



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 732 445 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den
Einspruch:

08.09.2004 Patentblatt 2004/37

(51) Int Cl.7: **D21G 1/00**, D21G 1/02

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
21.10.1998 Patentblatt 1998/43

(21) Anmeldenummer: **96103277.8**

(22) Anmeldetag: **04.03.1996**

(54) **Kalender für die Behandlung einer Papierbahn**

Calander for treating a paper web

Calandre pour le traitement d'une bande de papier

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FI FR GB

(30) Priorität: **09.03.1995 DE 19508351**
20.09.1995 DE 19534911

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.09.1996 Patentblatt 1996/38

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

(72) Erfinder:
• **Kayser, Franz**
47608 Geldern (DE)
• **Conrad, Hans-Rolf**
41539 Dormagen (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 027 270 DE-U- 29 504 034
GB-A- 202 753 US-A- 3 154 008
US-A- 5 237 915

- **TAPPI JOURNAL**, Bd. 76, Nr. 6, Juni 1993,
NORCROSS, GA., US, Seiten 115-119,
XP000420366 THOMAS J. LAUTERBACH:
"synthetic composite covers in supercalenders:
update"
- **TAPPI JOURNAL**, Bd. 74, Nr. 10, Oktober 1991,
NORCROSS, GA., US, Seiten 179-186,
XP000234497 JOHN D. PEEL: "supercalendering
and soft nip calendering compared"
- **Das Papier**, 16. Jahrgang, Heft 7, Juli 1962,
Seiten 277-285, **Heinz Mac und Peter Schlegel:**
"Untersuchungen über den Glättvorgang auf
dem Rollensatinierkalender"
- **Das Papier**, Heft 10A, 1992, Seiten V182-V189,
Peter Svenka: "Elastische Walzenbezüge für
Superkalender und Softkalender"

EP 0 732 445 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Kalanders nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Kalanders sind beispielsweise aus dem Prospekt "Die neuen Superkalender-Konzepts" der Firma Sulzer Papertec Krefeld GmbH aus Mai 1994 bekannt. Sie dienen dazu, gestrichene und ungestrichene Papiere zu satinieren, beispielsweise Druckpapiere oder Silikon-Rohpapiere. Als "harte" Walzen bezeichnet man Metallwalzen mit einer glatten und harten Oberfläche, die im wesentlichen für die Glätte und den Glanz verantwortlich sind. Als "weiche" Walzen bezeichnet man Walzen mit einer elastischen oder weichen Oberfläche, die im wesentlichen für eine gleichmäßige Verdichtung sorgen. Der Wechselspalt ist erforderlich, damit beide Seiten der Papierbahn eine etwa gleichmäßige Behandlung erfahren. Üblich ist es, einen Kalanders mit 12 bis 18 Walzen zu verwenden, wobei sich der Wechselspalt in der unteren Hälfte des Stapels befindet. Hiermit wird der Tatsache Rechnung getragen, daß die den Stapel von oben nach unten durchlaufende Papierbahn oben in geringerem Maße verformt wird als unten, weil die zu meist vom oberen Ende her wirkende Belastung durch die Gewichte der Walzen und eventuell damit verbundener Teile, wie überhängender Gewichte, nach unten hin zunimmt. Dies führt zu einer von oben nach unten zunehmenden Druckspannung und/oder Verweilzeit in den Arbeitsspalten. Diese Kalanders haben daher eine große Bauhöhe und sind aufgrund der großen Anzahl von Walzen sehr teuer. Ein gattungsgemäßer Kalanders ist aus "Das Papier" Juli 1962, Seiten 277 bis 285 bekannt. Es handelt sich um einen Laborkalanders mit 8 Walzen.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Kalanders der eingangs beschriebenen Art anzugeben, der weitgehend die gleichen Satinageergebnisse für eine bestimmte Papiersorte sicherstellt, aber eine kleinere Bauhöhe hat und dessen Herstellungs- und Betriebskosten geringer sind.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0005] Bei dieser Konstruktion ist die Anzahl der Arbeitsspalte oberhalb des Wechselspalts gleich oder nahezu gleich der Anzahl der Arbeitsspalte unterhalb des Wechselspalts und damit geringer als beim bekannten Superkalenders. Trotzdem wird nahezu das gleiche Satinageergebnis erzielt, weil - bei Beibehaltung einer maximal zulässigen Druckspannung im untersten Arbeitsspalt - wegen der geringeren Walzenzahl und wegen des geringeren Gewichtseinflusses der Walzen und eventuell damit verbundener Teile bereits im ersten Arbeitsspalt eine höhere Streckenlast als bisher wirken kann und die Streckenlastzunahme geringer als in den bekannten Fällen ist. Die weichen Walzen enthalten Hohlräume insbesondere kommen hierfür mit einem Bezug versehene Hohlröhre in Betracht. Damit wird dafür gesorgt, daß die Walzen selbst ein geringes Gewicht

haben. Dies geschieht bei den harten Walzen dadurch, daß sie den kleinstmöglichen Durchmesser erhalten. Bei den weichen Walzen sollte man anstelle der kompakten und schweren Walzen mit Papierbezug leichter bauende Konstruktionen verwenden.

[0006] Die Summe der Streckenlasten ist ein guter Anhaltspunkt für die mechanische Einwirkung auf das Papier. Auch wenn die Summe der Streckenlasten oberhalb des Wechselspalts nicht identisch mit der Summe der Streckenlasten unterhalb des Wechselspalts ist, erhält man dennoch den Forderungen der Praxis voll entsprechende, hervorragende Satinageergebnisse.

[0007] Da der Kalanders eine geringere Bauhöhe hat, benötigt man auch niedrigere Gebäude, was die Aufstellungskosten erheblich senkt. Des weiteren ist der Kalanders wegen der geringeren Walzenzahl sowohl in der Herstellung als auch im Betrieb kosten günstig.

[0008] Besonders empfehlenswert ist es, daß der Walzenstapel acht Walzen aufweist. Ein solcher B-Walzen-Kalanders, bei dem sich oberhalb und unterhalb des Wechselspalts je drei Arbeitsspalte befinden, leistet im wesentlichen dasselbe wie ein bekannter 12-Walzen-Kalanders. Die Bahnbehandlung unterhalb des Wechselspaltes ist in beiden Fällen gleich. Die Bahnbehandlung oberhalb des Wechselspaltes wird zwar unter Fortfall von vier Arbeitsspalten durchgeführt; hierbei handelt es sich aber um die Arbeitsspalte mit dem geringsten Verformungseinfluß. Bei der neuen Konstruktion dagegen kann eine sehr hohe Streckenlast bereits im ersten Arbeitsspalt angewendet werden, so daß die Papierbahn sofort eine erhebliche Verformung erfährt. Bei gleicher Druckspannung im untersten Arbeitsspalt wie bei einem 12-Walzen-Kalanders werden daher im obersten Arbeitsspalt eines B-WalzenKalenders Druckspannungen erreicht, die eine Gleichmäßigkeit im Satinageergebnis auf beiden Papierbahnseiten bewirken. Das heißt die drei Walzenspalte oberhalb des Wechselspalts beim 8-Walzen-Kalanders erzielen annähernd das gleiche Resultat wie beim 12-Walzen-Kalanders die ersten sieben Arbeitsspalte.

[0009] Die Kalandrierleistung läßt sich noch besser dadurch berücksichtigen, daß die Summe der Produkte aus Verweilzeit und mittlerer Druckspannung in den Arbeitsspalten oberhalb des Wechselspaltes mindestens 80 % der Summe der genannten Produkte in den Arbeitsspalten unterhalb des Wechselspalts beträgt. Denn Verweilzeit und Druckspannung sind zwei maßgebende Faktoren für die Papierverformung.

[0010] Um das wirksame Gewicht möglichst klein zu halten, empfiehlt es sich, daß die Wirkebene des Walzenstapels zur Vertikalen geneigt ist. Bei dieser Konstruktion geht jeweils nur die vertikale Komponente des Gewichts in die Erhöhung der Streckenlast ein.

[0011] Vorteile bietet es auch, wenn die weiche Walze einen Kunststoffmantel aufweist. Solche Bezüge sind wesentlich dünner als Papierbezüge und dementsprechend leichter.

[0012] Hierbei empfiehlt es sich ferner, daß die wei-

che Walze einen faserverstärkten Kunststoff, wie Epoxidharz aufweist. Durch die Faserverstärkung, insbesondere mit Kohlefasern, läßt sich Stabilität und geringes Gewicht miteinander vereinen.

[0013] Günstig ist es, daß die Ober- und/oder Unterwalze eine weiche Walze ist. Sind beide Endwalzen weich, ergibt sich ein 6-Walzen-Kalander. Wenn nur eine Endwalze weich ist, kann man Walzenstapel mit ungerader Walzenzahl vorsehen. Außerdem können weiche Endwalzen mit geringerem Gewicht als harte Endwalzen ausgeführt werden, was die Anpassung der Streckenlastsummen oberhalb und unterhalb des Wechselpalts erleichtert.

[0014] Eine besonders geringes Gewicht erzielt man dadurch, daß der Walzenmantel aus einem Material unzureichender Verschleißfestigkeit besteht und einen Bezug aus einem elastischen Kunststoff trägt, und daß der Kunststoff eine höhere Verschleißfestigkeit hat als das Mantelmaterial.

[0015] Dies gilt insbesondere, wenn der Walzenmantel aus Lamellengraphitguß, also einem Gußeisen mit lamellenförmigem Graphit, besteht. Dessen Wandstärke kann gegenüber einem Hartguß-Walzenmantel um fast 50 % reduziert werden. Allerdings ist dieser Grauguß nur wenig verschleißfest. Dieser Nachteil wird aber dadurch ausgeglichen, daß der Bezug aus elastischem Kunststoff als Verschleiß-Schutzschicht dient. Für diesen Zweck genügt eine Schichtdicke zwischen 8 und 15 mm, vorzugsweise 10 mm.

[0016] Eine Alternative sieht vor, daß der Walzenmantel aus Kugelgraphitguß, also einem Gußeisen mit kugelförmigem Graphit, besteht. Dies erlaubt eine Wandstärkenreduzierung gegenüber Hartguß von bis zu 59 %.

[0017] In weiterer Ausgestaltung ist dafür gesorgt, daß zumindest eine harte Walze beheizbar ist. Dies ermöglicht es, thermische Verformungsenergie zuzuführen, so daß insgesamt mit einer geringeren Streckenlast gearbeitet werden kann. Hinzu kommt aber, daß man durch unterschiedliche Beheizung in den verschiedenen Arbeitsspalten noch ein höheres Maß der Anpassung des Satinageergebnisses erzielen kann.

[0018] Mit Vorteil sind die Ober- und/oder Unterwalze beheizbar. Schon im ersten und auch im letzten Spalt ist daher Wärme zuführbar, was auf beiden Seiten der Papierbahn Korrekturmöglichkeiten bietet.

[0019] Besonders günstig ist es, daß zumindest die oberste Mittelwalze hart und beheizbar ist. Auch hier wird bereits im ersten Arbeitsspalt der Papierbahn Verformungsenergie in Form von Wärme zugeführt. Gegenüber einer sonst notwendigen Beheizung der Oberwalze hat dies aber den Vorteil, daß die Oberwalze sehr viel einfacher und billiger ausgeführt werden kann, geringeren Temperaturen ausgesetzt ist und stärker verformt werden darf, ohne daß die Abdichtung hierunter leidet.

[0020] Am günstigsten ist es allerdings, wenn alle harten Mittelwalzen beheizbar sind. Dadurch, daß man die

oberste und gegebenenfalls auch die unterste Mittelwalze als harte Walze ausbildet, kann man unter Beibehaltung der Gesamt-Walzenzahl die Zahl der harten und damit beheizbaren Mittelwalzen um eine erhöhen. Dies erlaubt es, auf einfache Weise mehr Wärmeenergie oder die gleiche Wärmeenergie auf einem tieferen Temperaturniveau zuzuführen.

[0021] Hierbei kann insbesondere die Beheizung mittels Wasserdampf erfolgen, der mit Überdruck zuführbar ist. Diese Art der Beheizung ist wesentlich einfacher und preisgünstiger als die Beheizung mit Öl, wie sie bei einer beheizten Durchbiegungsausgleichswalze erforderlich wäre.

[0022] Vorzüge bietet es auch, daß die Ober- und/oder Unterwalze eine durchbiegungssteuerbare Walze ist, bei der ein Walzenmantel über hydrostatische Stützelemente auf einem ihn durchsetzenden, drehfest gehaltenen Träger abgestützt ist. Die Durchbiegungssteuerung erlaubt es, die Streckenlast über die Breite der Papierbahn konstant zu halten, um so ein sehr gleichmäßiges Satinageergebnis zu erzielen.

[0023] Empfehlenswert ist es außerdem, daß die durchbiegungssteuerbare Walze eine Vielzonen-Steuerung aufweist, bei der den Stützelementen einzeln oder paarweise Druckflüssigkeit mit unterschiedlichem Druck zuführbar ist. Diese Vielzonen-Steuerung, bei der die einzelnen Stützelemente dicht nebeneinander angeordnet sind und eine axiale Breite von beispielsweise 5 bis 20 cm haben, führt in Verbindung mit einem weichen Walzenmantel zu einer individuellen Beeinflussung des Papiers über sehr schmale Bereiche bereits im obersten Arbeitsspalt, was von vornherein zu einer hohen Gleichmäßigkeit der gewünschten Parameter quer zur Papierbahn führt.

[0024] Die Erfindung wird nachstehend anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kalanders,
- Fig. 2 eine abgewandelte Ausführungsform,
- Fig. 3 einen Schnitt durch eine weiche Walze,
- Fig. 4 schematisch einen 6-Walzen-Kalander,
- Fig. 5 schematisch einen 9-Walzen-Kalander und
- Fig. 6 schematisch einen 7-Walzen-Kalander.

[0025] Der in Fig. 1 veranschaulichte Kalander 1 weist einen Walzenstapel auf, der aus acht Walzen besteht, nämlich einer beheizbaren, durchbiegungssteuerbaren harten Oberwalze 2, einer weichen Walze 3, einer beheizbaren harten Walze 4, einer weichen Walze 5, einer weichen Walze 6, einer beheizbaren harten Walze 7, einer weichen Walze 8 und einer beheizbaren, durchbiegungssteuerbaren harten Unterwalze 9. Auf diese Weise ergeben sich sechs Arbeitsspalte 10 bis 15, die je durch eine harte Walze und eine weiche Walze begrenzt sind, und in deren Mitte ein Wechselpalt 16, der durch zwei weiche Walzen 5 und 6 begrenzt ist.

[0026] Eine Papierbahn 17 wird aus einer Papiermaschine 18 zugeführt, durchläuft unter der Führung von Leitrollen 19 die Arbeitsspalte 10 bis 12, den Wechsellspalt 16 und die Arbeitsspalte 13 bis 15, worauf sie in einer Vorrichtung 20 aufgewickelt wird. In den drei oberen Arbeitsspalten 10 bis 12 liegt die Papierbahn mit der einen Seite, in den drei unteren Arbeitsspalten 13 bis 15 mit der anderen Seite an den harten Walzen an, so daß beidseitig die gewünschte Oberflächenstruktur, beispielsweise Glanz oder Glätte erreicht wird.

[0027] Wegen der direkten Verbindung des Kalenders 1 mit der Papiermaschine 18 ergibt sich ein in-line-Betrieb. Aus diesem Grund besitzt jede der Walzen 2 bis 9 einen eigenen Antrieb 21. Dies ermöglicht ein Einziehen der Papierbahn 17 während des Betriebes.

[0028] Ein Steuergerät 23 hat mehrere Funktionen:

a) Über eine Leitung 24 wird die Kraft P festgelegt, mit der die Oberwalze 2 nach unten gedrückt wird, wobei die Unterwalze 9 zweckmäßigerweise ortsfest gehalten ist. Die Belastung kann auch in umgekehrter Richtung erfolgen, wobei die Kraft P auf die Unterwalze 9 wirkt und die Oberwalze 2 ortsfest gelagert ist.

b) Über die Leitungen 25 und 26 werden die Vorrichtungen 27 bzw. 28 zum Durchbiegungsausgleich der Oberwalze 2 und der Unterwalze 9 mit Druckmittel beaufschlagt. Diese Vorrichtungen sorgen dafür, daß über die Länge der Walzen eine gleichmäßige Druckspannung herrscht, wie dies an-sich bekannt ist. Hierfür können alle üblichen Vorrichtungen verwendet werden, insbesondere solche, bei denen Stützelemente nebeneinander in einer Reihe angeordnet sind und einzeln oder zonenweise mit unterschiedlichem Druck beaufschlagt werden können.

c) Die Walzen 2, 4, 7 und 9 sind beheizbar, wie dies durch Pfeile H angedeutet ist. Die Heizenergie wird über strichpunktierte Pfade 27 bis 30 zugeführt. Dies kann durch elektrische Beheizung, durch Strahlungsheizung, mit Hilfe eines Wärmeträgers u dgl erfolgen.

[0029] Bei einer Belastung des Stapels durch eine Kraft P ergibt sich im ersten Arbeitsspalt 10 eine Streckenlast f_1 , die von der Kraft P und dem wirksamen Gewicht der Oberwalze 2 abhängt, im zweiten Arbeitsspalt 11 eine Streckenlast f_2 , die von der Kraft P und den Gewichten der beiden oberen Walzen 2 und 3 abhängt, und so fort bis zur Streckenlast f_6 , die von der Kraft P und den wirksamen Gewichten sämtlicher Walzen 2 bis 8 abhängt.

[0030] Erfindungsgemäß soll der zusätzliche Gewichtseinfluß möglichst klein gehalten werden. Hierfür können verschiedene Maßnahmen einzeln oder in Kombination vorgesehen sein:

1) Die harten Walzen 4 und 7 haben den kleinstmöglichen Durchmesser.

2) Die Wirkebene des Walzenstapels ist schräg gestellt, also zur Vertikalen geneigt (Fig. 2). Daher wirkt die Gewichtskomponente G einer jeden Walze nur mit einer Komponente $G \cdot \sin \alpha$ in Richtung der Streckenlast.

3) Die weichen Walzen, z.B. 3, weisen ein Tragrohr oder Walzenmantel 32 aus einem Material unzureichender Verschleißfestigkeit mit einem Hohlraum 33 auf. Auf dem Walzenmantel ist ein Kunststoffbezug 34 angeordnet, der beispielsweise aus faserverstärktem Epoxidharz bestehen kann. Eine solche weiche Walze ist wesentlich leichter als eine übliche Walze mit einem Bezug aus Fasermaterial und hat infolge des Kunststoffbezuges eine hohe Verschleißfestigkeit.

4) Überhängende Gewichte, die das wirksame Gewicht der Walze verstärken, werden in an sich bekannter Weise durch eine Stützvorrichtung kompensiert, was beispielsweise im Rahmen eines Kalenders mit an Schwenkhebeln gelagerten Walzen geschehen kann (vgl. EP 0 285 942 B1).

[0031] In Folge der geringen Zahl von nur acht Walzen und dem geringen Gewichtseinfluß dieser Walzen ist bei einer vorgegebenen Streckenlast f_6 im untersten Arbeitsspalt 15 im obersten Arbeitsspalt 10 eine Streckenlast f_1 vorhanden, die weit über den bisher üblichen Werten liegt. Dies gilt auch für die Streckenlasten f_2 und f_3 in den Arbeitsspalten 11 und 12. Daher ist die Behandlung in den drei ersten Arbeitsspalten 10, 11 und 12 der Behandlung in den drei letzten Arbeitsspalten 13, 14 und 15 so stark angenähert, daß auch der Satinageffekt auf beiden Seiten der Papierbahn weitgehend gleich ist. Eventuell noch notwendige Korrekturen können mit Hilfe unterschiedlicher Beheizung der beheizbaren Walzen 2, 4, 7 und 9 vorgenommen werden.

[0032] Zwecks richtiger Bemessung ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Summe der Streckenlasten $f_1 + f_2 + f_3$ der obersten Arbeitsspalte 10, 11 und 12 mindestens 80 % der Summe der Streckenlasten $f_4 + f_5 + f_6$ der drei untersten Arbeitsspalte 13, 14 und 15 ist.

[0033] Zu ähnlichen Ergebnissen führt es, wenn man nicht die Streckenlast in den einzelnen Spalten, sondern die Verweilzeit t und die Druckspannung p in jedem Arbeitsspalt berücksichtigt, indem die Summe der Produkte $t \cdot p$ für die drei obersten Arbeitsspalte mit der Summe dieser Produkte für die drei unteren Arbeitsspalte verglichen wird. Auch hier sollte die obere Summe mindestens 80 % der unteren Summe betragen.

[0034] Bei einem Ausführungsbeispiel mit vertikalem Walzenstapel gemäß Fig. 1 besaß der Kalender eine Breite von 8,5 m und eine Bahngeschwindigkeit von 800 m/min. Allein durch eine Gewichtseinsparung bei den

weichen Walzen von rund 40 % erreichte die Summe der Produkte aus mittlerer Druckspannung p und Verweilzeit t in den Arbeitsspalten oberhalb des Wechselspaltes 16 einen Wert von 82 % der Summe der Produkte in den unterhalb des Wechselspaltes gelegenen Arbeitsspalten. Durch weitere der angeführten Maßnahmen lassen sich beim vertikalen Stapel noch höhere Werte von beispielsweise 83 bis 86 % erzielen. Mit Sonderkonstruktionen, wie dem geneigten Stapel, sind auch darüber liegende Werte erreichbar.

[0035] Als Druckspannung p im Arbeitsspalt, insbesondere im untersten Spalt ergaben sich Werte zwischen 45 und 60 N/mm². Mit Hilfe der Beheizung H erhielten die beheizbaren Walzen 2, 4, 7 und 9 eine Oberflächentemperatur zwischen 100 und 150° C. Die Durchmesser der weichen Walzen und die Elastizität ihres Belages 34 waren so gewählt, daß sich eine Spaltbreite von etwa 2 bis 15 mm, vorzugsweise etwa 8 mm ergab. Dies führt in Abhängigkeit von der Bahngeschwindigkeit zu Verweilzeiten t in jedem Arbeitsspalt von 0,1 bis 0,9, vorzugsweise 0,2 bis 0,5 ms. Bevorzugt wird es, wenn die Temperatur T nur wenig über der unteren Grenze liegt, also beispielsweise bei 110° C, wenn die Druckspannung p nur wenig über der unteren Grenze liegt, beispielsweise bei 50 N/mm². Gegenüber einem 12-Walzen-Kalender genügen daher geringfügige Erhöhungen der thermischen und mechanischen Energie, um dieselben Satinierungsergebnisse bei einem 8-Walzen-Kalender zu erzielen.

[0036] Nach dem gleichen Prinzip kann auch ein 4-Walzen-Kalender aufgebaut werden, der für einfachere Anwendungszwecke ausreicht, aber ebenfalls eine auf beiden Seiten etwa gleiche Satinage bewirkt.

[0037] Der in Fig. 4 veranschaulichte Walzenstapel weist eine weiche Oberwalze 102 und eine weiche Unterwalze 109 auf. Der genau in der Mitte befindliche Wechselspalt 116 wird durch zwei weiche Walzen 105 und 106 begrenzt. Zwei harte Walzen 103 und 107, welche den Endwalzen 102 und 109 benachbart sind, werden mit Wasserdampf, der mit Überdruck zugeführt wird, beheizt.

[0038] Bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen befand sich der Wechselspalt genau in der Mitte des eine gerade Anzahl von Walzen aufweisenden Walzenstapels. Nachstehend werden Stapel mit einer ungeraden Walzenanzahl beschrieben.

[0039] In Fig. 5 ist ein 9-Walzen-Kalender veranschaulicht, der eine weiche Oberwalze 202, aber eine harte Unterwalze 209 aufweist. Der Wechselspalt 216 ist zwischen der weichen mittelsten Walze 205 und der weichen Nachbarwalze 206 angeordnet. Im übrigen wechseln beheizte harte Mittelwalzen mit weichen Walzen ab.

[0040] Beim Walzenstapel gemäß Fig. 6 werden insgesamt sieben Walzen verwendet. Es ist eine harte Oberwalze 302 und eine weiche Unterwalze 309 vorgesehen. Der Wechselspalt 316 befindet sich zwischen der weichen mittelsten Walze 305 und der benachbar-

ten weichen Walze 306. Im übrigen wechseln beheizte harte mittlere Walzen mit weichen Walzen ab.

[0041] Bei den Ausführungsbeispielen der Fig. 4 bis 6 ist angedeutet, daß die Oberwalzen und Unterwalzen in ähnlicher Weise wie in Fig. 1 mit hydraulischen Stützelementen versehen sind. Die Walzenmäntel können ähnlich wie in Fig. 3 aufgebaut sein und beispielsweise ein Tragrohr aus Kugel- oder Lamellengraphitguß aufweisen und einen Bezug aus elastischem Kunststoff tragen.

Patentansprüche

1. Kalender mit einem Walzenstapel, der zwischen jeweils einer harten und einer weichen Walze gebildete Arbeitsspalte (10 bis 15) und einen zwischen zwei weichen Walzen gebildeten Wechselspalt (16) aufweist, für die Behandlung einer Papierbahn, die in den Arbeitsspalten jeweils für eine Verweilzeit einer Druckspannung ausgesetzt ist, wobei der Walzenstapel weniger als 10 Walzen aufweist und der Wechselspalt (16) in der Mitte des Stapels angeordnet ist, d.h. bei gerader Walzenzahl zwischen den beiden mittelsten Walzen und bei ungerader Walzenzahl zwischen der mittelsten Walze und einer benachbarten Walze, **dadurch gekennzeichnet**, daß unter Verwendung von Hohlräumen (33) enthaltenden weichen Walzen (3) das wirksame Gewicht der Walzen (2 bis 8) und eventuell damit verbundener Teile so gering ist, daß die Summe der Strecklasten ($f_1 + f_2 + f_3$) der Arbeitsspalte (10, 11, 12) oberhalb des Wechselspaltes (16) mindestens 80 % der Summe der Strecklasten ($f_4 + f_5 + f_6$) der Arbeitsspalte (13, 14, 15) unterhalb des Wechselspaltes (16) beträgt.
2. Kalender nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Walzenstapel acht Walzen (2 bis 9) aufweist.
3. Kalender nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Summe der Produkte aus Verweilzeit (t) und mittlerer Druckspannung (P) in den Arbeitsspalten (10, 11, 12) oberhalb des Wechselspaltes (16) mindestens 80 % der Summe der genannten Produkte in den Arbeitsspalten (13, 14, 15) unterhalb des Wechselspaltes (16) beträgt.
4. Kalender nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wirkebene des Walzenstapels zur Vertikalen geneigt ist.
5. Kalender nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die weiche Walze (3) einen Kunststoffmantel (34) aufweist.
6. Kalender nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **da-**

durch gekennzeichnet, daß die weiche Walze (3) einen faserverstärkten Kunststoff aufweist.

7. Kalanders nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ober- und/oder Unterwalze (102, 109; 202; 309) eine weiche Walze ist. 5
8. Kalanders nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die weiche Walze (102, 109; 202, 309) einen Walzenmantel (32) aufweist, der aus einem Material unzureichender Verschleißfestigkeit besteht und einen Bezug (34) aus einem elastischen Kunststoff trägt, und daß der Kunststoff eine höhere Verschleißfestigkeit hat als das Mantelmaterial. 10
9. Kalanders nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Walzenmantel (32) aus Lamellengraphitguß besteht. 15
10. Kalanders nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Walzenmantel (32) aus Kugellgraphitguß besteht. 20
11. Kalanders nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** zumindest eine harte Walze (2, 4, 7, 9) beheizbar ist. 25
12. Kalanders nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ober- und/oder Unterwalze (2, 9) hart und beheizbar ist. 30
13. Kalanders nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** zumindest die oberste Mittelwalze (4; 103) hart und beheizbar ist. 35
14. Kalanders nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** alle harten Mittelwalzen (4, 6, 8, 11, 13; 103, 107) beheizbar sind. 40
15. Kalanders nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Beheizung mittels Wasserdampf erfolgt, der mit Überdruck zuführbar ist. 45
16. Kalanders nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ober- und/oder Unterwalze (2, 9; 102, 109; 202, 209; 302, 309) eine durchbiegungssteuerbare Walze ist, bei der ein Walzenmantel über hydrostatische Stützelemente (27, 28) auf einem ihn durchsetzenden, drehfest gehaltenen Träger abgestützt ist. 50
17. Kalanders nach Anspruch 7 und 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** die durchbiegungssteuerbare Walze (102, 109; 202; 309) eine Vielzonen-Steuerung aufweist, bei der den Stützelementen (27, 28) einzeln oder paarweise Druckflüssigkeit mit unter-

schiedlichem Druck zuführbar ist.

Claims

1. Calender with a roll stack which comprises working gaps (10 to 15) formed in each case between a hard roll and a soft roll, and a change-over gap (16) formed between two soft rolls, for the treatment of a paper web which in the working gaps in each case for a dwell time is exposed to a compressive stress, wherein the roll stack comprises less than 10 rolls and the change-over gap (16) is arranged at the centre of the stack, i.e. in the case of an even number of rolls between the two most central rolls and in the case of an uneven number of rolls between the most central roll and an adjacent roll, **characterised in that**, using soft rolls (3) containing cavities (33), the effective weight of the rolls (2 to 8) and any associated parts is so low that the sum of the line loads ($f_1 + f_2 + f_3$) of the working gaps (10, 11, 12) above the change-over gap (16) is at least 80% of the sum of the line loads ($f_4 + f_5 + f_6$) of the working gaps (13, 14, 15) below the change-over gap (16).
2. Calender according to claim 1, **characterised in that** the roll stack comprises eight rolls (2 to 9).
3. Calender according to claim 1 or 2, **characterised in that** the sum of the products of dwell time (t) and mean compressive stress (P) in the working gaps (10, 11, 12) above the change-over gap (16) is at least 80% of the sum of said products in the working gaps (13, 14, 15) below the change-over gap (16).
4. Calender according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the working plane of the roll stack is inclined to the vertical.
5. Calender according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** the soft rolls (3) comprise a plastic casing (34).
6. Calender according to any of claims 1 to 5, **characterised in that** the soft roll (3) comprises a fibre-reinforced plastic.
7. Calender according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** the upper and/or lower roll (102, 109; 202; 309) is a soft roll.
8. Calender according to any of claims 1 to 7, **characterised in that** the soft roll (102, 109; 202; 309) comprises a roll casing (32) which is made of a material with inadequate wear resistance and carries a covering (34) made of a resilient plastic, and **in that** the plastic has a higher wear resistance than

the casing material.

9. Calender according to claim 8, **characterised in that** the roll casing (32) is made of lamellar graphite cast iron. 5
10. Calender according to claim 8, **characterised in that** the roll casing (32) is made of spheroidal graphite cast iron. 10
11. Calender according to any of claims 1 to 10, **characterised in that** at least one hard roll (2, 4, 7, 9) can be heated. 15
12. Calender according to any of claims 1 to 11, **characterised in that** the upper and/or lower roll (2, 9) is hard and can be heated. 20
13. Calender according to any of claims 1 to 11, **characterised in that** at least the uppermost centre roll (4; 103) is hard and can be heated. 25
14. Calender according to claim 13, **characterised in that** all the hard centre rolls (4, 6, 8, 11, 13; 103, 107) can be heated. 30
15. Calender according to claim 13 or 14, **characterised in that** heating takes place by means of steam which can be supplied at excess pressure. 35
16. Calender according to any of claims 1 to 15, **characterised in that** the upper and/or lower roll (2, 9; 102, 109; 202, 209; 302, 309) is a roll that can be controlled for deflection, in which a roll casing is supported by means of hydrostatic supporting elements (27, 28) on a non-rotatably held carrier passing through it. 40
17. Calender according to claims 7 and 16, **characterised in that** the roll (102, 109; 202; 309) that can be controlled for deflection comprises a multi-zone control system in which compressed fluid can be supplied at different pressure to the supporting elements (27, 28) individually or in pairs. 45

Revendications

1. Calandre avec un empilement de cylindres qui comporte des fentes de travail (10 à 15) formées à chaque fois entre un cylindre dur et un cylindre mou et une fente de retournement (16) formée entre deux cylindres mous, pour le traitement d'une bande de papier qui est soumise dans les fentes de travail à une contrainte de pression à chaque fois pendant un certain temps de séjour, l'empilement de cylindres comportant moins de 10 cylindres et la fente de retournement (16) étant disposée au milieu de 50

l'empilement, c'est-à-dire entre les deux cylindres, les plus au centre dans le cas d'un nombre pair de cylindres et entre le cylindre le plus au centre et un cylindre adjacent dans le cas d'un nombre impair de cylindres, **caractérisée en ce que**, en utilisant des cylindres mous (3) contenant des espaces creux (33), le poids effectif des cylindres (2 à 8) et d'éventuelles pièces liées à ces cylindres est si petit que la somme des charges linéaires ($f_1 + f_2 + f_3$) des fentes de travail (10, 11, 12) au-dessus de la fente de retournement (16) vaut au moins 80 % de la somme des charges linéaires ($f_4 + f_5 + f_6$) des fentes de travail (13, 14, 15) au-dessous de la fente de retournement (16).

2. Calandre selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'empilement de cylindres comporte huit cylindres (2 à 9).
3. Calandre selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la somme des produits du temps de séjour (t) et de la contrainte de pression moyenne (P) dans les fentes de travail (10, 11, 12) au-dessus de la fente de retournement (16) vaut au moins 80 % de la somme desdits produits dans les fentes de travail (13, 14, 15) au-dessous de la fente de retournement (16).
4. Calandre selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le plan d'action de l'empilement de cylindres est incliné par rapport à la verticale.
5. Calandre selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** le cylindre mou (3) comporte un manchon en matière plastique (34).
6. Calandre selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** le cylindre mou (3) comporte une matière plastique renforcée par des fibres.
7. Calandre selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** le cylindre supérieur (102 ; 202) et/ou le cylindre inférieur (109 ; 309) sont des cylindres mous.
8. Calandre selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** le cylindre mou (102, 109 ; 202, 309) comporte un manchon de cylindre (32), qui est en un matériau ayant une résistance insuffisante à l'usure et qui porte un revêtement (34) en une matière plastique élastique, et **en ce que** la matière plastique a une plus grande résistance à l'usure que le matériau du manchon.
9. Calandre selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** le manchon de cylindre (32) est en fonte à graphite lamellé.

10. Calandre selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** le manchon de cylindre (32) est en fonte à graphite sphéroïdal.
11. Calandre selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce qu'**au moins un cylindre dur (2, 4, 7, 9) peut être chauffé. 5
12. Calandre selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisée en ce que** le cylindre supérieur (2) et/ou le cylindre inférieur (9) sont durs. et peuvent être chauffés. 10
13. Calandre selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisée en ce qu'**au moins le cylindre central le plus haut (4 ; 103) est dur et peut être chauffé. 15
14. Calandre selon la revendication 13, **caractérisée en ce que** tous les cylindres centraux durs (4, 6, 8, 11, 13 ; 103, 107) peuvent être chauffés. 20
15. Calandre selon la revendication 13 ou 14, **caractérisée en ce que** le chauffage s'effectue au moyen de vapeur d'eau qui est amenée avec une surpression. 25
16. Calandre selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisée en ce que** le cylindre supérieur (2 ; 102 ; 202 ; 302) et/ou le cylindre inférieur (9 ; 109 ; 209 ; 309) sont des cylindres, pouvant être contrôlés en flexion, dans lesquels un manchon de cylindre est appuyé par l'intermédiaire d'éléments de soutien (27, 28) hydrostatiques sur un support qui le traverse et qui est fixe en rotation. 30
17. Calandre selon les revendications 7 et 16, **caractérisée en ce que** les cylindres pouvant être contrôlés en flexion (102, 109 ; 202 ; 309) comportent une commande à plusieurs zones dans laquelle un fluide de pression peut être amené avec une pression différente aux éléments de soutien (27, 28) contrôlés individuellement ou par paire. 35 40

45

50

55

