



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.01.2003 Patentblatt 2003/03

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

(21) Anmeldenummer: **02014376.4**

(22) Anmeldetag: **28.06.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Scheideler, Eva, Dr.-Ing.**
89564 Nattheim (DE)
• **Van Haag, Rolf, Dr.-Ing.**
47647 Kerken (DE)
• **Wolf, Robert, Dipl.-Ing.**
89542 Herbrechtingen (DE)

(30) Priorität: **12.07.2001 DE 10133888**

(71) Anmelder: **Voith Paper Patent GmbH**
89522 Heidenheim (DE)

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

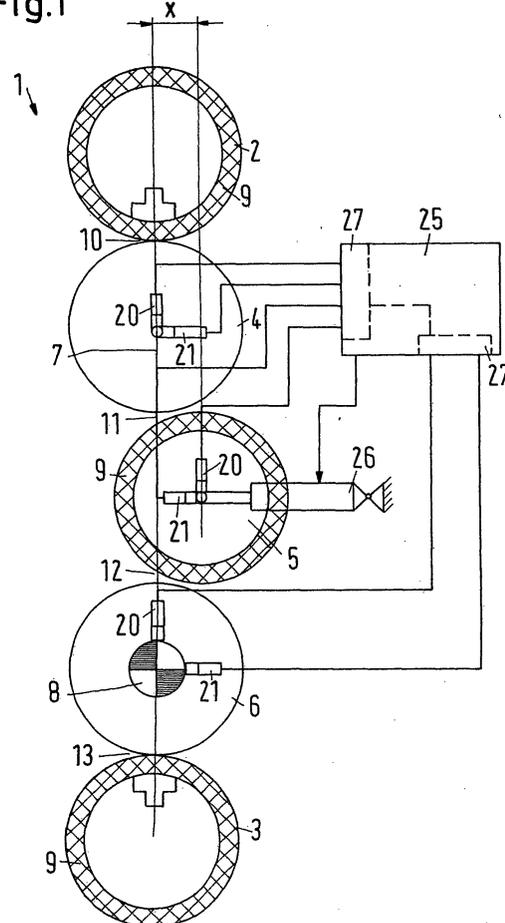
(54) **Verfahren zum Betreiben eines Kalenders und Kalender**

(57) Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Kalenders und ein Kalender angegeben mit einem Walzenstapel (2-6), der zwei Endwalzen (2,3) und dazwischen mehrere Mittelwalzen (4-5) aufweist, die in einer Pressenrichtung (7) aneinander anliegen, wobei mindestens eine Walze (2,3,5) eine elastische Oberfläche (9) aufweist.

Man möchte die Standzeit der Walzen mit elastischer Oberfläche verlängern.

Hierzu ermittelt man bei mindestens einer Walze (5) fortlaufend eine Schwingung und nimmt einen Walzenversatz quer zur Pressenrichtung (7) in Abhängigkeit von der Schwingung vor. Hierzu ist ein Regler vorgesehen, mit dem Schwingungsaufnahmeeinrichtungen (20,21) verbunden sind und der wiederum mit einem Stellantrieb (26) an mindestens einer Walze verbunden ist.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Kalenders mit einem Walzenstapel, der zwei Endwalzen und dazwischen mehrere Mittelwalzen aufweist, die in einer Pressenrichtung aneinander anliegen, wobei mindestens eine Walze eine elastische Oberfläche aufweist. Ferner betrifft die Erfindung einen Kalender mit einem Walzenstapel, der zwei Endwalzen und dazwischen mehrere Mittelwalzen aufweist, wobei mindestens eine Walze eine elastische Oberfläche aufweist.

[0002] Derartige Kalender werden insbesondere zum Satinieren von Papier- oder Kartonbahnen verwendet. Die Erfindung wird im folgenden anhand der Behandlung einer Papierbahn beschrieben. Sie ist aber in gleicher Weise bei anderen Materialbahnen anwendbar, bei denen ähnliche Probleme auftreten.

[0003] Beim Satinieren einer Papierbahn wird die Papierbahn durch den Kalender geleitet und in Nips, die zwischen einer harten und einer weichen Walze, d.h. einer Walze mit elastischer Oberfläche, gebildet sind, mit erhöhtem Druck und gegebenenfalls auch mit erhöhter Temperatur beaufschlagt. Bei Kalendern neuerer Bauart, beispielsweise den "Janus"-Kalendern, kommen Walzen zum Einsatz, die mit einem Kunststoffbelag bezogen sind. Man kann nun beobachten, daß es in vielen Fällen nach einer gewissen Betriebszeit zu Querstreifen auf der Papierbahn kommt. Sobald diese Streifen sichtbar werden, ist die Papierbahn unbrauchbar und bildet Ausschuß. Die Ursachen dieser sogenannten Barring-Bildung sind derzeit noch nicht restlos geklärt. Man nimmt aber an, daß es sich hierbei um Auswirkungen einer Schwingungserscheinung handelt. Schwingungen sind in einem Kalender aber praktisch unvermeidbar.

[0004] Bei der Barring-Bildung wird die weiche Walze verändert und zwar an ihrer elastischen Oberfläche. Es ist noch nicht abschließend geklärt, wie diese Veränderung genau aussieht. Man nimmt derzeit folgende Möglichkeiten an: Die Walze bekommt eine Welligkeit an der Oberfläche, d.h. eine Berg- und Talstruktur, die Walze wird vieleckig oder die Walze bekommt in Umfangsrichtung abwechselnd Zonen unterschiedlicher Oberflächengüte, beispielsweise unterschiedlicher Rauigkeit. Unabhängig von der konkreten Art der Veränderung zeigen sich nach der Barring-Bildung periodische, in Axialrichtung verlaufende Streifen am Umfang der Walze. Entsprechende Streifen zeigen sich dann an der Papierbahn, wobei spätestens ab dem Sichtbarwerden der Streifen die Papierbahn als Ausschuß zu betrachten ist.

[0005] Wenn eine Barring-Erscheinung auftritt, muß die Walze, die die Barring-Bildung verursacht, ausgebaut und überschleift oder abgedreht werden. Die Standzeit einer derartigen Walze ist also begrenzt.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Standzeit einer derartigen Walze zu erhöhen.

[0007] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der

eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß man bei mindestens einer Walze fortlaufend eine Schwingung ermittelt und einen Walzenversatz quer zur Pressenrichtung in Abhängigkeit von der Schwingung vornimmt.

[0008] Man verwendet also eine Regelung, um die Ausbildung von Barring-Mustern zu verhindern. In der Regel läßt sich ein Barring-Muster auf der Oberfläche einer Walze schon feststellen, bevor sich dieses Barring-Muster in Form von Querstreifen in die Papierbahn einprägt. Wenn man also rechtzeitig Maßnahmen ergreift, um die stärkere Ausprägung des Barring-Musters zu stören, dann läßt sich die Standzeit der Walze erhöhen. Hierbei geht man von folgenden Überlegungen aus:

[0009] Ein Walzenstapel, der aus mehreren Walzen gebildet ist, hat eine Vielzahl von Eigenfrequenzen. Hierbei sind nicht die Eigenfrequenzen der einzelnen Walzen für sich, wie etwa Biegeeigenfrequenzen, gemeint, sondern die Eigenschwingungsformen, die sich aus den schwingenden Walzenmassen auf den Feder- und Dämpfersystemen der dazwischengeschalteten Kunststoffbeläge der "weichen" Walzen ergeben. Ein laufender Kalender erzeugt Erregerkräfte, deren Frequenzen sich aus dem Vielfachen der Walzendrehzahlen zusammensetzen. Diese Erregerkräfte können in Inhomogenitäten, Anisotropien oder Geometriefehlern (Unrundheiten) begründet sein. Ebenfalls können Papierdickenschwankungen der den Kalender durchlaufenden Papierbahn den Walzenstapel anregen. Eine in den Kalender einlaufende Papierbahn ist vor dem Glättprozeß noch sehr rau. Zudem ist eine Papierbahn nie frei von Flächengewichts- bzw. Dickenschwankungen. Analysiert man diese Schwankungen mit Hilfe einer FFT-Analyse auf ihre Frequenzen, so stellt man in der Regel ein breitbandiges Rauschen fest, in dem sämtliche Frequenzen enthalten sind. Trifft eine dieser Erregerfrequenzen auf eine Eigenfrequenz, so antwortet das Schwingungssystem des Kalenders mit vergrößerten Schwingungsausschlägen. Aufgrund der Vielzahl der möglichen Erreger und der Vielzahl der möglichen Eigenschwingungsformen lassen sich diese Resonanzstellen konstruktiv nicht umgehen. In der Regel ist das Schwingungssystem auch so stark gedämpft und die Erregerkräfte sind so klein, daß die resultierenden Schwingbewegungen unmittelbar nicht störend sind. Über einen mehr oder weniger langen Zeitraum prägen sich diese Schwingbewegungen jedoch in die Kunststoffbeläge der elastischen Walzen ein.

[0010] Üblicherweise werden die zur Eigenfrequenz nächstliegenden ganzzahligen Vielfachen der Walzendrehfrequenz als Muster auf den Walzen eingepreßt. Hierdurch erfolgt eine Rückkopplung der Schwingung. Die Schwingungsausschläge nehmen dann exponentiell zu. Sie äußern sich einerseits in einem erhöhten Schallpegel (bis mehr als 120 dB(A)) und andererseits in periodischen Dickenschwankungen der durchlaufenden Papierbahn. In der Praxis werden unterschiedliche Zeiträume beobachtet, in denen sich diese Rückkopp-

lungerscheinungen, die sich in Barrings äußern, ausbilden. Meist vergehen einige Tage oder Wochen, bis diese Erscheinung so stark angewachsen ist, daß sie den Produktionsprozeß stört.

[0011] Man kann nun bereits relativ früh Maßnahmen ergreifen, die die Ausbildung von Barring-Mustern auf den elastischen Walzen verhindern oder stören. Hierzu werden lediglich Schwingungen ermittelt. Mit einer gewissen Erfahrung oder mit Maßnahmen, die weiter unten angegeben sind, kann man nun das Rückkoppelverhalten des Walzenstapels oder sogar des ganzen Kalanders verändern, so daß sich eine begonnene Ausbildung von Barring-Mustern zumindest nicht weiter vergrößert. In der Regel wird man bei einer gezielten Regelung, die auf die Schwingungen reagiert, eine Rückbildung der Barring-Muster erreichen können. Hierbei nimmt man zwar in Kauf, daß sich erneut Barring-Muster mit anderen Frequenzen ausbilden. Da aber die Regelung fortlaufend wirkt, kann man den Walzenversatz auch zu mehreren Zeitpunkten nacheinander durchführen, wobei die Zeitabstände zwischen zwei Verstellungen des Walzenversatzes durch den Schwingungszustand des Kalanders bestimmt sind.

[0012] Vorzugsweise nimmt man den Walzenversatz vor, wenn die Schwingung eine Frequenz enthält, die einer von mehreren Vorgabefrequenzen entspricht. Die Schwingung, die man ermittelt, wird in der Regel ein breites Spektrum an Frequenzen enthalten, die unterschiedlichste Ursachen haben. Nicht zu vernachlässigen ist hierbei der Einfluß der Papierbahn, die nach dem Verlassen der Papiermaschine eine gewisse Oberflächenrauigkeit hat und damit eine Anregung für die Schwingungen liefert. Von den Frequenzen sind jedoch nur einige wenige Frequenzen kritisch. Es reicht also aus, wenn man eine Frequenzanalyse der Schwingung vornimmt und "nachschauf", ob die kritischen Frequenzen enthalten sind. Da diese kritischen Frequenzen vorgegeben werden, werden sie als "Vorgabefrequenzen" bezeichnet.

[0013] Vorzugsweise wird ein Versatz vorgenommen, wenn der Anteil mit der Frequenz eine vorbestimmte Amplitude überschreitet. Auch kritische Frequenzen sind nicht in jedem Fall von Anfang an störend. Sie sind, wenn sie mit kleiner Amplitude auftreten, lediglich ein Warnsignal. Man kann nun eine gewisse Toleranzschwelle vorsehen und einen Versatz nur dann vornehmen, wenn eine vorbestimmte Amplitude überschritten wird. Man riskiert dabei zwar, daß Barring-Muster anfangen, sich auszubilden. Der Betrieb des Kalanders wird dann aber weniger oft verändert, wodurch weitere Störungsmöglichkeiten klein gehalten werden.

[0014] Vorzugsweise existiert zu jeder Vorgabefrequenz eine Wellenlänge, die einem ganzzahligen Bruchteil des Umfangs einer Walze entspricht. Wenn man die Barring-Muster auf der Oberfläche einer Walze analysiert, stellt man fest, daß es sich hierbei um ein Wellenmuster handelt, bei dem die Wellenlänge einem ganzzahligen Bruchteil des Walzenumfangs entspricht.

Barring-Muster mit anderen Wellenlängen wird man nicht beobachten können, weil sich bei diesen anderen Barring-Mustern laufend eine Umformung ergeben müßte, die eine endgültige Ausbildung eines derartigen Barring-Musters verhindert. Bei Barring-Mustern, bei denen ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge genau den Umfang der Walze ergibt, ist dieses Auslösen nicht gegeben. Man kann aber jedem dieser Barring-Muster eine bestimmte Frequenz zuordnen, die u. a. auch von der Umfangsgeschwindigkeit der betreffenden Walze abhängt. Auf diese Weise ist es relativ einfach, die Vorgabefrequenzen zu errechnen.

[0015] Vorzugsweise ermittelt man zumindest an jeder Mittelwalze die Schwingung und beschränkt die Vorgabefrequenzen auf Wellenlängen, die an der entsprechenden Walze auftreten. Diese Vorgehensweise hat mehrere Vorteile. Zum einen ist die Schwingung, die an einer Walze auftritt, mit wesentlich geringeren Dämpfungen unmittelbar an dieser Walze abnehmbar als an anderen Walzen. Die Information über die Walzenschwingung steht also unmittelbar zur Verfügung. Zum anderen muß man eine wesentlich geringere Anzahl von Vorgabefrequenzen beachten. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Walzen des Walzenstapels unterschiedliche Umfänge aufweisen. Diese Situation tritt aber in der Regel auf, insbesondere dann, wenn eine oder mehrere Walzen mit elastischen Belägen bereits einmal überarbeitet worden sind. In diesem Fall vermindert man den Verarbeitungsaufwand, da nur weniger Informationen ausgewertet werden müssen. Die Regelung kann dann schneller erfolgen.

[0016] Vorzugsweise versetzt man die Walze um eine Strecke, die von der Wellenlänge der Frequenz abhängt. Da über die ermittelte Frequenz die Wellenlänge des Barring-Musters bekannt ist, kann man nun diese Information auswerten und die Walze quer zur Pressenrichtung um einen Betrag versetzen, in den diese Wellenlängeninformation einfließt. Dabei kann man erreichen, daß bei bestimmten Versatz-Strecken eine Ausbildung des Barring-Musters rückgängig gemacht wird. Bei abweichenden Versatz-Strecken kann eine weitere Ausbildung des Barring-Musters zumindest gehemmt werden.

[0017] Hierbei ist besonders bevorzugt, daß man die Walze um eine Strecke versetzt, bei der ein Weglängenunterschied zwischen zwei Nips entsteht, der im Bereich von einer viertel bis einer halben Wellenlänge liegt. Würde man einen Walzenversatz vornehmen, bei dem der Weglängenunterschied genau eine Wellenlänge beträgt, hätte man sicherlich keinen positiven Effekt. Bei längeren Weglängenunterschieden müßte man die Walze entsprechend weiter versetzen, wobei man das Risiko in Kauf nehmen müßte, eine ungünstige Änderung der Geometrie des Walzenstapels zu erhalten. Wenn man hingegen den Versatz auf relativ kurze Weglängenunterschiede zwischen einer viertel und einer halben Wellenlänge beschränkt, dann hat man auch einen entsprechend kleinen Versatz der Walze quer zur

Pressenrichtung und erhält trotzdem den vorteilhaften Effekt, daß sich die Barring-Muster zurückbilden oder zumindest nicht weiter ausprägen.

[0018] Vorzugsweise versetzt man die Walze um eine Strecke, die im Bereich von einer achteil bis einer viertel Wellenlänge liegt. Dies gilt bei Mittelwalzen, bei denen die Walzenoberfläche bei einer Umdrehung zwei Nips durchläuft. Um einen Weglängenunterschied auf der Oberfläche zwischen zwei Nips von einer viertel oder einer halben Wellenlänge zu bewirken, ist es dann lediglich erforderlich, die Walze um die Hälfte des Weglängenunterschiedes zu versetzen. Dann wird auf der einen Walzenseite der Weglängenunterschied um das Doppelte des Walzenversatzes vergrößert, während er auf der anderen Seite der Walze um das Doppelte der Versatzstrecke verkleinert wird. Wenn man also den Weglängenunterschied um eine viertel Wellenlänge ändern will, ist lediglich eine Versatzbewegung um eine achteil Wellenlänge erforderlich. Die Versatzbewegung beschränkt sich daher auf eine Länge in der Größenordnung von 10 mm.

[0019] Die Aufgabe wird bei einem Kalanders der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß an mindestens einer Walze eine Schwingungsaufnahmeeinrichtung angeordnet ist, die mit einem Regler verbunden ist, der mit einem Verstellantrieb mindestens einer Walze verbunden ist.

[0020] Man etabliert also einen Regelkreis, der eine Walze in Abhängigkeit von Schwingungen verstellt, die an dieser oder einer anderen Walze auftreten. Man ist also nicht mehr auf eine zufällige Verstellung nach dem Prinzip des Probierens angewiesen. Auch muß man die Walzen nicht fortlaufend verstellen, um die Schwingungsbildung an irgendeinem Betriebspunkt zu unterbinden. Man kontrolliert vielmehr, ob sich Schwingungen bestimmter Art ausbilden. Wenn sich derartige Schwingungen ausbilden, greift der Regler ein und verstellt über den Verstellantrieb die Walze.

[0021] Hierbei ist bevorzugt, daß die Schwingungsaufnahmeeinrichtung mit einer Frequenzanalyseeinrichtung verbunden ist. Die Frequenzanalyseeinrichtung stellt fest, welche Frequenzen in der Schwingung enthalten sind. Wie oben ausgeführt, sind nicht alle Frequenzen kritisch. Man kann also die Tätigkeit des Reglers auf bestimmte Frequenzen beschränken.

[0022] Vorzugsweise weist die Schwingungsaufnahmeeinrichtung mehrere Schwingungsaufnehmer auf, die auf unterschiedliche Richtungen ausgerichtet sind. Man kann dadurch die auszuwertende Information verdichten. Schwingungen, die beispielsweise ihre Hauptschwingungsrichtung parallel zur Axialrichtung der Walzen haben, sind für die Barring-Bildung weniger kritisch als Schwingungen, die radial zur Walzenachse gerichtet sind.

[0023] Vorzugsweise ist die Schwingungsaufnahmeeinrichtung zumindest an jeder Mittelwalze angeordnet. Man ermittelt also die Schwingungen an jeder Mittelwalze. Dies hat den Vorteil, daß man zum einen die Schwin-

gung jeder Mittelwalze an der Mittelwalze selbst feststellen kann, so daß sie nicht durch einen Übertragungsweg über andere Walzen gedämpft oder sogar verfälscht worden ist. Zum anderen kann man sich bei der Auswertung auf die kritischen Frequenzen beschränken, die an der speziellen Walze auftreten können. Schließlich läßt sich dann, wenn die Schwingung an jeder Walze, zumindest an jeder Mittelwalze, einzeln ermittelt wird, gezielter eine Maßnahme treffen, um die Ausbildung eines Barring-Musters an jeder Walze zu verhindern.

[0024] Vorzugsweise sind zumindest die Mittelwalzen an Hebeln angeordnet und der Verstellantrieb wirkt auf den Hebel. Dies ist eine relativ einfache Maßnahme, um den Versatz der jeweiligen Walze senkrecht zur Pressenrichtung zu bewirken.

[0025] Für die Ausbildung des Verstellantriebs gibt es nun eine Reihe von Möglichkeiten.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß der Verstellantrieb eine Exzenterbüchse aufweist, in der ein Lagerpunkt des Hebels angeordnet ist. Durch ein Verdrehen der Exzenterbüchse um eine Achse, die parallel zur Walzenachse verläuft, läßt sich ein Lagerpunkt des Hebels, beispielsweise der Drehpunkt, relativ zur Pressenrichtung verändern.

[0027] In einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, daß der Hebel in einem Kulissenstein gelagert ist, der einen Linearantrieb aufweist. Der Linearantrieb bewirkt zunächst eine translatorische Verschiebung des Kulissensteins, beispielsweise mit Hilfe einer Gewindespindel. Der Kulissenstein nimmt dabei den Hebel mit, so daß die Walze letztendlich wieder senkrecht zur Pressenrichtung verlagert werden kann.

[0028] Schließlich kann auch vorgesehen sein, daß der Hebel längenveränderbar ausgebildet ist. Eine derartige Ausbildung läßt sich beispielsweise durch eine Teleskopoder eine Prismenführung realisieren, bei der zwei Bestandteile des Hebels relativ zueinander verschoben werden.

[0029] In einer weiteren alternativen Ausgestaltung kann vorgesehen sein, daß zwischen dem Hebel und einem Lagergehäuse eine Gelenkverbindung mit einem Kippantrieb vorgesehen ist. Damit lassen sich relativ genau Versatzbewegungen der Walze einstellen.

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

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kalanders von der Seite,

Fig. 2 einen Ausschnitt der Darstellung des Kalanders nach Fig. 1 von vorne,

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Ausbildung eines Barring-Musters und

Fig. 4 verschiedene Möglichkeiten zum Versatz einer Walze.

[0031] Fig. 1 zeigt schematisch einen Kalanders 1 mit zwei Endwalzen 2, 3, die als Durchbiegungswalzen ausgebildet sind, und drei Mittelwalzen 4 - 6, die zusammen einen Walzenstapel bilden. Der Walzenstapel weist eine Walzenebene 7 auf, in der die Achsen aller Walzen 2 - 6 liegen, wenn die Walzen 2 - 6 exakt übereinander angeordnet sind. In dieser Walzenebene 7 liegt für die Zwecke der nachfolgenden Beschreibung auch die Pressenrichtung, d.h. die Richtung, in der die Walzen 2 - 6 gegeneinander gedrückt werden.

[0032] Weitere Einzelheiten des Kalanders sind nur schematisch dargestellt, wie ein Antrieb 8, oder ganz weggelassen, wie Mittel zur Beheizung von einzelnen Walzen. Die beiden Endwalzen 2, 3 und die mittlere Walze 5 weisen aber einen elastischen Belag 9 auf, der übertrieben dick dargestellt ist.

[0033] Die Walzen 2 - 6 bilden beim Betrieb des Kalanders in bekannter Weise Nips 10 - 13, durch die eine zu behandelnde Materialbahn geführt wird. Alle Nips sind hier als sogenannte weiche Nips ausgebildet, da sie von einer harten und von einer weichen Walze begrenzt werden.

[0034] An den Zwischenwalzen sind Schwingungsaufnehmer 20, 21, 22 (Fig. 2) angeordnet, die eine Schwingung der Mittelwalzen 4 - 6 ermitteln. Die Schwingungsaufnehmer 20 - 22 sind vorzugsweise am Lager 23, genauer gesagt am Lagergehäuse 24 angeordnet. Hierbei ermitteln die Schwingungsaufnehmer 20 Schwingungen in vertikaler Richtung, die Schwingungsaufnehmer 21 Schwingungen senkrecht zur Walzenebene, d.h. der Ebene durch die Mittelachsen der (unversetzten) Walzen 2 - 6, und der Schwingungsaufnehmer 22 Schwingungen in axialer Richtung. Allgemein kann man sagen, daß die Schwingungsaufnehmer 20 - 22 im Grunde beliebige Schwingungsrichtungen ermitteln können, solange die Richtungen orthogonal zueinander stehen.

[0035] Die Schwingungsaufnehmer 20 - 22 sind verbunden mit einem Regler 25, der wiederum auf einen Verstellantrieb 26 einwirkt. Der Regler 25 weist noch eine Frequenzanalyseeinrichtung 27 auf, die mit einem nicht näher dargestellten Komparator und einem Schwellwertelement gekoppelt sein können. Die Frequenzanalyseeinrichtung 27 ermittelt aus den Schwingungen, die von den Schwingungsaufnehmern 20 - 22 aufgenommen werden, den amplitudenmäßigen Anteil, der jeweils einer Frequenz (oder einem engen Frequenzbereich) zugeordnet werden kann. Wenn die Amplitude einer Frequenz einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet und diese Frequenz als kritisch angesehen werden kann, weil sie mit einer Wellenlänge in Beziehung gesetzt wird, deren ganzzahliges Vielfaches dem Umfang der entsprechenden Walze entspricht, dann wird der Verstellantrieb 26 in Betrieb gesetzt, um die entsprechende Walze quer zur Pressen-

richtung zu verstellen. Dies ist in Fig. 1 schematisch für die mittlere Walze 5 dargestellt. Es liegt aber auf der Hand, daß im Grunde alle Walzen 2 - 6 verstellt werden können.

[0036] Man kann nun beobachten, daß sich nach einem Walzenversatz um die Strecke X das Schwingungsverhalten der Walzen ändert. Besonders günstige Verhältnisse ergeben sich dann, wenn man bei der Versatzbewegung X bestimmte Randbedingungen beachtet, die im folgenden anhand von Fig. 3 erläutert werden sollen.

[0037] In Fig. 3 dargestellt sind die Walze 5, die darüber befindliche Walze 4 und die darunter befindliche Walze 6. Mit übertrieben großen Amplituden sind verschiedene Bezugswelligkeiten dargestellt und zwar eine Welligkeit, bei der sieben Wellen um den Umfang der Walze 5 herumlaufen, eine mit acht Wellen und eine mit neun Wellen. Die Anzahlen $n = 7, 8, 9$ wurden aus Gründen der Übersicht gewählt. Bei realen Walzen werden sich über den Umfang der Walze entsprechend mehr Wellen einstellen, beispielsweise in der Größenordnung von 30 bis 50. Bei derart vielen Wellen, die um den Umfang der Walze 5 verlaufen, kann man in erster Näherung davon ausgehen, daß bei einer kleinen Versatzbewegung der Walze 5 gegenüber der Walzenebene 7, die kleiner ist als eine Wellenlänge, die Krümmung der Walze 5 keine Rolle spielt.

[0038] Wenn der Regler 25 nun ermittelt hat, daß eine kritische Frequenz, die man entweder vorher aus Erfahrungswerten vorgegeben oder auf sonstige Weise ermittelt hat, mit einer vorbestimmten Amplitude auftritt, dann ist zu erwarten, daß zu dieser Frequenz auch eine bestimmte Wellenlänge λ gehört, mit der sich das Barring-Muster an der Oberfläche der Walze ausprägt. Man versetzt dann die Walze 5 gegenüber der Walzenebene 7, d.h. gegenüber den Nips 11, 12 so, daß die Entfernung zwischen den beiden Nips 11, 12 auf der einen Seite um eine halbe Wellenlänge $\lambda/2$ vergrößert und auf der anderen Seite um diese halbe Wellenlänge $\lambda/2$ verkleinert wird. Hierzu ist lediglich ein Versatz X erforderlich, der $X = \lambda/4$ entspricht, weil sich dadurch der gewünschte Weglängenunterschied zwischen den beiden Nips 11, 12 ergibt.

[0039] Bei einem Weglängenunterschied von $\lambda/2$ entsteht an den Punkten des Umfangs der Walze 5, die zuvor stark belastet worden sind und wo sich dementsprechend Wellentäler ausgebildet haben, keine Belastung. Diese Belastung entsteht vielmehr an den Wellenbergen, an denen bisher die entsprechende Belastung gefehlt hat. Die Belastungen ergeben sich durch die Schwingungsbewegungen der drei Walzen 4, 5, 6 relativ zueinander. Man kann durch einen Weglängenunterschied von $\lambda/2$ also erreichen, daß sich ein bereits ausgebildetes Barring-Muster wieder umprägt und im Laufe der Zeit verschwindet. Man riskiert dabei zwar, daß sich ein anderes Barring-Muster ausbildet, dessen Wellenlänge in der Nähe der Wellenlänge des ursprünglichen Barring-Musters liegt. Wenn also das ursprüngliche

Barring-Muster eine Wellenlänge U/n hatte, wobei U der Umfang der Walze 5 ist, dann hat das neue Barring-Muster möglicherweise eine Wellenlänge von $U/(n \pm 1)$. Bis ein derartiges neues Barring-Muster aber so weit ausgeprägt ist, daß es stört, vergeht einige Zeit.

[0040] Eine Verminderung der Rückkopplung kann bereits bei einer Phasenverschiebung zwischen zwei Nips 11, 12 von $X = \lambda/4$ erreicht werden. Da sowohl für die Rückkopplung durch die Materialbahn als auch für die Rückkopplung über die Walzenoberfläche eine Verminderung bzw. Auslöschung der Störung erreicht werden soll, sollte eine Verschiebung gewählt werden, bei der sowohl die Phasenverschiebung für das Papier als auch die Phasenverschiebung für die Walze im Bereich von $\lambda/4$ bis $\lambda/2$ liegt. Angestrebt wird hier eine Phasenverschiebung durch den Regler 25, die näher bei $\lambda/2$ liegt. Der Gefahr, die mit einer Phasenverschiebung von $\lambda/2$ verbunden ist, nämlich daß sich nach dem Auslöschen des Anfangsmusters ein neues Muster ausprägt, wird durch die Regelung entgegengewirkt. Sobald mit Hilfe der Schwingungsmessung Einprägungsfrequenzen mit vorbestimmten Amplituden erkennbar werden, wobei diese Amplituden auch relativ klein sein können, wird ein neuer Walzenversatz ermittelt und eingestellt, der wiederum eine Auslöschung bewirkt. Die Zeitabstände zwischen zwei Verstellungen des Walzenversatzes sind demnach durch den Schwingungszustand des Kalenders bestimmt.

[0041] Fig. 4 zeigt nun verschiedene Möglichkeiten, um den Walzenversatz zu bewirken. Die Erläuterung erfolgt in allen Fällen am Beispiel der Mittelwalze 5, die in einem Lagergehäuse 30 gelagert ist, das sich am vorderen Ende eines Hebels 31 befindet.

[0042] Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 4a ist der Hebel 31 mit einem Lagerpunkt 32 in einer Exzenterbüchse 33 gelagert. Wenn die Exzenterbüchse 33 verdreht wird, dann ändert sich die Position der Walze 5 in horizontaler Richtung.

[0043] Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 4b ist der Hebel 31 in einem Kulissenstein 34 gelagert, der in einem Gehäuse 35 durch einen Linearantrieb 36, der nur schematisch dargestellt ist, im Gehäuse 35 verschoben werden kann. Der Linearantrieb kann beispielsweise als Gewindespindel realisiert werden. Auch mit einer Gewindespindel sind relativ genaue Verstellbewegungen möglich.

[0044] Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 4c ist der Hebel 31 längenveränderbar ausgebildet, was durch einen Doppelpfeil 37 dargestellt ist. Der Hebel 31 kann beispielsweise eine Teleskop- oder eine Prismenführung aufweisen. Der Antrieb der beiden gegeneinander verschiebbaren Teile des Hebels kann ebenfalls über eine Gewindespindel (nicht näher dargestellt) erfolgen.

[0045] Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 4d ist das Lagergehäuse 30 über ein Drehgelenk 38 mit dem Hebel 31 verbunden. Das Drehgelenk 38 ist am unteren Ende einer Befestigungsplatte 39 angeordnet, die wiederum am Hebel 31 befestigt ist. Eine Anbringung am

oberen Ende ist selbstverständlich auch möglich. Ein schematisch dargestellter Kippantrieb 40 ist vorgesehen, um das Lagergehäuse 30 gegenüber dem Hebel 31 um ein definiertes Maß zu kippen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kalenders mit einem Walzenstapel, der zwei Endwalzen und dazwischen mehrere Mittelwalzen aufweist, die in einer Pressenrichtung aneinander anliegen, wobei mindestens eine Walze eine elastische Oberfläche aufweist, **dadurch gekennzeichnet, daß** man bei mindestens einer Walze fortlaufend eine Schwingung ermittelt und einen Walzenversatz quer zur Pressenrichtung in Abhängigkeit von der Schwingung vornimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** man den Walzenversatz vornimmt, wenn die Schwingung eine Frequenz enthält, die einer von mehreren Vorgabefrequenzen entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Walzenversatz vorgenommen wird, wenn der Anteil mit der Frequenz eine vorbestimmte Amplitude überschreitet.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** zu jeder Vorgabefrequenz eine Wellenlänge existiert, die einem ganzzahligen Bruchteil des Umfangs einer Walze entspricht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** man zumindest an jeder Mittelwalze die Schwingung ermittelt und die Vorgabefrequenzen auf Wellenlängen beschränkt, die an der entsprechenden Walze auftreten.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** man die Walze um eine Strecke versetzt, die von der Wellenlänge der Frequenz abhängt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** man die Walze um eine Strecke versetzt, bei der ein Weglängenunterschied zwischen zwei Nips entsteht, der im Bereich einer viertel bis einer halben Wellenlänge liegt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** man die Walze um eine Strecke versetzt, die im Bereich von einem achteil bis einer viertel Wellenlänge liegt.
9. Kalender mit einem Walzenstapel, der zwei Endwalzen und dazwischen mehrere Mittelwalzen auf-

weist, wobei mindestens eine Walze eine elastische Oberfläche aufweist, **dadurch gekennzeichnet, daß** an mindestens einer Walze (4 - 6) eine Schwingungsaufnahmeeinrichtung (20 - 22) angeordnet ist, die mit einem Regler (25) verbunden ist, der mit einem Verstellantrieb (26) mindestens einer Walze (5) verbunden ist. 5

10. Kalender nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schwingungsaufnahmeeinrichtung (20 - 22) mit einer Frequenzanalyseeinrichtung (27) verbunden ist. 10
11. Kalender nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schwingungsaufnahmeeinrichtung (20 - 22) mehrere Schwingungsaufnehmer aufweist, die auf unterschiedliche Richtungen ausgerichtet sind. 15
12. Kalender nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schwingungsaufnahmeeinrichtung zumindest an jeder Mittelwalze (3 - 5) angeordnet ist. 20
13. Kalender nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** zumindest die Mittelwalzen (3 - 5) an Hebeln (31) angeordnet sind und der Verstellantrieb (26) auf den Hebel (31) wirkt. 25
14. Kalender nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verstellantrieb eine Exzenterbüchse (33) aufweist, in der ein Lagerpunkt (32) des Hebels (31) angeordnet ist. 30
15. Kalender nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hebel (31) in einem Kulissenstein (34) gelagert ist, der einen Linearantrieb (36) aufweist. 35
16. Kalender nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hebel (31) längenveränderbar ausgebildet ist. 40
17. Kalender nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen dem Hebel (31) und einem Lagergehäuse (30) eine Gelenkverbindung (38) mit einem Kippantrieb (40) vorgesehen ist. 45

50

55

Fig.1

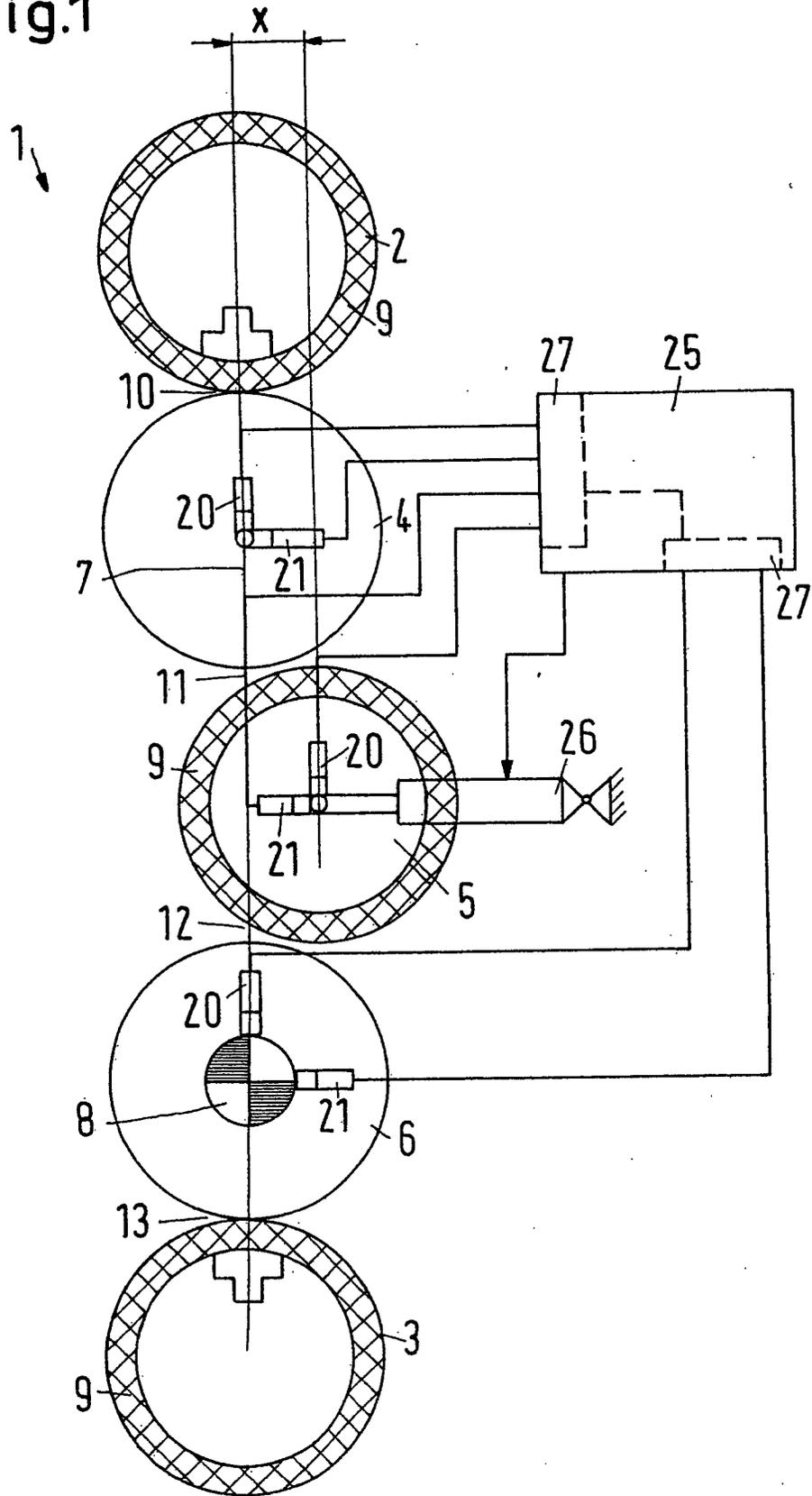


Fig.2

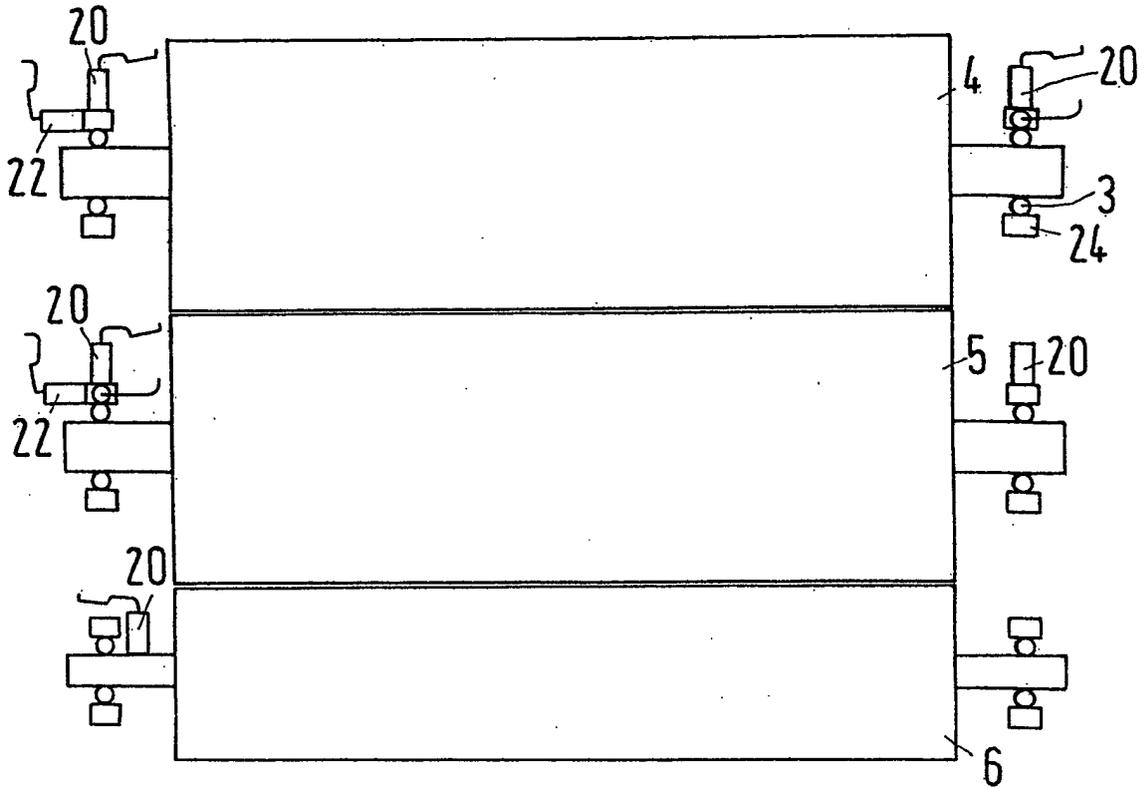


Fig.3

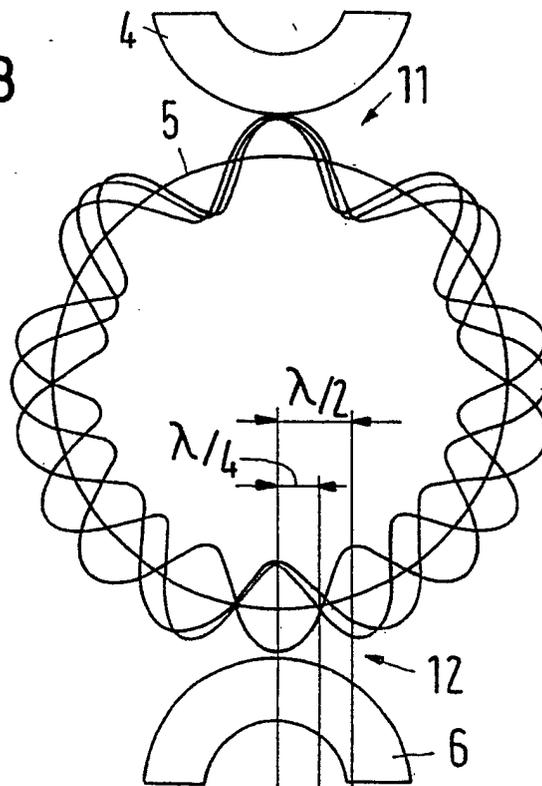


Fig.4a

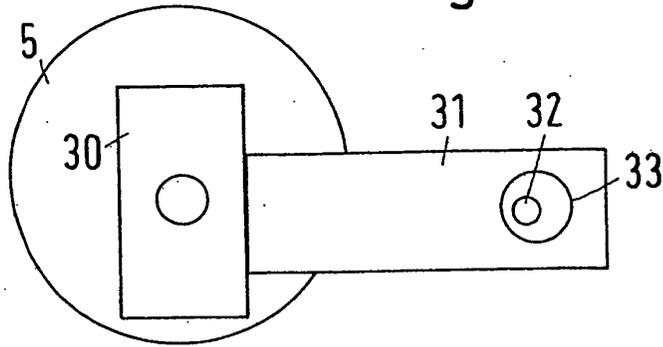


Fig.4b

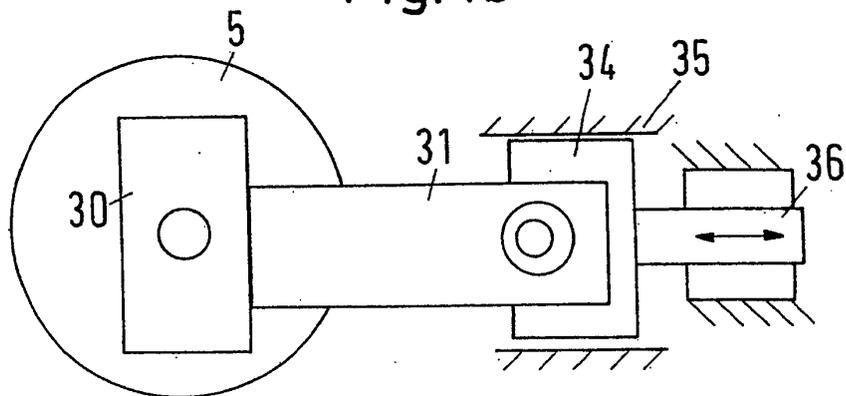


Fig.4c

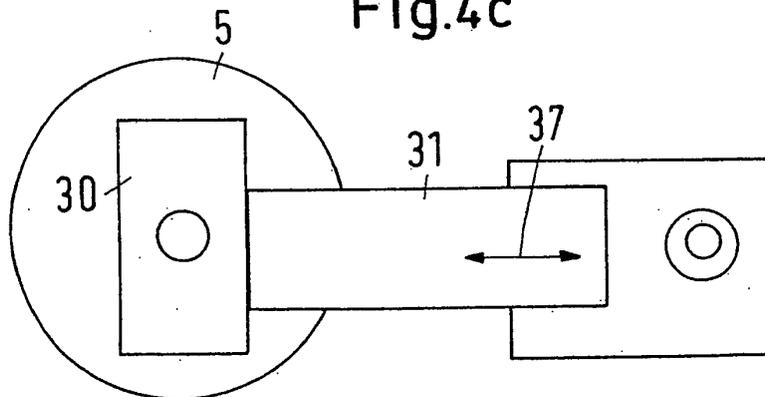
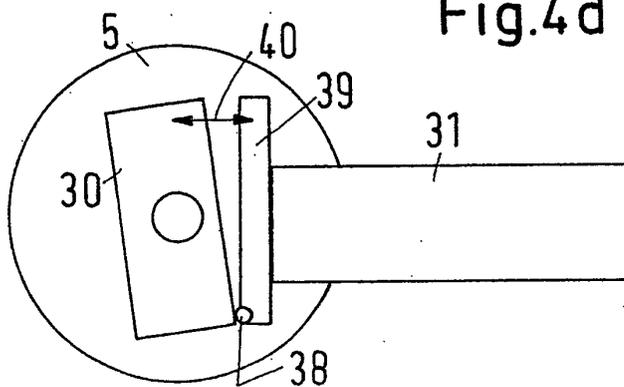


Fig.4d





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
P,X	EP 1 127 977 A (VOITH PAPER PATENT GMBH) 29. August 2001 (2001-08-29) * Absätze [0001], [0002], [0009], [0017], [0030], [0034] *	9-12	D21G1/00
A	---	1	
X	US 5 961 899 A (MILLER LANE R ET AL) 5. Oktober 1999 (1999-10-05) * Spalte 5, Zeile 3 - Spalte 6, Zeile 10; Abbildungen 1,3-6 *	9,10	
A	---	1	
Y	EP 0 949 378 A (VOITH SULZER PAPIERTECH PATENT) 13. Oktober 1999 (1999-10-13) * Absätze [0015],[0029],[0043]; Abbildung 3 *	9	
Y	WO 99 25921 A (VALMET CORP ;SUOMI EERO (FI); KARJALAINEN ARTO (FI); MAEENPAEAE TA) 27. Mai 1999 (1999-05-27) * Seite 7, Zeile 19 - Seite 8, Zeile 4 *	9	
Y	M. HERMANSKI: "Barringbildung am Glättkalander einer Papiermaschine" DAS PAPIER, Nr. 9, 1995, Seiten 581-590, XP001118222 * Seite 582, letzter Absatz *	9	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (Int.Cl.7) D21G
A	US 3 044 392 A (MINARIK RUDOLF G) 17. Juli 1962 (1962-07-17) * das ganze Dokument *	1,9	

		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
MÜNCHEN	17. Oktober 2002	Pregetter, M	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03 82 (P/94C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 01 4376

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	Y.N. CHEN ET.AL.: "Calender barring on paper machines-practical conclusions and recommendations" TAPPI JOURNAL, Bd. 58, Nr. 8, 1975, Seiten 147-151, XP002216957 * das ganze Dokument * -----	1,9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
MÜNCHEN	17. Oktober 2002	Pregetter, M	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503, 03.82 (P04CC03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 01 4376

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-10-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1127977	A	29-08-2001	DE 10008800 A1	20-09-2001
			EP 1127977 A2	29-08-2001
			US 2002060021 A1	23-05-2002

US 5961899	A	05-10-1999	WO 9904181 A2	28-01-1999

EP 0949378	A	13-10-1999	DE 19815339 A1	14-10-1999
			EP 0949378 A1	13-10-1999
			US 6199476 B1	13-03-2001

WO 9925921	A	27-05-1999	FI 974255 A	21-04-1999
			AU 1034099 A	07-06-1999
			CA 2310068 A1	27-05-1999
			EP 1032731 A1	06-09-2000
			WO 9925921 A1	27-05-1999
			JP 2001523774 T	27-11-2001

US 3044392	A	17-07-1962	KEINE	

EPO FORM P/0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82