



(11)

EP 1 958 905 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
20.08.2008 Patentblatt 2008/34

(51) Int Cl.:  
B65H 23/195 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 08001878.1

(22) Anmeldetag: 01.02.2008

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT  
RO SE SI SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL BA MK RS

- Döres, Hans-Jürgen  
97833 Frammersbach (DE)
- Schultze, Stephan  
97816 Lohr (DE)
- Klüspies, Reiner  
97450 Arnstein (DE)

(30) Priorität: 17.02.2007 DE 102007007988

(74) Vertreter: Thürer, Andreas  
Bosch Rexroth AG  
Intellectual Property  
Zum Eisengiesser 1  
97816 Lohr am Main (DE)

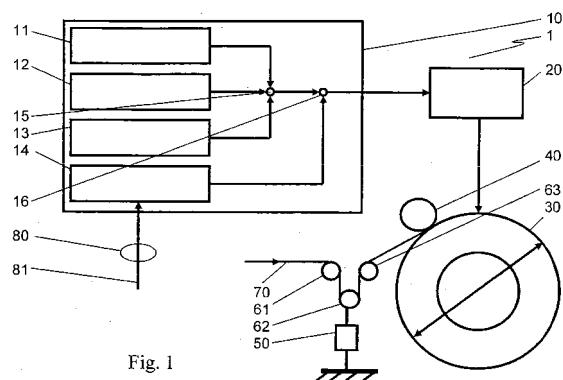
(72) Erfinder:  
• Müller, Christoph  
97816 Lohr (DE)

## (54) Verfahren und Vorrichtung zur Reibkompensation

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reibkompensation in einer Wickelmaschine (1), mit der ein Material auf eine Wickeltrommel (30) aufgewickelt wird, wobei die Wickeltrommel (30) von einem Wickelantrieb angetrieben wird, der von einer Steuer-/Regeleinrichtung angesteuert wird, wobei in der Steuer-/Regeleinrichtung (10) ein Antriebsmoment des Wickelantriebes vorgegeben wird, wobei in einer Reibkompensationseinheit (14) als ein eingangsseitiger Prozessparameter eine Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel (30) berücksichtigt wird, wobei zur Kompensation des Reibmomentes mindestens ein zusätzlicher Prozessparameter berücksichtigt wird.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Reibkompensation in einer Wickelmaschine (1), mit der ein Material (70) auf eine Wickeltrommel (30) aufwickelbar ist, wobei die Wickeltrommel (30) mit einem Wickelantrieb angetrieben ist, der mit einer Steuer/Regeleinrichtung (10) ansteuerbar ist, wobei in der Steuer-/Regeleinrichtung ein Zugspannungsregler (11) sowie eine Durchmesser-Recheneinheit (12) und / oder eine Reib-Kompensationseinheit (14) zur Linearisierung des Zugspannungsreglers (11) angeordnet sind, wobei in der Reibkompensationseinheit (14) als ein eingangsseitiger Prozessparameter eine Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel (30) aufgeschaltet ist, wobei zur Kompensation des Reibmomentes in der Reibkompensationseinheit (14) mindestens ein zusätzlicher Prozessparameter eingangsseitig aufgeschaltet ist.

Das Verfahren und die Vorrichtung ermöglichen es, die verschiedenen Reibkompensationsanteile besser zu berücksichtigen, sodass daraus eine deutlich verbesserte Regelung resultiert. Weiterhin können die verschiedenen Kompensationsparameter weitgehend automatisiert ermittelt und überwacht werden.



## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reibkompensation in einer Wickelmaschine, mit der ein Material auf eine Wickeltrommel aufgewickelt wird, wobei die Wickeltrommel von einem Wickelantrieb angetrieben wird, der von einer Steuer-/Regeleinrichtung angesteuert wird, wobei in der Steuer-/Regeleinrichtung ein Antriebsmoment des Wickelantriebes vorgegeben wird, wobei in einer Reibkompensationseinheit als ein eingangsseitiger Prozessparameter eine Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel berücksichtigt wird.

**[0002]** Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Reibkompensation in einer Wickelmaschine, mit der ein Material auf eine Wickeltrommel aufwickelbar ist, wobei die Wickeltrommel mit einem Wickelantrieb angetrieben ist, der mit einer Steuer-/Regeleinrichtung ansteuerbar ist, wobei in der Steuer-/Regeleinrichtung ein Zugspannungsregler sowie eine Durchmesser-Recheneinheit und / oder eine Reibkompensationseinheit zur Linearisierung des Zugspannungsreglers angeordnet sind, wobei in der Reibkompensationseinheit als ein eingangsseitiger Prozessparameter eine Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel aufgeschaltet ist.

**[0003]** Wickelmaschinen zum Aufwickeln von bahnförmigen Materialien, wie beispielsweise Faserstoffen, Papier, Folien, Stoffen, dünnen Blechen etc., oder von drahähnlichen oder garnähnlichen Materialien sind aus der Literatur hinreichend bekannt. Kennzeichnend für derartige Maschinen ist eine exakte Regelung der Zugspannung beim Aufwickelvorgang, um ungleichmäßige bzw. fehlerhafte Wickelergebnisse zu vermeiden. Eine Reihe von Schriften beschäftigt sich daher mit der Motorreglung für die Antriebe in derartigen Maschinen.

**[0004]** In der DE OS 3919162 A1 wird beispielsweise eine Regeleinrichtung für eine Wickelmaschine beschrieben, mit der die Zugspannung an einem von einer Zuführwalze zu einer Aufwickelspindel verlaufendes Erzeugnis geregelt wird. Die Regeleinrichtung enthält eine Drehzahlverhältnissesteuerung mit hoher Ansprechgeschwindigkeit zum genauen Steuern der jeweiligen Drehzahlen eines Zuführmotors für den Antrieb der Zuführwalze und eines Wickelmotors für den Antrieb der Aufwickelspindel während einer Abbremsung der Wickelmaschine. Damit kann erreicht werden, dass das Erzeugnis unter Spannung gehalten wird, die im Wesentlichen gleich einer vorbestimmten Zugspannung für den gleich bleibenden Betrieb ist. Mit der Regeleinrichtung wird die für das Anhalten der Wickelmaschine benötigte Zeit auf das Mindestmaß verkürzt.

**[0005]** Aus der DE OS 10342020 A1 ist eine Wickelmaschine zum Wickeln einer Materialbahn, insbesondere einer Faserstoffbahn, mit einer gegen einen Tambour (Aufwickelwalze) drückbaren Luftabquetschwalze bekannt, bei der die Drehzahl und / oder das Drehmoment der Luftabquetschwalze abhängig von einem momenta-

nen Bahnzug der Materialbahn regelbar ist.

**[0006]** Wickelmaschinen werden in der Regel mit Drehmoment- bzw. strombegrenzter Drehzahlregelung realisiert. Der Wert für die die Begrenzung des Drehmomentes bzw. des Stromes setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Diese sind der Momentenanteil für die Zugspannung, der Momentenanteil zur Beschleunigung und das Reibmoment.

**[0007]** Die Steuer-/Regeleinrichtungen der Wickelmaschinen, die auch als Wickelrechner bezeichnet werden, bestehen daher auch aus mehreren funktionellen Elementen, die die verschiedenen Momentanteile für den Antrieb berechnen und entsprechend den Wickelantrieb ansteuern.

**[0008]** Neben einem Zugspannungsregler, der die Hauptkomponente für den eigentlichen Regelkreis darstellt, besitzen heutige Wickelrechner in der Regel noch eine Durchmesser-Recheneinheit, ggf. eine Beschleunigungskompensationseinheit sowie eine Reibkompensationseinheit, die dazu dienen, die Regelstrecke für den eigentlichen Zugspannungsregler des Wickelrechners zu linearisieren, um eine möglichst störgrößenunabhängige Regelung durchführen zu können. Die einzelnen Komponenten im Wickelrechner werden dabei mit unterschiedlichen Prozessparametern eingangsseitig beaufschlagt, die teilweise über entsprechende Sensoren in der Wickelmaschine erfasst oder mittels Modellen berechnet werden.

**[0009]** Hinsichtlich der Reibkompensation werden im Stand der Technik nur relativ einfache Modelle berücksichtigt. Üblich ist derzeit, dass lediglich als Prozessparameter die Drehzahl der Wickelachse bzw. die Winkelgeschwindigkeit zur Ermittlung eines Reibkompensationswertes verwendet wird. Zudem gibt es oftmals keinerlei Hilfsmittel, um die erforderlichen Parameterwerte der Kompensation einzustellen. Bisher sind lediglich Systeme bekannt, bei denen eine Kennlinie, gebildet aus Drehzahl der Wickelachse und Reibmoment, mit wenigen Stützstellen festgelegt werden können. Ein derartiges System ist beispielsweise im Zusammenhang mit der Steuer-/Regeleinrichtungen für Wickelmaschinen vom Typ REXROTH SYNAX 200 bekannt, bei dem ein Reibmoment bei Stillstand, ein minimales Reibmoment bei einer bestimmten Drehzahl sowie ein maximales Reibmoment bei einem Geschwindigkeitsgrenzwert in Form von Stützstellen für eine einfache Kennlinie vorgegeben ist.

**[0010]** Nachteilig ist dabei, dass wesentliche Reibungseffekte bei der Regelung nicht berücksichtigt werden können. So sind beispielsweise je nach der Masse des Wickels die Lagerreibung bzw. die Getriebeverluste unterschiedlich groß. Auch der Anpressdruck einer optionalen Anpresswalze wird in heutigen Reibkompensationseinheiten nicht berücksichtigt. Weitere nicht konstante Reibungseffekte resultieren beispielsweise aus einer lageabhängigen Reibung, wie sie bei bestimmten Getriebekonfigurationen auftreten können, sowie aus einer temperaturabhängigen Reibung.

**[0011]** All diese nicht berücksichtigten Reibungsanteile führen dazu, dass die Regelstrecke nicht linear wird. Als Folge davon wird man den Regelalgorithmus nicht optimal einstellen können oder der Aufwand bei der Einstellung bzw. des Tests der eingestellten Parameter wird recht hoch sein. Zudem wird das Störverhalten des Gesamtsystems dadurch limitiert.

**[0012]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren bereit zustellen, welches eine verbesserte Berücksichtigung der Reibungsanteile bei Wickelvorgängen sowie eine verbesserte Ermittlung der Kompensationsparameter ermöglicht. Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, eine entsprechende Vorrichtung bereit zustellen.

#### Vorteile der Erfindung

**[0013]** Die das Verfahren betreffende Aufgabe wird dadurch gelöst, dass zur Kompensation des Reibmomentes mindestens ein zusätzlicher Prozessparameter berücksichtigt wird. Dadurch können die verschiedenen Reibkompensationsanteile besser bei der Vorgabe des Antriebsmomentes berücksichtigt werden, woraus eine deutlich verbesserte Regelung resultiert.

**[0014]** Wird dabei mittels eines Zugspannungsreglers eine Zugsollkraft mit einer gemessenen Zugistkraft abgeglichen, können Abweichungen von der Vorgabe direkt erfasst und das Antriebsmoment angepasst werden.

**[0015]** Erfolgt eine Stellung der Zugkraft mittels eines Steuerteils, kann in diesem Fall auf eine Messeinrichtung für den Zugspannungsistwert verzichtet werden, was einen vereinfachten Aufbau, der entsprechend kostengünstiger ist, ermöglicht.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass in der Steuer-/Regeleinrichtung mit einer Durchmesser-Recheneinheit und / oder der Reibkompensationseinheit das Antriebsmoment des Wickelantriebes vorgegeben wird. Damit kann eine genauere Vorgabe des Antriebsmomentes berechnet werden.

**[0017]** Eine weitere bevorzugte Verfahrensvariante sieht vor, dass in der Steuer-/Regeleinrichtung mit einer Beschleunigungskompensationseinheit das Antriebsmoment des Wickelantriebes vorgegeben wird. Damit können zusätzliche dynamische Effekte bei der Vorgabe des Antriebsmomentes berücksichtigt werden.

**[0018]** Werden zur Kompensation des Reibmomentes eine Wickelmasse und / oder eine Temperatur und / oder ein Walzenanpressdruck und / oder ein Motor- bzw. Wickelwinkelwert als zusätzliche eingangsseitige Prozessparameter verwendet, können damit sowohl wickelmasenabhängige Reibungen, anpressdruckabhängige Reibungen, lageabhängige Reibungen als auch temperaturabhängige Reibeffekte berücksichtigt werden. Je nach Masse des Wickels sind z.B. die Lagerreibung oder die Getriebeverluste unterschiedlich. Weiterhin kann durch den Anpressdruck einer optionalen Anpresswalze ein unterschiedliches Antriebsmoment erforderlich sein. Lageabhängige Reibungen können beispielsweise durch ineinander greifende Zahnräder auftreten, bei denen die

Reibung über dem Umfang nicht konstant ist. Dies ist insbesondere bei einer groben Ritzelteilung (d.h. geringe Anzahl an Zahnrädzähnen) der Fall. Diese Reibung kann auf der Motorseite, auf der Lastseite (Wickel) oder aber auch irgendwo innerhalb eines Getriebes zwischen Motor und Last auftreten. Temperaturabhängige Reibungen können beispielsweise bei Verwendung von Zahnrämen als Übersetzungsglied zwischen Motor und Wickel vorkommen. Bei höherer Belastung ist insbesondere die Reibung dieses Zahnrämens temperaturabhängig, da sich dieser erwärmt, woraus sich wiederum eine veränderte Reibung ergeben kann. Eine Erwärmung bewirkt in der Regel eine Längung des Zahnrämens, welche dann eine geringere Reibung zur Folge haben kann, da sich bei einer Längung die Zahnrämenspannung verringert. Diese Effekte können nun mit dem erfindungsgemäßen Verfahren deutlich besser berücksichtigt werden.

**[0019]** Eine erfindungsgemäße Verfahrensvariante sieht dabei vor, dass die zur Kompensation des Reibmomentes verwendeten einzelnen Prozessparameter unabhängig voneinander ausgewertet und additiv zu einer Gesamtreibkompensation verknüpft werden. Dies hat den Vorteil, dass neben dem heutigen drehzahlabhängigen Reibkompensationswert noch zusätzliche Reibkompensationswerte, wie beispielsweise ein wickelmasenabhängiger Reibkompensationswert aufaddiert werden und diese voneinander unabhängig behandelt werden können, was hinsichtlich eines vereinfachten Algorithmus Vorteile bietet.

**[0020]** Eine Verfahrensvariante sieht aber auch vor, dass von dem zur Kompensation des Reibmomentes verwendeten einzelnen Prozessparameter mindestens zwei miteinander verknüpft werden und daraus ein Kompensationswert ermittelt wird. Dies ist insbesondere im Hinblick auf komplexe, voneinander abhängige Zusammenhänge zur Ermittlung der Reibkompensation von Vorteil.

**[0021]** Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Kompensationsparameter für die einzelnen Prozessparameter zur Bestimmung des Kompensationswertes in Form von einem oder mehreren Kennlinienfeldern bzw. Kennfeldern aufbereitet werden und der Kompensationswert für das Reibmoment direkt oder durch Interpolation zwischen Stützstellen aus den Kennfeldern ermittelt wird. Dies ermöglicht es, besonders komplizierte Zusammenhänge zu berücksichtigen, die nicht ohne weiteres mittels Funktionen dargestellt werden können.

**[0022]** Eine weitere erfindungsgemäße Verfahrensvariante sieht vor, dass die Kompensationsparameter für die einzelnen Prozessparameter vor oder während einem Aufwickelvorgang in mehreren Messfahrten mit definierten Bedingungen ermittelt und gespeichert werden. Dies ermöglicht eine automatisierte als auch manuelle Erfassung der für die Ermittlung der Reibkompensationswerte erforderlichen Eingangsgrößen. Eine komplizierte Eingabe entfällt damit, was zum einen den Programmieraufwand minimiert und zum anderen auch mögliche Fehleingaben reduzieren hilft. Zudem kann dadurch die

Anlage sehr schnell auf unterschiedliche Bahnmaterialien auf unterschiedlichen Wickelwalzen adaptiert werden.

**[0023]** Eine ebenfalls bevorzugte Verfahrensvariante sieht vor, dass die Kompensationsparameter für die einzelnen Prozessparameter für Wartungszwecke verwendet werden und / oder bei Abweichungen und / oder zeitlichen Veränderungen gegenüber Vorgabewerten Meldungen generiert werden. Damit können etwaige Defekte zuverlässig erkannt und angezeigt werden, was eine vorbeugende Wartung unterstützt bzw. erst ermöglicht.

**[0024]** Bei dem zuvor beschriebenen Verfahren kann vorgesehen sein, dass der Prozessparameter Wickelmasse als Funktion eines Wickeldurchmessers bzw. -radius, einer Wickelbreite und einer Dichte des Materials oder bei durchmesserabhängiger veränderbarer Dichte des Wickels aus einer durchmesserabhängigen Bahnspannung bzw. einer Wickelhärtenkennlinie bestimmt wird. Dies ermöglicht eine unabhängige Bestimmung der wickelmasenabhängigen Kompensation, auch ohne Berücksichtigung der Beschleunigungskompensation, bei der die Masse des Wickels bekannt ist und im Prozess mitgeführt wird.

**[0025]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass der Prozessparameter Temperatur durch Messung der Temperatur am Wickelantrieb oder durch Berechnung mittels eines thermischen Modells bestimmt wird. Temperaturabhängige Reibanteile können damit exakt bestimmt und entsprechend kompensiert werden.

**[0026]** Eine Verfahrensvariante sieht vor, dass der Prozessparameter Walzenanpressdruck gemessen oder aus weiteren Prozessparametern berechnet wird. Dies ist insbesondere bei der Verwendung einer Anpresswalze vorteilhaft.

**[0027]** Um wickellagenabhängige Anteile zu kompensieren, kann vorgesehen sein, dass die Kompensationsparameter, die vom Prozessparameter Motor- bzw. Wickelwinkelwert abhängig sind, in Form einer Datenbank innerhalb der Reibkompensationseinheit oder der Steuer-/Regeleinrichtung, z.B. als Tabelle, abgelegt werden.

**[0028]** Die die Vorrichtung betreffende Aufgabe wird dadurch gelöst, dass zur Kompensation des Reibmoments in der Reibkompensationseinheit mindestens ein zusätzlicher Prozessparameter eingangsseitig aufgeschaltet ist. Dies ermöglicht insbesondere die Anwendung der zuvor beschriebenen Verfahrensvarianten hinsichtlich einer verbesserten Berücksichtigung verschiedenster Reibkompensationsanteile.

**[0029]** In einer Ausführungsform ist in der Steuer-/Regeleinrichtung eine Beschleunigungskompensationseinheit angeordnet ist, die eine verbesserte Regelung insbesondere bei sich ständig ändernden Bahngeschwindigkeiten ermöglicht.

**[0030]** Die bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die Reibkompensationseinheit als zusätzliche Eingangsgrößen eine Wickelmasse und / oder eine Temperatur und / oder einen Walzenanpressdruck und / oder einen Motor- bzw. Wickelwinkelwert aufweist, wodurch

wickelmasenabhängige, temperaturabhängige, ggf. anpresswalzenabhängige und / oder wickellagenabhängige Anteile bei der Vorgabe des Antriebmomentes berücksichtigt werden können.

**5** **[0031]** Zur einfachen Bestimmung der Reibkompensationswerte kann die Reibkompensationseinheit mindestens eine Kennfeld-Einheit zur Verknüpfung mindestens zweier Prozessparameter aufweisen.

**[0032]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante sind in der Reibkompensationseinheit und / oder in der Steuer-/Regeleinrichtung Kompensationsparameter für einzelne Reibanteile bestimmbar und für weitere Auswertungen speicherbar. Dies ermöglicht einerseits eine flexible Anpassung an unterschiedliche Betriebsbedingungen und andererseits eine vorbeugende Wartung und Überprüfung der Mechanik.

#### Zeichnungen

**20** **[0033]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

**25** Figur 1 in schematischer Darstellung eine Wickelmaschine mit einer Steuer-/Regeleinrichtung nach dem Stand der Technik,

Figur 2 schematisch eine Wickelmaschine mit einer Steuer-/Regeleinrichtung in erforderlicher Ausgestaltung.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**30** **[0034]** Figur 1 zeigt beispielhaft in schematischer Darstellung eine Wickelmaschine 1, die als wesentliche Komponenten eine Wickeltrommel 30 enthält, die mittels eines Wickelantriebs 20 angetrieben wird. Ein Material 70, beispielsweise ein bahnförmiges Erzeugnis, welches aufgewickelt werden soll, wird im gezeigten Beispiel zunächst über eine erste Umlenleinrichtung 61, hier als feststehende Walze ausgebildet, und danach über eine zweite Umlenleinrichtung 62, welche als lose Walze ausgebildet ist, und anschließend über eine dritte Umlenleinrichtung 63 in Form einer weiteren feststehenden Walze geführt und gelangt schließlich zur Wickeltrommel 30, wobei im gezeigten Beispiel eine Anpresswalze 40 das Material 70 auf den bereits ausgebildeten Wickel auf der Wickeltrommel 30 anpresst, um beispielsweise Lufteinschlüsse zu vermeiden.

**35** **[0035]** Die Umlenleinrichtung 62 steht dabei in mechanischer Wirkverbindung mit einer Kraftmesseinrichtung 50. Die Kraftmesseinrichtung 50, welche einseitig fest mit der Struktur der Wickelmaschine 1 verbunden ist, kann beispielsweise als Kraftmessdose ausgeführt sein, mit der die Zugspannung des Materials 70 während des Wickelns bestimmt werden kann. Die gemessenen Werte werden (hier nicht gezeigt) einer Steuer-/Regelteinrichtung 10 (Wickelrechner) zugeführt und dienen insbesondere als Eingangsgröße für einen, in der Steuer-/

Regeleinrichtung 10 integrierten Zugspannungsregler 11, der den Wickelantrieb 20 steuert. Alternativ kann auch nur eine Stellung der Zugkraft erfolgen.

**[0036]** Die Steuer-/Regeleinrichtung 10 enthält gemäß dem Stand der Technik noch weitere funktionelle Elemente, wie eine Durchmesser-Recheneinheit 12, eine Beschleunigungskompensationseinheit 13 und eine Reibkompensationseinheit 14, die dazu dienen, die Regelstrecke für den Zugspannungsregler 11 zu linearisieren, um eine möglichst störgrößenunabhängige Regelung durchführen zu können. Dies führt zu einer besseren Regelgüte des Gesamtsystems. Dabei wird, wie gezeigt, eine Stellgröße als Ausgangssignal' des Zugspannungsreglers 11 mit Korrekturstellgrößen als Ausgangssignale der Durchmesser-Recheneinheit 12 und der Beschleunigungskompensationseinheit 13 in einem ersten Verknüpfungsglied 15 zu einer Stellgröße vereint. Im gezeigten Beispiel wird anschließend in einem zweiten Verknüpfungsglied 16 noch eine weitere Korrekturstellgröße als Ausgangssignal der Reibkompensationseinheit 14 dem Steuersignal für den Wickelantrieb 20 zugeführt. Üblicherweise werden die Reib- und die Beschleunigungskompensation als Vorsteuerung des Antriebsmomentes aufgeschaltet. Die Algorithmen der einzelnen Komponenten in der Steuer-/Regeleinrichtung 10 werden durch unterschiedliche Prozessgrößen gespeist und steuern den Wickelantrieb 20.

**[0037]** Gemäß dem Stand der Technik ist vorgesehen, dass der Reibkompensationseinheit 14 als Prozessparameter 80 lediglich der Wert für eine Winkelgeschwindigkeit 81 der Wickeltrommel 30 zugeführt ist. Der Wert für einen Kompensationswert für das Reibmoment wird üblicherweise aus der Winkelgeschwindigkeit 81 in einem relativ einfachen Modell errechnet.

**[0038]** Figur 2 zeigt in schematischer Darstellung eine Wickelmaschine 1 in erforderlicher Ausgestaltung, die im Unterschied zu der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform eine Steuer-/Regeleinrichtung 10 aufweist, in der die Reibkompensationseinheit 14 eingangsseitig zusätzliche Prozessparameter 80 aufweist.

**[0039]** Neben der Winkelgeschwindigkeit 81 der Wickeltrommel 30 sind der Reibkompensationseinheit 14 im gezeigten Beispiel als zusätzliche Eingangsgröße noch ein Wert für eine Wickelmasse 82, ein Wert für eine Temperatur 83 des Wickelantriebs 20, ein Wert für einen Walzenanpressdruck 84 sowie ein Wert für einen Motor- bzw. Wickelwinkelwert 85 zugeführt. Wie in der Figur 2 angedeutet, können noch weitere Eingangsgrößen der Reibkompensationseinheit 14 aufgeschaltet sein.

**[0040]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass dabei die Kompensationswerte für die einzelnen Reibkomponenten unabhängig voneinander additiv aufgeschaltet werden. Beispielsweise wird neben dem drehzahlabhängigen Reibkompensationswert noch ein Pfad mit einem wickelmassenabhängigen Reibkompensationswert aufaddiert. Die beiden Pfade sind dabei unabhängig voneinander, d.h. die drehzahlabhängige Reibkompensation wird wickelmassenunabhängig auf-

geschaltet und die wickelmassenabhängige Reibkompensation wird drehzahlunabhängig aufgeschaltet.

**[0041]** In einer anderen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Gesamtreibkompensation aus voneinander abhängigen Kompensationsanteilen additiv gebildet wird. Dabei werden mindestens zwei der abhängigen Größen miteinander verknüpft und daraus der Kompensationswert ermittelt. Hierdurch ergeben sich im Modell Kennlinienfelder bzw. Kennfelder, die im Fall von zwei voneinander abhängigen Größen als Fläche im Raum dargestellt werden können. So lassen sich beispielsweise die Kompensationswerte für die Reibung aus einem Kennlinienfeld bestimmen, welches aus der Wickelmasse 82 und der Winkelgeschwindigkeit 81 der Wickeltrommel 30 aufgespannt ist. Als weitere Dimension des Kennfeldes können die Temperatur 83, der Walzenanpressdruck 84 und der Motor- bzw. Wickelwinkelwert 85 Verwendung finden. Dabei müssen die Kennlinienfelder nicht komplett bekannt sein. Die Kompensationswerte lassen sich beispielsweise durch entsprechende Interpolationen (z.B. lineare Interpolation) aus dem Kennlinienfeld bestimmen, auch wenn dabei nur wenige Stützstellen bekannt sind.

**[0042]** Die Vorrichtung in Figur 2 weist daher in der Reibkompensationseinheit 14 bzw. die Steuer-/Regelteinrichtung 10 erfindungsgemäß mindestens eine Kennfeld-Einheit 14.1 auf, die beispielsweise softwaremäßig im Steuer-/Regelprogramm hinterlegt ist.

**[0043]** Weiterhin lassen sich die verschiedenen Reibanteile aus mehreren Kennlinienfeldern bestimmen und anschließend additiv verknüpfen. Auch eine Kombination aus den zuvor beschriebenen Auswertemethoden ist möglich.

**[0044]** Dabei kann vorgesehen sein, dass der Prozessparameter Wickelmasse 82 als Funktion eines Wickeldurchmessers bzw. -radius, einer Wickelbreite und einer Dichte des Materials oder bei durchmesserabhängiger veränderbarer Dichte des Wickels aus einer durchmesserabhängigen Bahnspannung bzw. einer Wickelhärtenkennlinie bestimmt wird. Da die Wickelbreite und die Materialdichte im Prozess normalerweise konstant sind, ergibt sich die Wickelmasse 82 nur als Funktion des Durchmessers bzw. des Radius. Es kann aber auch die Materialdichte im Prozess variieren, da aufgrund einer vorgegebenen durchmesserabhängigen Bahnspannung (Wickelhärtenkennlinie) sich die mittlere Dichte des Wickels verändern kann. Auch dies kann ermittelt werden, da die Bahnspannung bzw. die Wickelhärtenkennlinie meist bekannt ist.

**[0045]** Weiterhin kann vorgesehen sein, dass der Prozessparameter Temperatur 83 durch Messung der Temperatur am Wickelantrieb oder durch Berechnung mittels eines thermischen Modells bestimmt wird. Temperaturabhängige Reibanteile können damit exakt bestimmt und entsprechend kompensiert werden.

**[0046]** Eine Verfahrensvariante sieht vor, dass der Prozessparameter Walzenanpressdruck 84 gemessen oder aus weiteren Prozessparametern berechnet wird.

Dies ist insbesondere bei der Verwendung einer Anpresswalze vorteilhaft. Der entsprechende Kompensationsanteil kann dabei als Funktion des Anpressdruckes sowie ggf. weiterer Prozessgrößen (z.B. Wickeldurchmesser) errechnet werden, wobei dieser in erster Näherung proportional zum Produkt aus Anpressdruck und Wickeldurchmesser ist.

**[0047]** Um wickellagenabhängige Anteile zu kompensieren, ist vorgesehen, dass die Kompensationsparameter, die vom Prozessparameter Motor- bzw. Wickelwinkelwert 85 abhängig sind, in Form einer Datenbank innerhalb der Reibkompensationseinheit oder der Steuer-/Regeleinrichtung, z.B. als Tabelle, abgelegt werden. Daneben können auch ein oder mehrere Getriebestufen zwischen Motor und Wickeltrommel 30 in Betracht kommen.

**[0048]** Hinsichtlich der Ermittlung der Kompensationsparameter, die mit steigender Komplexität neben der reinen Kompensation eine wichtige Rolle spielt, ist beispielsweise verfahrenstechnisch vorgesehen, automatisierte Messfahrten durchzuführen.

**[0049]** Mit den Messfahrten kann das Kennlinienfeld bestimmt und in der Steuerung abgelegt werden, wobei beispielsweise die wickelmassenabhängige Reibkompensation mittels mehreren Messfahrten, z.B. mit leerem Wickel, bei vollem Wickel und bei halb vollem Wickel durchgeführt werden. Jede Messfahrt kann mehrere Geschwindigkeitsmesspunkte beinhalten, bei denen das Kompensationsmoment ermittelt wird, z.B. anhand des im Wickelantrieb 20 vorhandenen Antriebsmomentes, wobei das zugkraftbildende Antriebsmoment vom gesamten Antriebsmoment subtrahiert werden muss, um die Reibkompensation zu bestimmen.

**[0050]** Ebenso können Messfahrten zur Ermittlung der Parameter der temperaturabhängigen Kompensation, der Kompensation des Anpresswalzendruckes und der lageabhängigen Kompensation durchgeführt werden.

**[0051]** Die Messfahrten können auch zur vorbeugenden Wartung verwendet werden. Vorteilhaft sind dafür Messfahrten mit leerem Wickel, da hier die Eigenschaften des Wickelgutes vernachlässigt werden können. Beispielsweise kann eine Grenze für das Anfahrreibmoment (Losbrechmoment) oder für das maximal auftretende Reibmoment, welches üblicherweise bei hohen Drehzahlen auftritt, angegeben werden, ab der eine Meldung generiert wird. Diese könnte z.B. dazu verwendet werden, um Lager zu warten oder auszutauschen.

**[0052]** Weiterhin können die Messfahrten als Referenzmessung auch zur Überprüfung der Mechanik verwendet werden. Nach einem Austausch von mechanischen Komponenten, z.B. nach einem Zahnrämenwechsel, können diese mittels dieser Messfahrten ebenfalls hinsichtlich der richtigen Einstellung (z.B. die Zahnrämenspannung) oder deren richtiger Funktion überprüft werden. Ist beispielsweise die Zahnrämenspannung sehr hoch, wird das Antriebsmoment ebenfalls stark ansteigen.

**[0053]** Die aufgezeigten Verfahrensvarianten und die

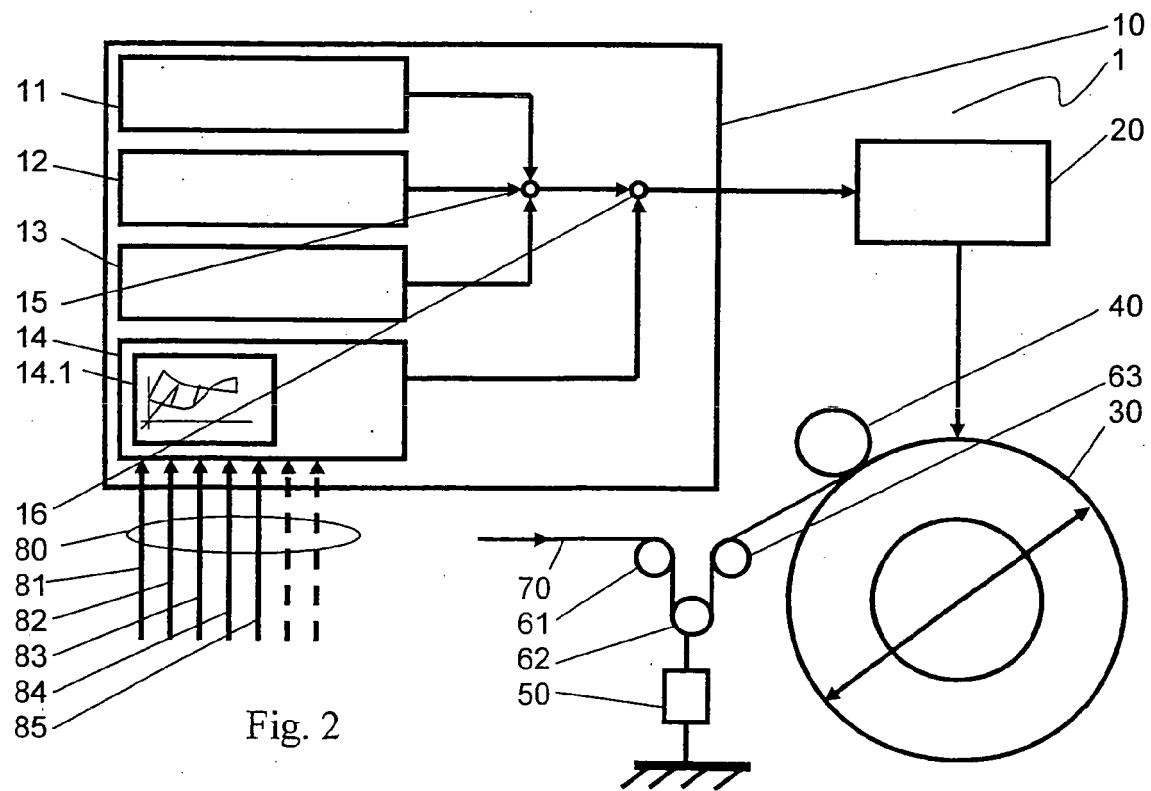
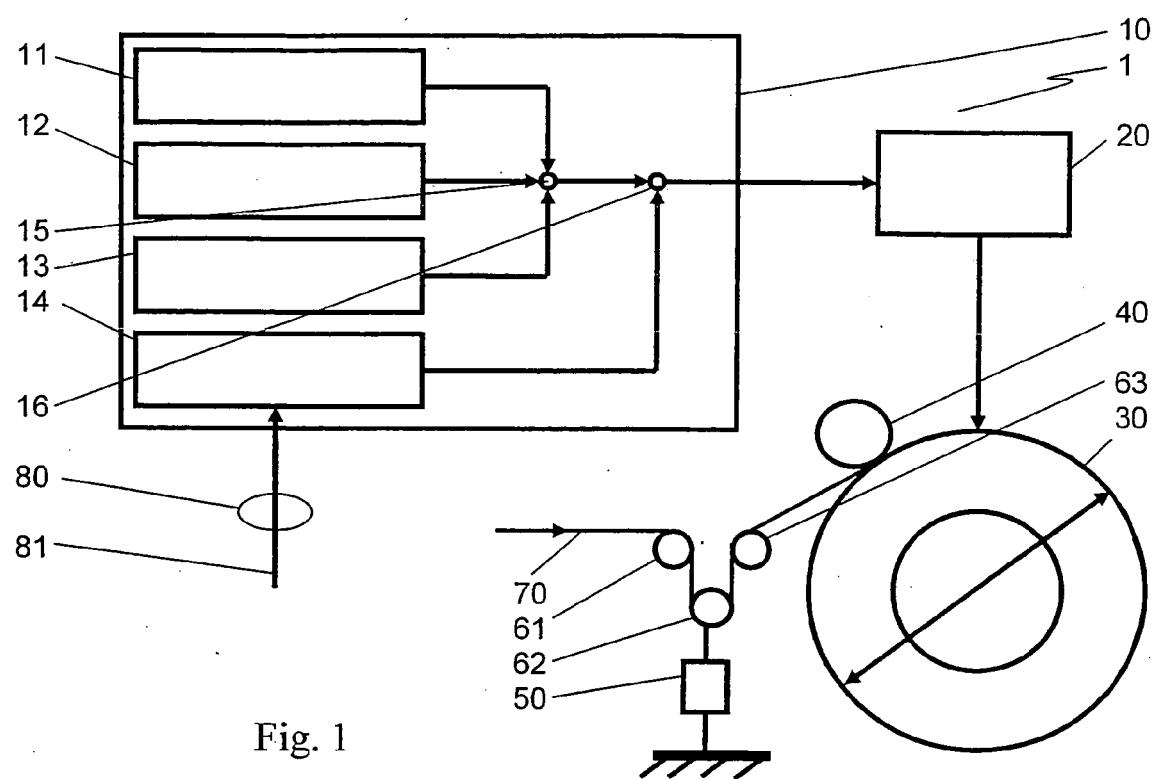
beschrieben Vorrichtungsvarianten erlauben es, die verschiedenen Reibkompensationsanteile bei der Steuerung-/Regelung des Wickelantriebs 20 besser zu berücksichtigen, so dass daraus eine deutlich verbesserte Regelung resultiert. Weiterhin können die verschiedenen Kompensationsparameter weitgehend automatisiert ermittelt und überwacht werden. Letzteres kann vorteilhaft hinsichtlich der Wartung und Überwachung von Wickelmaschinen 1 genutzt werden.

10

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Reibkompensation in einer Wickelmaschine (1), mit der ein Material (70) auf eine Wickeltrommel (30) aufgewickelt wird, wobei die Wickeltrommel (30) von einem Wickelantrieb (20) angetrieben wird, der von einer Steuer-/Regeleinrichtung (10) angesteuert wird, wobei in der Steuer-/Regelteinrichtung (10) ein Antriebsmoment des Wickelantriebes (20) vorgegeben wird, wobei in einer Reibkompensationseinheit (14) als ein eingangsseitiger Prozessparameter (80) eine Winkelgeschwindigkeit (81) der Wickeltrommel (30) berücksichtigt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Kompensation des Reibmomentes mindestens ein zusätzlicher Prozessparameter (80) berücksichtigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels eines Zugspannungsreglers (11) eine Zugsollkraft mit einer gemessenen Zugistkraft abgeglichen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Stellung der Zugkraft mittels eines Steuerteils erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Steuer-/Regeleinrichtung (10) mit einer Durchmesser-Recheneinheit (12) und / oder der Reibkompensationseinheit (14) das Antriebsmoment des Wickelantriebes (20) vorgegeben wird.
45. 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Steuer-/Regeleinrichtung (10) mit einer Beschleunigungskompensationseinheit (13) das Antriebsmoment des Wickelantriebes (20) vorgegeben wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Kompensation des Reibmomentes eine Wickelmasse (82) und / oder eine Temperatur (83) und / oder ein Walzenanpressdruck (84) und / oder ein Motor- bzw. Wickelwinkelwert (85) als zusätzliche eingangsseitige Prozessparameter (80) verwendet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zur Kompensation des Reibmomentes verwendeten einzelnen Prozessparameter (80, 81, 82, 83, 84, 85) unabhängig voneinander ausgewertet und additiv zu einer Gesamtreibkompensation verknüpft werden. 5
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** von den zur Kompensation des Reibmomentes verwendeten einzelnen Prozessparameter (80, 81, 82, 83, 84, 85) mindestens zwei miteinander verknüpft werden und daraus ein Kompensationswert ermittelt wird. 10
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** Kompensationsparameter für die einzelnen Prozessparameter (80, 81, 82, 83, 84, 85) zur Bestimmung des Kompensationswertes in Form von einem oder mehrerer Kennlinienfeldern bzw. Kennfeldern aufbereitet werden und der Kompensationswert für das Reibmoment direkt oder durch Interpolation zwischen Stützstellen aus den Kennfeldern ermittelt wird. 15 20
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kompensationsparameter für die einzelnen Prozessparameter (80, 81, 82, 83, 84, 85) vor oder während einem Aufwickelvorgang in mehreren Messfahrten mit definierten Bedingungen ermittelt und gespeichert werden. 25
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kompensationsparameter für die einzelnen Prozessparameter (80, 81, 82, 83, 84, 85) für Wartungszwecke verwendet werden und / oder bei Abweichungen und / oder zeitlichen Veränderungen gegenüber Vorgabewerten Meldungen generiert werden. 30 35
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessparameter Wickelmasse (82) als Funktion eines Wickeldurchmessers bzw. - radius, einer Wickelbreite und einer Dichte des Materials (70) oder bei durchmesserabhängiger veränderbarer Dichte des Wickels aus einer durchmesserabhängigen Bahnspannung bzw. einer Wickelhärtenkennlinie bestimmt wird. 40 45
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessparameter Temperatur (83) durch Messung der Temperatur am Wickelantrieb (20) oder durch Berechnung mittels eines thermischen Modells bestimmt wird. 50
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessparameter Walzenanpressdruck (84) gemessen oder aus weiteren Prozessparametern (80) berechnet wird. 55
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kompensationsparameter, die vom Prozessparameter Motor- bzw. Wickelwinkelwert (85) abhängig sind, in Form einer Datenbank innerhalb der Reibkompensationseinheit (14) oder der Steuer-/Regeleinrichtung (10) abgelegt werden.
16. Vorrichtung zur Reibkompensation in einer Wickelmaschine (1), mit der ein Material (70) auf eine Wickeltrommel (30) aufwickelbar ist, wobei die Wickeltrommel (30) mit einem Wickelantrieb (20) angetrieben ist, der mit einer Steuer-/Regeleinrichtung (10) ansteuerbar ist, wobei in der Steuer-/Regeleinrichtung (10) ein Zugspannungsregler (11) sowie eine Durchmesser-Recheneinheit (12) und / oder eine Reibkompensationseinheit (14) zur Linearisierung des Zugspannungsreglers (11) angeordnet sind, wobei in der Reibkompensationseinheit (14) als ein eingesetziger Prozessparameter (80) eine Winkelgeschwindigkeit (81) der Wickeltrommel (30) aufgeschaltet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Kompensation des Reibmomentes in der Reibkompensationseinheit (14) mindestens ein zusätzlicher Prozessparameter (80) eingesetzt aufgeschaltet ist. 25
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Steuer-/Regeleinrichtung (10) eine Beschleunigungskompensationseinheit (13) angeordnet ist. 30
18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reibkompensationseinheit (14) als zusätzliche Eingangsgrößen eine Wickelmasse (82) und / oder eine Temperatur (83) und / oder einen Walzenanpressdruck (84) und / oder einen Motor- bzw. Wickelwinkelwert (85) aufweist. 35
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reibkompensationseinheit (14) mindestens eine Kennfeld-Einheit (14.1) zur Verknüpfung mindestens zweier Prozessparameter (80) aufweist. 40
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Reibkompensationseinheit (14) und / oder in der Steuer-/Regeleinrichtung (10) Kompensationsparameter für einzelne Reibanteile bestimbar und für weitere Auswertungen speicherbar sind. 45



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE OS3919162 A1 [0004]
- DE OS10342020 A1 [0005]