

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 933 472 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**31.03.2004 Patentblatt 2004/14**

(51) Int Cl.7: **D21G 1/00**

(21) Anmeldenummer: **99101366.5**

(22) Anmeldetag: **26.01.1999**

(54) **Verfahren zum Betrieb eines Kalenders und Kalender**

Process for operating a calender and calender

Procédé de fonctionnement d'une calandre et calandre

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT DE FI FR GB SE**

(30) Priorität: **29.01.1998 DE 19803323**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.08.1999 Patentblatt 1999/31**

(73) Patentinhaber: **Voith Paper Patent GmbH**  
**89522 Heidenheim (DE)**

(72) Erfinder: **Kayser, Franz**  
**47608 Geldern (DE)**

(74) Vertreter: **Knoblauch, Andreas, Dr.-Ing. et al**  
**Schlosserstrasse 23**  
**60322 Frankfurt (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 19 650 576 DE-C- 252 151**  
**DE-U- 29 518 424 GB-A- 1 156 937**  
**US-A- 3 044 392**

**EP 0 933 472 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb eines Kalenders gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und auf einen Kalender gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8.

**[0002]** Bei einem bekannten Kalender dieser Art (DE 295 18 424) sind fünf und mehr Walzen, vorzugsweise 8 Walzen, übereinander angeordnet. Die Walzen bilden eine Anzahl von Arbeitsspalten, die je durch eine harte Walze und eine elastische Walze begrenzt sind, und einen Wechselspalt, der durch zwei elastische Walzen begrenzt ist. Für jede Walze ist ein eigener Antrieb vorgesehen. Die zusätzlich zum Hauptantrieb vorgesehenen Hilfsantriebe dienen dazu, die Umfangsgeschwindigkeit der jeweiligen Walze auf Bahngeschwindigkeit zu bringen, so daß das Walzenpaket bei Papier-Einführungsgeschwindigkeit geschlossen werden kann.

**[0003]** US 3 044 392 A beschreibt einen Kalender mit einem Walzenstapel, der zwischen zwei Endwalzen mehrere Mittelwalzen aufweist. Die untere Endwalze ist angetrieben. Eine durch den Kalender laufende Papierbahn nimmt die übrigen Walzen durch Reibung mit. Um eine Ausbiegung der Walzen zu verhindern, sind die Walzen abwechselnd zur Mittelebene des Walzenstapels versetzt angeordnet.

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neue Beeinflussungsmöglichkeit des Kalenders anzugeben.

**[0005]** Diese Aufgabe wird verfahrensmäßig durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

**[0006]** Durch eine gezielte Ausbiegung einer Walze, mehrerer Walzen oder aller Walzen quer zur Mittelebene des Stapels läßt sich das Druckspannungsquerprofil beeinflussen. Innerhalb des großen Zulässigkeitsbereichs lassen sich je nach Grad der Durchbiegung kleinere bis größere Korrekturen erzielen. Insbesondere kann die Ausbiegung einer Walze der Ausbiegung der Nachbarwalze angepaßt werden, so daß sich ein hohes Maß an Gleichmäßigkeit ergibt. Dies gilt insbesondere im ersten und letzten Arbeitsspalt, weil an den Endwalzen eine nicht unterschreitbare Reaktionskraft angreift, die zu einer lediglich von der Steifigkeit der Walze abhängigen Ausbiegung führt.

**[0007]** Die Druckspannungs-Beeinflussung nach Anspruch 2 beruht auf der neuartigen Erkenntnis, daß bei einer Spreizung der Biegelinien benachbarter Walzen eine Entlastung nicht etwa in der Bahnmitte, sondern in den Randbereichen der Bahn erfolgt.

**[0008]** Die Merkmale des Anspruchs 3 geben an, wie die Antriebe angesteuert werden können, um auf einfache Weise Entlastung oder Belastung des Randbereichs zu erzielen.

**[0009]** Gemäß Anspruch 4 ist auch eine Regelung des Druckspannungsquerprofils von Vorteil. Hierbei sind die Antriebe Teil des Regelkreises.

**[0010]** Anspruch 5 bietet die vorteilhafte Möglichkeit, daß die Scherkräfte in der Bahn annähernd Null sind,

was allerdings voraussetzt, daß eine Ausbiegung der Walzen vorhanden ist. Ein so hergestelltes Papier besitzt eine höhere Reißfestigkeit.

**[0011]** Die Forderung des Anspruchs 6, den Kleinstwert der Reaktionskräfte ungleich Null zu halten, bringt den Vorteil, daß die als Wälzlager ausgelegten Walzenlager eine höhere Lebensdauer haben, weil sie ständig unter Belastung stehen.

**[0012]** Die Ausgestaltung nach Anspruch 7 führt zu einem sehr gleichmäßigen Druckspannungsquerprofil.

**[0013]** Konstruktiv wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 8 gelöst. Mittelwalzen mit einem Schlankheitsgrad über 10 sind sehr leicht biegsam und geraten daher über die Grenze des Zulässigkeitsbereichs, wenn keine Gegensteuerung durch die Antriebsmomente erfolgt. Der Zulässigkeitsbereich wird überschritten, wenn die Biegelinien benachbarter Walzen so weit gespreizt sind, daß sich die Walzenenden voneinander abheben. Der Schlankheitsgrad ist definiert als Verhältnis von Länge zum Durchmesser. Solche schlanken Walzen sind von großem Vorteil, weil sie wegen der stärkeren Krümmung zu einer höheren Druckspannung im Spalt führen und weil sie ein geringeres Gewicht haben.

**[0014]** Ein bevorzugter Schlankheitsgrad liegt gemäß Anspruch 9 zwischen 12 und 16 und gemäß Anspruch 10 etwa bei 14.

**[0015]** Die beiden Endwalzen sollen dagegen gemäß Anspruch 11 einen geringeren Schlankheitsgrad haben. Ihre unvermeidliche Ausbiegung wird daher kleiner gehalten, so daß auch die Anpassung der nächsten Walze an die Durchbiegung der Endwalze nur eine geringe Ausbiegung erfordert.

**[0016]** Des weiteren kann der Kalender nach Anspruch 12 off-line angeordnet sein. Ein solcher Kalender, der unabhängig von der Papiermaschine arbeitet, läuft mit erheblich geringerer Geschwindigkeit als ein In-line-Kalender, der an eine Papiermaschine angeschlossen ist. Für einen solchen Off-line-Kalender hatte man einen einzigen Antrieb an einer Walze, die alle übrigen Walzen durch Reibung mitschleppte, für ausreichend angesehen und konnte daher die Wirkungen des Einzelantriebs nicht nutzen.

**[0017]** Gemäß Anspruch 13 sollte der Durchmesser wenigstens einer Mittelwalze maximal 100 cm sein. Dieser obere Grenzwert gilt für einen Kalender mit einer Breite von 10 m und mehr.

**[0018]** Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch einen erfindungsgemäß Kalender und

Fig. 2 die Kräfteverhältnisse in den oberen drei Walzen des Stapels.

**[0019]** Ein Kalender 1 ist als Off-line-Kalender zwischen einer Abwickelstation 2 und einer Aufwickelstation

on 3 angeordnet. Er könnte aber auch als In-line-Kalander an den Ausgang einer Papiermaschine anschließen. Der Kalander besitzt einen vertikalen Stapel 4 aus acht Walzen 5 bis 12, nämlich einer Oberwalze 5 und einer Unterwalze 12, die beide als zonenweise gesteuerte Biegeeinstellwalzen ausgebildet sein können, und sechs Mittelwalzen 6 bis 11. Vier Walzen 5, 7, 10 und 12 haben eine harte metallische Oberfläche und vier Walzen 6, 8, 9 und 11 einen elastischen Kunststoffbelag. Die Walzen 7 und 10 sind mittels Heißdampf beheizbar.

**[0020]** Der Lagerblock 13 der Oberwalze 5 ist fest am Ständer 14 des Kalanders 1 angebracht. Die Lagerblöcke 15 der Mittelwalzen 6 bis 11 werden von Hebeln 16 getragen, die um am Ständer 14 befestigte Schwenkachsen 17 drehbar sind. Der Lagerblock 18 für die Unterwalze 12 ist an einer Vertikalführung 19 gehalten und kann mittels eines Hydraulikzylinders 20 nach oben gedrückt werden, so daß sich in den Arbeitsspalten 21 des Stapels eine ausreichende Streckenlast ergibt. Beim Absenken des Hydraulikzylinders 20 folgen diesem auch die Mittelwalzen 6 bis 11, bis die zugehörigen Hebel 16 an einem Anschlag 22 zur Anlage kommen und sämtliche Walzenspalte offen stehen. Die Hebel 16 werden durch Kraftgeber 23 belastet, mit denen die an den Hebeln hängenden Lasten und Gewichte ganz oder teilweise kompensiert werden können.

**[0021]** Eine Papierbahn 24 wird mit Hilfe von Leitwalzen 25 durch die Walzenspalte geführt. Ausgangsseitig ist eine Meßvorrichtung 26 vorgesehen, die einen Parameter der Papierbahn 24 mißt, und zwar über die gesamte Breite, sei es durch ein hin- und hergehendes Meßelement oder durch mehrere über die Breite verteilte Meßelemente. Als Parameter kommen beispielsweise Glanz, Glätte, Dicke o.dgl. in Betracht.

**[0022]** Jede der acht Walzen 5 bis 12 besitzt einen eigenen Antrieb 27, dessen Antriebsmoment durch eine Steuervorrichtung 28 vorgegeben wird, wie dies schematisch durch die Ausgänge A5 bis A12 angegeben ist. Die Steuervorrichtung 28 besitzt weitere Ausgänge, insbesondere einen Ausgang B20, der den Druck für den Hydraulikzylinder 20 bestimmt, Ausgänge B5/12, welche den Druck in den Biegeeinstellvorrichtungen der Endwalzen 5 und 12 bestimmen, Ausgänge B23, welche den Druck in den Kraftgebern 23 bestimmen, und Ausgänge B6/10, welche die Zufuhr des Wärmeträgers in den beheizbaren Walzen 7 und 10 bestimmen.

**[0023]** Zahlreiche Eingänge E1 dienen der Eingabe von Daten, die für die Papierveredlung wesentlich sind, insbesondere die Sollwerte der gewünschten Papierparameter. Weitere Eingänge, wie der Eingang E 26, dienen der Eingabe von gemessenen Istwerten, beispielsweise der Glätte, Glanz oder Dicke.

**[0024]** In Fig. 2 bezeichnet  $F_N$  diejenige Kraft, die zur Überwindung des Kalandrierwiderstandes erforderlich ist. Sie dient der Überwindung der Kompression des elastischen Walzenbezuges sowie den elastischen und plastischen Anteilen der Papierumformung.  $F_N$  ändert

sich mit den physikalischen Eigenschaften (z.B. der Dichte und Glätte) von Spalt zu Spalt, d.h. nicht nur mit der Walzenlast-Kennlinie.

**[0025]**  $M_R$  bezeichnet die Reibungsmomente der Walzenlager und gegebenenfalls von Schabern und Dichtköpfen (Dreheinführungen für Heiz- oder Kühlmedien). Letztere können die Lagerreibungen deutlich übersteigen. Bei Biegeeinstellwalzen dominiert die Reibung aus der Ölströmung zwischen feststehender Achse und rotierendem Mantel sowie den hydrostatischen Ölspalten beziehungsweise den Dichtleisten bei S-Walzen.

**[0026]**  $F_U$  ist die von den Walzen auf die Papierbahn 24 aufzubringende Kraft, die zur Überwindung des Kalandrierwiderstandes und gegebenenfalls einer etwa vorhandenen Bahnzugkraft  $\Delta B_Z$  erforderlich ist.

**[0027]** In Fig. 2 ist angenommen, daß die Kräfte  $F_U$  je zur Hälfte auf die den Walzenspalt bildenden Walzen aufgeteilt werden. Da die Kalandrierwiderstände und damit die Kräfte  $F_N$  von oben nach unten abnehmen, trifft dies auch für die Umfangskräfte  $F_U$  zu.

**[0028]** Aus den Umfangskräften  $F_{U1}$ , den Reibungsmomenten  $M_{R1}$  und dem Durchmesser  $D_1$  der Walze 5 läßt sich die angegebene Reaktionskraft  $F_{R1}$  berechnen, die nicht zu Null gemacht werden kann. Aus den Differenzen der Umfangskräfte ergeben sich für die Mittelwalzen Reaktionskräfte, die durch Änderung des Antriebsmoments der Einzelantriebe in einem gewissen Rahmen änderbar sind. Wichtig ist es, daß die Reaktionskräfte  $F_R$  für die Durchbiegung, also die seitliche Ausbiegung der Walzen verantwortlich sind.

**[0029]** Erfindungsgemäß ist eine Steuervorrichtung 28 vorgesehen, mit der diese Antriebsmomente für jeden Einzelantrieb einstellbar sind, um auf diese Weise das Druckspannungsquersprofil zu beeinflussen. Ein hohes Maß an Gleichmäßigkeit der Druckspannung ergibt sich, wenn die Ausbiegung der obersten Mittelwalze 6 aus der Mittelebene des Stapels der unvermeidbaren Ausbiegung der Oberwalze 5 angepaßt ist. Auch wenn die Ausbiegung der Oberwalze 5 nur gering sein sollte, bringt eine Anpassung der Biegelinie der Walze 6 eine Verbesserung des Druckspannungsquersprofil mit sich.

**[0030]** In anderen Fällen, beispielsweise bei einer zu großen Kantenpressung, kann es interessant sein, die Biegelinien benachbarter Walzen, also deren Mittellinien, zu spreizen, um auf diese Weise die Druckspannungen an den Rändern der Bahn zu vermindern.

**[0031]** Eine andere günstige Betriebsweise, mit der besonders zugfestes Papier erzielt werden kann, sieht vor, daß auf die Bahn keine Scherkräfte ausgeübt werden. Auch dies setzt eine gewisse Ausbiegung der Mittelwalzen voraus.

**[0032]** Eine gewisse Reaktionskraft und Ausbiegung ist ohnehin erwünscht, damit die Walzenlager ständig eine gewisse Belastung erfahren und daher eine hohe Lebensdauer besitzen.

**[0033]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform hatten die Mittelwalzen 6 bis 11 einen Schlankheitsgrad

(Länge/Durchmesser) von etwa 14. Durch entsprechende Einstellung der Antriebsmomente der Einzelantriebe 27 wird zwangsweise eine zu starke Verbiegung der Walzen verhindert, so daß die Druckspannungswerte im Zulässigkeitsbereich bleiben und insbesondere kein Abheben der Walzen voneinander an ihren Enden auftritt.

**[0034]** Außerdem ist es möglich, gezielt für eine Frikation im Walzenspalt zu sorgen.

**[0035]** Von den dargestellten Beispielen kann in vielfacher Hinsicht abgewichen werden, ohne den Grundgedanken der Erfindung zu verlassen. Insbesondere kann der Kalanders 1 auch im In-line-Betrieb verwendet werden. Die Zahl der Walzen kann variieren, wobei die bevorzugten Werte zwischen vier und acht liegen. Hierbei können auch die Endwalzen 5 und 12 als elastische Walzen ausgelegt und harten Mittelwalzen benachbart sein.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Kalanders für ein Bahnmaterial, wie Papier, mit einem Walzenstapel, der zwischen zwei Endwalzen mindestens eine Mittelwalze aufweist, welche Walzen je einen eigenen Antrieb haben und in Stapelrichtung belastbar sind, **dadurch gekennzeichnet, daß** in mindestens einem Arbeitsspalt zumindest eine Mittelwalze aus der Mittelebene des Walzenstapels gezielt herausgebogen wird und die hierfür erforderlichen Reaktionskräfte durch entsprechende Einstellung der Antriebsmomente erzeugt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Verminderung der Druckspannung in den Randbereichen und/oder zur Erhöhung der Druckspannung in der Bahnmitte in wenigstens einem Arbeitsspalt der Unterschied in der Ausbiegung der den Arbeitsspalt begrenzenden Walzen vergrößert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Entlastung des Randbereichs ein Antrieb die führende Rolle bei der Übertragung des Antriebsmoments übernimmt, während zur Belastung des Randbereichs die Antriebsmomente gleichmäßiger verteilt sind.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** eine Regelung des Druckspannungsquerschnitts, bei der ein Bahnparameter über die Bahnbreite überwacht und bei Regelabweichung mindestens ein Teil der Korrektur durch Änderung der Antriebsmomente bewirkt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antriebsmomente

so gewählt sind, daß die Reaktionskräfte benachbarter Walzen und damit deren Ausbiegung ungleich Null und die Scherkräfte in der Bahn annähernd Null sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antriebsmomente so gewählt sind, daß der Kleinstwert der Reaktionskräfte ungleich Null ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine der Endwalzen benachbarte Mittelwalze zur gleichen Seite wie die Endwalze aus der Stapelebene herausgebogen wird.
8. Kalanders für ein Bahnmaterial, wie Papier, mit einem Walzenstapel, der zwischen zwei Endwalzen mindestens eine Mittelwalze aufweist, welche Walzen je einen eigenen Antrieb haben und in Stapelrichtung belastbar sind, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Mittelwalze (6 bis 11) einen Schlankheitsgrad über 10 hat und eine Steuervorrichtung (28) für die Zufuhr der Antriebsmomente (A5 bis A12) vorgesehen ist, welche die Reaktionskräfte ( $F_R$ ) an dieser Walze und damit deren Ausbiegung aus der Mittelebene des Stapels im Zulässigkeitsbereich hält.
9. Kalanders nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schlankheitsgrad 12 bis 16 beträgt.
10. Kalanders nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß**, der Schlankheitsgrad etwa 14 beträgt.
11. Kalanders nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die beiden Endwalzen (5, 12) des Stapels (4) einen Schlankheitsgrad  $\leq 10$  haben.
12. Kalanders nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** er off-line angeordnet werden kann.
13. Kalanders nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Durchmesser wenigstens einer Mittelwalze (6 bis 11) maximal 100 cm ist.

### Claims

1. Method of operating a calender for a web material such as paper, having a stack of rolls which has at least one intermediate roll between two end rolls,

which rolls each have their own drive and can be loaded in the direction of the stack, **characterized in that**, in at least one operating nip, at least one intermediate roll can specifically be deflected out of the mid-plane of the stack of rolls, and the reaction forces required for this are produced by appropriate adjustment of the drive torques.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that**, to reduce the compressive stress in the edge regions and/or to increase the compressive stress in the centre of the web in at least one operating nip, the difference in the deflection of the rolls bounding the operating nip is increased.

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, to relieve the load on the edge region, one drive takes over the leading rôle in transmitting the drive torque, while, to load the edge region, the drive torques are distributed more uniformly.

4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized by** control of the transverse compressive stress profile, in which a web parameter is monitored over the web width and, in the event of a control deviation, at least part of the correction is effected by changing the drive torques.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the drive torques are selected such that the reaction forces of adjacent rolls, and therefore their deflection, are not equal to zero and the shear forces in the web are approximately zero.

6. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the drive torques are selected such that the smallest value of the reaction forces is not equal to zero.

7. Method according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** an intermediate roll adjacent to the end roll is deflected out of the plane of the stack towards the same side as the end roll.

8. Calender for a web material such as paper, having a stack of rolls which has at least one intermediate roll between two end rolls, which rolls each have their own drive and can be loaded in the direction of the stack, in particular for implementing the method according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** at least one intermediate roll (6 to 11) has a slenderness ratio of more than 10, and a control apparatus (28) for supplying the drive torques (A5 to A12) is provided, which keeps the reaction forces ( $F_R$ ) on this roll and therefore its deflection from the mid-plane of the stack in the permissible range.

9. Calender according to Claim 8, **characterized in**

**that** the slenderness ratio is 12 to 16.

10. Calender according to Claim 8 or 9, **characterized in that** the slenderness ratio is about 14.

11. Calender according to one of Claims 8 to 10, **characterized in that** the two end rolls (5, 12) of the stack (4) have a slenderness ratio  $\leq 10$ .

12. Calender according to one of Claims 8 to 11, **characterized in that** it can be arranged off-line.

13. Calender according to one of Claims 1 to 12, **characterized in that** the diameter of at least one intermediate roll (6 to 11) is at most 100 cm.

## Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'une calandre pour un matériau en bande tel que du papier, comprenant un empilement de cylindres qui présente, entre deux cylindres d'extrémité, au moins un cylindre intermédiaire, lesquels cylindres présentent chacun leur entraînement propre et peuvent être sollicités dans la direction de l'empilement, **caractérisé en ce que** dans au moins une fente de travail au moins un cylindre intermédiaire est déformé vers l'extérieur de manière ciblée hors du plan médian de l'empilement de cylindres et les forces de réaction nécessaires pour cela sont produites par un ajustement correspondant des couples d'entraînement.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** pour réduire la tension de compression dans les régions marginales et/ou pour augmenter la tension de compression au milieu de la bande dans au moins une fente de travail, la différence de déformation vers l'extérieur des cylindres adjacents à la fente de travail est augmentée.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** pour décharger la région marginale, un entraînement reprend le rouleau de guidage lors du transfert du couple d'entraînement, tandis que pour solliciter la région marginale les couples d'entraînement sont répartis uniformément.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé par** une régulation du profil transversal de tension de compression, dans laquelle un paramètre de bande est contrôlé sur la largeur de la bande et dans le cas d'un écart de régulation au moins une partie de la correction est effectuée en modifiant les couples d'entraînement.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les couples d'entraî-

nement sont choisis de telle sorte que les forces de réaction de cylindres voisins et donc leur déformation vers l'extérieur soient différentes de zéro et que les forces de cisaillement dans la bande soient approximativement nulles.

5

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les couples d'entraînement sont choisis de telle sorte que la valeur la plus petite des forces de réaction soit différente de zéro. 10
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'un des cylindres intermédiaires voisins des cylindres d'extrémité est déformé vers l'extérieur hors du plan de l'empilement du même côté que le cylindre d'extrémité. 15
8. Calandre pour un matériau en bande, tel que du papier, comprenant un empilement de cylindres, qui présente au moins un cylindre intermédiaire entre deux cylindres d'extrémité, lesquels cylindres présentent chacun leur entraînement propre et peuvent être sollicités dans la direction de l'empilement, notamment pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce qu'**au moins un cylindre intermédiaire (6 à 11) a un degré d'allongement supérieur à 10 et un dispositif de commande (28) est prévu pour l'introduction des couples d'entraînement (A5 à A12), lequel maintient dans une plage acceptable les forces de réaction ( $F_R$ ) sur ce cylindre et donc sa déformation vers l'extérieur hors du plan médian de l'empilement. 20  
25  
30  
35
9. Calandre selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** le degré d'allongement est de 12 à 16.
10. Calandre selon la revendication 8 ou 9, **caractérisée en ce que** le degré d'allongement est d'environ 14. 40
11. Calandre selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, **caractérisée en ce que** les deux cylindres d'extrémité (5, 12) de l'empilement (4) présentent un degré d'allongement  $\leq 10$ . 45
12. Calandre selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisée en ce qu'**elle peut être disposée de manière séparée. 50
13. Calandre selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisée en ce que** le diamètre d'au moins un cylindre intermédiaire (6 à 11) est de 100 cm maximum. 55

Fig.1

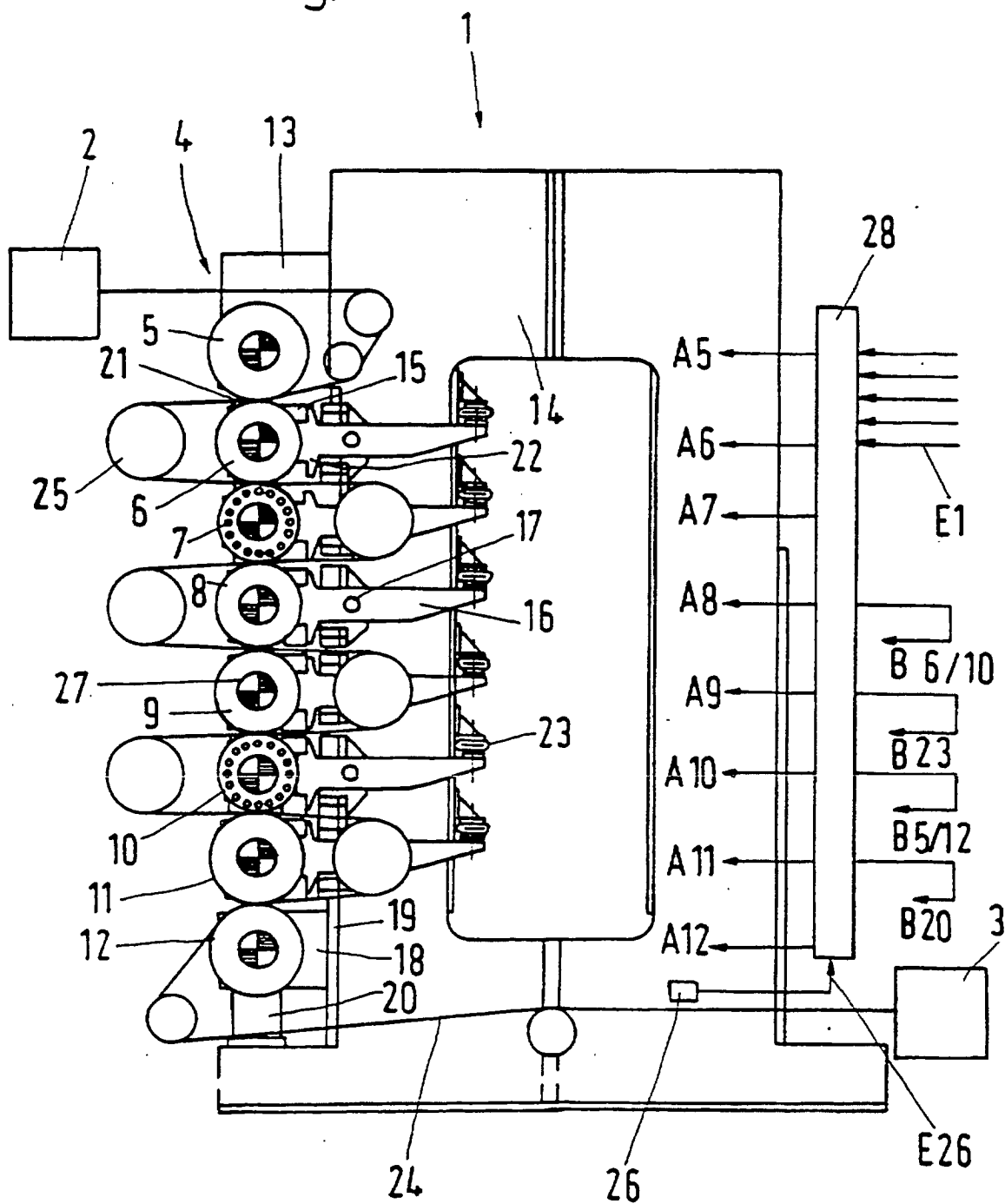


Fig.2

