehen in der Regel aus lösemittelfreien, zweikomponentigen Polyurethanverbindungen. Nach dem Auftrag der einzelnen Schichten müssen diese jeweils beschliffen werden.

**[0005]** Diese Schleifarbeiten sind ein sehr personalintensiver Prozess, da sie manuell mit Handschleifmaschinen durchgeführt werden. Die zu schleifenden Rotorblätter weisen beispielsweise eine Länge von bis zu ca. 80 m und eine zu schleifende Fläche von bis zu ca. 300 qm auf. Dementsprechend ist die manuell zu schleifende Fläche sehr groß.

**[0006]** Ein weiterer Grund dafür, dass Schleifarbeiten an Rotorblättern immer noch manuell mithilfe von Handschleifmaschinen, beispielsweise mit Exzenter-Schleifern mit Staubabsaugung durchgeführt werden, besteht darin, dass die zu schleifenden Rotorblätterbeschichtungen sehr zähelastisch eingestellt sind und sich daher die Schleifscheiben sehr schnell zusetzen. Mit einer Schleifscheibe kann nur eine kleine Fläche beschliffen werden und dann muss diese Schleifscheibe gegen eine neue Schleifscheibe gewechselt werden, was bei Handschleifmaschinen von Hand sehr schnell möglich ist. Aufgrund der häufigen Wechselraten konnten auch Schleifroboter

nicht wirtschaftlich eingesetzt werden. Mit einer Schleifscheibe können trotz Absaugung in der Regel nur ca. 0,5 qm - 1,5 qm der zähelastischen Beschichtung eines Rotorblatts beschliffen werden. Die Fläche eines Windkraftflügels von ca. 60 m bis ca. 80 m Flügellänge beträgt jedoch 160 qm bis 300 qm, so dass pro Rotorblatt und Schleifdurchgang ca. 300 - 600 Schleifscheiben eingesetzt werden müssen. In der Regel gibt es 3 - 4 Schleifdurchgänge pro Rotorblatt.

**[0007]** Aus der WO-A-2008/077398 ist eine Schleifvorrichtung gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt. Sie weist ein zylindrisches drehbares Schleifelement auf, an dem radial abstehende Schleifblätter befestigt sind.

**[0008]** Um die Lebensdauer von Schleifbändern zu erhöhen, werden mitunter Schleitbandreinigungssysteme eingesetzt. Die WO 2006/006843 A1 zeigt ein solches Schleitbandreinigungssystem für einen tragbaren Bandschleifer, wobei der tragbare Bandschleifer ein umlaufendes Schleitband aufweist.

**[0009]** Die zähelastischen Beschichtungen der Rotorblätter werden deshalb verwendet, weil Rotorblätter sich mit Geschwindigkeiten von bis zu 300 km/h bewegen und sie nicht beschädigt werden dürfen, wenn beispielsweise Hagelkörner auf sie auftreffen. In den Druckschriften DE 298 05 833 U1, DE 199 29 386 A und DE 297 09 342 U1 werden Beschichtungssysteme für Rotorblätter beschrieben.

**[0010]** Die gewaltigen Dimensionen der Rotorblätter und die Probleme, die beim Schleifen der zähelastischen Beschichtung auftreten, haben bisher noch keine Automatisierung der Schleifarbeiten zugelassen. Die Kosten der Schleifarbeiten können 30 % und mehr der Herstellungskosten eines Rotorblatts betragen.

**[0011]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die oben genannten Probleme zu lösen und den Schleifprozess bei Rotorblättern für Windkraftanlagen zu verbessern und kostengünstiger zu gestalten.

### 3. Zusammenfassung der Erfindung

**[0012]** Die oben genannte Aufgabe wird gelöst durch eine Schleifvorrichtung zum maschinellen Schleifen von Rotorblättern für Windkraftanlagen gemäß Patentanspruch 1.

**[0013]** Dadurch dass eine Schleifvorrichtung zum maschinellen Schleifen von Rotorblättern verwendet wird, kann der Schleifvorgang automatisiert werden, sodass keine manuellen Schleifarbeiten mehr notwendig sind. Schleifarbeiten, die derzeit mit Handschleifmaschinen durchgeführt werden, können entfallen und mittels der erfindungsgemäßen Schleifvorrichtung durchgeführt werden. Möglich ist dies durch die Verwendung einer Bandschleifeinheit mit einem umlaufenden Schleifband, welches es erlaubt, auch mehrere 100 qm von zähelastischer Beschichtung eines Rotorblatts für Windkraftanlagen maschinell zu schleifen.

**[0014]** Die Verwendung von umlaufenden Schleifbändern hat den Vorteil, dass immer nur ein Teil des Schleif-

bands im Eingriff mit dem Rotorblatt steht, während ein anderer Teil des Schleifbands frei zugänglich ist und in diesem Bereich von dem zähelastischen Schleifstaub gereinigt werden kann. Dies verhindert ein schnelles Zusetzen des Schleifbandes mit dem ebenfalls zähelastischen Schleifstaub.

**[0015]** Weiterhin ist die effektiv nutzbare Fläche eines Schleifbandes wesentlich größer als bei Schleifscheiben für handgeführte Schleifmaschinen. Damit kann die Schleiffläche des Schleifbandes entsprechend der Größe der Oberfläche eines Rotorblatts ausgelegt werden, sodass ein Schleifbandwechsel erst nach dem Beschleifen zumindest einer Seite eines Rotorblatts oder des gesamten Rotorblatts notwendig ist. Weiterhin hat ein Schleifband den Vorteil, dass die Schleifgeschwindigkeit stufenlos regelbar ist und auf die Beschichtung der Rotorblätter exakt anpassbar ist. Bei rotierenden oder oszillierenden Schleifscheiben ergibt sich immer das Problem, dass im Inneren der Schleifscheibe prinzipbedingt geringere Geschwindigkeiten vorherrschen als in den äußeren Bereichen, was zu einem schlechteren Schleifergebnis und zu einem schnellen Zusetzen der verwendeten Schleifscheiben führt.

**[0016]** Die Schleifvorrichtung weist erfindungsgemäß weiterhin eine Antriebseinheit zum Verfahren der Bandschleifeinheit in Richtung der Längsachse eines Rotorblatts auf. Die Bandschleifeinheit mit dem bevorzugt quer zum Rotorblatt umlaufenden Schleifband wird durch eine Antriebseinheit in Richtung der Längsachse des Rotorblatts verschoben. Damit ist es möglich, in einem Schleifdurchgang eine Seite eines Rotorblatts kontinuierlich zu schleifen. Der kontinuierliche Schleifvorgang ergibt auch ein gleichmäßigeres Schleifergebnis als ein diskontinuierliches Schleifen von Hand. Durch ein Drehen des Rotorblatts um seine Längsachse kann in weiteren Durchgängen die gesamte Oberfläche des Rotorblatts maschinell beschliffen werden.

**[0017]** Bevorzugt weist die Schleifvorrichtung weiterhin eine Staubbandeinheit mit einem umlaufenden Staubbands auf, welches an zumindest einer Oberfläche eines Rotorblatts entlang geführt wird, um die Oberfläche des Rotorblatts von Staub zu befreien. Mithilfe des Staubbands kann nach dem Schleifen die Oberfläche des Rotorblatts vom Straub gereinigt werden, so dass sie sich für eine direkte Neubeschichtung eignet. Durch den Einsatz der Staubbandeinheit wird eine quasi staubfreie Oberfläche des Rotorblatts erhalten.

**[0018]** Bevorzugt weist die Schleifvorrichtung weiterhin mindestens eine Bandreinigungsvorrichtung auf. Mithilfe der Bandreinigungsvorrichtung werden das Schleifband und/oder das Staubbands kontinuierlich während des jeweiligen Einsatzes des Bandes gereinigt. Dadurch erhöht sich insbesondere die Standzeit des Schleifbandes um ein Vielfaches gegenüber einem Schleifband ohne Absaugung oder sogar einem Schleifband, bei dem Staub abgesaugt wird.

**[0019]** Bevorzugt reinigt die Bandreinigungsvorrichtung das Schleifband und/oder das Staubbands mittels

einer Düse zum Aufblasen von Druckluft und/oder einer Vorrichtung zum Absaugen von Schleifstaub und/oder einer Bürste zum Abbürsten des Schleifbands und/oder des Staubbands. Durch diese drei Maßnahmen, die einzeln oder in Kombination eingesetzt werden können, kann eine nahezu vollständige Reinigung des Schleifbands und des Staubbands erfolgen, sodass die Standzeit der beiden Bänder jeweils nur durch mechanische Abnutzung begrenzt ist. Ein Zusetzen der Bänder wird damit wirkungsvoll verzögert und der Schleifstaub wird effektiv entfernt ohne in die Umwelt zu gelangen.

**[0020]** Die Bandschleifeinheit weist erfindungsgemäß Druckelemente auf, die das Schleifband und/oder das Staubbands gegen eine Oberfläche eines Rotorblatts drücken, und welche an der Antriebseinheit gelagert sind. Durch die Druckelemente kann der Schleifdruck des Schleifbandes oder der Reinigungsdruck des Staubbands genau festgelegt und variiert werden und somit die Schleif und Reinigungsbedingungen an der Oberfläche des Rotorblatts genau festgelegt werden.

**[0021]** Bevorzugt weisen die Druckelemente in Richtung der Querachse eines Rotorblatts an der Antriebseinheit verfahrbare Gliederdruckbalken oder Druckrollen auf. Gliederdruckbalken oder Druckrollen können sich an die gekrümmte Oberfläche des Rotorblatts anpassen und somit ergibt sich ein gleichmäßiger Anpressdruck für das Schleifband oder das Staubbands. Durch das Verfahren der Druckelemente wird sichergestellt, dass jeder Oberflächenbereich ausreichend lange und mit dem jeweils gewünschten Anpressdruck beschliffen oder gereinigt wird.

**[0022]** Erfindungsgemäß werden die Druckelemente pneumatisch gegen die Oberfläche eines Rotorblatts gefahren, um den Schleifdruck des Schleifbandes und/oder den Reinigungsdruck des Staubbands auf der Oberfläche festzulegen. Aufgrund der pneumatischen Steuerung kann durch den verwendeten Luftdruck der Schleifdruck des Schleifbands exakt festgelegt werden. Dabei passen sich die Druckelemente automatisch an die gewölbte Oberfläche des Rotorblatts an, ohne dass hierfür eine aufwendige Steuerung notwendig ist. Die einzelnen Glieder des Gliederdruckbalkens oder die Druckrollen werden mit jeweils dem gleichen Luftdruck beaufschlagt, sodass ihr Druck auf die Oberfläche auch bei veränderlichen Geometrien der Oberfläche des Rotorblatts stets konstant ist. Selbstverständlich kann das gleiche Prinzip auch über eine hydraulische Steuerung verwirklicht werden.

**[0023]** Bevorzugt weisen die Druckelemente eine Absaughaube auf, um Schleifstaub durch das Schleifband und/oder das Staubbands und durch das Druckelement hindurch abzusaugen. Damit wird der Schleifstaub, zum Teil schon dort abgesaugt, wo er entsteht oder aufgenommen wird und so ein Zusetzen des Schleifbandes und des Staubbands vermieden.

**[0024]** Bevorzugt ist die Staubbandeinheit an der Antriebseinheit befestigt und kann daher ebenfalls in Längsrichtung am Rotorblatt entlang gefahren werden.

**[0025]** Bevorzugt weist die Antriebseinheit einen in Längsrichtung verfahrbaren Antriebwagen auf, auf dem senkrecht dazu verfahrbar die Bandschleifeinheit und/oder die Staubbandeinheit gelagert sind. Die Antriebseinheit dient dazu, die Bandschleifeinheit und/oder die Staubbandeinheit während der jeweiligen Bearbeitung am Rotorblatt entlang und auf das Rotorblatt zu und von ihm weg zu führen.

**[0026]** Bevorzugt weist die Schleifvorrichtung weiterhin eine Steuereinheit auf, welche zumindest die Bewegungen der Antriebseinheit und/oder die Bewegungen der Druckelemente in Richtung eines Rotorblatts numerisch steuert. Die Bewegung der Antriebseinheit und/oder die Bewegungen der Druckelemente in Richtung des Rotorblatts werden bevorzugt numerisch gesteuert (NC), um die gesamte Oberfläche des Rotorblatts mit einem gleichmäßigen Anpressdruck und zum gewünschten Grad zu schleifen. Die Steuereinheit bewirkt, dass von der Antriebseinheit die Konturen des jeweiligen Rotorblatts nachgefahren werden.

**[0027]** Bevorzugt weist die Schleifvorrichtung weiterhin einen Bandspanner auf, der das Schleifband in einer zum Schleifen notwendigen Spannung hält.

**[0028]** Bevorzugt ist das Schleifband ein perforiertes Schleifband, welches im Wesentlichen über seine gesamte Oberfläche mit Perforationsöffnungen versehen ist. Durch die Verwendung eines perforierten Schleifbands, das im Gegensatz zu gewöhnlichen Schleifbändern viele kleine, nah beieinander beabstandete Perforationsöffnungen aufweist, muss der Schleifstaub an der Schleifoberfläche nur einen sehr kurzen Weg zurücklegen, um durch das Schleifband hindurch nach hinten abgesaugt werden zu können. Dementsprechend wird durch die Verwendung von perforierten Schleifbändern die Gefahr des Zusetzens des Schleifbands vermindert.

**[0029]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Schleifvorrichtung weiterhin eine Beschichtungseinheit zum automatisierten Beschichten der Oberfläche eines Rotorblatts auf, welche an der Antriebseinheit befestigt ist. Mithilfe einer Beschichtungseinheit kann das Rotorblatt nach dem Beschleifen mit der gleichen Vorrichtung neu beschichtet bzw. neu lackiert werden. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass das Rotorblatt auf der Anlage verbleiben kann und nicht zu einer Lackieranlage bewegt werden muss. Weiterhin ist eine automatisierte Beschichtung wesentlich gleichmäßiger als ein manueller Auftrag und ohne Gefahren für einen Lackierer.

**[0030]** Bevorzugt weist die Beschichtungseinheit mindestens eine automatisch verfahrbare Beschichtungswalze und/oder mindestens eine automatisch verfahrbare Sprühseinheit und/oder mindestens einen Heizstrahler auf. Die Beschichtung des Rotorblatts kann durch Aufwalzen oder durch Aufsprühen erfolgen, wobei die jeweilige Beschichtungsart von dem zur Beschichtung verwendeten Material abhängig ist. Nach dem Beschichten, oder auch schon parallel hierzu, können die neu beschichteten Flächen mittels eines Heizstrahlers beschleunigt getrocknet werden. Damit verringert sich die

Gesamtbearbeitungszeit des Rotorblatts.

**[0031]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung betrifft diese ein Schiff zur Bearbeitung von Rotorblättern von Windkraftanlagen mit einer Schleifvorrichtung wie sie oben beschrieben wurde. Ein derartiges Schiff mit einer Schleifvorrichtung zum maschinellen Schleifen von Rotorblättern für Windkraftanlagen könnte insbesondere zur Revision von Rotorblättern bei Offshore-Windanlagen eingesetzt werden. Durch die Möglichkeit, die Rotorblätter direkt auf dem Meer zu schleifen und neu zu beschichten, verringern sich die Transportzeiten der Rotorblätter bei der Revision und die Windkraftanlage ist in kürzester Zeit wieder verwendbar.

#### 4. Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0032]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben. In denen zeigt:

Fig. 1: eine Querschnittsansicht durch eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schleifvorrichtung zum maschinellen Schleifen von Rotorblättern für Windkraftanlagen;

Fig. 2: eine Seitenansicht der Schleifvorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 3: eine Ansicht von oben einer weiteren Ausführungsform einer Schleifvorrichtung zum maschinellen Schleifen von Rotorblättern für Windkraftanlagen;

Fig. 4: eine Querschnittsansicht einer Bandschleifeinheit im Eingriff mit einem Rotorblatt; und

Fig. 5: eine Querschnittsansicht einer Bandreinigungsvorrichtung beim Reinigen eines Schleifbandes.

#### 5. Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

**[0033]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf die Figuren beschrieben. Einzelne Merkmale der hier beschriebenen Ausführungsformen können mit anderen Ausführungsformen der Erfindung kombiniert werden.

**[0034]** Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht einer Schleifvorrichtung 1 zum maschinellen Schleifen von Rotorblättern 100. In Fig. 1 rechts vom Rotorblatt 100 ist eine Bandschleifeinheit 10 angeordnet, die mit einem umlaufenden Schleifband 12 eine Oberfläche 110 eines Rotorblatts 100 einer Windkraftanlage beschleifen kann. Wie dargestellt, wird das umlaufende Schleifband 12 mittels Führungsrollen 22 geführt, die an einem Grundkörper 21 der Bandschleifeinheit 10 befestigt sind. Der Antrieb des Schleifbandes 12 erfolgt über einen regelbaren elektrischen Antriebsmotor 20, der die Schleifgeschwindigkeit

festlegt. Damit das Schleifband 12 stets unter der erforderlichen Spannung steht, ist die Bandschleifeinheit 10 mit einem Bandspanner 18 ausgerüstet, welcher über eine Führungsrolle 22 auf das Band 12 einwirkt.

**[0035]** Die Bandschleifeinheit 10 weist Druckelemente 14, 15 auf, welche in Querrichtung Q an den Grundkörper 21 numerisch gesteuert auf und ab gefahren werden können und welche in Richtung Z pneumatisch gegen die Rückseite des Schleifbands 12 drücken. Die Druckelemente 14, 15 dienen dazu, das Schleifband 12 mit dem erforderlichen Schleifdruck an die Oberfläche 110 des Rotorblatts 100 zu drücken und diesen Schleifdruck an jede gewünschte Stelle der Oberfläche 110 gezielt aufzubringen. Durch die Verfahrbarkeit der Druckelemente 14, 15 an dem Grundkörper 21 kann so gezielt jeder Oberflächenbereich der Oberfläche 110 mit dem gewünschten Druck und der gewünschten Dauer geschliffen werden.

**[0036]** Die Druckelemente 14, 15 werden pneumatisch mittels eines oder mehrerer Pneumatikzylinder 26 in Richtung Z gegen die Oberfläche des Rotorblatts gefahren, um den notwendigen Schleifdruck aufzubringen. Der benötigte Schleifdruck kann dann sehr leicht über den Druck in den jeweiligen Pneumatikzylindern 26 eingestellt werden. Dies hat den Vorteil, dass auch bei wechselnden Geometrien der Oberfläche 110 stets der gleiche definierte Schleifdruck zum Schleifen eingestellt werden kann. Dies geschieht rein auf mechanischem Wege, ohne dass hierfür aufwendige Regelungseinrichtungen notwendig sind.

**[0037]** Die Druckelemente können als verfahrbare Gliederdruckbalken 14 oder Druckrollen 15 ausgestaltet sein, wie sie im Detail in Fig. 4 dargestellt sind. Beispielsweise ist in Fig. 4 auf der linken Seite ein Druckelement 15 mit drei Druckrollen 23 dargestellt, welche gegen die Rückseite des Schleifbandes 12 drücken. Sowohl das Druckelement 15 als Ganzes, als auch die einzelnen Druckrollen 23 sind mit entsprechenden Pneumatikzylindern 26 versehen, die einzeln regelbar sind. Damit ist ein punktgenaues und individuell einstellbares Beschleifen der Oberfläche 110 möglich. Die Druckrollen 23 sind von einer Absaughaube 17 umgeben, auf die ein Unterdruck aufgebracht wird, um den Schleifstaubs durch das Schleifband 12 hindurch abzusaugen. Wie in Fig. 1 und Fig. 4 dargestellt, können die Druckelemente 14, 15 weiterhin mit Führungsrollen 22 ausgestattet sein, die einen reibungsarmen Übergang des Schleifbandes 12 auf das Druckelement 14, 15 gewährleisten.

**[0038]** Auf der rechten Seite der Fig. 4 ist ein Druckelement 14 in Form eines Gliederdruckbalkens 14 dargestellt. Der Gliederdruckbalken 14 als Ganzes wird ebenfalls über einen Pneumatikzylinder 26 gegen die Rückseite des Schleifbands 12 gedrückt, wobei die Glieder 25 des Gliederdruckbalkens 14 auch über eigene Pneumatikzylinder 26 einzeln regelbar gegen das Schleifband 12 gedrückt werden. Auch hiermit ist ein individuell einstellbares und punktgenaues Beschleifen der Oberfläche 110 des Rotorblatts 100 möglich. Der Gliederdruckbal-

ken 14 ist mit einer Absaugung (nicht dargestellt) versehen, die auf eine Absaughaube 16 wirkt. Für eine effektive Absaugung ist der Gliederdruckbalken 14 mit Öffnungen versehen, die eine Absaugung von Schleifstaub durch das Schleifband 12 hindurch ermöglichen.

**[0039]** Das Schleifband 12 ist bevorzugt ein perforiertes Schleifband, welches mit vergleichsweise kleinen Perforationsöffnungen versehen ist, welche einen Durchmesser von bevorzugt 1 mm bis 4 mm aufweisen und einen Abstand der Perforationsöffnungen zueinander von bevorzugt 10 mm bis 20 mm. Durch diese Perforation ist es möglich, den Schleifstaub quasi vollflächig von der Schleifoberfläche abzuführen und durch das Schleifband 12 hindurch abzusaugen. Dementsprechend wird schon durch diese Absaugungsart ein Zusetzen des Schleifbands verringert. Das Schleifband kann ansonsten üblich aus einem Trägergewebe mit darauf beschichteten Schleifkörnern aufgebaut sein und eine Breite von bevorzugt 100 - 300 mm aufweisen.

**[0040]** Da jedoch die zu schleifenden Beschichtungen bei der Herstellung und Revision von Rotorblättern 100, nämlich Gelcoat, Spachtel, Füller und Deckschichten eher zähelastisch eingestellt sind, kann durch eine bloße Absaugung allein ein Zusetzen des Schleifbands 12 nicht verhindert werden. Daher ist die Bandschleifeinheit 10 weiterhin mit einer Bandreinigungsvorrichtung 16 für das Schleifband 12 ausgerüstet. Die Bandreinigungsvorrichtung 16 umfasst bevorzugt, wie in Fig. 5 dargestellt, eine Düse 28 zum Aufblasen von Druckluft auf die Schleifoberfläche des Schleifbandes 12. Dadurch lösen sich leicht anhaftende Staubpartikel von der Schleifoberfläche des Schleifbands 12, welche dann von einer, an eine Absaughaube 29 angeschlossen Absaugeinheit (nicht dargestellt) abgesaugt werden können. Weiterhin umfasst die Bandreinigungsvorrichtung 16 eine Bürste 27, welche mittels Druckzylinder 26 gegen die Schleifoberfläche des Schleifbandes 12 gedrückt werden. Die Bürste 27 löst auch festsitzenden, zähnen Schleifstaub, der durch das Abblasen mit der Düse 28 noch nicht entfernt ist. Der so gelöste Schleifstaub wird dann mittels der Absaughaube 29 und einer zusätzlichen Absaugung 24, welche zur Schleifseite des Schleifbands 12 gerichtet ist, abgesaugt.

**[0041]** Mit der Bandreinigungsvorrichtung 16 ist es möglich, das Schleifband 12 quasi vollständig von anhaftendem Schleifstaub der zähelastischen Beschichtungen des Rotorblatts 100 zu reinigen. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, dass sich immer nur ein Teil des Schleifbands 12 im Eingriff mit der Oberfläche 110 des Rotorblatts 100 befindet und ein großer Teil des Schleifbands 10 frei zugänglich ist, insbesondere für die Bandreinigung.

**[0042]** Wie in den Fig. 1, 2 und 3 dargestellt, ist die Bandschleifeinheit 10 durch eine Antriebseinheit 30 entlang des Rotorblatts 100 verfahrbar. Dies geschieht bevorzugt dadurch, dass ein elektrisch angetriebener Antriebwagen 32, der auf Schienen 33 geführt ist, numerisch gesteuert (NC) entlang der Längsachse L des Ro-

torblatts verfahren werden kann. Auf dem Antriebswagen 32 ist wiederum mit einem elektrisch angetriebenen Wagen 34 die Bandschleifeinheit 10 insgesamt numerisch gesteuert (NC) in Richtung Z auf das Rotorblatt 100 zu oder vom Rotorblatt 100 weg verfahrbar.

**[0043]** Zusammen mit der individuellen Verfahrbarkeit der Druckelemente 14, 15 innerhalb der Bandschleifeinheit 10 in Querrichtung Q und Richtung Z und der Verfahrbarkeit der Bandschleifeinheit 10 insgesamt in Längsrichtung L, kann somit an jeder Stelle der Oberfläche 110 des Rotorblatts 100 punktgenau geschliffen werden.

**[0044]** Wie in Fig. 1 dargestellt, befindet sich das Schleifband 12 gerade im Eingriff mit der Oberschale des Rotorblatts 100. Um auch die Profilnase bzw. die Unterschale des Rotorblatts zu schleifen, ist es weiterhin möglich, das Rotorblatt 100 um die Längsachse L zu drehen und zur Bearbeitung das Rotorblatt in der gewünschten Positionen 100 festzustellen. Es ist jedoch auch möglich, die Schleifvorrichtungen mit mehreren Bandschleifeinheiten 10 auszustatten, dass das Rotorblatt 11 beidseitig oder an allen Seiten gleichzeitig bearbeitet werden kann. Dabei ist weiterhin vorteilhaft, dass gegenüberliegende Bandschleifeinheiten 10 jeweils einen Gegendruck auf das Rotorblatt 100 ausüben, so dass eine Biegung des Rotorblatts 100 bei der Schleifbearbeitung weitestgehend vermieden wird.

**[0045]** Auf ähnliche Weise wie die Bandschleifeinheit 10 ist in Fig. 1 auf der linken Seite eine Staubbandeinheit 40 mit einem umlaufenden Staubband 42 an der Schleifvorrichtung 1 angebracht. Ein Grundkörper 41 trägt Führungsrollen 49, die den Umlauf eines Staubbands 42 gewährleisten. Das Staubband 42 wird an der Oberfläche 110 eines Rotorblatts 100 entlang geführt, um dort den entstandenen Schleifstaub aufzunehmen und die Oberfläche 110 nahezu vollständig von Staub zu befreien. Damit kann mit einer Staubbandeinheit 40 ein automatisches Abwischen bzw. Entstauben des Rotorblatts 100 erfolgen. Die Staubbandeinheit 40 verfügt über einen Bandspanner 48, der das Staubband 40, das bevorzugt aus einem Vliesmaterial besteht, in der notwendigen Spannung hält.

**[0046]** Bevorzugt weist die Staubbandeinheit pneumatisch gesteuerte Druckelemente 44 auf, die das Staubband 42 gegen die Oberfläche 110 drücken. Die Druckelemente 44 können an dem Grundkörper 41 in Querrichtung Q auf und ab bewegt werden, um selektiv das Staubband 42 an die gewünschte Stelle der Oberfläche 110 des Rotorblatts 100 anzudrücken. Die Druckelemente 44 sind ähnlich aufgebaut wie die Druckelemente 14, 15 für das Schleifband 12, die in Fig. 4 dargestellt sind.

**[0047]** Die Druckelemente 44 weisen weiterhin eine Absaughaube 47 auf, um den vom Staubband 42 aufgenommenen Staub aus dem Staubband 42 abzusaugen. Zusätzlich ist auch die Staubbandeinheit 40 mit einer Bandreinigungsvorrichtung 46 ausgestattet, die im Wesentlichen der Bandreinigungseinrichtung 16 des Schleifbands 12 entspricht, die in Fig. 5 dargestellt ist.

Durch diese Bandreinigungsvorrichtung 46 wird das Staubband 42 kontinuierlich vom aufgenommenen Schleifstaub gereinigt, so dass ein Zusetzen des Staubbands 42 vermieden wird.

**[0048]** Die Staubbandeinheit 40 als Ganzes ist ähnlich zur Bandschleifeinheit 10 auf dem verfahrbaren Antriebswagen 32 mittels eines weiteren in Z-Richtung numerisch gesteuert (NC) verfahrbaren und elektrisch angetriebenen Wagens 35 gelagert, so dass die komplette Oberfläche 110 des Rotorblatts 100 gereinigt werden kann.

**[0049]** Wie in Fig. 2 dargestellt, weist die Schleifvorrichtung 1 weiterhin eine Beschichtungseinheit 50 auf, die zum automatischen Beschichten der Oberfläche 110 eines Rotorblatts 100 dient. Die Beschichtungseinheit 50 kann mindestens eine automatisch verfahrbare Beschichtungswalze 52 und/oder mindestens eine automatisch verfahrbare Sprühseinheit und/oder mindestens einen Heizstrahler 54 (vgl. Fig. 3) aufweisen. Mithilfe einer derartigen Beschichtungseinheit 50 kann das beschliffene und gereinigte Rotorblatt 100 mit der nächsten Schicht des aufzubringenden Schichtsystems beschichtet werden. Je nach Viskosität der aufzubringenden Beschichtung wird eine Sprühseinheit (nicht dargestellt) oder eine automatisch verfahrbare Beschichtungswalze 52 verwendet.

**[0050]** Damit die neu aufgebrachte Beschichtung schneller trocknet und das Rotorblatt 100 schneller weiterbearbeitet werden kann, kann die Schleifvorrichtung 1 auch mit mindestens einem elektrischen Heizstrahler 54 ausgerüstet sein, der ebenfalls auf jeden Punkt der Oberfläche 110 des Rotorblatts 100 positioniert werden kann.

**[0051]** Rotorblätter 100 für Windkraftanlagen müssen in regelmäßigen Abständen gewartet und, wenn durch Beschädigung und Beanspruchung erforderlich, auch neu beschichtet werden. Zu diesem Zweck wird die Oberfläche 110 des Rotorblatts 100 abgeschliffen und mit einer neuen Beschichtung versehen. Da viele der Windkraftanlagen im Meer aufgestellt sind (sog. Offshore-Windkraftanlagen) ist vorgesehen, ein Schiff zur Bearbeitung von Rotorblättern von Windkraftanlagen bereitzustellen, auf dem eine automatische Schleifvorrichtung 1, wie sie vorstehend beschrieben wurde, installiert ist. Damit ist eine Revision der Rotorblätter 100 vor Ort möglich und es verringern sich die Transportwege. Aufgrund der kompletten Automatisierung des Abschleifens, Reinigens und Neubeschichtens können diese Vorgänge auch auf einem sich dauernd bewegenden Schiff durchgeführt werden.

#### Bezugszeichenliste

##### **[0052]**

- |    |                           |
|----|---------------------------|
| 55 | 1      Schleifvorrichtung |
|    | 10     Bandschleifeinheit |

12	Schleifband	50	Beschichtungseinheit
14	Druckelement als Gliederdruckbalken	52	Beschichtungswalze
15	Druckelement mit Druckrollen	5	Heizstrahler
16	Bandreinigungsvorrichtung	100	Rotorblatt
17	Absaughaube	110	Oberfläche des Rotorblatts
18	Bandspanner	10	
20	Antriebsmotor		<b>Patentansprüche</b>
21	Grundkörper	15	1. Schleifvorrichtung (1) zum maschinellen, automatisierten Schleifen von Rotorblättern (100) für Windkraftanlagen, aufweisend
22	Führungsrollen		a. eine Bandschleifeinheit (10) mit einem umlaufenden Schleifband (12), wobei nur ein Teil des Schleifbandes (12) mit der Oberfläche (110) eines Rotorblatts (100) in Eingriff steht;
23	Druckrollen	20	b. eine Antriebseinheit (30) zum Verfahren der Bandschleifeinheit (10) in Richtung (L) der Längsachse des Rotorblatts (100); und
24	Absaugung		c. Druckelemente (14, 15, 44), die das Schleifband (12) pneumatisch mittels einem oder mehreren Pneumatikzylindern (26) gegen die Oberfläche (110) des Rotorblatts (100) drücken und welche an der Antriebseinheit (30) gelagert sind.
25	Glieder des Gliederdruckbalkens		2. Schleifvorrichtung gemäß Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Staubbandeinheit (40) mit einem umlaufenden Staubband (42), welches an zumindest einer Oberfläche (110) eines Rotorblatts (100) entlang geführt wird, um die Oberfläche (110) des Rotorblatts (100) von Staub zu befreien.
26	Druckzylinder	25	3. Schleifvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 - 2, weiterhin aufweisend mindestens eine Bandreinigungsvorrichtung (16, 46).
27	Bürste		4. Schleifvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die Bandreinigungsvorrichtung (16, 46) das Schleifband (12) und /oder das Staubband (42) reinigt mittels:
28	Düse	30	a) einer Düse (28) zum Aufblasen von Druckluft; und / oder
29	Absaughaube		b) einer Vorrichtung (24) zum Absaugen von Schleifstaub; und /oder
30	Antriebseinheit		c) einer Bürste (27) zum Abbürsten des Schleifbands (12) und/oder des Staubbands (40).
32	Antriebwagen	35	5. Schleifvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Druckelemente (14, 15, 44) in Richtung (Q) der Querachse eines Rotorblatts (100) an der Antriebseinheit (30) verfahrbare Gliederdruckbalken (14) oder Druckrollen (15) aufweisen.
33	Schienen		
34	Wagen	40	
35	Wagen		
40	Staubbandeinheit		
41	Grundkörper	45	
42	Staubband		
44	Druckelemente		
46	Bandreinigungsvorrichtung	50	
47	Absaughaube		
48	Bandspanner	55	
49	Führungsrollen		

6. Schleifvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 - 5, wobei die Druckelemente (14, 15, 44) eine Ab-saughaube (17, 47) aufweisen, um Schleifstaub durch das Schleifband (12) und/oder das Staubband (42) und durch das Druckelement (14, 15, 44) hindurch abzusaugen. 5
7. Schleifvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 2 - 6, wobei die Staubbandeinheit (40) an der Antriebs-einheit (30) befestigt ist. 10
8. Schleifvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 - 7, wobei die Antriebseinheit (30) einen in Längsrich-tung (L) verfahrbaren Antriebswagen (32) aufweist, auf dem senkrecht dazu (Z) verfahrbar die Band-schleifeinheit (10) und / oder die Staubbandeinheit (40) gelagert sind. 15
9. Schleifvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 - 8, weiterhin aufweisend eine Steuereinheit, welche zumindest die Bewegungen der Antriebseinheit (30) und / oder die Bewegungen der Druckelemente (14, 15) in Richtung (Z) des Rotorblatts (100) numerisch steuert. 20
10. Schleifvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 - 9, weiterhin aufweisend einen Bandspanner (18), der das Schleifband (12) in einer zum Schleifen not-wendigen Spannung hält. 25
11. Schleifvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 - 10, wobei das Schleifband (12) ein perforiertes Schleifband ist, welches im Wesentlichen über seine gesamte Oberfläche mit Perforationsöffnungen ver-sehen ist. 30
12. Schleifvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 - 11, weiterhin aufweisend eine Beschichtungseinheit (50), zum automatisierten Beschichten der Oberflä-che (110) eines Rotorblattes (100), welche an der Antriebseinheit (30) befestigt ist. 35
13. Schleifvorrichtung (1) gemäß Anspruch 12, wobei die Beschichtungseinheit (50) aufweist:  
 a) mindestens eine automatisch verfahrbare Be-schichtungswalze (52); und /oder  
 b) mindestens eine automatisch verfahrbare Sprücheinheit; und / oder  
 c) mindestens einen Heizstrahler (54). 40
- a) a belt grinding unit (10) with a revolving grind-ing belt (12), wherein only a portion of the grind-ing belt (12) is engaged with a surface (110) of a rotor blade (100);  
 b. a drive unit (30) for moving the belt grinding unit (10) in the direction (L) of the longitudinal axis of the rotor blade (100); and  
 c. pressure elements (14, 15, 44) that press the grinding belt (12) against the surface (110) of the rotor blade (100) pneumatically by means of one or more pneumatic cylinders (2μ6) and which are mounted at the drive unit (30). 45
2. Grinding device according to claim 1, further comprising a dusting belt unit (40) with an revolving dust belt (42) which is guided along the at least one sur-face (110) of the rotor blade (100) to clean the sur-face (110) of the rotor blade (100) from dust. 50
3. Grinding device according to one of claims 1 - 2, further comprising at least one belt cleaning device (16, 46). 55
4. Grinding device according to claim 3, wherein the belt cleaning device (16, 46) the grinding belt (12) and/or the dust belt (42) cleans by:  
 a) a nozzle (28) for blowing pressurized air;  
 and/or  
 b) a device (24) for hoovering grinding dust;  
 and/or  
 c) a brush (27) for brushing off the grinding belt (12) and/or the dust belt (40). 60
5. Grinding device according to claim 1, wherein the pressure elements (14, 15, 44) in the direction (Q) of the transverse axis of the rotor blade (100) on the drive unit (30) comprise movable pressure beams (14) or pressure rollers (15). 65
6. Grinding device according to one of claims 1 - 5, wherein the pressure elements (14, 15, 44) comprise an extraction hood (17, 47) for hoovering grinding dust through the grinding belt (12) and/or the dust belt (42) and through the pressing element (14, 15, 44). 70
7. Grinding device according to one of claims 2 - 6, wherein the dust belt unit (40) is attached to the drive unit (30). 75
8. Grinding device according to one of the claims 1 - 7, wherein the drive unit (30) comprises a drive carriage (32) mobile in a longitudinal direction (L), on which the belt grinding unit (10) and/or the dust belt unit (40) are perpendicularly (Z) moving thereto support-ed. 80
9. Grinding device according to one of claims 1-8, fur-8

## Claims

1. Grinding device (1) for machine, automated grinding of rotor blades (100) for wind turbines, comprising  
 a. a belt grinding unit (10) with a revolving grind-

- ther comprising a control unit which numerically controls at least the movement of the drive unit (30) and/or the movements of the pressure elements (14, 5) in the direction (Z) of the rotor blade (100).
- 10.** Grinding device according to one of claims 1 - 9, further comprising a belt tensioner (18) holding the grinding belt (12) in a tension necessary for grinding.
- 11.** Grinding device according to one of claims 1 - 10, wherein the grinding belt (12) is a perforated grinding belt, which is provided with perforation openings substantially over its entire surface. 10
- 12.** Grinding device according to one of claims 1 - 11, further comprising a coating unit (50) for automated coating the surface (110) of the rotor blade (100), which is mounted to the drive unit (30). 15
- 13.** Grinding device (1) according to claim 12, wherein the coating unit (50) comprises: 20
- a) at least one automatically movable coating roller (52); and/or
  - b) at least one automatically movable spray unit; and/or
  - c) at least one radiant heater (54).
- Revendications**
- 1.** Dispositif de ponçage (1) pour le ponçage mécanique automatisé de pales de rotor (100) destinées à des éoliennes, comprenant : 35
- a. une unité de ponçage à bande (10) avec une bande de ponçage circulante (12), une partie seulement de la bande de ponçage circulante (12) se trouvant engagée avec la surface (110) d'une pale de rotor (100) ;
  - b. une unité d'entraînement (30) pour déplacer l'unité de ponçage à bande (10) dans la direction (L) de l'axe longitudinal d'une pale de rotor (100) ; et
  - c. des éléments de pression (14, 15, 44) qui pressent la bande de ponçage (12) pneumatiquement au moyen d'un ou plusieurs cylindres pneumatiques (26) contre la surface (110) de la pale de rotor (100) et qui sont montés sur l'unité d'entraînement (30).
- 2.** Dispositif de ponçage selon la revendication 1, comportant en outre une unité à bande anti-poussière (40) avec une bande anti-poussière circulante (42) guidée le long d'au moins une surface (110) d'une pale de rotor (100) pour débarrasser la surface (110) de la pale de rotor (100) de la poussière. 50
- 3.** Dispositif de ponçage selon l'une des revendications 1 à 2, comportant en outre au moins un dispositif de nettoyage de bande (16, 46).
- 5** **4.** Dispositif de ponçage selon la revendication 3, dans lequel le dispositif de nettoyage de bande (16, 46) nettoie la bande de ponçage (12) et/ou la bande anti-poussière (42) au moyen :
- a) d'une buse (28) servant à souffler de l'air comprimé ; et/ou
  - b) d'un dispositif (24) servant à aspirer la poussière de ponçage ; et/ou
  - c) d'une brosse (27) servant à brosser la bande de ponçage (12) et/ou la bande anti-poussière (40).
- 5.** Dispositif de ponçage selon la revendication 1, dans lequel les éléments de pression (14, 15, 44) comprennent des barres de pression segmentées (14) ou des rouleaux de pression (15) qui sont déplaçables sur l'unité d'entraînement (30) dans la direction (Q) de l'axe transversal d'une pale de rotor (100).
- 6.** Dispositif de ponçage selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel les éléments de pression (14, 15, 44) comportent une hotte aspirante (17, 47) pour aspirer la poussière de ponçage à travers la bande de ponçage (12) et/ou la bande anti-poussière (42) et à travers l'élément de pression (14, 15, 44). 30
- 7.** Dispositif de ponçage selon l'une des revendications 2 à 6, dans lequel l'unité à bande anti-poussière (40) est fixée sur l'unité d'entraînement (30).
- 8.** Dispositif de ponçage selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel l'unité d'entraînement (30) comporte un chariot d'entraînement (32) qui est déplaçable dans la direction longitudinale (L) et sur lequel l'unité de ponçage à bande (10) et/ou l'unité à bande anti-poussière (40) sont montées déplaçables perpendiculairement à cette direction (Z). 40
- 9.** Dispositif de ponçage selon l'une des revendications 1 à 8, comportant en outre une unité de commande qui commande numériquement au moins les mouvements de l'unité d'entraînement (30) et/ou les mouvements des éléments de pression (14, 15) dans la direction (Z) de la pale de rotor (100). 45
- 10.** Dispositif de ponçage selon l'une des revendications 1 à 9, comportant en outre un tendeur de bande (18) qui maintient la bande de ponçage (12) à une tension nécessaire pour le ponçage. 50
- 11.** Dispositif de ponçage selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel la bande de ponçage (12) est une bande de ponçage perforée qui est pourvue

d'ouvertures de perforation sensiblement sur toute sa surface.

**12.** Dispositif de ponçage selon l'une des revendications 1 à 11, comportant en outre une unité d'enduction (50) pour enduire automatiquement la surface (110) d'une pale de rotor (100), laquelle unité d'enduction (50) est fixée à l'unité d'entraînement (30).

**13.** Dispositif de ponçage (1) selon la revendication 12, dans lequel l'unité d'enduction (50) comprend :

- a) au moins un rouleau d'enduction (52) déplaçable automatiquement ; et/ou
- b) au moins une unité de pulvérisation déplaçable automatiquement ; et/ou
- c) au moins un appareil de chauffage par rayonnement (54).

20

25

30

35

40

45

50

55

**10**

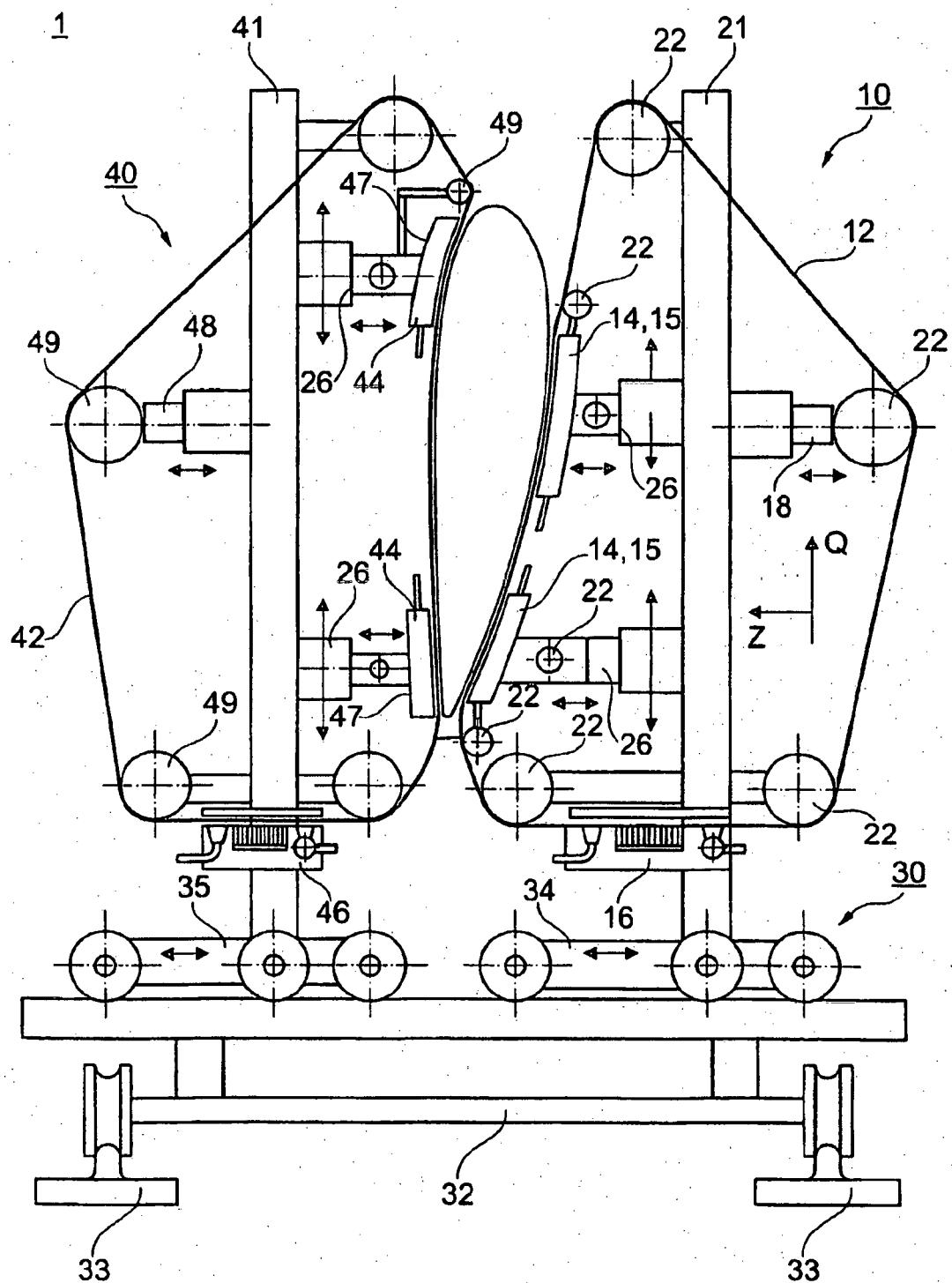


Fig. 1

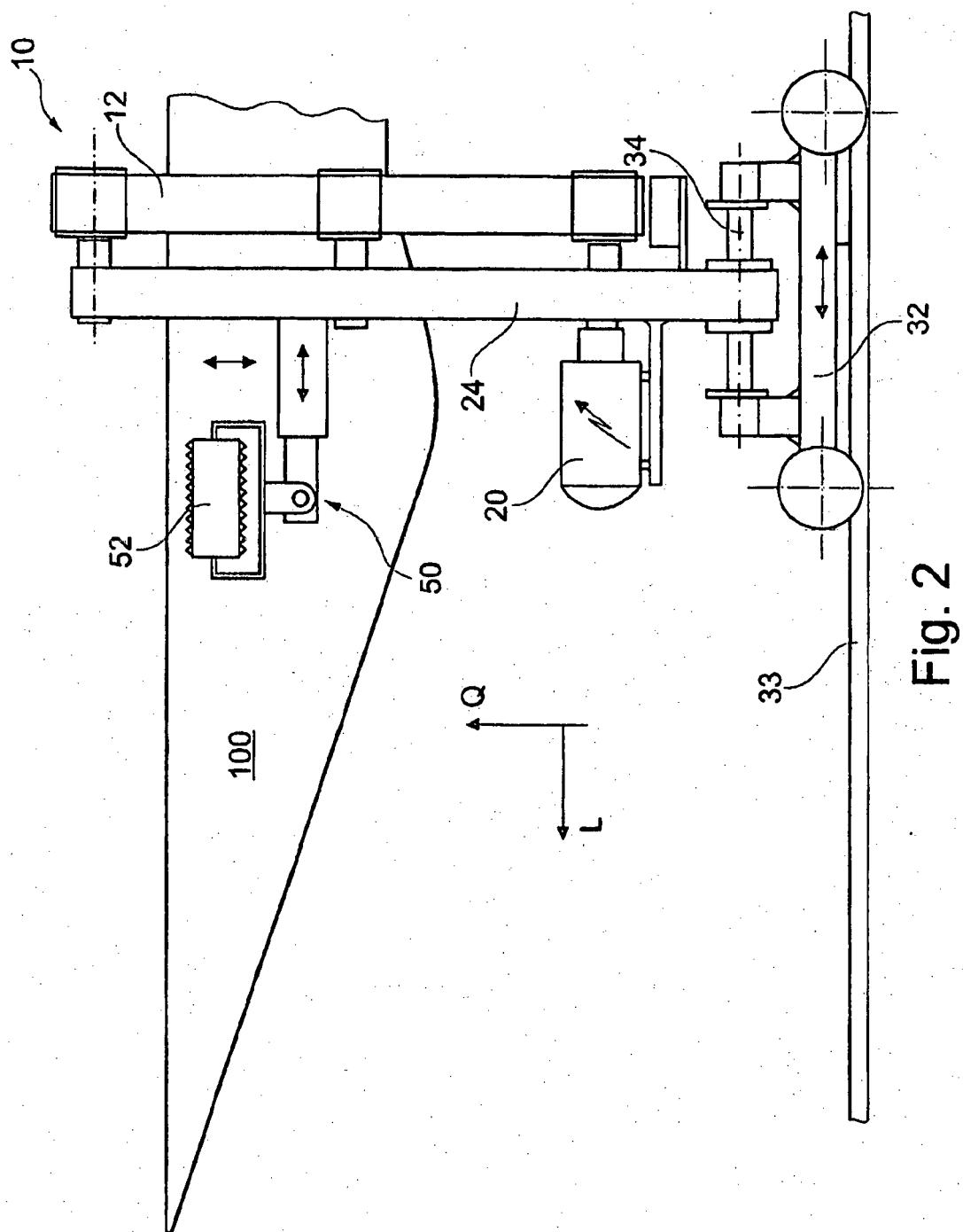


Fig. 2

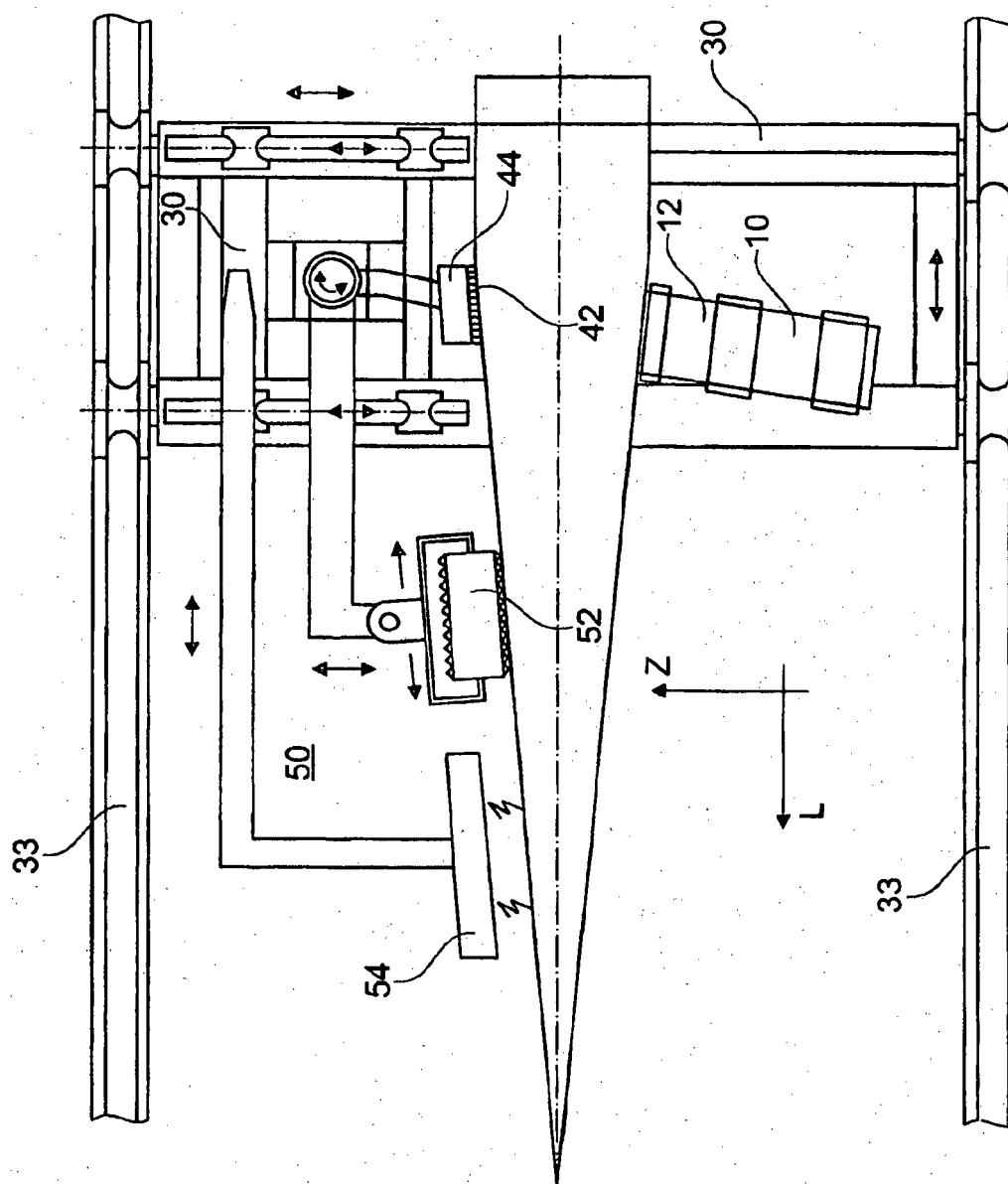


Fig. 3

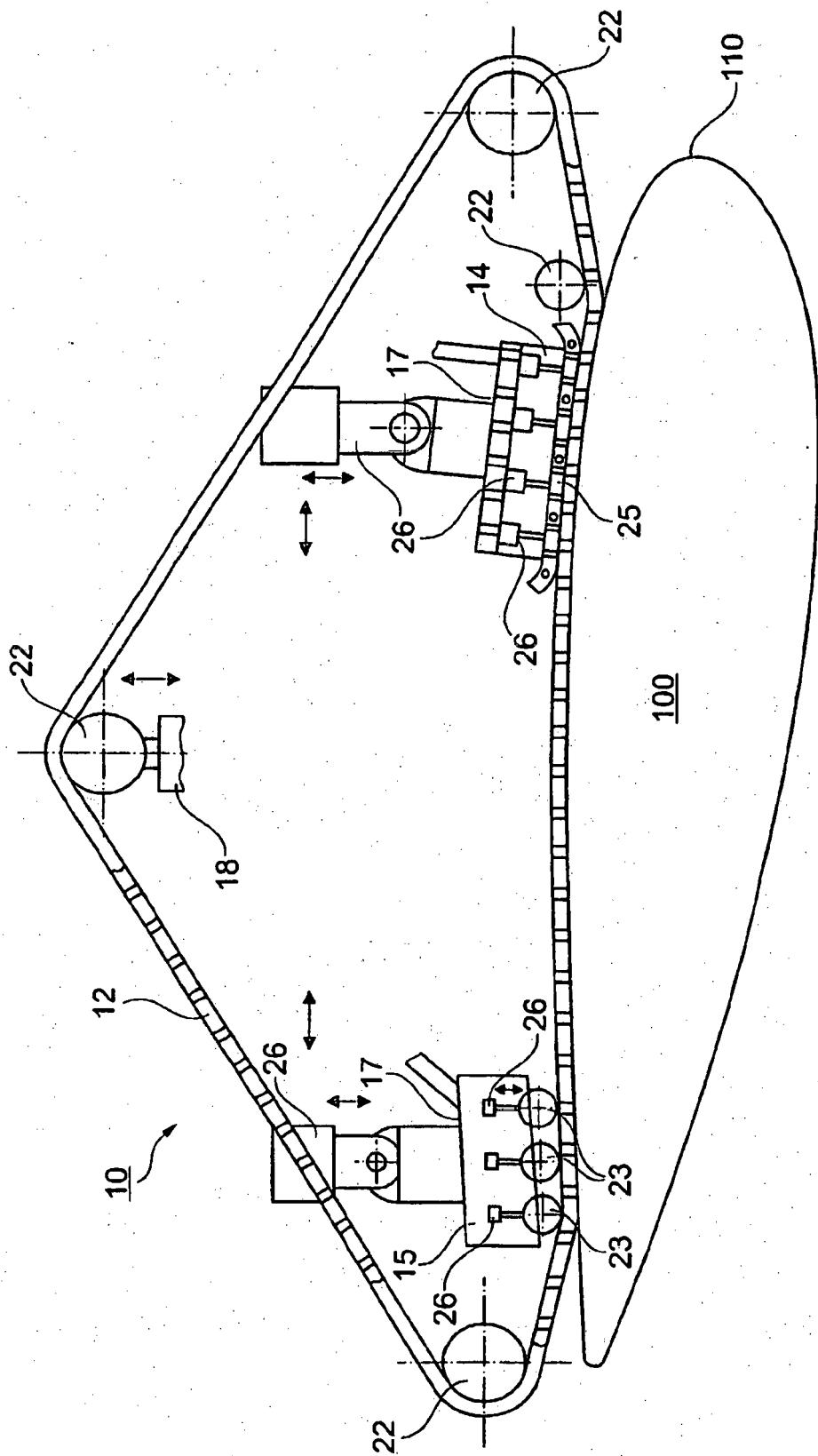


Fig. 4

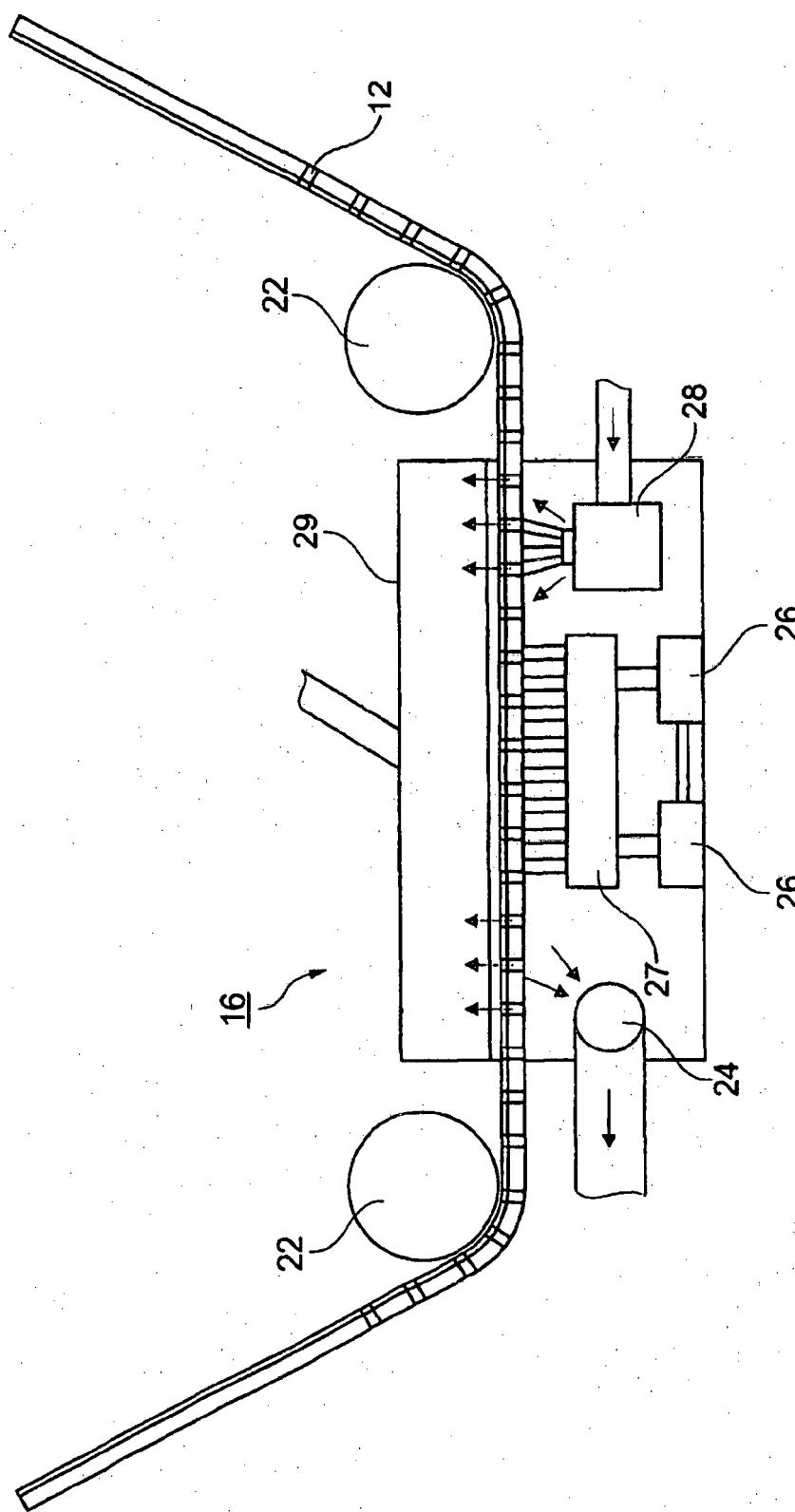


Fig. 5

**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**

- WO 2008077398 A [0007]
- WO 2006006843 A1 [0008]
- DE 29805833 U1 [0009]
- DE 19929386 A [0009]
- DE 29709342 U1 [0009]