



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 864 690 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.09.1998 Patentblatt 1998/38

(51) Int. Cl.⁶: **D21G 1/00**, D21G 1/02

(21) Anmeldenummer: **98103867.2**

(22) Anmeldetag: **05.03.1998**

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

(72) Erfinder:
• **van Haag, Rolf, Dr.-Ing.**
47647 Kerken (DE)
• **Kayser, Franz**
47608 Geldern (DE)

(30) Priorität: **14.03.1997 DE 19710573**

(74) Vertreter:
Knoblauch, Andreas, Dr.-Ing. et al
Kühhornshofweg 10
60320 Frankfurt (DE)

(71) Anmelder:
Voith Sulzer Finishing GmbH
47803 Krefeld (DE)

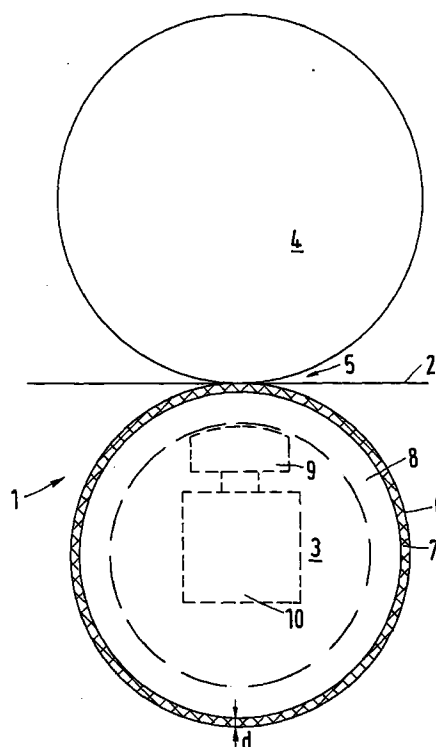
(54) **Walzenmaschine**

(57) Es wird eine Walzenmaschine angegeben mit mindestens einem Walzenspalt (5), der durch eine weiche Walze (3) und eine Gegenwalze (4) gebildet ist, wobei die weiche Walze (3) eine elastische Schicht (7) am Umfang eines Walzenkörpers (8) aufweist.

Mit einer derartigen Walzenmaschine soll die Oberfläche einer behandelten Materialbahn verbessert werden können, auch wenn die Gestehungskosten für die weiche Walze geringer werden.

Hierzu ist die elastische Schicht (7) in Radialrichtung sehr dünn ausgebildet.

Fig. 1



EP 0 864 690 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Walzenmaschine mit mindestens einem Walzenspalt, der durch eine Walze und eine Gegenwalze gebildet ist, wobei die Walze eine elastische Schicht am Umfang eines Walzenkörpers aufweist, und eine Walze für eine derartige Walzenmaschine.

Derartige Walzenmaschinen sind allgemein bekannt. Sie können als Kalandrierer oder als Glättwerke ausgebildet sein. Bei Kalandrierern gibt es sogenannte "weiche" Nips oder Walzenspalte, die durch eine weiche Walze mit elastischer Oberfläche und eine harte Walze gebildet werden. Bei Glättwerken bilden zwei harte Walzen einen Nip. Kalandrierer werden beispielsweise bei der Papierherstellung eingesetzt, um eine von einer Papiermaschine produzierte Bahn aus Rohpapier zu verdichten und vor allem, um die Oberflächenqualität der Papierbahn zu verbessern. Auch die Behandlung anderer Materialbahnen ist möglich, beispielsweise von Karton oder von Folien aus Metall oder Kunststoff.

So zeigt DE 195 06 301 A1 einen Kalandrierer mit einer "harten" und einer "weichen" Walze, wobei die weiche Walze einen zweischichtigen Kunststoff-Bezug mit einer Gesamtstärke von etwa 13 mm aufweist. Die innere Schicht hat eine höhere Elastizität und eine geringere Härte als die äußere Schicht.

Solche Kalandrierer gibt es beispielsweise als Superkalandrierer, bei denen eine Vielzahl von Walzen übereinander angeordnet sind und eine entsprechend große Anzahl von Walzenspalten oder Nips bilden. Die Walzen, die hier auch als "weiche Walzen" bezeichnet werden, bestehen hierbei vielfach aus Stapeln von Papier- oder Baumwollgewebescheiben, die auf eine Achse aufgesteckt sind und dann unter hohem Druck zusammengepreßt werden.

In jüngerer Zeit sind von der Anmelderin andere Kalandrierer nach dem "Janus-Concept" vertrieben worden, bei denen man dazu übergegangen ist, die sogenannten weichen Walzen mit Kunststoffbezügen zu versehen. Der Walzenkörper kann hierbei entweder als Walzenmantel ausgebildet sein, wenn es sich um eine durchbiegungsgesteuerte Walze handelt, oder er kann als massiver Kern ausgebildet sein.

Die eingangs genannten Walzenmaschinen können auch als sogenannte Softkalandrierer ausgebildet sein. Hierbei arbeiten in der Regel nur zwei bis drei Walzen gegeneinander. Als Walzenbelag werden in Soft-Kalandrierern fast ausschließlich Kunststoffbeläge eingesetzt, deren Dicke etwas größer als 1 cm ist. Da man eine gewisse Abdrehsreserve wünscht, haben die Walzenbeläge anfangs eine Dicke von etwa 12,5 mm. Sie können im Laufe der Zeit auf eine Stärke von etwa 8,5 mm abgedreht werden. Diese Kunststoffbeläge sind, damit sie die Druckspannungen im Walzenspalt überhaupt aushalten können, mit Fasern oder anderen Füllstoffen verstärkt. Diese Verstärkungsmittel erhöhen den Elastizitätsmodul und bilden eine gewisse natürliche Grenze für die erreichbare Oberflächenglätte der Walzen.

Man ist bisher davon ausgegangen, daß sich bei Verwendung einer weichen Walze der Walzenspalt irrt Betrieb verbreitert, weil sich der elastische Walzenbelag aufgrund seiner Elastizität abflachen kann oder er sogar von der Gegenwalze etwas eingemuldet wird. Mit der größeren Nipbreite sinkt dann die Druckspannung bei gleichbleibender Streckenlast. Mit dieser Annahme hat man zu erklären versucht, daß sich bei der Materialbahnbehandlung in einem "weichen" Walzenspalt, der durch eine weiche Walze und harte Gegenwalze gebildet wird, andere Ergebnisse einstellen als in einem "harten" Walzenspalt, wie er beispielsweise in einem Glättwerk vorkommt und bei dem zwei harte Walzen gegeneinander arbeiten. Dort nimmt man eine annähernd linienförmige Walzenberührung an und damit eine sehr schmale Nipbreite, so daß im Walzenspalt entsprechend hohe Druckspannungen anzunehmen sind.

Die Verwendung eines weichen Walzenspalts oder Nips hat zwar den Vorteil, daß die Materialbahn beim Behandeln geschont wird. Dies äußert sich beispielsweise dadurch, daß beim Satinieren einer Papierbahn zwar Erscheinungen wie eine erhöhte Schwarzsatinage bei Naturpapieren ohne Strich oder erhöhtes Mottling (Speckigkeit) bei gestrichenen Papieren vermieden werden kann. Die an der weichen Walze anliegende Seite der Papierbahn wird jedoch vielfach wieder etwas verschlechtert, beispielsweise kann die Glätte abnehmen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Oberflächenqualität bei der Behandlung in der Walzenmaschine zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einer Walzenmaschine der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die elastische Schicht in Radialrichtung sehr dünn ist.

Damit entfernt man sich von dem bislang verfolgten Ansatz der Nipverbreiterung im Betrieb. Die Schicht ist so dünn, daß praktisch nur noch die Oberfläche elastisch ist, eine Verformung der Walzengeometrie, z.B. eine Abflachung oder sogar Einmuldung, praktisch nicht erfolgt. Man hat nämlich folgende überraschende Erkenntnis gewonnen: Bei einem Versuch wurde der elastische Kunststoffmantel einer Walze mit einer 120 µm starken Hartchromschicht versehen. Die Hartchromschicht war, wie das bei Chrom möglich ist, sehr glatt. Man hatte nur erwartet, daß sich die Glätte der Hartchromschicht in die Papierbahn "einprägt", man also auch auf der Seite der Papierbahn, die an dieser weichen Walze anliegt, einen entsprechenden Glättzuwachs erreichen kann. Das Satinageergebnis war überraschend. Es stellte sich zwar - wie erwartet - ein Zuwachs an Glätte auf der dieser Walze zugewandten Papierseite ein, es ergaben sich aber Erscheinungen, wie sie ansonsten nur von Glättwerken mit zwei harten Walzen bekannt sind, nämlich eine erhöhte Schwarzsatinage bei Naturpapieren ohne Strich und erhöhtes Mottling (Speckigkeit) bei gestrichenen Papieren. Diese Erscheinungen, die man im Glättwerk auf ein Zerquetschen von Fasern, insbesondere vorstehenden Fasern zurückführt, hätten eigentlich nicht auftreten dürfen. Die elastische Walze war im Grunde genommen nach wie vor

weich genug, weil auch die 120 µm dicke Chromschicht nicht die nötige Steifigkeit mit sich bringt. Dementsprechend hätten eigentlich andere, nämlich geringere, Druckspannungen als in einem harten Walzenspalt auftreten müssen, was aber offensichtlich nicht der Fall war. Man hat daher diesen Weg wieder verlassen und ist einen anderen Weg gegangen. Man hat nämlich die Dicke der elastischen Schicht an der Oberfläche der Walze vermindert. Erstaunlicherweise ergaben sich nun wieder hervorragende Satinageergebnisse bei der Behandlung einer Papierbahn, obwohl nach den bisherigen Betrachtungsweisen bei der durch die Verringerung der Dicke der elastischen Schicht bewirkten Vergrößerung der Druckspannungen im Nip eigentlich das hätte passieren müssen, was bei der Chromschicht passiert ist. Dies war erstaunlicherweise nicht der Fall. Es ergaben sich gute Glättewerte und eine entsprechende Verdichtung, ohne daß eine erhöhte Schwarzsatinage oder eine erhöhte Speckigkeit auftrat. Die bisher verwendeten Walzenbezüge wurden mit "dünn" bezeichnet und zwar im Gegensatz zu den Papierwalzen, die eine Aodrehreserve in der Größenordnung von mehreren 10 cm hatten. Auch bei diesen "dünnen" Walzenbezügen des Standes der Technik ging man aber von einer Verbreiterung der Nips aus, die bei der erfindungsgemäß nunmehr verwendeten "sehr dünnen" elastischen Schicht nach den bisherigen Betrachtungsweisen nicht mehr erfolgen kann. Um diese Ergebnisse zu erzielen, sind daher Dicken der Schicht von deutlich unter 8 mm erforderlich.

Vorzugsweise weist die weiche Walze aufgrund der elastischen Schicht im lokalen Bereich eine Oberflächenelastizität auf, zeigt im makroskopischen Bereich aber im Hinblick auf die Elastizität praktisch das gleiche Verhalten wie der Walzenkörper. Die Schicht wird also so dünn gewählt, daß zwar lokal vorstehende Fasern der Papierbahn in die Schicht eingedrückt werden können und so ein Zerquetschen oder Beschädigen der Fasern nicht erfolgt und somit eine erhöhte Schwarzsatinage oder eine erhöhte Speckigkeit vermieden werden kann. Die Schicht ist aber so dünn, daß sich im Betrieb praktisch keine andere Oberflächenform der Walze ergibt, als sie bei der Verwendung zweier harter Walzen auftreten würde. Insbesondere entfällt das bislang immer angenommene Abflachen der elastischen oder weichen Walze im Nipbereich. Die Nipbreite - jeweils ohne Papier betrachtet - entspricht dann im wesentlichen der Breite eines harten Walzenspalts, der durch zwei harte Walzen gebildet wird. Anders ausgedrückt handelt es sich nunmehr um ein Glättwerk mit zwei harten Walzen, von denen eine an der Oberfläche elastisch ist.

Vorzugsweise ist der Walzenkörper aus Stahl oder Guß gebildet. Der Walzenkörper kann, wie oben gesagt, entweder eine Walzenschale sein, wenn eine durchbiegungsgesteuerte Walze verwendet wird, oder er kann auch ein massiver Stahl- oder Gußkern sein. In beiden Fällen ist der Walzenkörper steif genug, so daß er die notwendigen Druckkräfte aufbringen und aufnehmen kann, ohne nennenswert verformt zu werden. Damit ergeben sich die gewünschten Verhältnisse.

Vorzugsweise beträgt die Dicke der elastischen Schicht 4 mm oder weniger, insbesondere 2,3 mm oder weniger. Bei diesen dünnen Schichten kann man erstaunlicherweise sehr gute oder sogar gegenüber bekannten Kalandern verbesserte Satinageergebnisse erzielen, d.h. man erhält gute Glanz- und Glättewerte und vermeidet gleichzeitig Schwarzsatinage und Mottling.

Mit Vorteil ist die Schicht aus einem Material gebildet, das einen E-Modul von 4.000 N/mm² oder weniger aufweist. Je "weicher" das Material ist, d.h. je besser seine Elastizität ist, desto glatter läßt sich die Oberfläche gestalten und desto weniger Widerstand setzt die Schicht an der Oberfläche der Walze der Materialbahn lokal entgegen. Da die Schicht aber dünn genug ist, wird sie durch den Walzenkörper in ausreichendem Maße unterstützt, so daß die bislang angenommenen Verformungen der weichen Walze hier nicht zu beobachten sind.

Hierbei ist die Dicke der Schicht vorzugsweise so gewählt, daß sich im Betrieb die gleiche Druckspannungsverteilung ergibt wie bei gleicher Streckenlast, gleicher Walzenspaltgeometrie und einem Elastizitätsmodul eines faserverstärkten herkömmlichen Materials der Schicht von 6.000 N/mm² oder mehr. Die Schichtdicke kann also unter anderem in Abhängigkeit vom Elastizitätsmodul des Materials verändert werden. Je niedriger der Elastizitätsmodul ist, desto dünner wird die Schicht. Bei einer dünneren Schicht ist dann der Einfluß der Elastizität des Materials der Schicht auf die Walzenspaltgeometrie geringer, so daß man wieder die gewünschte Druckspannungsverteilung erzielen kann.

Vorzugsweise ist die Dicke der Schicht kleiner als die Entfernung des Schubspannungsmaximums von der äußeren Oberfläche der Schicht. Man verlegt also das Schubspannungsmaximum, das sich bei den herkömmlichen elastischen Walzenbezügen innerhalb des Walzenbezugs befand, in den Walzenkörper hinein, also radial nach innen. Damit werden die Belastungen des die elastische Schicht bildenden Materials aufgrund von Schubspannungen vermindert. Der Walzenkörper ist in der Regel in der Lage, das Schubspannungsmaximum ohne größere Probleme aufzunehmen. Die Belastung der Schicht wird damit klein gehalten. Die Lebensdauer der Walze wird vergrößert.

Vorzugsweise weist die mit Bahn errechnete Nipbreite bei einer Streckenlast von 200 N/mm einen Wert auf, der mindestens um den Faktor 3,5 größer ist als die Dicke der Schicht. In diesem Fall lassen sich zwar die allgemeinen Berechnungsmethoden nach Hertz nicht mehr anwenden, weil diese nur Gültigkeit haben, solange die Belagdicke mindestens etwa der Nipbreite entspricht. Es stehen jedoch numerische Verfahren zur Verfügung, beispielsweise mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode, so daß die Ermittlung dieser Größe möglich ist. Auch auf diese Weise kann festgelegt werden, daß die Belagdicke klein genug ist, um die gewünschten Wirkungen zu erzielen.

Vorzugsweise ist die Schicht aus einem unverstärkten Kunststoff gebildet. Ein derartiger Kunststoff, der keine Verstärkungsfasern oder Verstärkungs-Füllstoffe aufweist, ist zwar nur in einem geringeren Umfang belastbar. Wenn aber

die Schichtdicke klein genug ist, läßt sich auch mit einem derartigen unverstärkten Kunststoff die gewünschte Belastbarkeit realisieren. Der große Vorteil eines unverstärkten Kunststoffs liegt aber darin, daß seine Oberfläche sehr glatt gestaltet werden kann. Dieser Glätte war bislang immer dadurch eine Grenze gesetzt worden, daß die Fasern oder Füllstoffe, die zur Verstärkung dienen, auch einen Einfluß auf die Oberflächenrauigkeit haben. Die Oberflächenrauigkeit bewegte sich daher im allgemeinen in der Größenordnung der Größe der Fasern oder Füllstoffe. Wenn man nun diese zusätzlichen Materialien wegläßt, dann läßt sich die Oberflächenrauigkeit oder Glätte ausschließlich auf der Basis des verwendeten Kunststoffmaterials einstellen.

Hierbei ist besonders bevorzugt, daß die Dicke der Schicht auf einen Wert unterhalb von 90 % des Werts begrenzt ist, der bei den im Walzenspalt herrschenden Druckspannungen eine Belastungsgrenze bildet. Die im Walzenspalt herrschenden Druckspannungen sind bekannt oder können errechnet werden. Der unverstärkte Kunststoff wird ab einer gewissen Dicke nicht mehr verwendet werden können, weil er im Betrieb von der Walze abplatzt oder sonstwie beschädigt wird. Diese Grenze läßt sich notfalls durch Versuche herausfinden. Wenn man nun einen gewissen Abstand von der Grenze einhält und die Kunststoffschicht dünner macht, dann hat man einerseits ein Maß dafür, wie dick der Kunststoff sein darf, andererseits hat man eine gewisse Sicherheit, so daß kleinere Störungen noch nicht zu einer dauerhaften Beschädigung des Kunststoffs führen werden.

Mit Vorteil besteht die Schicht aus reinem Epoxidharz. Epoxidharz hat einerseits im unverstärkten Zustand ein relativ niedrigen Elastizitätsmodul. Es läßt sich andererseits sehr glatt schleifen, so daß man eine hohe Steigerung der Glätte der behandelten Materialbahn erzielen kann.

Vorzugsweise besteht die Schicht aus einem spritzfähigen Kunststoff und ist aufgespritzt. Durch das Aufspritzen erhält man einerseits eine relativ gute Verbindung des Kunststoffs mit dem Walzenkörper. Andererseits lassen sich dadurch relativ dünne Schichten erzielen, so daß man einen Walzenbezug erhält, der lokal, also im mikroskopischen Bereich, die notwendige Elastizität aufweist, global aber, d.h. im makroskopischen Bereich, keine nennenswerte Nachgiebigkeit zeigt, die zu einer Verformung der Walze führen kann.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung reicht es aus, wenn die Schicht als Lackschicht ausgebildet ist. Damit wird tatsächlich nur auf der Oberfläche der Walze eine gewisse Elastizität vorgehalten. Lackschichten sind aber im allgemeinen recht dünn, so daß die Hauptbelastung tatsächlich durch den Walzenkern aufgenommen werden kann. Je dünner die elastische Schicht ist, desto weniger wird sie im Betrieb gewalzt und desto weniger Wärme entwickelt sie. Die Temperatur, die durch die Walkarbeit erzeugt wird, ist dann besser beherrschbar, so daß sich auch das Temperaturverhalten im Walzenspalt besser steuern läßt. Der Belag, d.h. die elastische Schicht, wird durch höhere Temperaturen in geringerem Maße beansprucht. In diesem Fall kann man den Kalandrierer auch als Glättwerk betrachten, d.h. als eine Walzenmaschine mit zwei harten Walzen, die den Nip bilden, wobei eine der beiden harten Walzen lackiert ist.

In einer alternativen Ausgestaltung ist die Schicht durch einen Schrumpfschlauch gebildet. Ein derartiger Schrumpfschlauch wird über den Walzenkörper geschoben und dann unter Anwendung von Wärme auf den Walzenkörper aufgeschrumpft. Damit läßt sich relativ schnell die elastische Schicht an der Oberfläche der Walze erzeugen und gleichzeitig zuverlässig mit dem Walzenkörper verbinden. Ein Auswechseln der elastischen Schicht ist ebenfalls problemlos möglich. Hierzu muß lediglich der Schrumpfschlauch aufgeschnitten und entfernt werden. Der Walzenkörper steht dann zur Aufnahme eines neuen Schrumpfschlauches zur Verfügung, der gegebenenfalls nur noch abgedreht und glatt geschliffen werden muß.

Vorzugsweise ist die Oberfläche der Schicht auf einen Rauigkeitswert R_a von $0,1 \mu\text{m}$ oder weniger geschliffen. Derartige glatte Oberflächen lassen sich bei den dünnen Schichten relativ gut erzielen. Da sich die Rauigkeit der Walze in die Materialbahn "einprägt" wird die Glätte der Materialbahn umso besser, je glatter die Oberfläche ist. Bei der Verwendung von Epoxidharz läßt sich sogar eine Rauigkeit von $0,05 \mu\text{m}$ erzielen.

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

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Walzenmaschine mit zwei Walzen,

Fig. 2 Isolinien der Schubspannung im Vergleich der sehr dünnen elastischen Schicht (a) zu einer elastischen Schicht mit herkömmlicher Schichtdicke (b)

Fig. 3 den Verlauf der Schubspannung im wesentlichen in Radialrichtung und

Fig. 4 Gegenüberstellung errechneter Kontaktbreiten.

Ein in Fig. 1 schematisch dargestellter Kalandrierer 1, der zum Behandeln einer Materialbahn 2, im vorliegenden Fall beispielsweise Papier, verwendet wird, weist zwei Walzen 3, 4 auf, die zwischen sich einen Walzenspalt 5 bilden. Im Betrieb werden die beiden Walzen 3, 4 mit allgemein bekannten, aber nicht näher dargestellten Mitteln gegeneinander gepreßt, so daß die Materialbahn 2 im Walzenspalt 5 unter Druck behandelt wird. Diese Druckbehandlung kann zu

einer Verdichtung der Materialbahn führen. Sie wird aber auch oft eingesetzt, um die Oberflächengüte der Materialbahn 2 zu verbessern.

Bei dem Walzenspalt 5 handelt es sich um einen sogenannten "weichen" Walzenspalt, der dadurch gebildet wird, daß die Walze 3 eine elastische Oberfläche 6 aufweist. Die Oberfläche 6 ist elastisch, weil die Walze 3 an ihrer Umfangsfläche eine sehr dünne Schicht 7 aus einem elastischen Material aufweist, das auf einen Walzenkörper 8 aufgebracht ist. Bei dem Walzenkörper 8 kann es sich um einen massiven Walzenkern aus Stahl oder Guß, beispielsweise Hartguß oder Grauguß, handeln. Es kann sich aber auch, wie dies gestrichelt dargestellt ist, um einen Walzenmantel einer durchbiegungseinstellbaren Walze handeln, der in seinem Inneren von Druckelementen 9 beaufschlagt wird, die an einem Träger 10 abgestützt sind.

Die Walze 4 hingegen ist eine harte Walze, d.h. sie ist unnachgiebig ausgebildet und kann beispielsweise ebenfalls aus Stahl oder Guß bestehen. Zur Verbesserung der Glätte der Oberfläche kann hier in nicht dargestellter Weise noch eine Hartchromschicht oder eine andere harte und glatte Schicht aufgebracht sein.

Die elastische Schicht 7 an der weichen Walze 3 ist hier übertrieben dick dargestellt. Bei herkömmlichen weichen Walzen betrug die Dicke der Schicht üblicherweise etwa 12,5 mm. Man konnte sie dann noch auf Dicken von etwa 8 mm abdrehen, wenn im Betrieb Beschädigungen oder Markierungen aufgetreten sind.

Bei dem neuen Kalandrierer ist die Dicke d der elastischen Schicht 7 wesentlich geringer. Es handelt sich damit um eine sehr dünne Schicht 7.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel beträgt die Dicke $d = 1,75$ mm. Der Elastizitätsmodul ist $E = 3.500$ N/mm². Es handelt sich um eine Schicht 7 aus Epoxidharz, die auf den Walzenkörper 8 aufgespritzt ist. Hierbei ist das Epoxidharz frei von Verstärkungsfasern oder anderen verstärkenden Füllstoffen. Die Oberfläche 6 der Schicht 7 kann daher sehr glatt geschliffen werden. Damit erhält man auch auf der Seite der Materialbahn 2, die an der weichen Walze 3 anliegt, hervorragende Glanz- und Glättewerte. Dadurch, daß man Verstärkungsfasern oder -füllstoffe wegläßt, erhält man einen verringerten Elastizitätsmodul. Dieser beträgt bei herkömmlichen Walzenbezügen größenordnungsmäßig 6.000 bis 8.000 N/mm². In einem Vergleichsbeispiel betrug $E = 6.900$ N/mm².

Dadurch, daß die Dicke d der Schicht 7 sehr klein ist, ist die Oberfläche 6 der Walze 3 zumindest im makroskopischen Bereich kaum noch verformbar. Die Form der Walze wird daher auch im Betrieb durch die Form des Walzenkörpers 8 bestimmt. Die bekannte größere Abflachung oder sogar Einmuldung der weichen Walze im Betrieb ist hier mit relativ großer Sicherheit auszuschließen.

Trotz der sehr dünnen Schicht 7 ist die Oberfläche 6 der weichen Walze 3 so elastisch, daß sie eine Verformung im mikroskopischen Bereich zuläßt. Wenn beispielsweise Fasern aus der Oberfläche einer Papierbahn vorstehen, dann werden sie im Walzenspalt 5 nicht zerquetscht, was zu den bekannten Erscheinungen der Schwarzsatinage oder Speckigkeit führen kann, sondern sie können aufgrund der lokalen Elastizität der Oberfläche 6 den Durchlauf durch den Walzenspalt 5 unbeschadet überstehen. Sie werden allenfalls eingeebnet.

Die Dicke d der Schicht 7 kann sehr dünn gemacht werden. Es reicht aus, das Material, beispielsweise Epoxidharz, nach Art eines Lackes aufzutragen, so daß die Dicke d in der Größenordnung von wenigen Zehntel oder sogar wenigen Hundertstel Millimetern liegt. Man kann die Schicht 7 beispielsweise auch dadurch erzeugen, daß man die Schicht 7 als Schrumpfschlauch fertigt, dessen Innendurchmesser dem Außendurchmesser des Walzenkörpers 8 angepaßt ist, so daß er auf den unbeschichteten Walzenkörper 8 aufgeschoben werden kann. Wenn man nun Wärme aufbringt, beispielsweise mit Hilfe von Heißluft, dann schrumpft der Schlauch und legt sich gleichmäßig an die Oberfläche des Walzenkörpers 8 an. Es ist dann lediglich erforderlich, die Oberfläche 6 zu glätten.

Wenn die Oberfläche 6 Beschädigungen oder Markierungen zeigt, ist zwar keine Abdrehtreserve mehr vorhanden. Dies ist aber unkritisch. Im Falle eines Schrumpfschlauchs wird der alte Schrumpfschlauch aufgeschnitten und entfernt und ein neuer aufgebracht. Im Falle eines Lackes kann die Walze neu lackiert werden, was ebenfalls relativ schnell erfolgen kann. Auch dann, wenn das Epoxidharz oder ein anderer Kunststoff in einer größeren Dicke aufgespritzt ist, kann man durch erneutes Aufspritzen relativ schnell wieder die gewünschte Oberflächenqualität erzeugen.

Nach oben hin wird die Grenze für die Dicke d der Schicht 7 derzeit bei 4 mm angenommen. Grundsätzlich gilt, daß mit zunehmender Dicke d auch der Elastizitätsmodul steigen muß, damit die Schicht 7 die im Walzenspalt 5 herrschenden Druckspannungen aushält.

Um einen Vergleich zwischen der neuen Konstruktion der weichen Walze 3 mit der sehr dünnen Schicht 7 und einer herkömmlichen Walze mit einer dickeren Schicht zu ermöglichen, wurden Berechnungen ausgeführt. Da die Dicke d der Schicht 7 deutlich kleiner ist als die Kontaktbreite der Materialbahn 2 mit den Walzen 3, 4 ist eine Berechnung nach Hertz zu stark mit Fehlern behaftet und kommt deswegen hier nicht mehr in Frage. Man kann aber mit diskreten Verfahren, etwa nach der Methode der Finiten-Elemente, die Spannungsverteilungen in den Walzen ausrechnen. Diese Berechnungen wurden im vorliegenden Fall so vorgenommen, wie in der Dissertation Rolf van Haag "Über die Druckspannungsverteilung und die Papierkompression im Walzenspalt eines Kalandriers", Darmstadt, 1993, beschrieben sind.

Fig. 2 zeigt nun die Isolinien der Schubspannungen und zwar für die neue Walze 3 in Fig. 2a und für eine herkömmliche Walze mit einer dicken Schicht 7' in Fig. 2b. Diesen Berechnungen liegen folgende Daten zugrunde:

	Erfindung	herkömmlicher Kalanders
Durchmesser der harten Walze 4,4'	459 mm	459 mm
Durchmesser der weichen Walze 3,3'	415 mm	415 mm
Streckenlast	200 N/mm	200 N/mm
Papierdicke im Einlauf	72 μm	72 μm
Dicke der Schicht 7, 7'	1,75 mm	12,5 mm
Elastizitätsmodul	3.500 N/mm ²	6.900 N/mm ²

Hieraus ergibt sich, daß die Schubspannungen in beiden Fällen ähnlich aussehen. Es läßt sich allerdings erkennen, daß bei der sehr dünnen Schicht 7 das Schubspannungsmaximum außerhalb der Schicht 7 liegt. Es ist nämlich in den Walzenkörper 8 verlagert worden. Im herkömmlichen Fall lag das Schubspannungsmaximum mitten in der elastischen Schicht 7'. Dies läßt sich deutlicher erkennen in der Darstellung der Fig. 3, wo die Schubspannung entlang einer Linie A in Fig. 2a aufgetragen ist. Dies ist praktisch die Radialrichtung der weichen Walze 3. Das Schubspannungsmaximum liegt bei etwa 2,42 mm. Die Dicke d der Schicht 7 beträgt jedoch nur 1,75 mm. Das Schubspannungsmaximum liegt damit im Walzenkörper 8, der aus Stahl oder Guß gebildet ist und deswegen ohne weiteres in der Lage ist, daß Schubspannungsmaximum aufzunehmen.

Fig. 4 zeigt einen weiteren Vergleich zwischen der neuen Walzen und einer herkömmlichen Walze mit einer Dicke d von 12,5 mm.

Die Kurve mit den Quadraten stellt die Druckspannungskurve eines herkömmlichen Belags mit 12,5 mm Dicke und einem Elastizitätsmodul von 6.900 N/mm² bei einer Streckenlast von 200 N/mm dar. Würde man den gleichen Belag in einer Dicke von 1,75 mm verwenden, ergäbe sich die Kurve mit den Kreisen. In diesem Fall würde sich die maximale Druckspannung von ca. 54 auf ca. 62 N/mm² erhöhen. In diesem Bereich sind aber die Festigkeiten des Belags erreicht bzw. überschritten.

Beim Einsatz eines Harzes als Belag, dessen Elastizitätsmodul deutlich verringert ist und nur noch bei 3.500 N/mm² liegt, ergeben sich wieder günstigere Verhältnisse. Wie die Kurve mit den Dreiecken zeigt, werden die Kurven des dicken härteren Belags und des dünnen weichen Belags fast deckungsgleich.

Da die dünnen Beläge aus Harz aber viel glatter zu schleifen sind und weniger für den Belag unter Umständen schädliche Wärme durch Walkarbeit entwickeln, zeigen sich deutliche Vorteile für das Satinieren. Interessanterweise sind die Nipbreiten in allen Fällen etwa gleich. Hier wird der Einfluß der Papierbahn deutlich.

Wenn man einen sehr dünnen Belag verwendet, kann man, wie oben gesagt, auf Verstärkungsfasern oder -füllstoffe verzichten. Dies hat neben dem Vorteile, daß man eine sehr glatte Oberfläche 6 mit einer Rauigkeit von 0,05 μm erzeugen kann, auch den Vorteil, daß die Handhabung des Kunststoffes beim Auftragen wesentlich einfacher wird. Man spart Material, was die Fertigungskosten deutlich senkt. Trotz der verminderten Fertigungskosten kann man beim Satinieren von Papier und anderen Materialbahnen deutliche Qualitätssteigerungen beobachten.

Patentansprüche

- Walzenmaschine mit mindestens einem Walzenspalt, der durch eine Walze und eine Gegenwalze gebildet ist, wobei die Walze eine elastische Schicht am Umfang eines Walzenkörpers aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die elastische Schicht (7) in Radialrichtung sehr dünn ist.
- Walzenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Walze (3) aufgrund der elastischen Schicht (7) im lokalen Bereich eine Oberflächenelastizität aufweist, im makroskopischen Bereich aber im Hinblick auf die Elastizität praktisch das gleiche Verhalten wie der Walzenkörper (8) zeigt.
- Walzenmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Walzenkörper (8) aus Stahl oder Guß gebildet ist.
- Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (d) der elastischen Schicht (7) 4 mm oder weniger, insbesondere 2,3 mm oder weniger, beträgt.

5. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (7) aus einem Material gebildet ist, das einen E-Modul von 4.000 N/mm² oder weniger aufweist.
6. Walzenmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (d) der Schicht (7) so gewählt ist, daß sich im Betrieb die gleiche Druckspannungsverteilung ergibt, wie bei gleicher Streckenlast, gleicher Walzenspaltgeometrie und einem Elastizitätsmodul eines faserverstärkten Materials der Schicht von 6.000 N/mm² oder mehr.
7. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (d) der Schicht kleiner ist als die Entfernung des Schubspannungsmaximums von der äußeren Oberfläche (6) der Schicht (7).
8. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Bahn errechnete Nipbreite bei einer Streckenlast von 200 N/mm einen Wert aufweist, der mindestens um den Faktor 3,5 größer ist als die Dicke (d) der Schicht (7).
9. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (7) aus einem unverstärkten Kunststoff gebildet ist.
10. Walzenmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke (d) der Schicht (7) auf einen Wert unterhalb von 90 % des Werts begrenzt ist, der bei den im Walzenspalt (5) herrschenden Druckspannungen eine Belastungsgrenze bildet.
11. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (7) aus reinem Epoxidharz besteht.
12. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (7) aus einem spritzfähigen Kunststoff und aufgespritzt ist.
13. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (7) als Lack-schicht ausgebildet ist.
14. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (7) durch einen Schrumpfschlauch gebildet ist.
15. Walzenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche (6) der Schicht (7) auf einen Rauigkeitswert Ra von 0,1 µm oder weniger geschliffen ist.
16. Walze für eine Walzenmaschine mit einer elastischen Schicht am Umfang eines Walzenkörpers, dadurch gekennzeichnet, daß die elastische Schicht (7) in Radialrichtung sehr dünn ist.

Fig. 1

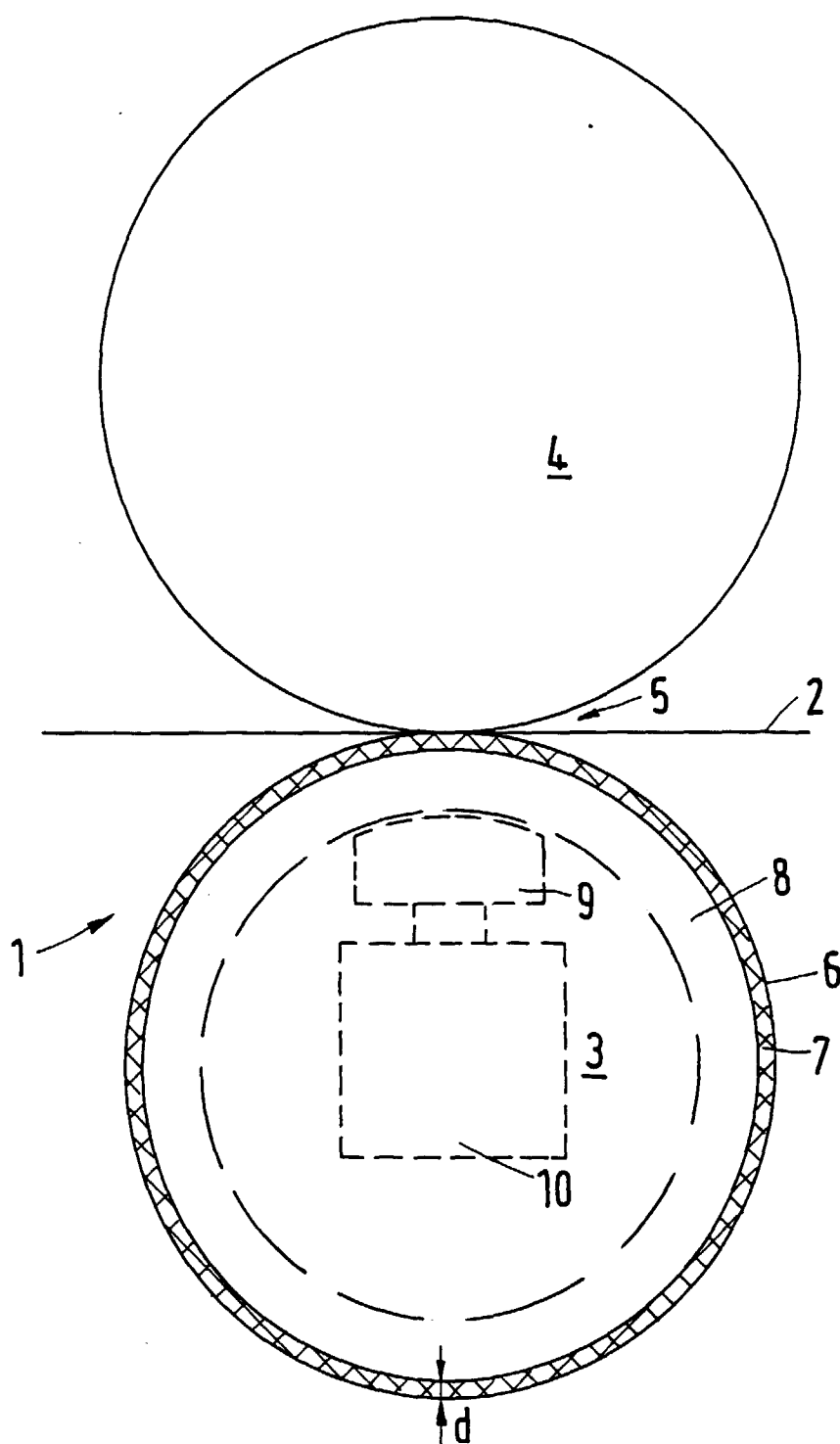


Fig. 2a

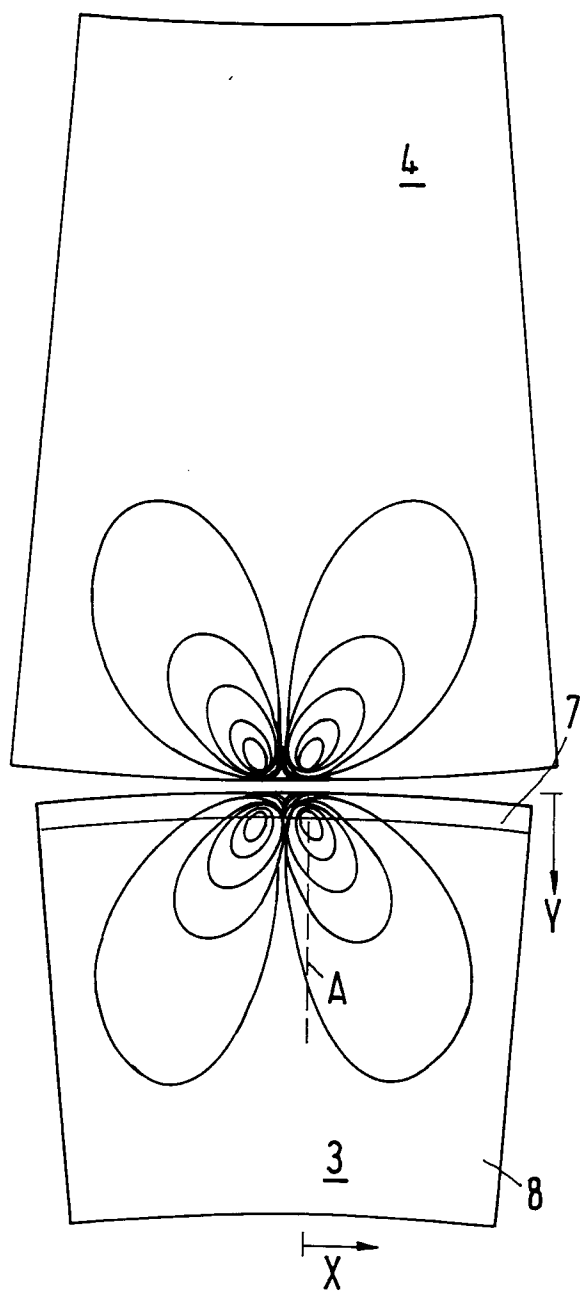


Fig. 2b

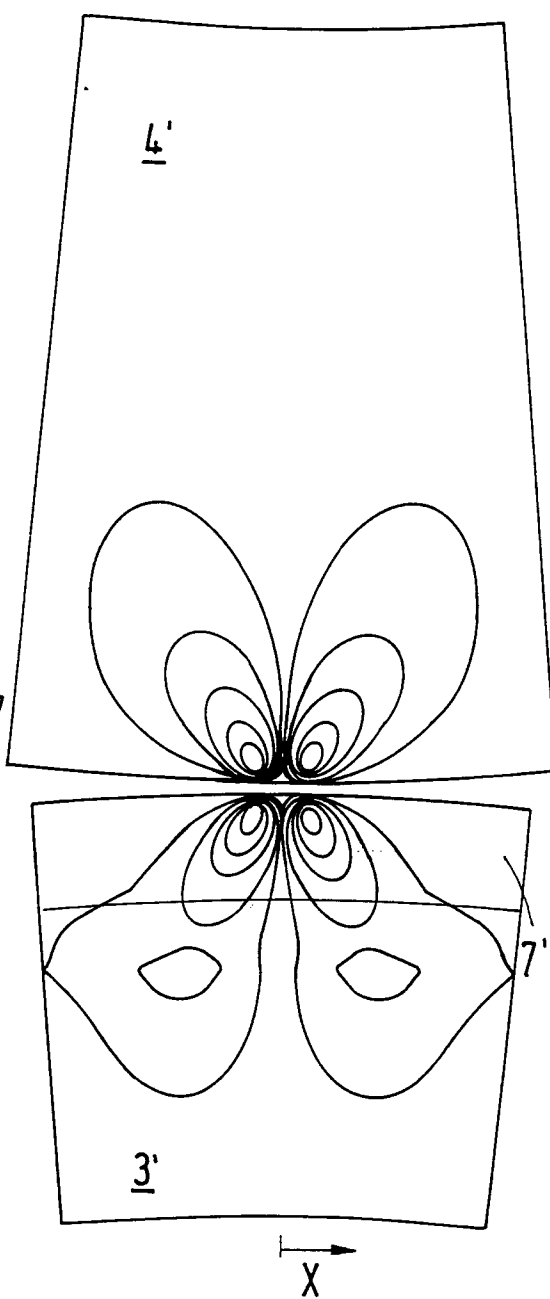


Fig. 3

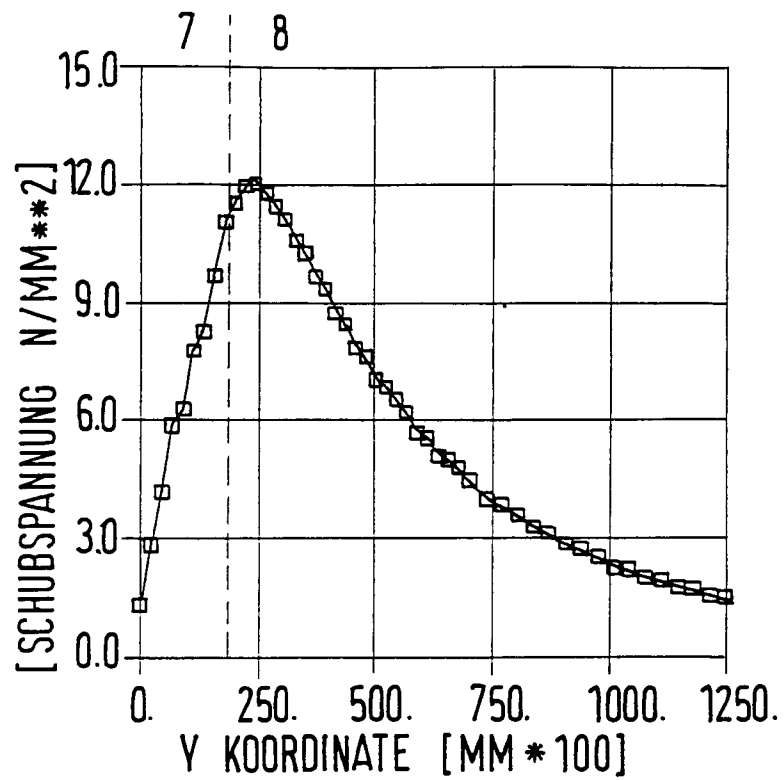
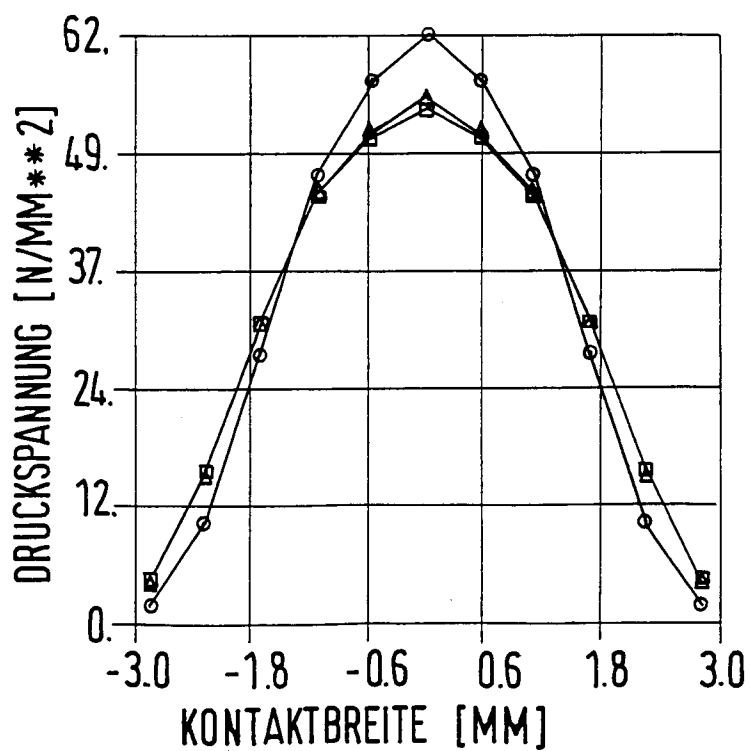


Fig. 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 10 3867

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,X	DE 195 06 301 A (VOITH SULZER FINISHING GMBH) 29.August 1996 * das ganze Dokument * ---	1,4,5,9, 15,16	D21G1/00 D21G1/02
X	DE 195 11 153 A (VOITH SULZER FINISHING GMBH) 10.Oktober 1996 * das ganze Dokument * -----	1,4,9,16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			D21G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 10.Juli 1998	Prüfer Guisan, T
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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 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			

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)