

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 766/2013
(22) Anmeldetag: 03.10.2013
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2014

(51) Int. Cl.: **B21B 38/06** (2006.01)

(30) Priorität:
18.10.2012 DE 102012020444.2 beansprucht.

(71) Patentanmelder:
VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH
40042 Düsseldorf (DE)

(74) Vertreter:
Schober Elisabeth Dipl.Ing. Dr.techn., Fox
Tobias Dr., Noske Wolfgang Dipl.Ing.
Wien

(54) **Zugfestigkeits-Softsensor für Formschlussbiegemaschinen und Streckbiegerichtanlagen**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und einen entsprechenden Softsensor zur Ermittlung der Zugfestigkeit eines Bandes in einer Richtmaschine, wie beispielsweise einer Formschlussbiegemaschine oder Streckbiegerichtanlage. Bei dem Verfahren werden die Prozessgrößen Bandzug der Richtmaschine, Eintauchtiefe der Richtrollen, Streckgrad des Bandes und Bandgeometrie des Bandes ermittelt. Auf Grundlage der ermittelten Prozessgrößen wird die Zugfestigkeit des Bandes mittels Modellrechnung bestimmt.

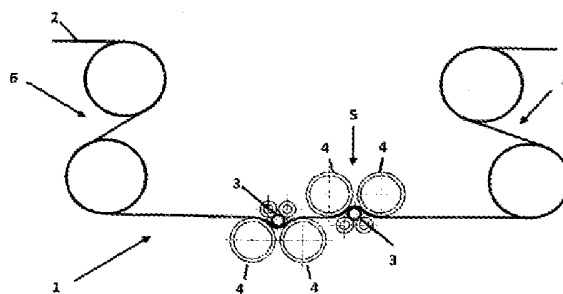
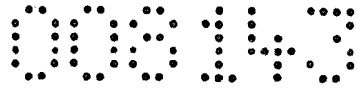


Fig. 1



- 11 -

Zusammenfassung:

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und einen entsprechenden Softsensor zur Ermittlung der Zugfestigkeit eines Bandes in einer Richtmaschine, wie beispielsweise einer Formschlussbiegemaschine oder Streckbiegerichtanlage. Bei dem Verfahren werden die Prozessgrößen Bandzug der Richtmaschine, Eintauchtiefe der Richtrollen, Streckgrad des Bandes und Bandgeometrie des Bandes ermittelt. Auf Grundlage der ermittelten Prozessgrößen wird die Zugfestigkeit des Bandes mittels Modellrechnung bestimmt.

(Fig. 1)

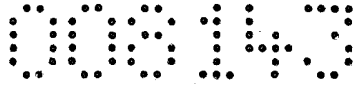
Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Zugfestigkeit eines Flachprodukts und einen entsprechenden Softsensor für solch eine Ermittlung.

Die Materialeigenschaft Zugfestigkeit ist eine wichtige Qualitätsgrößen für Flachprodukte. Eine Online-Ermittlung der Zugfestigkeit über der Bandlänge ist beispielsweise eine wichtige Größe für die Prozessoptimierung und die Qualitätssicherung.

Üblicherweise erfolgt die Ermittlung der Zugfestigkeit oder Streckgrenze auf zerstörende Weise durch Materialproben die vom Bandanfang oder Bandende stammen. Diese Verfahren haben den Nachteil, dass die Prüfung offline und zeitversetzt erfolgt, so dass eine Prozessregelung anhand der Prüfdaten kaum möglich ist.

Als zerstörungsfreie Verfahren für die Online-Messung der Zugfestigkeit oder Streckgrenze bei Kaltband sind indirekte Messverfahren wie z.B. IMPOC und HACOM bekannt. Diese bekannten indirekten Messverfahren nutzen die Korrelationen der Zugfestigkeit zu anderen physikalischen Eigenschaften, wie der Magnetisierbarkeit. Beim IMPOC-Verfahren (IMPOC = Impulse-Magnetic-Process-Online-Controller) wird beispielsweise das Stahlband mit Hilfe von stromdurchflossenen Spulen in regelmäßigen Abständen stoßmagnetisiert und die magnetische Restfeldstärke der lokal erzeugten Magnetisierung gemessen, die um so größer ist, je fester das Material ist. Beim HACOM-Verfahren (Harmonischen-Analyse-Coil-Online-Messung) wird eine Harmonischen-Analyse von Wirbelstromsignalen zur Bestimmung der Zugfestigkeit durchgeführt. Bei diesen Verfahren wird der Zusammenhang zwischen gemessener Magnetisierung und der gesuchten Zugfestigkeit über Regressionsmodelle und der Korrelationen zwischen im Voraus zerstörend ermittelter Zugfestigkeit und entsprechenden Messwerten hergestellt. Mit diesen bekannten Verfahren ist eine zerstörungsfreie Bestimmung der mechanisch-technologischen Eigenschaften über die gesamte Bandlänge möglich. Diese Verfahren haben allerdings den Nachteil, dass sie die Installation von zusätzlicher Hardware in der Produktionslinie erfordern.

Die Offenlegungsschrift DE 15 73 447 A beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen der Streckgrenze von Metallen während des Walzens, bei dem die Feststellung der Streckgrenze während des Walzens fortlaufend möglich ist, ohne dass sich die Notwendigkeit einer Probenahme und der Durchführung von Laborversuchen ergibt. Das Verfahren macht sich die Erkenntnis zu Nutze, dass während des Walzens



- 2 -

flacher metallischer Erzeugnisse der Walzdruck und das Walzmoment im wesentlichen abhängig sind von der Streckgrenze, der Stichabnahme des Metalls (d.h. der Differenz zwischen der Bandstärke beim Eintritt des Metallbandes in das Walzwerk und der Banddicke desselben bei seinem Austritt aus dem Walzwerk), dem Halbmesser der Walzzylinder, der Breite des Bandes während des Walzens und der Bandstärke am Eintritt in das Walzwerk und von den auf das Band ausgeübten Bandzügen Vorwärtszug und Rückwärtszug. Die Streckgrenze wird aufgrund des Bekannten Zusammenhangs dieser Größen aus den gemessenen Prozessgrößen ermittelt.

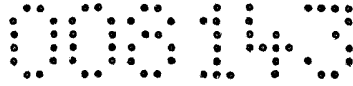
Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ermittlung der Zugfestigkeit bereitzustellen, bei dem die Zugfestigkeit aus Prozessgrößen ermittelt wird.

Diese Aufgabe wird durch das beanspruchte Verfahren und den entsprechenden Softsensor gelöst, der dieses Verfahren implementiert. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens bzw. des Softsensors sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung geht von dem Grundgedanken aus, dass der absolute Wert wie auch die relative Änderung des Bandzuges über der Bandlänge bei konstanten weiteren Umformbedingungen direkt von der Zugfestigkeit des Bandes abhängig sind. Bei konstanten Umformbedingungen, d.h. bei konstanter mittlerer Eintauchtiefe der Richtrollen, konstantem Streckgrad und konstanter Bandgeometrie ist der benötigte Bandzug zur Erreichung eines Streckgrades demnach ein Maß für die Zugfestigkeit des Bandes, so dass die Zugfestigkeit aus den vorhandenen Prozesssignalen und einer Modellrechnung bestimmt werden kann.

In der bevorzugten und nachfolgend allein weiter erläuterten Ausführungsformen des Verfahrens zur Ermittlung der Zugfestigkeit eines Bandes in einer Richtmaschine werden zumindest als Prozessgrößen der auf das Band wirkende Bandzug und/oder die mittlere Eintauchtiefe der Richtrollen gemessen. Besonders bevorzugt werden zudem noch der Streckgrad des Bandes und die Bandgeometrie des Bandes ermittelt. Aus den ermittelten Prozessgrößen wird die Zugfestigkeit des Bandes mittels Modellrechnung bestimmt.

Indem nachfolgend lediglich eine Ausführungsform des Verfahrens näher erläutert wird, wird die Erfindung auf diese Ausführungsform nicht beschränkt. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren und Systeme sind auch ohne weiteres auf das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren in seiner beanspruchten Allgemeinheit übertragbar und gelten als Fortbildungen eines Messverfahrens mit offenbart.



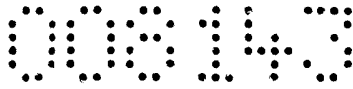
Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. der Softsensor kann insbesondere zur Ermittlung der Zugfestigkeit in einer Richtmaschine wie beispielsweise einer Formschlussbiegemaschine oder Streckbiegerichtanlage verwendet werden. Mit einer solchen Richtmaschine lassen sich unplane Metallbänder richten, wodurch Unplanheiten beseitigt werden.

Eine beispielhafte Streckbiegerichtanlage, in der das erfindungsgemäße Verfahren zur Anwendung kommen könnte, ist in der deutschen Patentanmeldung DE 10 2010 024 714 A1 beschrieben. In solch einer Streckbiegerichtanlage sind mehrere Richtrollen in horizontaler Banddurchlaufrichtung hintereinander angeordneten. Das mittels Spannrollen unter eine Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze versetzte Band wird um die Richtrollen wechselseitig gebogen und erfährt dabei eine plastische Streckung. Durch die Biegung in solch einer Streckbiegerichtanlage steht das Band unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze bzw. Streckgrenze und das Band wird um die Richtrollen im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen. Die plastisch bzw. elastisch-plastisch wirkenden Richtrollen werden auch als Streckrollen oder Biegerollen bezeichnet.

Das Maß, um welches das Band insgesamt plastisch gestreckt wird, wird als Streckgrad bezeichnet. Der Streckgrad kann aus der Differenz von Einlaufgeschwindigkeit und Auslaufgeschwindigkeit des Bandes auf konventionelle Weise ermittelt werden, z.B. aus der Rotationsgeschwindigkeit und Radius der Spannrollen.

Da in einer Streckbiegerichtanlage Bänder unterschiedlicher Dicke, Breite und Streckgrenze verarbeitet werden, ist es gewünscht, die Biegeintensität der einzelnen Richtrollen zu variieren. Dazu kann die sogenannte Eintauchtiefe bzw. der Umschlingungswinkel des Bandes um die Richtrolle variiert werden. Die Eintauchtiefe wird von dem Steuersystem der Streckbiegerichtanlage eingestellt und ist als Prozessparameter bekannt oder kann vom Fachmann aus der Position der Richtrollen ermittelt werden. Als Eintauchtiefe kann beispielsweise die Verschiebung einer Richtrolle aus ihrer Normposition betrachtet werden, bei der diese das Band gerade noch nicht streckt. Oder man betrachtet als Eindringtiefe die Auslenkung des Bandes aus einer gedachten Ebene, in der das Band durch eine Richtkassette läuft. Je nach Aufbau der Richtkassetten sind aber auch andere Festlegungen der Eintauchtiefe möglich. Als mittlere Eintauchtiefe wird der Mittelwert aus den Eintauchtiefen der nacheinander auf das Band einwirkenden Richtrollen verstanden.

Der Bandzug in der Richtmaschine kann aus der Differenz zwischen Einlaufbandzug und Auslaufbandzug ermittelt werden. Diese Prozessgrößen Einlaufbandzug und Auslaufbandzug können beispielsweise direkt mit Bandzugmessgeräten gemessen werden. Alternativ kann der Bandzug bzw. die Bandzugdifferenz auch indirekt über die



- 4 -

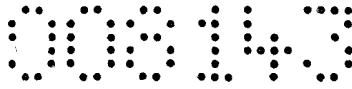
Drehmomente der Spannrollen berechnet werden, die der Fachmann auf bekannte Weise zu ermitteln weiß.

Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich beim Richten von Bändern unterschiedlicher Dicke, Breite und Streckgrenze verwenden, wobei in einem Ausführungsbeispiel die Dicke und Breite des Bandes, die auf übliche Weise ermittelt werden bzw. bekannt sind, in die Modellberechnung einfließen.

Die Berechnung der Zugfestigkeit aus den Bandzügen erfolgt durch Modelle. Diese Modelle können physikalische Modelle oder aber auch datenbasierte Modelle sein. In den nachfolgend detaillierter beschriebenen Ausführungsbeispielen wird ein datenbasiertes Modell beschrieben, das durch eine relationale Funktion und mittels Zugproben identifizierte Parameter gegeben ist. Da auch die Zugfestigkeitsmessgeräte Materialproben zur Modellidentifikation verwenden, bietet es sich für die Bestimmung datenbasierter Modelle an, die Modellparameter durch Materialproben zu ermitteln. Erst werden beispielsweise Zugfestigkeitsproben klassiert nach Stahlsorten und Bandgeometrien erstellt. Dabei werden alle relevanten Prozessgrößen von den Bändern, für die Zugproben vorliegen, gespeichert. Aus den ermittelten Prozessgrößen und zugehörigen Ergebnissen der Zugfestigkeitsproben werden dann die Parameter der Modelle bestimmt, beispielsweise als materialspezifische Parameter einer rationalen Funktion.

Das vorgeschlagene Messkonzept benötigt keine zusätzlichen Messgeräte in der Produktionslinie. Es braucht demnach kein zusätzlicher Einbauraum geschaffen werden und Umbaumaßnahmen, Schutzvorrichtungen und potentielle Bandoberflächenverletzungen fallen weg. Auch ist keine Wartung von mechanischen Teilen erforderlich. Zudem gibt es, anders als bei Verfahren wie z.B. IMPOC, bei dem das Band eine Mindestbreite von ca. 500 mm aufweisen sollte, keine Beschränkung in der Bandgeometrie. Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. der entsprechende Softsensor kann für verschiedenste Bandmaterialien universell eingesetzt werden, wogegen IMPOC und HACOM beispielsweise auf magnetisierbare Stahlsorten beschränkt sind. Damit kann bei vergleichbarer Leistung der erfindungsgemäße Zugfestigkeitssensor deutlich günstiger angeboten werden als die bekannten Online-Zugfestigkeitsmessgeräte.

Vorzugsweise werden die Eintauchtiefe der Kassetten und der Streckgrad über einen Zeitraum konstant gehalten, so dass – bei ebenfalls konstanter Bandgeometrie – die Zugfestigkeit des Flachproduktes im gegebenen Zeitraum im Wesentlichen vom Bandzug abhängt. Das Steuersystem der Richtmaschine stellt eine geeignete mittlere Eintauchtiefe der Kassetten ein. Sobald die mittlere Eintauchtiefe und der Streckgrad konstant sind, kann die modellbasierte Berechnung der Zugfestigkeit erfolgen.



- 5 -

Sollte in der Streckgradregelung einer Richtmaschine die mittlere Eintauchtiefe der Richtmaschine als Stellglied benutzt werden, kann anstelle des Bandzuges jedoch auch die mittlere Eintauchtiefe als Maß für die Zugfestigkeitsänderung gesehen werden.

Das Verfahren eignet sich für eine Online-Messung der Zugfestigkeit. Eine Online-Messung bietet den Vorteil, dass Messwerte über die gesamte Bandlänge vorliegen und für eine Prozessrückkopplung verwendet werden können.

Das Verfahren zur Ermittlung der Zugfestigkeit kann in Form eines Softsensors realisiert werden, wobei der Softsensor ein Computerprogramm ist, das Instruktionen aufweist, die das Verfahren zur Ermittlung der Zugfestigkeit auf einem Computersystem implementieren. Der Softsensor berechnet die gesuchte Zugfestigkeit eines Bandes anhand mehrerer messbarer Prozessgrößen, die Aufschluss über die Zugfestigkeit geben können. Solch ein Softsensor kann als Regeleinheit für eine Richtmaschine verwendet werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von lediglich Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt

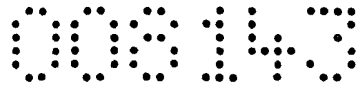
Fig. 1: eine schematische Darstellung einer beispielhaften Formschlussbiegemaschine;

Fig. 2: in angedeuteter Weise die Umformbedingungen in der beispielhaften Formschlussbiegemaschine;

Fig. 3: eine Prinzipskizze eines Softsensors bzw. des durch den Softsensor implementierten Verfahrens gemäß eines Ausführungsbeispiels der Erfindung; und

Fig. 4: Graphen von Versuchsergebnissen, die die Änderung des Bandzuges über der Bandlänge als Maß für die Zugfestigkeit zeigen.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer beispielhaften Formschlussbiegemaschine. Ein zu richtendes Band 2, z.B. ein Stahlband, läuft durch die Formschlussbiegemaschine 1. Richtrollen 3 sind in horizontaler Banddurchlaufrichtung hintereinander angeordneten. Das mittels Spannrollen 6 (S-Rollen) unter eine Zugspannung versetzte Band 2 wird um die Richtrollen 3 gebogen und erfährt dabei eine plastische Streckung. Den relativ zu dem Band anstellbaren Richtrollen 3 sind Umlenkrollen 4 vor- und nachgelagert, welche einen größeren Durchmesser als die Richtrollen 3 aufweisen. In einer Formschlussbiegemaschine 1 sind die Rollen so angeordnet, dass das Band 2



- 6 -

durch einen Formschluss über die Richtrollen 3 in die gewünschte Form gebracht wird. In Fig. 1 sind zwei Formschlussbiegekassetten 5 mit jeweils einer Richtrolle 3 und zwei Umlenkrollen 4 gezeigt.

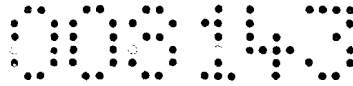
Fig. 2 zeigt eine vergrößerte Darstellung der Formschlussbiegekassetten 5 mit Richtrollen 3. In der Darstellung sind die Umformbedingungen angedeutet. Die Einlaufgeschwindigkeit v_1 und der Auslaufgeschwindigkeit v_2 repräsentieren den Streckgrad des Bandes 2. Je stärker das Band 2 gestreckt ist, desto schneller läuft das Band. Die Größen h_1 und h_2 kennzeichnen die Banddicke bei Ein- bzw. Auslauf. Die Pfeile s_1 und s_2 kennzeichnen die Einstellung der mittleren Eintauchtiefe über die Positionen der jeweiligen Formschlussbiegekassetten 5. In dem Ausführungsbeispiel kann als Eintauchtiefe die Verschiebung s_1 bzw. s_2 einer Richtrolle aus ihrer Normposition betrachtet werden, bei der diese das Band gerade noch nicht streckt.

Diese Umformbedingungen werden in einem hier gezeigten Ausführungsbeispiel vorzugsweise über einen gewissen Zeitraum konstant gehalten, was die Berechnung der Zugfestigkeit aus diesen Prozessgrößen dadurch erleichtert, dass die Zugfestigkeit nur noch vom Bandzug abhängig ist, der dann als Stellgröße verwendet werden kann.

Fig. 3 zeigt eine Prinzipskizze eines Softsensors bzw. des durch den Softsensor implementierten Verfahrens mit Eingangs- und Ausgangsgrößen der Modellrechnung gemäß eines Ausführungsbeispiels der Erfindung. Die Positionen der Formschlussbiegekassetten gibt – z.B. über eine Mittelwertbildung – Aufschluss über die mittlere Kassettenposition zur Zeit t . Aus der mittleren Kassettenposition lässt sich eine Eintauchtiefe $z_m(t)$ durch z.B. Mittelung der jeweiligen Eintauchtiefen der Kassetten ableiten. Die Einlaufbandzüge und Auslaufbandzüge der S-Rollen zur Zeit t ergeben eine Bandzugdifferenz $Zug(t)$. Einlaufgeschwindigkeit v_1 und Auslaufgeschwindigkeit v_2 ergeben den Streckgrad (t) des Bandes zur Zeit t . Der Streckgrad kann beispielsweise aus dem Verhältnis v_2/v_1 gewonnen werden. Neben diesen Prozessgrößen fließen noch die Bandgeometrie, hier die Dicke und die Breite des Bandes und ein Materialparameter $Matnr$, der beispielsweise die Stahlsorte identifiziert, mit in die Modellrechnung des Softsensors ein. Die Modellrechnung des Softsensors liefert die Zugfestigkeit $R_m(t)$ zur Zeit t .

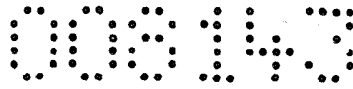
In einem Ausführungsbeispiel wird folgende relationale Funktion mit Modellparametern $b_1, \dots, b_6(Matnr)$ zur Berechnung der Zugfestigkeit $R_m(t)$ verwendet:

$$R_m(t, Dicke, Breite, Matnr) = b_1(Matnr) + \frac{b_2(Matnr)z_m(t) + b_3(Matnr)Zug(t) + b_5(Matnr)Dicke + b_6(Matnr)Breite}{b_4(Matnr)Streckgrad(t)}$$



Hier sind $z_m(t)$, $Zug(t)$ und $Streckgrad(t)$ die Prozessgrößen mittlere Eintauchtiefe des Bandes zur Zeit t , Bandzugdifferenz zur Zeit t , bzw. Streckgrad des Bandes zur Zeit t . $Dicke$ und $Breite$ bezeichnen die im Wesentlichen konstante Banddicke bzw. die Bandbreite des Bandes. $Matnr$ spezifiziert das Material des Bandes. Beispielsweise kann das Band durch die Materialnummer der Stahlsorte charakterisiert werden. $b_1(Matnr)$, $b_2(Matnr)$, $b_3(Matnr)$, $b_4(Matnr)$, $b_5(Matnr)$, $b_6(Matnr)$ sind die durch Zugfestigkeitsproben ermittelten, materialabhängigen Modellparameter. $R_m(t, Dicke, Breite, Matnr)$ bezeichnet schließlich die auf Grundlage der Modellfunktion ermittelte Zugfestigkeit zur Zeit t .

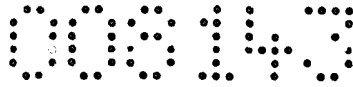
Fig. 4 zeigt Graphen von Versuchsergebnissen, die die Änderung des Bandzuges über der Bandlänge als Maß für die Zugfestigkeit zeigen. In dem Beispiel wird die mittlere Eintauchtiefe und der Streckgrad über einen Zeitraum konstant gehalten, so dass bei konstanter Bandgeometrie die Zugfestigkeit des Flachproduktes in diesem Zeitraum im wesentlichen vom Bandzug abhängt. In einem Versuch wurden die Prozessgrößen Geschwindigkeit, Streckgrad, mittlere Eintauchtiefe und Einlaufzug nach der Bandlänge (bzw. Zeit t) ermittelt. Bei dem Versuch wurde am Steuersystem der Formschlussbiegemaschine eine geeignete mittlere Eintauchtiefe der Kassette eingestellt. Nach einer gewissen Bandlänge (bei etwa 200 auf der Rechtswertachse) ist die mittlere Eintauchtiefe und auch der Streckgrad im Wesentlichen konstant. Danach ist der gemessene Bandzug ein Maß für die Zugfestigkeit des Bandes.



- 8 -

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Ermittlung der Zugfestigkeit eines Bandes in einer Richtmaschine wie beispielsweise einer Formschlussbiegemaschine oder Streckbiegerichtanlage, bei dem als Prozessgrößen der auf das Band wirkende Bandzug und/oder die Eintauchtiefe der Richtrolle ermittelt werden und bei dem die Zugfestigkeit des Bandes mittels Modellrechnung auf Grundlage der ermittelten Prozessgrößen bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgenden weiteren Prozessgrößen ermittelt werden: Streckgrad des Bandes, und Bandgeometrie des Bandes.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Bandzug der Richtmaschine aus der Differenz zwischen Einlaufzug und Auslaufzug ermittelt wird, wobei Einlaufzug und Auslaufzug mit Bandzugmessgeräten gemessen oder indirekt über die Drehmomente der Spannrollen der Richtmaschine ermittelt werden.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Eintauchtiefe der Richtrollen aus der Position der Richtrollen ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Streckgrad des Bandes aus der Einlaufgeschwindigkeit und der Auslaufgeschwindigkeit des Bandes ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Bandgeometrie aus der Banddicke und der Bandbreite des Bandes ermittelt wird, die im Wesentlichen konstant sind.
7. Verfahren nach einer der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Modellrechnung auf einem datenbasierten Modell beruht.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem Modellparameter des Modells durch Materialproben ermittelt werden, indem Zugfestigkeitsproben klassiert nach Stahlsorten und Bandgeometrien erstellt werden, die relevanten Prozessgrößen von den Bändern, für die Zugproben vorliegen, gespeichert werden und aus den ermittelten Prozessgrößen und zugehörigen Ergebnissen der Zugfestigkeitsproben Modellparameter des datenbasierten Modells bestimmt werden.



9. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, bei dem die Modellrechnung auf folgender rationalen Modellfunktion beruht:

$$R_m(t, Dicke, Breite, Matnr) = b_1(Matnr) + \frac{b_2(Matnr)z_m(t) + b_3(Matnr)Zug(t) + b_5(Matnr)Dicke + b_6(Matnr)Breite}{b_4(Matnr)Streckgrad(t)}$$

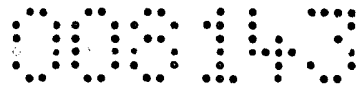
wobei

$z_m(t)$, $Zug(t)$ und $Streckgrad(t)$ die mittlere Eintauchtiefe des Bandes zur Zeit t , die Bandzugdifferenz zur Zeit t , bzw. den Streckgrad des Bandes zur Zeit t bezeichnen, $Dicke$ und $Breite$ die Banddicke bzw. die Bandbreite, also die Bandgeometrie bezeichnen,

$Matnr$ die Stahlsorte (beispielsweise die Materialnummer) des Bandes spezifiziert,

$b_1(Matnr)$, $b_2(Matnr)$, $b_3(Matnr)$, $b_4(Matnr)$, $b_5(Matnr)$, $b_6(Matnr)$ durch Zugfestigkeitsproben ermittelte, materialabhängige Modellparameter sind, und $R_m(t, Dicke, Breite, Matnr)$ die auf Grundlage der Modellfunktion ermittelte Zugfestigkeit zur Zeit t bezeichnet.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Eintauchtiefe der Richtrollen und der Streckgrad über einen Zeitraum konstant gehalten werden, so dass die Zugfestigkeit des Bandes in diesem Zeitraum im Wesentlichen vom Bandzug abhängt.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Bandzug und der Streckgrad über einen Zeitraum konstant gehalten werden, so dass die Zugfestigkeit des Bandes in diesem Zeitraum im Wesentlichen von der Eintauchtiefe abhängt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Modellrechnung auf einem physikalischen Modell beruht.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Prozessgrößen fortlaufend ermittelt werden, um eine Online-Messung der Zugfestigkeit zu ermöglichen.
14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die ermittelte Zugfestigkeit für eine Prozessrückkopplung verwendet wird.
15. Softsensor für die Ermittlung der Zugfestigkeit eines Bandes in einer Richtmaschine wie beispielsweise einer Formschlussbiegemaschine oder Streckbiegerichtanlage, wobei der Softsensor Computerprogramm-Instruktionen aufweist, die das Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche implementieren.



- 10 -

16. Regeleinheit für eine Richtmaschine wie beispielsweise einer Formschlussbiegemaschine oder Streckbiegerichtanlage, die einen Softsensor nach Anspruch 15 aufweist, um die Zugfestigkeit eines Bandes während des Verarbeitungsprozesses fortlaufend zu ermitteln.

008143

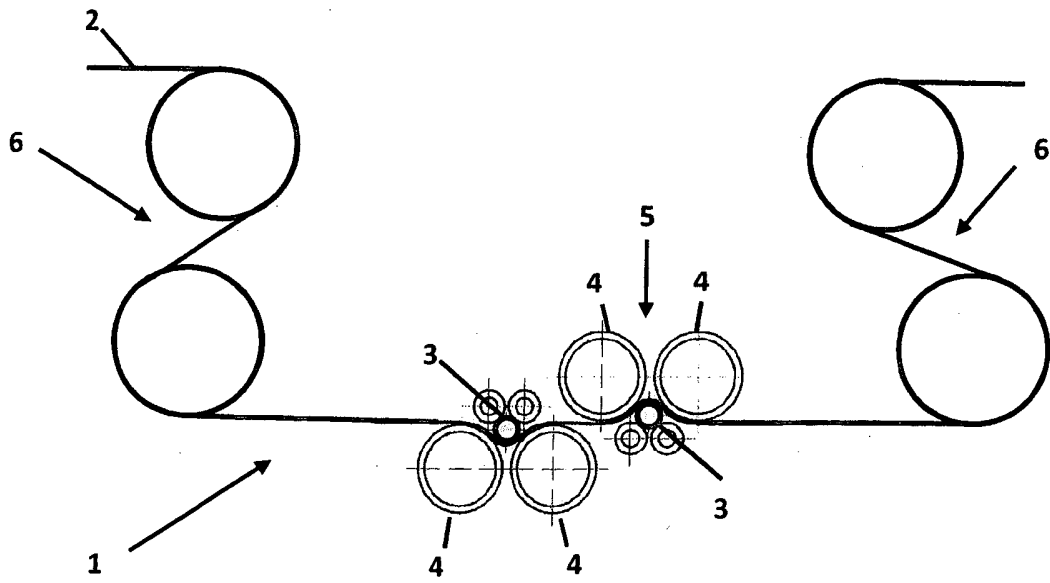


Fig. 1

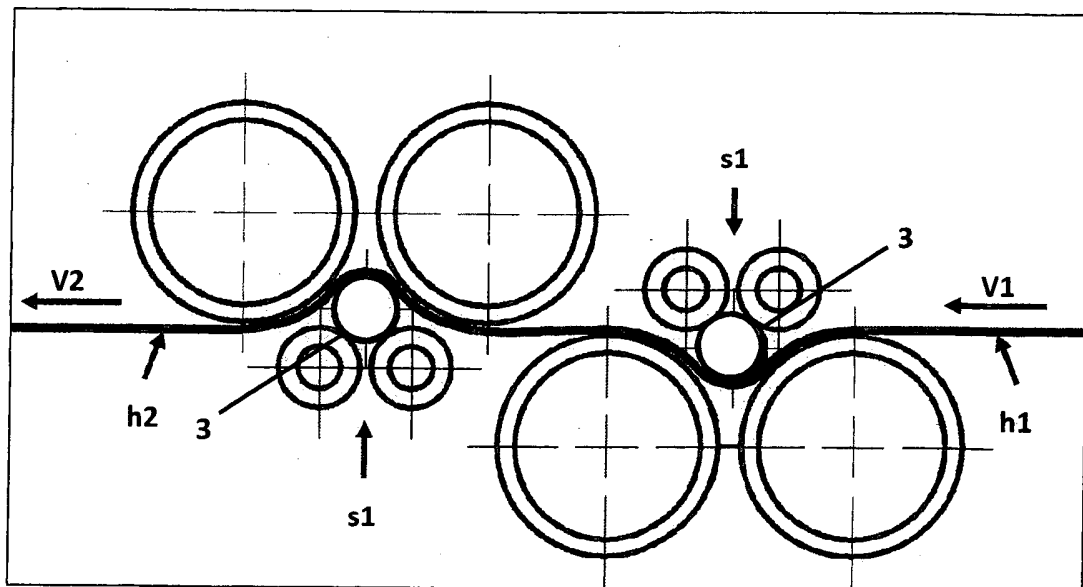


Fig. 2

008143

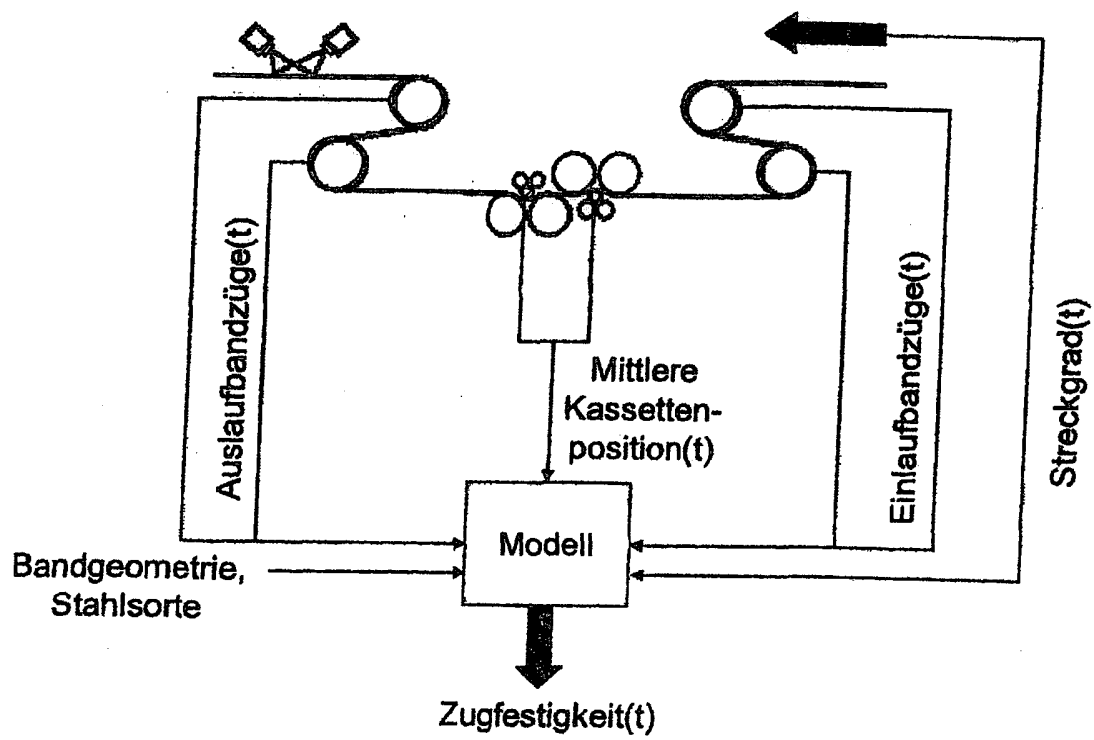


Fig. 3

003143

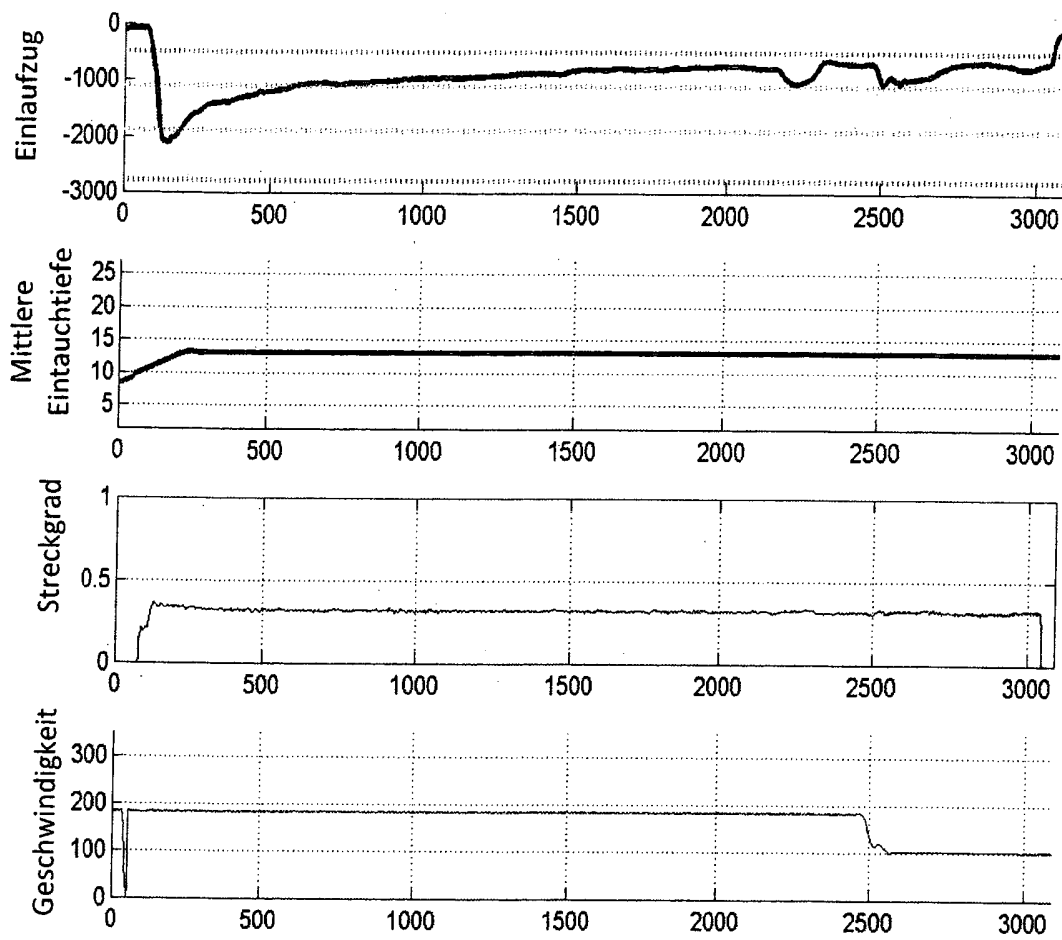


Fig. 4