



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.10.2003 Patentblatt 2003/44

(51) Int Cl.⁷: **H01B 13/00**, H01B 7/08

(21) Anmeldenummer: **02450103.3**

(22) Anmeldetag: 26.04.2002

(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

(71) Anmelder: **I & T Flachleiter
 Produktions-Ges.m.b.h.
 7000 Eisenstadt (AT)**

(72) Erfinder: **Dragov, Nikola, Dipl.-Ing**
7000 Eisenstadt (AT)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
BARGER, PISO & PARTNER
Mahlerstrasse 9
Postfach 96
1015 Wien (AT)

(54) **Herstellung von Flachbandkabeln**

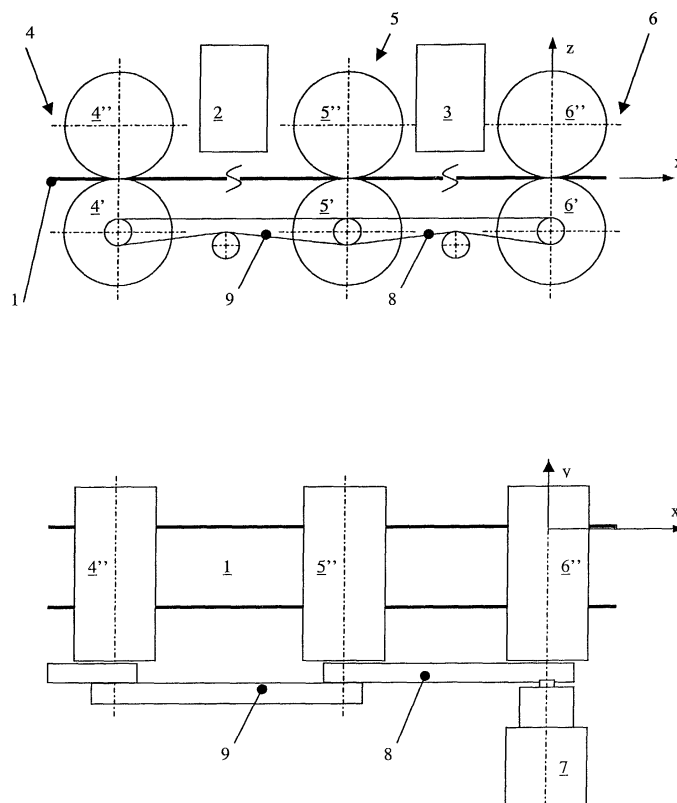
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Transport eines Flachleiterkabels (1) zu, zwischen und von Bearbeitungsstationen (2,3) mittels Antriebsrollen (4', 4'', 5', 5'', 6', 6'').

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die

Antriebsrollen (4',4'',5',5'',6',6'') mit unterschiedlicher tangentialer Oberflächengeschwindigkeit angetrieben werden.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Herstellung und Ausrüstung von Flachbandkabeln, insbesondere deren Bewegung im Zuge ihrer Herstellung, Bearbeitung und Ausrüstung. Im speziellen betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Transport eines Flachleiterkabels zu, zwischen und von Bearbeitungsstationen mittels Antriebsrollen, Ausgestaltungen dieses Verfahrens und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Es gibt zwei Arten von Flachbandkabel, die laminierten und die extrudierten, beide können kontinuierlich hergestellt werden und werden, entweder direkt vom Ort ihrer Herstellung, oder von einer Trommel, auf der sie zwischengelagert sind, verschiedenen Bearbeitungsschritten an verschiedenen, aufeinander folgenden Stationen unterworfen. Diese einzelnen Bearbeitungsschritte können das Entfernen eines Stückes einer Isolierschichte zur Schaffung eines Fensters sein, das Verbinden mit irgendwelchen elektronischen Elementen oder Elementen zur Handhabung od. dergl..

[0003] Von Bedeutung ist, dass beim kontinuierlichen Durchlaufen mehrerer Stationen, zwischen denen sich die Antriebswalzen für das Flachbandkabel befinden, die Geschwindigkeit des Flachbandkabels zwischen den Stationen unterschiedlich ist und sich in Bewegungsrichtung erhöht. Dabei kommt es zur Ausbildung von Buckeln, Schleifen, etc., zum Auftreten unterschiedlicher Bedingungen an den einzelnen Stationen und schließlich zur Abschaltung der Anlage durch das Überwachungssystem.

[0004] Dieses Problem stellt sich nicht nur bei einer großen Anzahl von hintereinander angeordneten Stationen, sondern immer dann, wenn eine große Länge eines Flachbandkabels in einem Zug verarbeitet werden soll. Es kommt dann bereits bei zwei Bearbeitungsstationen mit insgesamt drei Antriebsstationen zu diesen Problemen. Auch zwischenzeitliches Abschalten und "straffen" nutzt nur zum Teil, da die Kenntnis der genauen Lage der bereits vorgenommenen Bearbeitungsschritte auf dem Flachbandkabel verloren geht.

[0005] Diese Probleme zu lösen, ist Aufgabe und Ziel der Erfindung.

[0006] Erfindungsgemäß wird dieses Ziel dadurch erreicht, dass die Antriebswalzen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit angetrieben werden und dass zwischen den Walzenteilen, die das Flachbandkabel kontaktieren und den Antriebselementen eine Rutschkupplung vorgesehen ist. Auf diese Weise wird eine messbare und reproduzierbare Bewegung des Flachbandkabels auch über lange Strecken und auch über viele Bearbeitungsstationen erzielt.

[0007] In Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit der jeweiligen Antriebswalze und des Flachbandkabels, des Anpressdruckes zwischen Antriebswalze und Flachbandkabel, einer eventuellen Verunreinigung der Oberflächen und der anderen Betriebsparameter ist die Rutschkupplung so zu justieren, dass sie zu rutschen beginnt, bevor es zur Gleitreibung zwischen der Antriebswalze und dem Flachbandkabel kommt. Diese Justierung kann vom Fachmann in Kenntnis der Erfindung anhand der Datenblätter der Flachbandkabel und gegebenenfalls einiger weniger einfacher Versuche leicht vorgenommen werden.

[0008] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt

die Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Fertigungsstraße und
die Fig. 2 den prinzipiellen Aufbau einer Antriebsrolle.

[0009] Die Fig. 1 zeigt rein schematisch die Bewegung eines Flachkabels 1 im Bereich zweier Bearbeitungsstationen 2, 3. Die Bewegung des Flachkabels 1 erfolgt durch drei Antriebsstationen 4, 5 und 6, wobei, in Bewegungsrichtung des Flachkabels gesehen, die Antriebsstation 4 die erste ist und die Antriebsstation 6 die letzte, zu der das Flachkabel gelangt. Jede Antriebsstation 4, 5, 6 besteht im wesentlichen aus zwei Rollen 4', 4"; 5', 5" bzw. 6', 6", wovon immer die jeweils untere Rolle als Antriebsrolle 4', 5', 6' dient und daher angetrieben wird, während die jeweils obere Rolle als Andruckrolle 4", 5", 6" dient.

[0010] Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird die letzte Antriebsstation 6 direkt von einem Motor bzw. einer Motor-Getriebe-Einheit 7 angetrieben, während die beiden anderen Antriebsstationen 4 und 5 mittels Zahnriemen 8 und 9 angetrieben sind.

[0011] Die Figuren 2 und 3 zeigen, anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels, eine der unteren Antriebsrollen 4' bzw. 5': Die Mantelfläche 10, auf der das Flachkabel (Fig. 1) aufliegt, wird mit der Antriebseinheit (Zahnscheibe oder auch direkter Antrieb) 11 über eine (einstellbare) Rutschkupplung 12 verbunden. Damit ist sichergestellt, dass nur ein voreingestelltes und bevorzugt regelbares Drehmoment übertragen werden kann. Dies wiederum bedeutet, dass nur eine vorbestimmte "Schleppkraft" auf das Flachkabel übertragen wird.

[0012] Für die Ermittlung der Bearbeitungsgenauigkeit, die in der Bewegungsrichtung von der Kinematik des Antriebsstranges und der auf dem Flachkabel wirkenden Kräfte dominiert ist, muss man eine Antwort auf die folgenden Fragen finden:

1. Welche Kräfte und Momente wirken auf das Flachkabel in den Antriebsstellen
2. Welche Beschleunigung und Geschwindigkeit erfährt das Kabel in den Berührungspunkten mit den Antriebs-

rollen

3. Wie verhält sich das Kabel zwischen zwei Rollen, bzw. unter Berücksichtigung des gesamten kinematischen Strangs

4 Welcher Einfluss hat die Lage des Weggebers auf die Fertigungsgenauigkeit

[0013] Für einen kontrollierten Vorschub des Flachkabels werden bei jeder Applikation zwei Antriebsrollen notwendig - vor und nach der Fertigungseinheit. Sofern die Fertigungseinheiten nicht von einander durch Puffer getrennt sind, ist die Anzahl der Antriebsrollen $n+1$, wobei n die Anzahl der Einzelprozesse angibt.

Modell des Antriebs

[0014] Der Antrieb ist derartig realisiert, dass die letzte untere Rolle in Transportrichtung spiclfrei angetrieben ist. Die vorherstehenden Rollen von der unteren Reihe sind durch Zahnriemen mitangetrieben. Die oberen Rollen liegen leicht vorgespannt auf den unteren, so dass in den Berührungsstellen eine Kontaktstrecke entsteht.

[0015] Auf Grund der Fertigungstoleranzen haben sowohl die Zahnscheiben auch die Kabelantriebsrollen unterschiedliche Außendurchmesser. Anders als bei Zahnradpaaren muss man bei einem Zahnriemenantrieb für die Ermittlung der tatsächlichen Übersetzung im Rahmen des Flankenspiels die Außendurchmesser der Zahnscheiben heranziehen (die theoretische Übersetzung lässt sich natürlich über den Wirkdurchmesser, bzw. über die Zähnezahlerrechnen). Dadurch resultieren zwangsläufig unterschiedliche Umfangsgeschwindigkeiten an den Kabelantriebsrollen, solange dieses Spiel in der entsprechenden Richtung vorhanden ist. In Abhängigkeit davon, welche von zwei nachfolgenden Rollen die größere Umfangsgeschwindigkeit hat, bildet sich im Bereich zwischen den Rollen entweder eine Zug- oder eine Stauchzone. Es ist offensichtlich, dass ein Kabeltransport mit Bildung von Stauchzonen unzulässig ist. Daher kann man die Bedingung für einen ordnungsmäßigen Kabelvorschub folgendermaßen formulieren:

$$(1) \quad V_1 < V_2 < \dots < V_n \quad V_i - \text{Umfangsgeschwindigkeit der angetriebenen Rolle}$$

[0016] Das Flachkabel muss stets leicht angespannt sein! Ausgehend von der Winkelgeschwindigkeit des Motors kann man für die Umfangsgeschwindigkeiten an den Kabelantriebsrollen folgende Ausdrücke ableiten:

$$(2) \quad V_n = \frac{D_n}{2} \omega_n = \frac{D_n \omega_M}{2 i_G} = R_n \frac{\omega_M}{i_G}$$

$$V_2 = \frac{D_2}{2} \omega_2 = \frac{D_2 \omega_n}{2 i_{n2}} = \frac{D_2}{2} \frac{\omega_n}{\frac{d_2}{d_n}} = \frac{D_2 d_n \omega_M}{2 d_2 i_G} = R_2 \frac{d_n}{d_2} \frac{\omega_M}{i_G}$$

$$V_1 = \frac{D_1}{2} \omega_1 = \frac{D_1 \omega_2}{2 i_{21}} = \frac{D_1 \omega_2}{2 \frac{d_1}{d_2}} = \frac{D_1 d_2 \omega_n}{2 d_1 d_2 i_G} = R_1 \frac{d_n}{d_1} \frac{\omega_M}{i_G}$$

D_i Außendurchmesser der i . Kabelantriebsrolle

ω_i Winkelgeschwindigkeit der i . Kabelantriebsrolle

ω_M Winkelgeschwindigkeit des Motors

i_G Getriebeübersetzung

d_i Außendurchmesser der Zahnscheibe

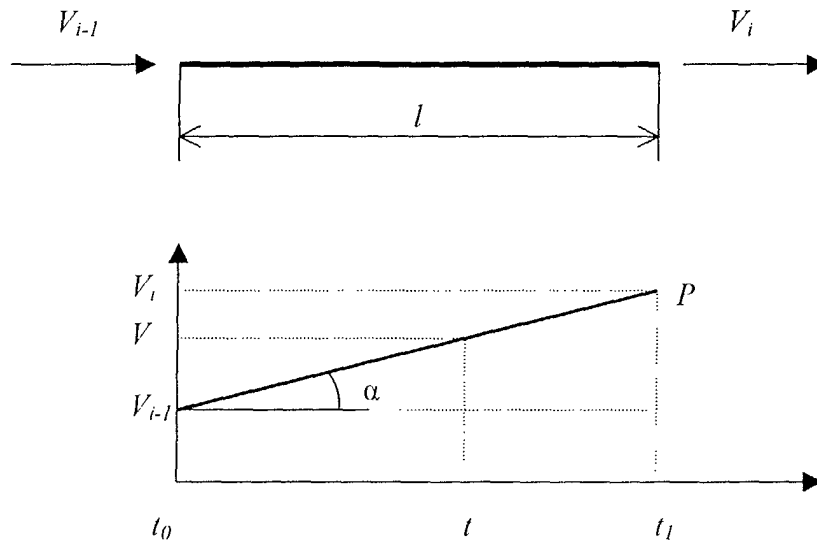
oder allgemein:

$$(2a) \quad V_i = \frac{D_i}{2} \omega_i = \frac{D_i}{2} \frac{\omega_{i+1}}{i_{i+1,i}} = \frac{D_i}{2} \frac{\omega_{i+1}}{\frac{d_i}{d_{i+1}}} = \frac{D_i}{2} \frac{d_n}{d_i} \frac{\omega_M}{i_{ci}} = R_i \frac{d_n}{d_i} \frac{\omega_M}{i_{ci}}$$

[0017] Aus den obigen Formeln ist ersichtlich, dass der Bedingung (1) durch das Variieren von 2 Parametern genügt werden kann, nämlich dem Rollendurchmesser D_i und dem Zahnscheibendurchmesser $d_{i..}$.

[0018] Die Fertigungsprozesse finden jedoch nicht in der unmittelbaren Umgebung einer Rolle statt, sondern i.d.R. in der Mitte zwischen 2 Rollen. Deswegen ist es notwendig, die Verteilung der Flachkabelgeschwindigkeit zwischen den Rollen zu kennen, um ggf. die Geschwindigkeit des Prozesses mit dieser des Kabels synchronisieren zu können.

[0019] Betrachten wir demnächst die Bewegung des Flachkabels nur zwischen 2 Rollen i und $i-1$. Die Geschwindigkeit des Kabels bei den Rollen ist bekannt bzw. kann von (2) ermittelt werden.



[0020] Nach Bedingung (1) steigt die Geschwindigkeit zwischen den Rollen kontinuierlich an. Für die Geschwindigkeit des Kabels in einem beliebigen Punkt zwischen den Rollen kann man aufschreiben:

$$(3) \quad V = V_{i-1} + \frac{V_i - V_{i-1}}{t_1 - t_0} (t - t_0) \quad \text{bzw. bei } t_0=0 \quad (3a)$$

$$V = V_{i-1} + \frac{V_i - V_{i-1}}{t_1} t$$

[0021] Beachtet man weiter, dass

$$t_1 = \frac{l}{\sim V} = \frac{l}{V_{i-1} + \frac{S}{t_1}} = \frac{l}{V_{i-1} + \frac{\frac{1}{2} t_1 (V_i - V_{i-1})}{t_1}} = \frac{l}{V_{i-1} + \frac{V_i - V_{i-1}}{2}} = \frac{2l}{V_i + V_{i-1}}$$

kann man (3) nur als Funktion von l ausdrücken:

$$(3b) \quad V = V_{i-1} + \frac{V_i^2 - V_{i-1}^2}{2l} t$$

l Abstand zwischen den Rollen

t_i Zeit für die Bewegung eines Punktes des Kabels von Rolle $i-1$ zu r Rolle i

$\sim V$ Durchschnittsgeschwindigkeit eines Punktes des Kabels von n $i-1$ nach i

S Flächenmaß des Dreiecks $V_{i-1} P V_i$

[0022] Die Differentialform von (3b) - $\frac{dx}{dt} = (\dots)t$ -, integriert im Intervall l_0-l liefert das Bewegungsgesetz eines Punktes des Kabels bei seiner Bewegung von Punkt $i-l$ nach i :

$$(4) \quad x|_0^l = x_0 + V_{i-1}t + \frac{V_i^2 - V_{i-1}^2}{4l} t^2$$

[0023] Als Resume soll das bisher Ermittelte festgehalten werden:

1. Geschwindigkeit des Kabels in den Rollen und der Einfluss des Rollen- und Zahnscheibendurchmessers auf diese Geschwindigkeit
2. Verteilung der Kabelgeschwindigkeit zwischen 2 Rollen
3. Bewegungsgesetz des Kabels zwischen 2 Rollen

[0024] Nun ist eine Antwort auf die Frage zu finden, welche Leistung für die Fortbewegung des Kabels notwendig ist, bzw. durch welche Anpresskräfte ein normaler Betrieb gewährleistet ist.

[0025] Die dynamische Analyse des Systems Antrieb-Flachkabel bringt Aufschlüsse über die auf das Flachkabel wirkenden äußeren Kräfte und deren Einfluss auf die Positions-, bzw. Bearbeitungsgenauigkeit und über die Grenzbedingungen für eine schlupffreien Fortbewegung des Kabels. Als erstes muss man die Antriebskraft auf das Flachkabel bestimmen. Diese Kraft ist kollinear zu der x-Achse des Modells. Dafür ist es notwendig, die auf die x-Achse reduzierte äquivalente Masse zu ermitteln. Anschließend werden die notwendigen Anpresskräfte auf das Flachkabel unter Berücksichtigung der durch die Bearbeitung und Reibung hervorgerufenen Widerstandskräfte definiert. Dabei geht man von der folgenden aus Fig. 2 ersichtlichen konstruktiven Ausprägung der Rollen aus (die Begründung für den Ansatz folgt in der Darlegung):

[0026] Die äquivalente Masse kann man durch die Gleichsetzung der kinetischen Energien des Modells und des realen Systems ermitteln. Das dynamische System werden wir bedingt in zwei teilen - Subsystem FFC und Subsystem Antrieb. Demnach kann man für die kinetische Energie beiden Subsystemen aufschreiben:

$$(5) \quad E_{FFC} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2} (m_{FFC} \cdot l_i \cdot V_{i,i+1}^2)$$

l_i Abstand zwischen den Rollen i und $i+1$

$\sim V$ Durchschnittsgeschwindigkeit eines Punktes des Kabels von n i nach $i+1$

m_{FFC} Masse des FFC in kg/m

[0027] Der Einfachheit halber setzen wir in (5) statt $\sim V \rightarrow V_i$, also:

$$(5a) \quad E_{FFC} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2} (m_{FFC} \cdot l_i \cdot V_i^2)$$

und

$$(6) \quad E_A = E_M + E_G + \sum_{i=1}^n E_{RU_i} + \sum_{i=1}^n E_{RO_i} + \sum_{i=1}^{n-1} E_{SR_i} + \sum_{i=1}^{n-1} E_{ZR_i}$$

$$(6.1) \quad E_M = \frac{1}{2} J_M \omega_M^2$$

$$(6.2) \quad E_G = \frac{1}{2} J_G \omega_M^2$$

$$(6.3) \quad E_{RO} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n J_{RO_i} \omega_{RO_i}^2$$

$$J_{RO_i} = \frac{1}{2} \left[m_{Rohr} (R_{Rohr_A}^2 + R_{Rohr_I}^2) + 2 m_L (R_{L_A}^2 + R_{L_I}^2) \right]$$

$$\omega_{RO_i} = \frac{V_i}{R_{RO_i}} = \frac{R_{RU_i} r_n \omega_M}{R_{RO_i} r_i i_G}$$

E_M Kinetische Energie des Motors
 E_G KE des Getriebes
 E_{OR} KE der oberen Rolle
 E_{UR} KE der unteren Rolle
 E_{SR} KE der Spannrolle
 E_{ZR} KE des Zahnriemens

[0028] Der Index L steht für Lager, bei R_{RU_i} und R_{RO_i} handelt es sich um Außenradius der unteren und oberen Rolle, r_n und r_i bedeuten den Radius der entspr. Zahnscheibe.

$$(6.4) \quad E_{RU} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n J_{RU_i} \omega_{RU_i}^2$$

$$J_{RU_i} = \frac{1}{2} \left[m_{Rohr} (R_{Rohr_A}^2 + R_{Rohr_I}^2) + 3 m_L (R_{L_A}^2 + R_{L_I}^2) + m_D (R_{D_A}^2 + R_{D_I}^2) + m_{GS} (R_{GS_A}^2 + R_{GS_I}^2) + m_{ZS} (R_{ZS_A}^2 + R_{ZS_I}^2) \right] +$$

$$+ \frac{1}{2} \left[m_{AXL} (R_{AXL_A}^2 + R_{AXL_I}^2) \right]$$

Indices: D - Deckel, GS - Gleitscheibe, ZS - Zahnscheibe, AXL - Axiallager

$$\omega_{RU_i} = \frac{r_n \omega_M}{r_i i_G}$$

$$(6.5) \quad E_{SR_i} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} J_{SR_i} \omega_{SR_i}^2, \quad J_{SR_i} = \frac{1}{2} m_{SR_i} (R_{SR_A}^2 + R_{SR_i}^2)$$

$$\omega_{SR_i} = \frac{V_{ZR_i}}{R_{SR_i}} = \frac{r_i}{R_{SR_i}} \omega_{RU_i} = \frac{d_n \omega_M}{R_{SR_i} i_G}$$

$$(6.6) \quad E_{ZR_i} = \frac{1}{2} m_{ZR_i} V_{ZR_i}^2,$$

wo:

$$m_{ZR_i} [kg] = (2l_i + \pi d_{ZR}) \left(\rho \left[\frac{kg}{m} \right] \right)$$

$$V_{ZR} = \frac{d_n \omega_M}{i_G}$$

ρ - Materialdichte

l_i — Abstand zwischen zwei Rollen

[0029] Jetzt kann man für die äquivalente Masse $M_{\ddot{a}}$, reduziert auf die x- Achse, schreiben:

$$(7) \quad M_{\ddot{a}} = (J_M + J_G) \frac{\omega_M^2}{V_n^2} + \frac{1}{V_n^2} \left[\sum_{i=1}^n E_{RO_i} + \sum_{i=1}^n E_{RU_i} + \sum_{i=1}^{n-1} E_{SR_i} + \sum_{i=1}^{n-1} E_{ZR_i} \right]$$

Unter der Berücksichtigung der Formel (2) und der Vernachlässigung der geringfügigen Unterschiede der kinematischen Parameter der Rollen und der Zahnscheiben (alle Antriebsrollen in einer Reihe sowie alle Zahnscheiben und Spannrollen haben ideale Maße, sprich jeweils gleiche Außendurchmesser), d.h.

$$\omega_{RU} = \frac{\omega_M}{i_G}, \quad \omega_{RO} = \frac{R_{RU} \omega_M}{R_{RO} i_G}, \quad V_i = V_n$$

kann man die äquivalente Masse folgendermaßen umschreiben:

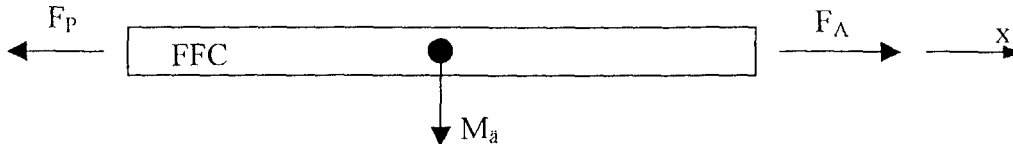
$$M_{\ddot{a}}^A = (J_M + J_G) \frac{i_G^2}{R_n^2} + \frac{i_G^2}{R_n^2 \omega_M^2} \left[n J_{RO} \frac{R_{RU}^2 \omega_M^2}{R_{RO}^2 i_G^2} + n J_{RU} \frac{\omega_M^2}{i_G^2} + (n-1) J_{SR} \frac{R_{ZS}^2 \omega_M^2}{R_{SR}^2 i_G^2} + R_{ZS}^2 \frac{\omega_M^2}{i_G^2} \sum_{i=1}^{n-1} m_{ZR_i} \right] +$$

$$+ \frac{1}{V_n^2} \sum_{i=1}^{n-1} m_{FFC} l_i V_i^2$$

$$(7a) \quad M_{\ddot{a}} = (J_M + J_G) \frac{i_G^2}{R_n^2} + \frac{n}{R_n^2} \left[J_{RO} \frac{R_{RU}^2}{R_{RO}^2} + J_{RU} + \frac{n-1}{n} J_{SR} \frac{R_{ZS}^2}{R_{SR}^2} + \frac{R_{ZS}^2}{n} \sum_{i=1}^{n-1} m_{ZR_i} \right]$$

$$(7b) \quad M_{\ddot{a}} = m_{FFC} \sum_{i=1}^{n-1} l_i + M_{\ddot{a}}^A$$

[0030] Somit reduziert sich das System zum folgenden Modell, wobei die ganze Masse im FFC "konzentriert" ist



[0031] Die Differentialgleichung des Systems ist demnach:

$$(8) \quad M_{\ddot{a}} \frac{d^2 x}{dt^2} + \beta \frac{dx}{dt} = F_A \eta - F_P,$$

wo F_A — resultierende Antriebskraft

F_P — resultierende Prozesskraft

$\beta \frac{dx}{dt} = F_R$ — resultierende Reibungskraft

η — Wirkungsgrad des Gesamtantriebs

[0032] Die Hochlaufzeit des Systems lässt sich aus den Bewegungsgleichungen ermitteln:

$$(9) \quad V = V_0 + \frac{F_A - F_P}{M_{\ddot{a}}} t \quad \text{und} \quad (10) \quad x = x_0 + V_0 t + \frac{F_A - F_P}{2 M_{\ddot{a}}} t^2$$

[0033] Die Vorschubskonstante K_V des Systems ist gegeben durch:

$$(10) \quad K_V = \varphi_R R_R = \frac{\varphi_M}{i_G} R_R = \frac{2\pi}{i_G} R_R \left[\frac{mm}{\text{Motorumdrehung}} \right]$$

[0034] Der Vollständigkeit halber wird noch gezeigt, welche Antriebskräfte an den jeweiligen Antriebsrollen entstehen. Diese Kräfte kann man annähernd berechnen, indem man den Antriebsmoment durch die Anzahl der Rollen und den Radius der Antriebsrolle dividiert.

$$(11) \quad F_{A_i} = \frac{M_A i_G}{n R_n}$$

[0035] Der genaue Wert ist durch den Ausdruck gegeben:

$$(11a) F_{A_i} = M_A i_G \frac{r_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \frac{1}{R_{RU_i}} \prod_{i=n}^1 \eta_i$$

wobei:

η_i - Wirkungsgrad in der jeweiligen Übersetzungsstufe
 r_i - Radius der jeweiligen Zahnscheibe

[0036] Aus der bisherigen Darlegung ist klar geworden, dass ein kontinuierlicher Betrieb mit berechenbarem Verhalten des Flachkabels nur dann gewährleistet ist, wenn es zwischen jeweils zwei Antriebsrollen einem gewissen Zug unterzogen ist. Dadurch entsteht im diesem Bereich eine nicht linear ansteigende elastische Kraft. Der maximale Wert dieser Zugkraft muss allerdings begrenzt werden, ansonst wird das FFC u.U. im plastischen Bereich gedehnt, möglicherweise werden schmale FFC sogar zerstört. Dieser Wert kann auf zwei Arten eingeschränkt werden: man stellt die Anpresskraft zwischen den Rollen so ein, dass beim Erreichen eines Grenzwerts der Zugkraft das FFC auf die entsprechende Antriebsrolle zum Gleiten beginnt oder man sieht eine Rutschkupplung bei jeder Antriebsrolle vor mit Ausnahme der Rolle, die direkt durch den Motor angetrieben ist.

[0037] Durch diese Rutschkupplung kann das auf die Rolle übertragene Antriebsmoment begrenzt werden. Beim Erreichen einer vordefinierten elastischen Dehnung (sprich elastischer Kraft) zwischen zwei Rollen beginnt eine von beiden (oder beide) sich mit einer anderen Winkelgeschwindigkeit gegenüber der antreibenden Zahnscheibe zu drehen. Der Schlupf entsteht somit in der Rutschkupplung und nicht zwischen Antriebsrolle und Kabel. Damit wird eine definierte Lage des Kabels bezüglich der Oberfläche jeder Antriebsrolle und damit im Raum sichergestellt, was die Bearbeitung einzelner vorbestimmter Bereiche des Kabels mit hoher Genauigkeit ermöglicht.

[0038] Die Bedingungen für einen schlupffreien Betrieb in der Umgebung einer Rolle kann man, ausgehend aus dem Modell des Antriebes, folgendermaßen definieren:

$$(12) |\Sigma F_X| \leq \mu_0 R \text{ - Bedingung für schlupffreie Kraftübertragung auf das FFC}$$

$$(13) |\Sigma F_X| \geq \frac{f}{r} R \text{ - Bedingung für Rollen der Antriebs- und Anpressrolle und auf das FFC}$$

wo (ohne Rutschkupplung):

$$\Sigma F_X = F_{A_i} + F_{el_{i,i+1}} - F_{el_{i,i-1}}$$

f Reibungskoeffizient bei Rollen
 μ_0 Reibungskoeffizient bei Gleiten
 r Radius der Rolle
 R Reaktionskraft = F_n

[0039] Bei $\Sigma F_X > 0$ und $|\Sigma F_X| \geq \mu_0 R$ haben wir Vorwärtsgleiten, bzw. bei $\Sigma F_X < 0$ und $|\Sigma F_X| \geq \mu_0 R$ Rückwärtsgleiten.

[0040] Durch den Einbau der Rutschkupplung gewinnt man einen Parameter, mit dem man die Erfüllung von (12) und (13) immer erreichen kann. Die Gleichung der Kräfte auf x ändert sich wie folgt:

$$\Sigma F_X = F_{A_i} + F_{el_{i,i+1}} - F_{el_{i,i-1}} - F_{Kup}$$

wo: t_H - Hochlaufzeit und

$$(13.1) F_{Kup_i} = k_i \frac{M_{RU_i}^D + M_{RO_i}^D}{R_{RU_i}}, \quad M_{RU(O)_i}^D = \frac{J_{RU(O)_i}}{t_H} \omega_{RU(O)_i}, \quad 1 < k_i < \frac{M_{A_i}}{M_{RU_i}^D + M_{RO_i}^D}$$

[0041] Die Kupplungsschließkraft F_{Zyl} ist gegeben durch:

$$(13.2) F_{Zyl_i} = \frac{2 R_{RU_i} F_{Kup_i}}{\mu (R_{GS_{A_i}} + R_{GS_{i_i}})} = \frac{M_{RU_i}^D + M_{RO_i}^D}{\mu (R_{GS_{A_i}} + R_{GS_{i_i}})} 2 k$$

[0042] Um den Antrieb des Flachkabels durch die Maschine korrekt einstellen zu können, müssen die elastischen Eigenschaften des Kabels bekannt sein. Es ist insbesondere zu ermitteln, ob mit einer konstanten Einstellung des Grenzwertes der Dehnung alle Kabelbreiten bearbeitet werden können, oder ob je nach Zusammensetzung des Kabelquerschnittes eine individuelle Einstellung für einen schlupffreien Betrieb im Kabelstrang notwendig ist. Da die Elastizität des Kabels durch das Kupfer dominiert sind, wird für Übersichtlichkeit bei den folgenden Betrachtungen nur dieser Werkstoff betrachtet.

[0043] Die Federkonstante c eines flachen Kupferleiters ist gegeben durch:

$$(14) c = \frac{E S}{l}$$

mit

E Elastizitätsmodul
 S Querschnittfläche
 l Länge des Leiters

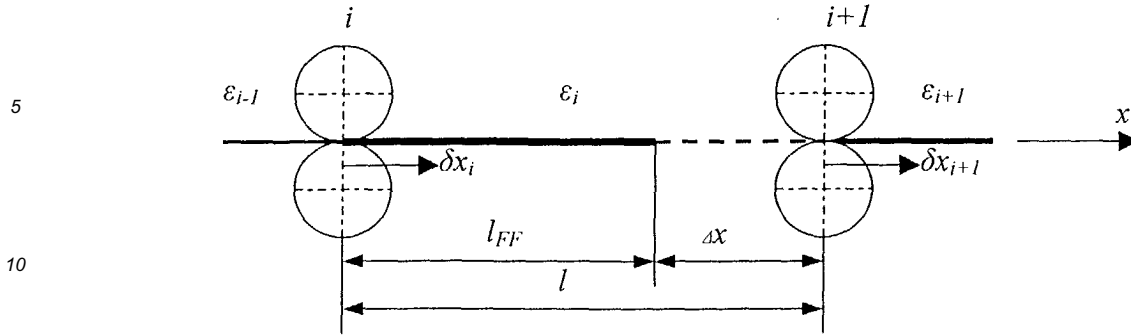
[0044] Die Federkonstante eines Flachkabels ist demnach mit der allgemeinen Formel gegeben:

$$(15) c = \frac{E h \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k i b_j}{l}$$

mit

h Höhe des Leiters
 b_j Breite des Leiters
 i Anzahl Leiter mit gleicher Breite

[0045] Die elastische Kraft, die zwischen 2 Rollen entsteht, ist von dem Weg x abhängig, sprich von der Zeit t . Der Prozess der Entstehung der elastischen Kraft wird durch das nachstehende Bild verdeutlicht:



δx Verschiebung des Berührungspunktes der Räder

Δx Absolute Dehnung des Kabels

ε Relative Dehnung des Kabels

e_s Spezifische Dehnung des Kabels

l_{FFC} Ungedehnte Länge des Kabels

l Abstand zwischen den Rollen

[0046] Laut Bedingung (1) ist V_{i+1} immer größer als V_i , d.h., dass sich das auslaufende Kabelende, sprich der Berührungspunkt zwischen den Rollen $i+1$, schneller bewegt als das Einlaufende, sprich der Berührungspunkt zwischen den Rollen i . Diese Geschwindigkeitsdifferenz resultiert in Entstehung einer mechanischen Dehnung im Kabelstrang, welche eine in Abhängigkeit von der elastischen Konstante des Kabels, die ihrerseits von der effektiven Länge des Kabels abhängt, kleinere oder größere elastische Kraft hervorruft. Diese Kraft steigt, bedingt durch die Gegebenheiten des Antriebes, nicht linear an.

[0047] Betrachtet man den Zustand des Kabelstranges in einem beliebigen Zeitpunkt t_j . Das Kabel hat folgende elastische Parameter: Δx^j , e_i^j , ε_i^j , und l_{FFC}^j . Das Teil des Kabels vor den Rollen i hat eine relative (spezifische) Dehnung ε_{i-1}^j (e_{i-1}^j) und der Strang nach den Rollen $i+1$ - eine relative (spezifische) Dehnung ε_{i+1}^j (e_{i+1}^j).

[0048] In einem unendlich kleinen Intervall dt bewegt sich das linke Ende des Kabels um δx_{i-1}^{j+1} und das Rechte um δx_{i+1}^{j+1} gemäß Formel (2), und somit verändern sich die Parameter wie folgt:

$$(16) \quad \delta x_i^{j+1} = V_i(t)t + \frac{V_{i+1}^2(t) - V_i^2(t)}{4l} t^2, \quad \delta x_{i+1}^{j+1} = V_{i+1}(t)t + \frac{V_{i+2}^2(t) - V_{i+1}^2(t)}{4l} t^2$$

$$(17) \quad \Delta x^{j+1} = \Delta x^j + e_{i-1}^j \delta x_i^{j+1} - e_i^j \delta x_{i+1}^{j+1}$$

$$(18) \quad l_{FFC}^{j+1} = l - \Delta x^{j+1}$$

$$(19) \quad \varepsilon_i^{j+1} = \frac{l}{l_{FFC}^{j+1}} - 1, \quad e_i^{j+1} = \frac{l_{FFC}^{j+1}}{l}$$

[0049] Somit kann man die elastische Kraft für jedes unendlich kleines Zeitintervall definieren als:

$$(20) \quad F_{el}^j = c_{(x)} \Delta x^j, \quad F_{el}^{j+1} = c_{(x)} \Delta x^{j+1} \text{ u.s.w., allgemein} \quad (20a) \quad F_{el}(t) = c_{(x)} \Delta x(t)$$

Zusammenfassung des bisher Erreichten:

[0050] Beim Transport des Flachkabels durch mehr als einer Rolle ist ein schlupffreier Betrieb unter der Idealisierung der Komponenten der kinematischen Kette theoretisch gegeben, in der Praxis jedoch aufgrund ihrer Fertigungstoleranzen und der elastischen Eigenschaften des Kabels ohne Zusatzmaßnahmen nicht realisierbar. Deshalb muss bei der konstruktiven Umsetzung des Maschinenkonzeptes nach Lösungen gesucht werden, die den Kabelschlupf in den Rollen eliminieren und dadurch das kinematische Verhalten des Kabels berechenbar machen.

[0051] Eine solche Lösung schafft die Erfindung. Bei der erfindungsgemäßen kinematischen Lösung des Vorschubantriebes bewegt sich das Flachkabel ohne Schlupf durch alle Rollen. Die Geschwindigkeiten der jeweiligen Rollenpaare sind durch angemessene Auswahl ihrer Außendurchmesser und dieser der Zahnscheiben derartig gewählt, dass die in der Transportrichtung letzte angetriebene Rolle die höchste Umfangsgeschwindigkeit hat und jede vorher angebrachte immer niedrigere. Die Reibungskräfte auf dem FFC sind nur in der Höhe der Antriebskräfte sinnvoll und werden durch die Anpresskräfte bestimmt.

[0052] Die verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten verursachen im Bereich zwischen jeweils zwei Rollen ungleichmäßige Verschiebungen des Kabels. Diese Verschiebungen bewirken die Entstehung elastischer Kräfte im jeweiligen Kabelstrang. Sie steigen nichtlinear an, solange sie die niedrigere Reibungskraft zwischen einem von beiden Rollenpaaren nicht überschreiten oder wenn die Differenz von den Produkten von den Peripheriegeschwindigkeiten der Rollen mit den spezifischen Dehnungen in den vorgelagerten Bereichen gegen Null geht. Wenn das Erste eintritt, sollte das Flachkabel auf die entsprechende Antriebsrolle rutschen und dadurch ein Ausgleich der elastischen Kräfte von beiden Seiten der Rolle stattfinden. Da dieses Rutschen für das Kabel und die Fertigungsgenauigkeit ungünstig ist, sind in allen Antriebsrollen bis auf die Letzte Rutschkupplungen eingebaut.

[0053] Der o.ä. Abgleich der elastischen Kräfte findet nämlich in den Kupplungen statt, was die relative Bewegung zwischen Kabel und Rollen unterbindet und einen Schlupffreien Betrieb gewährleistet. Die auf die x-Achse reduzierten Kräfte von den Reibungsmomenten in den Kupplungen sollen bei der Beschleunigung des Systems als Widerstandskräfte und beim Bremsen als aktive Kräfte berücksichtigt werden.

[0054] Die letzte Rolle ist die einzige, die ohne Rutschkupplung und unmittelbar vom Motor angetrieben ist. Die Übertragungsmomente in den Rutschkupplungen sind auf einem Wert zwischen dem Massenmoment und dem anteiligen Antriebsmoment an der Rolle eingestellt. Diese Besonderheit des Antriebes garantiert eine Kontinuität der Bewegung des Flachkabels und gute deterministische Eigenschaften des gesamten Systems, welche neben der Korrektur der Position des Kabels bzw. der Bearbeitungsaggregate durch die Steuerung auch eine gute Abschätzung der Bearbeitungstoleranzen des FFC ermöglichen.

[0055] Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern kann verschiedentlich abgewandelt werden. Statt der Treibriemen (Zahnriemen) ist die Verwendung von Ketten oder Zahnradern bzw. Reibrädern denkbar, die unter Umständen auch gleich die Funktion der Rutschkupplungen übernehmen können.

[0056] Es ist auch möglich, jede Antriebsrolle für sich mit der vorherbestimmten Drehzahl anzutreiben, die Rutschkupplung kann dabei mechanisch, wie im oben beschriebenen Fall, oder elektrisch, als Regelung des Antriebsmomentes, ausgebildet sein.

[0057] Es wird in der Beschreibung und den Ansprüchen immer von Drehzahl gesprochen, dies gilt streng nur für Antriebsrollen mit untereinander gleichem Durchmesser, streng genommen müsste man jeweils die tangentiale Oberflächengeschwindigkeit als Vergleichsparameter heranziehen, was dem Fachmann aber geläufig ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Transport eines Flachleiterkabels zu, zwischen und von Bearbeitungsstationen mittels Antriebsrollen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsrollen mit unterschiedlicher tangentialer Oberflächengeschwindigkeit angetrieben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flachleiterkabel von Antriebsrollen mit geringerer tangentialer Oberflächengeschwindigkeit zu Antriebsrollen mit höherer Oberflächengeschwindigkeit gelangt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antriebsmoment zumindest einer Antriebsrolle kleiner ist als die Reibungskraft zwischen der Oberfläche der Antriebsrolle und dem Flachbandkabel, multipliziert mit dem Radius der Antriebsrolle.
4. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der voranstehenden Ansprüche, mit Antriebsrollen, die ein Flachbandkabel in Bewegung versetzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsrollen mit unter-

schiedlicher tangentialer Oberflächengeschwindigkeit angetrieben werden.

5 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei zumindest einer Antriebsrolle zwischen der Oberfläche und dem Antrieb eine Rutschkupplung vorgesehen ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rutschkupplung mechanisch, pneumatisch oder elektrisch ausgebildet ist.

10 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Antriebsrollen mit unterschiedlichem Drehmoment angetrieben werden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7 und 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die unterschiedlichen Drehmomente durch unterschiedlich ausgebildete bzw. justierte Rutschkupplungen sichergestellt werden.

Fig. 1

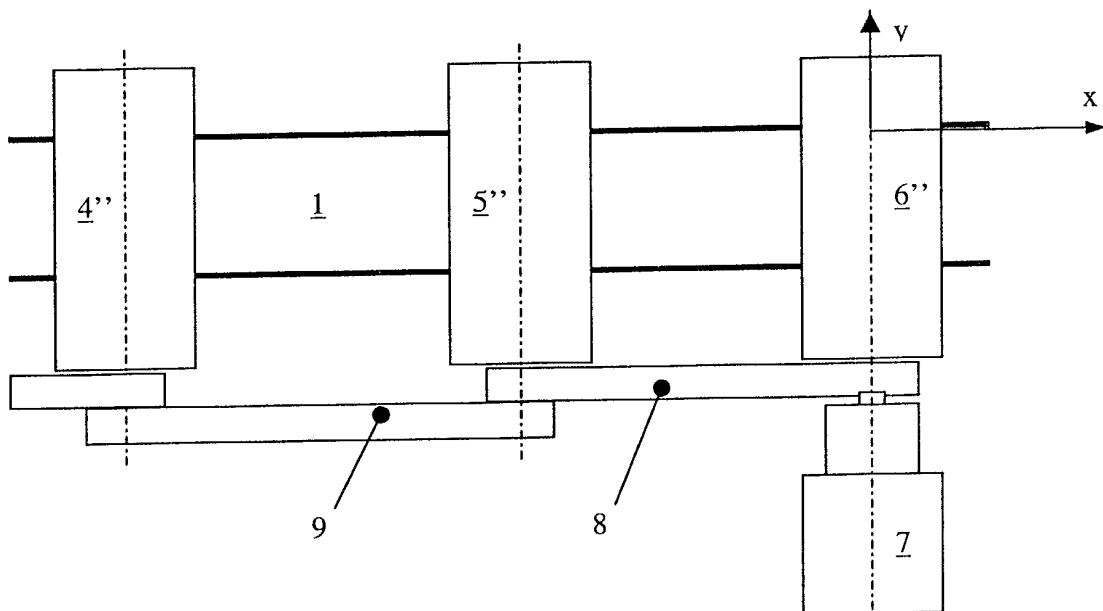
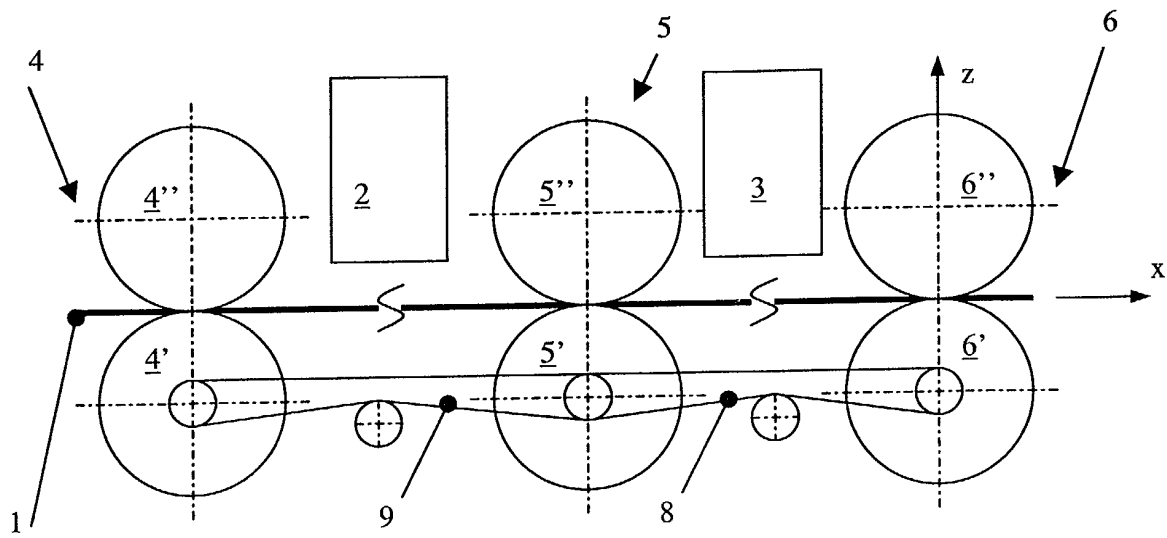


Fig. 2

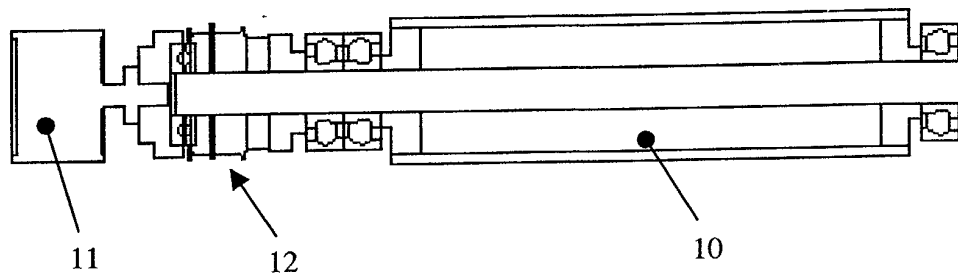
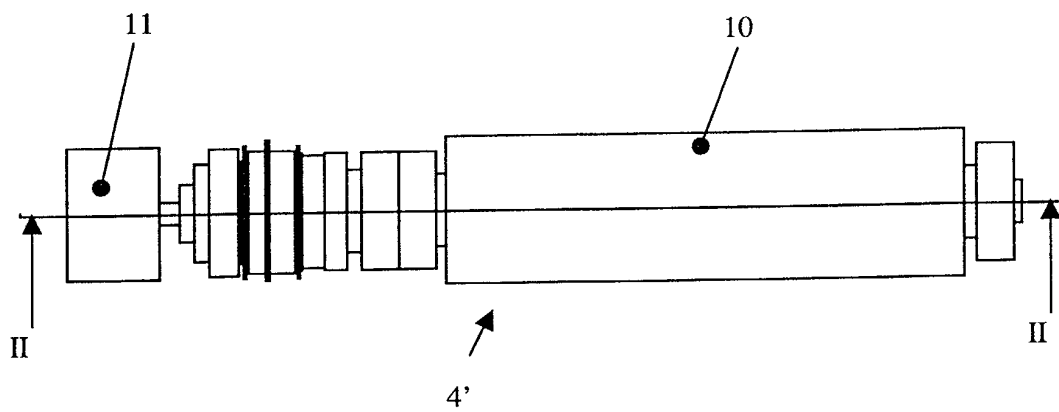


Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 45 0103

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 510 (E-1149), 25. Dezember 1991 (1991-12-25) & JP 03 225710 A (FUJIKURA LTD), 4. Oktober 1991 (1991-10-04) * Zusammenfassung * -----	1,4	H01B13/00 H01B7/08
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			H01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 4. Oktober 2002	Prüfer Demolder, J
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 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			

EPO FORM 1503 03/92 (P04C03)

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

EP 02 45 0103

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

04-10-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 03225710 A	04-10-1991	KEINE	

EPO FORM P0461

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