

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 849/2014
(22) Anmeldetag: 24.11.2014
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2017

(51) Int. Cl.: **B65H 19/18** (2006.01)

(30) Priorität:
28.11.2013 DE 102013224324.3 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
JP H055298 A
JP 2003118895 A

(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)

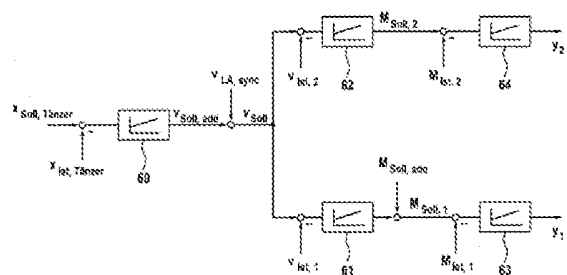
(72) Erfinder:
Schultze Stephan
97816 Lohr-Wombach (DE)
Doeres Hans-Juergen
97833 Frammersbach (DE)

(74) Vertreter:
Puchberger & Partner Patentanwälte
Wien (AT)

(54) **Verfahren zum Betrieb einer Bahnbearbeitungsmaschine mit fliegendem Rollenwechsel**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Bahnbearbeitungsmaschine (10), wobei die Bahnbearbeitungsmaschine (10) eine erste und eine zweite Bahnmaterialrolle (20;30) umfasst, die jeweils von einem ersten bzw. einem zweiten Motor (21; 31) angetrieben werden, wobei eine Andruckwalze (40) vorgesehen ist, mit welcher das von der zweiten Bahnmaterialrolle (30) ablaufende Bahnmaterial gegen die erste Bahnmaterialrolle (20) gedrückt werden kann, wobei eine Abschneidevorrichtung (42) vorgesehen ist, wobei wenigstens eine angetriebene Klemmstelle (12) für das Bahnmaterial vorgesehen ist, wobei dem ersten Motor (21) ein erster Drehmomentregler (63) zugeordnet ist, wobei dem ersten Motor (21) ein erster Geschwindigkeitsregler (61) zugeordnet ist, wobei während die Andruckwalze (40) das Bahnmaterial (11) gegen die erste Bahnmaterialrolle (20) drückt, ein Sollwert (MSoll,1) des ersten Drehmomentreglers (63) gebildet wird, indem einer Stellgröße des ersten Geschwindigkeitsreglers (61) ein additiver Drehmomentsollwert (MSoll, add) hinzuaddiert wird, wobei der Wert (73) des additiven Drehmomentsollwerts (MSoll, add) von Null verschieden ist.

Fig. 3



Beschreibung

VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER BAHNBEARBEITUNGSMASCHINE MIT FLIEGENDEM ROLLENWECHSEL

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Bahnbearbeitungsmaschine zur Bearbeitung eines Bahnmaterials gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Bei dem Bahnmaterial handelt es sich beispielsweise um eine Bahn aus Papier, Kunststoffolie, Textilvlies oder Textildgewebe. Die Bearbeitung umfasst vorzugsweise einen Bedruckvorgang.

[0002] Herkömmliche Verfahren und Steuervorrichtungen zum Betrieb einer Bahnbearbeitungsmaschine sind beispielsweise aus der JP H055298 A und der JP 2003 118 895 A bekannt.

[0003] Aus der EP 1 693 323 B1 ist ein derartiges Verfahren bekannt, bei dem ein fliegender Rollenwechsel durchgeführt wird. Dabei wird das Bahnmaterial anfangs von einer zweiten Bahnmaterialrolle abgewickelt, um diese in wenigstens einer angetriebenen Klemmstelle zu bearbeiten. Noch während das von der zweiten Bahnmaterialrolle ablaufende Bahnmaterial bearbeitet wird, wird eine volle erste Bahnmaterialrolle in die Bahnbearbeitungsmaschine eingesetzt, deren äußeres Wicklungsende mit Klebstoff, beispielsweise in Form eines Klebstreifens versehen ist. Die erste Bahnmaterialrolle wird mit einem ersten Motor in Drehbewegung versetzt, so dass deren Umfangsgeschwindigkeit gleich der Geschwindigkeit des Bahnmaterials ist, welches von der zweiten Bahnmaterialrolle abläuft. Sobald das Bahnmaterial der zweiten Bahnmaterialrolle fast vollständig verbraucht ist, wird das von der zweiten Bahnmaterialrolle ablaufende Bahnmaterial mittels einer Andruckwalze gegen die erste Bahnmaterialrolle gedrückt. Kurz nachdem die beiden Bahnmaterialien der ersten und der zweiten Bahnmaterialrolle verklebt sind, wird das Bahnmaterial, das von der ersten Bahnmaterialrolle abläuft mit einer Abschnidevorrichtung abgeschnitten, so dass nur noch das Bahnmaterial von der ersten Bahnmaterialrolle durch die Bearbeitungsmaschine läuft. Dabei kommt es darauf an, dass der erste Motor und der zweite Motor so geregelt werden, dass das Bahnmaterial nicht abreißt, wobei idealerweise nahezu keine Schwankungen in der Zugkraft, welche in dem Bahnmaterial wirkt, auftreten.

[0004] Kritisch ist hier insbesondere der Umstand, dass der erste Motor vor dem Ankleben nur das Reibmoment der ersten Bahnmaterialrolle überwinden muss, wobei er nach dem Ankleben und dem Abschneiden zusätzlich die Zugkraft aufbringen muss, welche in dem Bahnmaterial wirkt. Die entsprechenden Drehmomente wirken in entgegengesetzte Richtung, d.h. anfangs arbeitet der erste Motor motorisch, wobei er später generatorisch arbeitet, was die Motorregelung weiter erschwert. Zur Lösung dieses Problems schlägt die DE 44 28 739 C1 vor, die erste Bahnmaterialrolle mit einem zusätzlichen Motor bereits vor dem Ankleben abzubremesen, so dass sich der erste Motor schon vor dem Ankleben bereits in dem Betriebszustand befindet, den er nach dem Ankleben einnehmen muss.

[0005] Zur Vermeidung dieses zusätzlichen Motors schlägt die DE 296 04 882 U1 vor, den ersten Motor kurz vor dem Ankleben auf eine Drehzahl etwas oberhalb der Synchrodrehzahl zu beschleunigen und diesen kurz vor dem Ankleben abzubremesen. Hierfür wird der Sollwert der Drehzahlregelung entsprechend verändert. Da das Bremsdrehmoment hierbei nicht exakt definiert ist, kommt es beim Ankleben zu Schwankungen der Zugkraft im Bahnmaterial. Eine Drehmomentregelung des ersten Motors wird in der DE 296 04 882 U1 nicht erwähnt.

[0006] Die eingangs genannte EP 1 693 323 B1 schlägt vor, die Zugkraftregelung des Bahnmaterials, die mittels einer Tänzerrolle erfolgt, während des Anklebens abzuschalten. Weiter ist in der EP 1 693 323 B1 eine Drehmomentregelung des ersten Motors beschrieben.

[0007] Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass auf einen aufwändigen Bremsantrieb für die erste Bahnmaterialrolle verzichtet werden kann. Weiter kann die Zugkraftregelung für das Bahnmaterial während des Anklebens ununterbrochen weiterlaufen. Darüber hinaus bleibt die Zugkraft im Bahnmaterial während des Anklebens und des Abschneidens nahezu konstant. Eine gewünschtenfalls vorhandene Tänzerwalze zur Einstellung der Zugkraft

des Bahnmaterials bewegt sich nahezu nicht.

[0008] Gemäß dem selbständigen Verfahrensanspruch wird vorgeschlagen, dass, während die Andruckwalze das Bahnmaterial gegen die erste Bahnmaterialrolle drückt, ein Sollwert des ersten Drehmomentreglers gebildet wird, indem einer Stellgröße des ersten Geschwindigkeitsreglers und ein additiver Drehmomentsollwert hinzuaddiert wird, wobei der Wert des additiven Drehmomentsollwerts von Null verschieden ist. Dabei wird ausgenutzt, dass der Drehmomentregler des ersten Motors, der vorzugsweise als Synchronmotor ausgebildet ist, außerordentlich schnell arbeitet. Der vorgeschlagene Sollwerteingriff bewirkt also in sehr kurzer Zeit die gewünschte Änderung des Antriebsdrehmoments. Dieser schnellen Drehmomentänderung kann die erste Bahnmaterialrolle aufgrund ihres hohen Massenträgheitsmoments nur langsam folgen. Dementsprechend findet in der genannten kurzen Zeit nahezu keine Änderung der Drehzahl der ersten Bahnmaterialrolle statt, die sich schädlich auf den Anklebeprozess auswirken würde. Vorzugsweise wird der vorgeschlagene Sollwerteingriff so kurz wie möglich vor dem Ankleben begonnen.

[0009] In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der Erfindung angegeben.

[0010] Der additive Drehmomentsollwert kann gleich dem Produkt aus einem Außenradius der ersten Bahnmaterialrolle und einer Soll- oder einer Ist-Zugkraft des Bahnmaterials sein, wobei gewünschtenfalls wenigstens ein weiterer Term hinzuaddiert wird. Wenn die Zugkraft des Bahnmaterials mit einer Tänzerwalze oder mit einer Zugkraftsteuerung eingestellt wird, ist die Soll-Zugkraft bekannt. Bei Verwendung einer Zugkraftregelung mit einer Zugkraftmessung ist die Ist-Zugkraft bekannt. Aus diesen Werten kann durch Multiplikation mit dem Außenradius der ersten Bahnmaterialrolle das erforderliche Antriebsdrehmoment berechnet werden. Der genannte Außenradius kann laufend gemessen werden. Es kann aber auch der immer gleiche und bekannte Außenradius einer vollen Bahnmaterialrolle angesetzt werden.

[0011] Als weiterer Term kann das Drehmoment hinzuaddiert werden, welches zur Überwindung der an dem Bahnmaterial zumindest mittelbar angreifenden Reibkräfte erforderlich ist. Hierdurch ist sichergestellt, dass auch den sich durch das Ankleben und das Abschneiden veränderten Reibungsverhältnissen Rechnung getragen wird. Bei den genannten Reibkräften handelt es sich insbesondere um die Lagerreibung der Walzen, an denen das Bahnmaterial vorbeiläuft. Weiter ist die Lagerreibung der ersten Bahnmaterialrolle angesprochen.

[0012] Der additive Drehmomentsollwert kann nach dem Ankleben und dem Abschneiden auf Null gesetzt werden. Hierdurch soll vermieden werden, dass der additive Drehmomentsollwert die Regelung oder Steuerung der Zugkraft des Bahnmaterials möglichst wenig stört. Vorzugsweise erfolgt dies so kurz wie möglich nach dem Ankleben und dem Abschneiden.

[0013] Der Übergang des additiven Drehmomentsollwerts von Null auf den von Null verschiedenen Wert und umgekehrt kann stetig oder in mehreren Stufen erfolgen. Hierdurch soll verhindert werden, dass durch den erfindungsgemäßen Sollwerteingriff mechanische oder regelungstechnische Resonanzen der Bahnbearbeitungsmaschine angeregt werden. Ein stetiger Übergang kann beispielsweise erreicht werden, indem eine sprunghafte Wertänderung durch ein PT1-Glied gefiltert wird, ehe sie als additiver Drehmomentsollwert verwendet wird.

[0014] Der additive Drehmomentsollwert kann in einer kürzeren Zeit von Null auf den von Null verschiedenen Wert ansteigen, als er von dem von Null verschiedenen Wert auf Null abfällt. Der Abfall des additiven Drehmomentsollwerts wird durch eine vorzugsweise vorhandene Zugkraftregelung kompensiert, so dass eine derartige Veränderung geringe Störungen verursacht. Eine zu lange Zeitdauer des Anstiegs des additiven Drehmomentsollwerts hat dagegen zur Folge, dass die Bahnmaterialien der beiden Bahnmaterialrollen zumindest kurzzeitig nicht mehr synchron laufen. Dies stört den Anklebevorgang erheblich. Durch den vorstehenden Vorschlag werden dementsprechend wenige Resonanzen der Bahnbearbeitungsmaschine angeregt.

[0015] Der erste Drehmomentregler kann schneller auf eine Regelabweichung reagieren als der erste Geschwindigkeitsregler. Dies wird vorzugsweise dadurch erreicht, dass ein Proportional-

Verstärkungsfaktor des ersten Drehmomentreglers größer als ein Proportional-Verstärkungsfaktor des ersten Geschwindigkeitsreglers ist. Zusätzlich oder alternativ kann vorgesehen sein, dass eine Integrier-Zeitkonstante des ersten Drehmomentreglers kleiner als eine Integrier-Zeitkonstante des ersten Geschwindigkeitsreglers ist. Dabei kommen vorzugsweise stetige, lineare Regler, insbesondere PI-Regler zum Einsatz. Soweit diese Regler zeitdiskret berechnet werden, kann eine Zykluszeit des ersten Geschwindigkeitsreglers länger sein als diejenige des ersten Drehmomentreglers. Erstgenannte Zykluszeit beträgt beispielsweise 125 μ s oder 250 μ s, wobei zweitgenannte Zykluszeit beispielsweise 62,5 μ s beträgt. Durch die vorgeschlagene Maßnahme wird verhindert, dass der erste Geschwindigkeitsregler den erfindungsgemäßen Drehmomenteingriff kompensiert, noch ehe das Ankleben und das Abschneiden erfolgt sind.

[0016] Dem zweiten Motor kann ein zweiter Drehmomentregler und ein zweiter Geschwindigkeitsregler zugeordnet sein, wobei ein Istwert des zweiten Drehmomentreglers proportional zum Drehmoment des zweiten Motors ist, wobei ein Istwert des zweiten Geschwindigkeitsreglers proportional zur Drehgeschwindigkeit des zweiten Motors ist, wobei eine Stellgröße des zweiten Geschwindigkeitsreglers ein Sollwert des zweiten Drehmomentreglers ist. Der erste und der zweite Drehmomentregler sind vorzugsweise gleich aufgebaut und höchst vorzugsweise gleich parametrisiert. Der erste und der zweite Geschwindigkeitsregler sind vorzugsweise gleich aufgebaut und höchst vorzugsweise gleich parametrisiert.

[0017] Ein Istwert des ersten und/oder des zweiten Geschwindigkeitsreglers kann ermittelt werden, indem die Drehzahl des zugeordneten Motors mit einem Außenradius der zugeordneten Bahnmaterialrolle multipliziert wird. Die Drehzahl der Motoren kann wesentlich leichter bestimmt werden als die Geschwindigkeit des Bahnmaterials, welche primär geregelt werden soll. Der Außenradius des Bahnmaterials kann beispielsweise mit einer Radius-Messvorrichtung gemessen werden. Er kann aber auch ausgehend vom bekannten Außenradius einer vollen Bahnmaterialrolle und der bekannten Geschwindigkeit des Bahnmaterials und der verstrichenen Zeitdauer berechnet werden.

[0018] Das Bahnmaterial kann um eine Tänzerwalze geführt sein, die verschiebbar gelagert ist, wobei mit einem Lagegeber die Lage der Tänzerwalze gemessen werden kann, wobei ein Tänzerlageregler vorgesehen ist, dessen Istwert die Lage der Tänzerwalze ist, wobei der Sollwert des ersten und/oder des zweiten Geschwindigkeitsreglers ermittelt wird, indem einer gewünschten Geschwindigkeit des Bahnmaterials eine Stellgröße des Tänzerlagereglers hinzuaddiert wird. Es ist an sich bekannt, die Zugkraft des Bahnmaterials mit einer Tänzerwalze einzustellen. Vorzugsweise ist nur ein einziger Tänzerlageregler vorgesehen, dessen Stellgröße gleichzeitig der Sollwert des ersten und des zweiten Geschwindigkeitsreglers ist. Ein geschlossener Regelkreis liegt dann nur für die Bahnmaterialrolle vor, von der das Bahnmaterial abgerollt wird. Die Umfangsgeschwindigkeit der jeweils anderen Bahnmaterialrolle ist gleich der Geschwindigkeit des Bahnmaterials. Durch diese Ausgestaltung der Tänzerregelung kann erreicht werden, dass der Tänzerlageregler auch dann aktiv ist, wenn die Andruckwalze das Bahnmaterial gegen die erste Bahnmaterialrolle drückt.

[0019] Es kann ein Zugkraftregler vorgesehen sein, dessen Istwert proportional zu einer Zugkraft des Bahnmaterials unmittelbar nach der ersten bzw. der zweiten Bahnmaterialrolle ist, wobei eine Stellgröße des Zugkraftreglers die Drehzahl des ersten und des zweiten Motors oder die Drehzahl einer die genannte Zugkraft beeinflussenden Klemmstelle ist. Der Zugkraftregler ersetzt die Tänzerwalze und den Tänzerlageregler. Vorzugsweise ist für beide Bahnmaterialrollen ein einziger Zugkraftregler vorgesehen.

[0020] Weiter werden ein Computerprogramm, ein Speichermedium und eine Bahnbearbeitungsmaschine beansprucht, welche die vorstehend beschriebenen Merkmale verwirklichen.

[0021] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es stellt dar:

[0022] Fig. 1 eine grobschematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Bahnbearbeitungsmaschine;

- [0023] Fig. 2 eine grobschematische Darstellung einer Steuervorrichtung;
 [0024] Fig. 3 ein Signalfussplan eines erfindungsgemäßen Verfahrens;
 [0025] Fig. 4 ein Diagramm, welches einen möglichen Zeitverlauf des additiven Drehmomentsollwerts zeigt; und
 [0026] Fig. 5 einen Rollenwechsler für eine erfindungsgemäße Bahnbearbeitungsmaschine.

[0027] Fig. 1 zeigt eine grobschematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Bahnbearbeitungsmaschine 10. Gezeigt ist ein Maschinenzustand kurz vor dem Ankleben des Bahnmaterials 11, welches von der zweiten Bahnmaterialrolle 30 abläuft, an die erste Bahnmaterialrolle 20. Das Wicklungsende der ersten Bahnmaterialrolle 20 ist hierfür mit einem Klebestreifen 43 versehen. Weiter ist eine Andruckwalze 40 vorgesehen, die an einem zugeordneten, drehbaren Hebelarm 41 drehbeweglich gelagert ist. Durch Verschwenken des Hebelarms 41 wird die Andruckwalze 40 und mithin das Bahnmaterial 11 gegen die erste Bahnmaterialrolle 20 gedrückt. Damit wird das Bahnmaterial 11 von der ersten und der zweiten Bahnmaterialrolle 20; 30 am Klebestreifen 43 aneinander geklebt. Kurz danach wird das von der zweiten Bahnmaterialrolle 30 ablaufende Bahnmaterial mit der Abschneidevorrichtung 42 abgetrennt. Die Abschneidevorrichtung 42 kann beispielsweise als Trennmesser gemäß der DE 38 15 277 A1 ausgebildet sein.

[0028] Der ersten und der zweiten Bahnmaterialrolle 20; 30 ist jeweils eine erste bzw. eine zweite Radius-Messvorrichtung 23; 33 zugeordnet, mit der laufend der Außenradius $r_{1st,1}$; $r_{1st,2}$ der betreffenden Bahnmaterialrolle 20; 30 gemessen werden kann. Die Radius-Messvorrichtungen 23; 33 können beispielsweise mittels Ultraschall oder mittels Laserstrahlen arbeiten.

[0029] Die erste und die zweite Bahnmaterialrolle 20; 30 werden jeweils von einem ersten bzw. einem zweiten Motor 21; 31 angetrieben, die vorzugsweise als Elektromotoren, insbesondere als Synchron- oder Asynchronmotoren ausgebildet sind. Die Motoren 21; 31 sind vorzugsweise direkt an die zugeordnete Bahnmaterialrolle angekoppelt, also ohne Zwischenschaltung eines spielbehafteten Zahnradgetriebes. Beide Motoren 21; 31 sind jeweils mit einem zugeordneten ersten bzw. zweiten Drehzahlgeber 22; 32 versehen, der auch als Drehstellungsgeber ausgebildet sein kann, wobei die Drehzahlen $n_{1st,1}$; $n_{1st,2}$ dann aus der Ableitung der gemessenen Drehstellung nach der Zeit berechnet werden.

[0030] Als Stellgrößen y_1 ; y_2 werden den Motoren 21; 31 vorzugsweise elektrische Wechselspannungen zugeführt, wobei höchst vorzugsweise mehrere, beispielsweise drei Wechselspannungen verwendet werden, die zueinander phasenversetzt sind. Im Rahmen der Reglerberechnung wird dabei nur die Amplitude dieser Wechselspannungen als Stellgröße verwendet. Die genannte Stellgröße bewirkt, dass die Motoren ein bestimmtes Drehmoment $M_{1st,1}$; $M_{1st,2}$ abgeben. Diese Drehmomente könnten mit einem Drehmomentsensor gemessen werden. Einfacher ist es jedoch, diese Drehmomente ausgehend von den Wechselströmen zu berechnen, welche in die Motoren 21; 31 fließen. Diese Wechselströme werden vorzugsweise gemessen, höchst vorzugsweise in der Steuervorrichtung.

[0031] In Bahnlaufrichtung 16 nach der ersten Bahnmaterialrolle 20 ist eine Tänzerwalze 50 angeordnet, welche an einem zugeordneten, drehbaren Hebelarm 52 drehbar gelagert ist. Das Bahnmaterial 11 umschlingt die Tänzerwalze 50 beispielsweise um 180° , so dass die Gewichtskraft 53 der Tänzerwalze 50 in dem Bahnmaterial 11 die gewünschte Zugspannung erzeugt. Die gewünschte Zugkraft kann beispielsweise mit verschiebbaren Gegengewichten oder mit Federn mit verstellbarer Vorspannkraft eingestellt werden. Die Lage $x_{1st,T\ddot{a}nzer}$ der Tänzerwalze wird beispielsweise gemessen, indem der Hebelarm 52 mit einem Lagegeber 51 in Form eines Drehwinkelsensors versehen wird. Es kann aber auch eine lineare Wegmessung vorgesehen sein.

[0032] In Bahnlaufrichtung 16 nach der Tänzerwalze 50 sind vorzugsweise mehrere angetriebene Klemmstellen 12 für das Bahnmaterial 11 angeordnet, wobei in Fig. 1 nur diejenige

Klemmstelle gezeigt ist, welche die Zugkraft unmittelbar nach der ersten bzw. der zweiten Bahnmaterialrolle 20; 30 beeinflusst. Bei den Klemmstellen 12 kann es sich um Druckwerke, Ein- bzw. Auszugswerke, Falzwerke usw. handeln. Für den Antrieb der Klemmstelle 12 ist wiederum ein zugeordneter dritter Motor 13 vorgesehen, der analog zum ersten und zum zweiten Motor ausgebildet ist.

[0033] Fig. 2 zeigt eine grobschematische Darstellung einer Steuervorrichtung 14. Die Steuervorrichtung 14 umfasst ein Speichermedium 15, beispielsweise einen Flash-Speicher, in dem ein Computerprogramm gespeichert ist, welches zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist. Weiter ist eine (nicht dargestellte) Recheneinheit vorgesehen, welche das Computerprogramm ausführt. Die Steuervorrichtung 14 erhält folgende Eingangsgrößen, die beispielsweise über einen Datenbus, der insbesondere nach dem Ethernet-Standard arbeitet, zugeführt werden:

- [0034]** $n_{\text{Ist},1}$ Drehzahl des ersten Motors
- [0035]** $n_{\text{Ist},2}$ Drehzahl des zweiten Motors
- [0036]** $M_{\text{Ist},1}$ Drehmoment des ersten Motors
- [0037]** $M_{\text{Ist},2}$ Drehmoment des zweiten Motors
- [0038]** $x_{\text{Ist},\text{Tänzer}}$ Istwert der Lage der Tänzerwalze
- [0039]** $r_{\text{Ist},1}$ Außenradius der ersten Bahnmaterialrolle
- [0040]** $r_{\text{Ist},2}$ Außenradius der zweiten Bahnmaterialrolle

[0041] Hierfür sind der erste und der zweite Drehzahlgeber, die erste und die zweite Radius-Messvorrichtung und der Lagegeber vorzugsweise ebenfalls an den Datenbus angeschlossen. Der erste und der zweite Motor sind vorzugsweise über zugeordnete Starkstromkabel mit der Steuervorrichtung 14 verbunden.

[0042] Die folgenden Größen werden der Steuervorrichtung 14 beispielsweise über eine (nicht dargestellte) Bedieneinheit zugeführt, welche vorzugsweise mit einem berührungsempfindlichen Bildschirm ausgestattet ist:

- [0043]** $x_{\text{Soll},\text{Tänzer}}$ Sollwert der Lage der Tänzerwalze (Mittellage)
- [0044]** $v_{\text{LA},\text{sync}}$ gewünschte Geschwindigkeit des Bahnmaterials
- [0045]** F Zugkraft des Bahnmaterials, die von der Tänzerwalze erzeugt wird

[0046] Ausgehend von diesen Eingangsgrößen berechnet die Steuervorrichtung folgende Ausgangsgrößen:

- [0047]** y_1 Stellgröße des ersten Drehmomentreglers
- [0048]** y_2 Stellgröße des zweiten Drehmomentreglers

[0049] Fig. 3 zeigt einen Signalfussplan eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Der Istwert $x_{\text{Ist},\text{Tänzer}}$ des Tänzerlagereglers 60 ist die Lage der Tänzerwalze. Die Regeldifferenz wird dementsprechend gebildet, indem der Istwert der Lage der Tänzerwalze $x_{\text{Ist},\text{Tänzer}}$ vom Sollwert der Lage der Tänzerwalze $x_{\text{Soll},\text{Tänzer}}$ abgezogen wird. Diese Regeldifferenz wird vorzugsweise einem PI-Regler 60 zugeleitet, der langsamer eingestellt ist als die übrigen Regler 61; 62; 63; 64. Der Stellgröße des Tänzerlagereglers $v_{\text{Soll},\text{add}}$ wird die gewünschte Geschwindigkeit des Bahnmaterials $v_{\text{LA},\text{sync}}$ hinzuaddiert, um den Sollwert v_{Soll} des ersten und des zweiten Geschwindigkeitsreglers 61; 62 zu erhalten.

[0050] Der Istwert des ersten Geschwindigkeitsreglers 61 ist die Umfangsgeschwindigkeit der ersten Bahnmaterialrolle. Dementsprechend wird die Regelabweichung gebildet, indem der entsprechende Istwert $v_{\text{Ist},1}$ vom entsprechenden Sollwert v_{Soll} abgezogen wird. Der genannte Istwert wird dabei nach der Formel

$$v_{\text{Ist},1} = 2 \pi \times n_{\text{Ist},1} \times r_{\text{Ist},1}$$

[0051] berechnet. Der erste Geschwindigkeitsregler 61 ist vorzugsweise ein PI-Regler, der schneller arbeitet als der Tänzerlagereger 60, wobei er langsamer arbeitet als der erste Drehmomentregler 63. Der Stellgröße des ersten Geschwindigkeitsreglers 61 wird der additive Drehmomentsollwert $M_{\text{Soll,add}}$ hinzuaddiert, um den Sollwert $M_{\text{Soll,1}}$ des ersten Drehmomentreglers 63 zu erhalten.

[0052] Der Istwert des ersten Drehmomentreglers 63 ist das Drehmoment des ersten Motors. Dementsprechend wird die Regeldifferenz gebildet, indem der Istwert $M_{\text{Ist,1}}$ vom Sollwert $M_{\text{Soll,1}}$ abgezogen wird. Der Istwert $M_{\text{Ist,1}}$ wird dabei vorzugsweise ausgehend von den gemessenen Motorströmen berechnet. Der erste Drehmomentregler 63 ist vorzugsweise ein PI-Regler, der schneller, höchst vorzugsweise deutlich schneller, arbeitet als der Tänzerlagereger 60 und der erste Geschwindigkeitsregler 61. Er ermittelt die erste Stellgröße y_1 die weiter oben bereits erläutert wurde.

[0053] Der zweite Geschwindigkeitsregler 62 und der zweite Drehmomentregler 62 sind analog zum ersten Geschwindigkeitsregler 61 und zum ersten Drehmomentregler 63 ausgebildet, so dass diesbezüglich auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen wird. In den Formelzeichen ist dabei der Index 1 durch den Index 2 zu ersetzen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Sollwert $M_{\text{Soll,2}}$ des zweiten Drehmomentreglers gleich dem Stellwert des zweiten Geschwindigkeitsreglers 62 ist. Der additive Drehmomentsollwert $M_{\text{Soll,add}}$ wird hier nicht addiert.

[0054] Fig. 4 zeigt ein Diagramm, welches einen möglichen Zeitverlauf des additiven Drehmomentsollwerts $M_{\text{Soll,add}}$ zeigt. Entlang der vertikalen Achse ist der additive Drehmomentsollwert $M_{\text{Soll,add}}$ aufgetragen. Entlang der horizontalen Achse ist die Zeit t aufgetragen. Der Zeitraum, in dem das Ankleben und das Abschneiden des Bahnmaterials erfolgt, ist mit der Bezugsziffer 70 gekennzeichnet. In diesem Zeitraum 70 ist der additive Drehmomentsollwert konstant und beträgt vorzugsweise:

$$M_{\text{Soll,add}} = M_{\text{Reib}} + F \times r_{\text{Ist,1}}$$

[0055] Das Formelzeichen F bezeichnet dabei die von der Tänzerwalze eingestellte Zugkraft des Bahnmaterials. Das Formelzeichen M_{Reib} bezeichnet das Reib-Drehmoment, welches zur Überwindung der an dem Bahnmaterial zumindest mittelbar angreifenden Reibkräfte erforderlich ist.

[0056] Vor dem Zeitraum 70 steigt der additive Drehmomentsollwert $M_{\text{Soll,add}}$ linear von Null ausgehend auf den vorstehend genannten, von Null verschiedenen Wert 73 an. Nach dem Zeitraum 70 fällt der additive Drehmomentsollwert $M_{\text{Soll,add}}$ linear wieder auf Null ab. Der Anstieg 71 erfolgt vorzugsweise schneller als der Abfall 72. Der Anstieg 71 und/oder der Abfall 72 können alternativ auch stufenförmig oder gemäß einer Exponentialfunktion erfolgen. Außerhalb der Zeiträume 70; 71; 72 beträgt der additive Drehmomentsollwert $M_{\text{Soll,add}}$ immer Null.

[0057] Fig. 5 zeigt einen Rollenwechsler 80 für eine erfindungsgemäße Bahnbearbeitungsmaschine. Der Rollenwechsler 80 umfasst ein Gestell 84, welches fest auf dem Untergrund steht. In dem Gestell 84 sind zwei Schwenkarme 81 bezüglich einem Drehpunkt 83 drehbeweglich gelagert. Die Schwenkarme 81 sind an gegenüberliegenden Seiten der ersten und der zweiten Bahnmaterialrolle 20; 30 angeordnet, wobei die Bahnmaterialrollen 20; 30 wiederum an den beiden Enden der Schwenkarme 81 drehbar gelagert sind. Die Schwenkarme 81 können mit einem vierten Motor 82 verschwenkt werden, um die Bahnmaterialrollen 20; 30 in die Betriebs- bzw. Be-/Entladestellung zu bringen. Das Verschwenken erfolgt dabei entweder vor oder nach dem Ankleben und Abschneiden des Bahnmaterials.

[0058] Anstelle des gezeigten Rollenwechslers kann jeder beliebige andere Rollenwechsler zum Einsatz kommen. Alternative Ausführungsformen sind in der DE 43 34 582 A1, der DE 40 00 746 C2 und der DE 44 28 739 C1 gezeigt.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 10 Bahnbearbeitungsmaschine
- 11 Bahnmaterial
- 12 Klemmstelle
- 13 dritter Motor
- 14 Steuervorrichtung
- 15 Speichermedium
- 16 Bahnlaufriechung

- 20 erste Bahnmaterialrolle
- 21 erster Motor
- 22 erster Drehzahlgeber
- 23 erste Radius-Messvorrichtung

- 30 zweite Bahnmaterialrolle
- 31 zweiter Motor
- 32 zweiter Drehzahlgeber
- 33 zweite Radius-Messvorrichtung

- 40 Andruckwalze
- 41 Hebelarm
- 42 Abschneidevorrichtung
- 43 Klebestreifen

- 50 Tänzerwalze
- 51 Lagegeber
- 52 Hebelarm
- 53 Gewichtskraft

- 60 Tänzerlagereger
- 61 erster Geschwindigkeitsregler
- 62 zweiter Geschwindigkeitsregler
- 63 erster Drehmomentregler
- 64 zweiter Drehmomentregler

70 Zeitraum, in dem das Ankleben und das Abschneiden stattfindet
 71 Anstieg
 72 Abfall

80 Rollenwechsler
 81 Schwenkarm
 82 vierter Motor
 83 Drehpunkt
 84 Gestell

t Zeit
 F Zugkraft des Bahnmaterials
 $x_{\text{Soll,Tänzer}}$ Sollwert der Lage der Tänzerwalze (Mittellage)
 $x_{\text{Ist,Tänzer}}$ Istwert der Lage der Tänzerwalze
 $v_{\text{LA, sync}}$ gewünschte Geschwindigkeit des Bahnmaterials
 $M_{\text{Soll, add}}$ additiver Drehmomentsollwert
 M_{reib} Reib-Drehmoment der ersten Bahnmaterialrolle
 $n_{\text{Ist, 1}}$ Drehzahl des ersten Motors
 $n_{\text{Ist, 2}}$ Drehzahl des zweiten Motors
 $M_{\text{Ist, 1}}$ Ist-Drehmoment des ersten Motors
 $M_{\text{Ist, 2}}$ Ist-Drehmoment des zweiten Motors
 $M_{\text{Soll, 1}}$ Soll-Drehmoment des ersten Motors
 $M_{\text{Soll, 2}}$ Soll-Drehmoment des zweiten Motors
 $r_{\text{Ist, 1}}$ Außenradius der ersten Bahnmaterialrolle
 $r_{\text{Ist, 2}}$ Außenradius der ersten Bahnmaterialrolle
 y_1 Stellgröße des ersten Drehmomentreglers
 y_2 Stellgröße des zweiten Drehmomentreglers
 $v_{\text{Soll, add}}$ Stellgröße des Tänzerlagereglers
 v_{Soll} Sollwert des ersten und des zweiten Geschwindigkeitsreglers
 $v_{\text{Ist, 2}}$ Istwert des ersten Geschwindigkeitsreglers
 $v_{\text{Ist, 2}}$ Istwert des zweiten Geschwindigkeitsreglers

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Bahnbearbeitungsmaschine (10) zur Bearbeitung eines Bahnmaterials (11), wobei die Bahnbearbeitungsmaschine (10) eine erste und eine zweite Bahnmaterialrolle (20;30) umfasst, die jeweils von einem ersten bzw. einem zweiten Motor (21;31) angetrieben werden, wobei eine Andruckwalze (40) vorgesehen ist, mit welcher das von der zweiten Bahnmaterialrolle (30) ablaufende Bahnmaterial, insbesondere zum fliegenden Rollenwechsel, gegen die erste Bahnmaterialrolle (20) gedrückt werden kann, wobei eine Abschneidevorrichtung (42) zum Abschneiden des Bahnmaterials (11) vorgesehen ist, welche bezüglich dem Verlauf des Bahnmaterials (11) zwischen der ersten und der zweiten Bahnmaterialrolle angeordnet ist, wobei wenigstens eine angetriebene Klemmstelle (12) für das Bahnmaterial vorgesehen ist, welche bezüglich dem Verlauf des Bahnmaterials (11) nach der ersten und der zweiten Bahnmaterialrolle (20; 30) angeordnet ist, wobei dem ersten Motor (21) ein erster Drehmomentregler (63) zugeordnet ist, dessen Istwert ($M_{\text{Ist},1}$) proportional zum Drehmoment des ersten Motors (21) ist, wobei dem ersten Motor (21) ein erster Geschwindigkeitsregler (61) zugeordnet ist, dessen Istwert ($v_{\text{Ist},1}$) proportional zur Drehgeschwindigkeit des ersten Motors (21) ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass, während die Andruckwalze (40) das Bahnmaterial (11) gegen die erste Bahnmaterialrolle (20) drückt, ein Sollwert ($M_{\text{Soll},1}$) des ersten Drehmomentreglers (63) gebildet wird, indem einer Stellgröße des ersten Geschwindigkeitsreglers (61) ein additiver Drehmoment-sollwert ($M_{\text{Soll,add}}$) hinzuaddiert wird, wobei der Wert (73) des additiven Drehmomentsollwerts ($M_{\text{Soll,add}}$) von Null verschieden ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der additive Drehmoment-sollwert ($M_{\text{Soll,add}}$) gleich dem Produkt aus einem Außenradius ($r_{\text{Ist},1}$) der ersten Bahnmaterialrolle (20) und einer Soll- oder einer Ist-Zugkraft (F) des Bahnmaterials (11) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der additive Drehmoment-sollwert ($M_{\text{Soll,add}}$) gleich dem Produkt aus einem Außenradius ($r_{\text{Ist},1}$) der ersten Bahnmaterialrolle (20) und einer Soll- oder einer Ist-Zugkraft (F) des Bahnmaterials (11) ist, wobei als weiterer Term das Drehmoment (M_{reib}) hinzuaddiert wird, welches zur Überwindung der an dem Bahnmaterial (11) zumindest mittelbar angreifenden Reibkräfte erforderlich ist.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der additive Drehmomentsollwert ($M_{\text{Soll,add}}$) nach dem Ankleben und dem Abschneiden auf Null gesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergang des additiven Drehmomentsollwerts ($M_{\text{Soll,add}}$) von Null auf den von Null verschiedenen Wert (73) und umgekehrt stetig oder in mehreren Stufen erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der additive Drehmoment-sollwert ($M_{\text{Soll,add}}$) in einer kürzeren Zeit von Null auf den von Null verschiedenen Wert (73) ansteigt, als er von dem von Null verschiedenen Wert (73) auf Null abfällt.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Drehmomentregler (63) schneller auf eine Regelabweichung reagiert als der erste Geschwindigkeitsregler (61).
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem zweiten Motor (31) ein zweiter Drehmomentregler (64) und ein zweiter Geschwindigkeitsregler (62) zugeordnet sind, wobei ein Istwert ($M_{\text{Ist},2}$) des zweiten Drehmomentreglers (64) proportional zum Drehmoment des zweiten Motors (31) ist, wobei ein Istwert ($v_{\text{Ist},2}$) des zweiten Geschwindigkeitsreglers (62) proportional zur Drehgeschwindigkeit des zweiten Motors (31) ist, wobei eine Stellgröße des zweiten Geschwindigkeitsreglers (62) ein Sollwert des zweiten Drehmomentreglers (64) ist.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Istwert ($v_{\text{Ist},1}$; $v_{\text{Ist},2}$) des ersten und/oder des zweiten Geschwindigkeitsreglers (61; 62) ermittelt wird, indem die Drehzahl des zugeordneten Motors ($n_{\text{Ist},1}$; $n_{\text{Ist},2}$) mit einem Außenradius ($r_{\text{Ist},1}$; $r_{\text{Ist},2}$) der zugeordneten Bahnmaterialrolle (20; 30) multipliziert wird.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bahnmaterial (11) um eine Tänzerwalze (50) geführt ist, die verschiebbar gelagert ist, wobei mit einem Lagegeber (51) die Lage ($x_{\text{Ist},\text{Tänzer}}$) der Tänzerwalze (50) gemessen werden kann, wobei ein Tänzerlageregler (60) vorgesehen ist, dessen Istwert die Lage der Tänzerwalze (50) ist, wobei der Sollwert (v_{Soll}) des ersten und/oder des zweiten Geschwindigkeitsreglers (61; 62) ermittelt wird, indem einer gewünschten Geschwindigkeit des Bahnmaterials ($v_{\text{LA,sync}}$) eine Stellgröße des Tänzerlagereglers (60) hinzuaddiert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Tänzerlageregler (60) aktiv ist, während die Andruckwalze (40) das Bahnmaterial (11) gegen die erste Bahnmaterialrolle (20) drückt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Zugkraftregler vorgesehen ist, dessen Istwert proportional zu einer Zugkraft (F) des Bahnmaterials (11) unmittelbar nach der ersten bzw. der zweiten Bahnmaterialrolle (20; 30) ist, wobei eine Stellgröße des Zugkraftreglers die Drehzahl des ersten und des zweiten Motors (21; 31) oder die Drehzahl einer die genannte Zugkraft beeinflussenden Klemmstelle (12) ist.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass erste Drehmomentregler (63) und/oder der zweite Drehmomentregler (64) und oder der erste Geschwindigkeitsregler (61) und/oder der zweite Geschwindigkeitsregler (62) und/oder der Tänzerlageregler (60) und/oder der Zugkraftregler stetige, lineare Regler, vorzugsweise PI-Regler sind.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

1 / 5

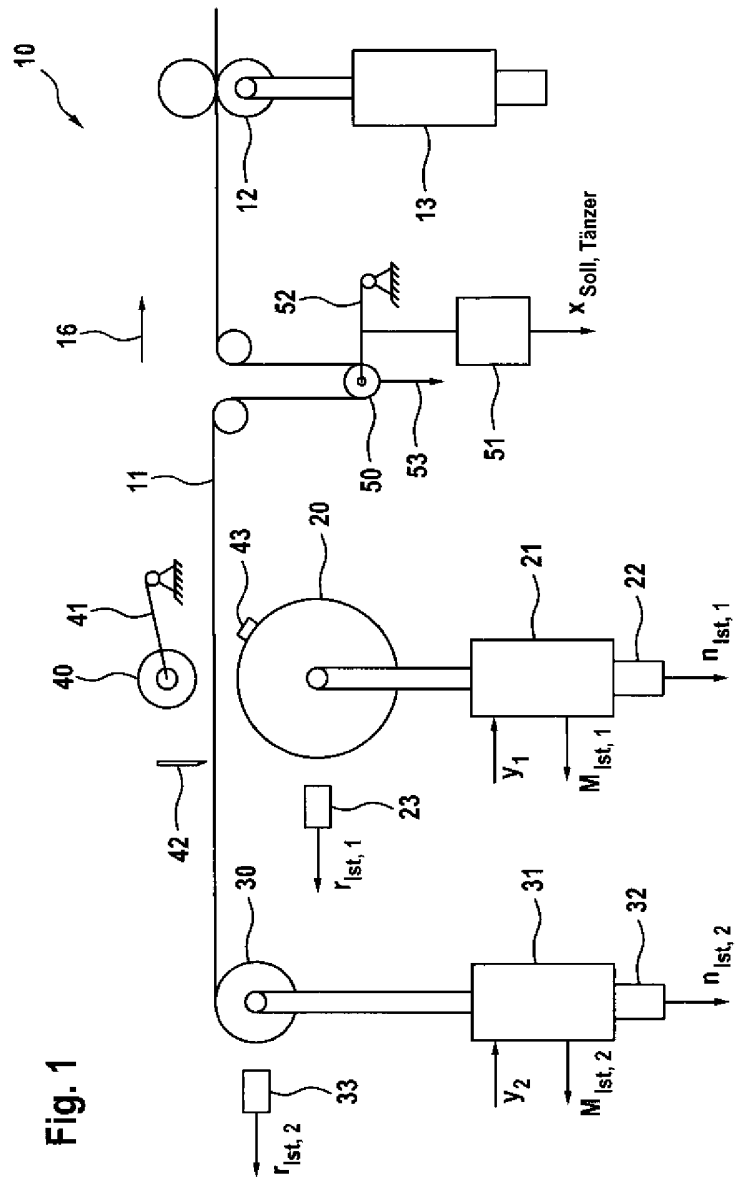
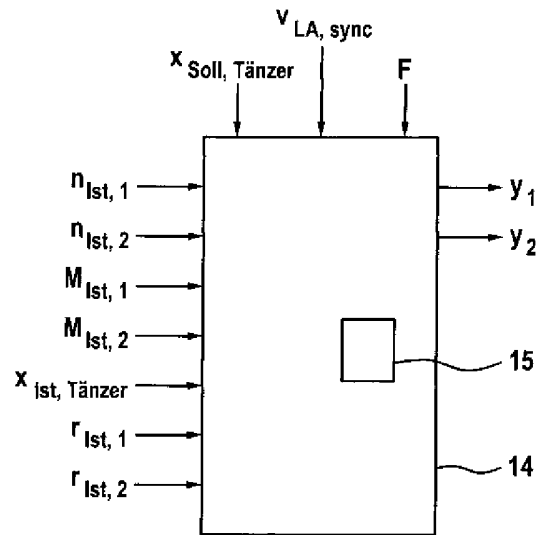


Fig. 1

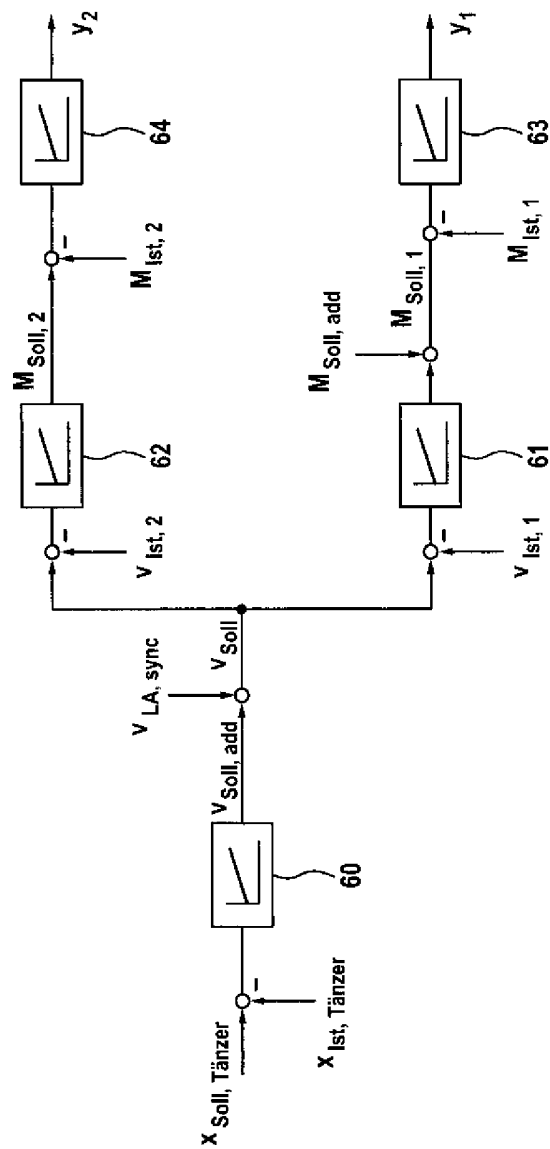
2 / 5

Fig. 2



3 / 5

Fig. 3



4 / 5

Fig. 4

