



(11) **EP 1 622 732 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**07.11.2012 Patentblatt 2012/45**

(21) Anmeldenummer: **04731869.6**

(22) Anmeldetag: **10.05.2004**

(51) Int Cl.:  
**B21F 3/02 (2006.01)**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/CH2004/000284**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2004/101193 (25.11.2004 Gazette 2004/48)**

(54) **FEDERWINDEMASCHINE UND VERFAHREN ZUM STEUERN EINER FEDERWINDEMASCHINE**  
SPRING WINDING MACHINE AND METHOD FOR CONTROLLING A SPRING WINDING MACHINE  
MACHINE A FABRIQUER DES RESSORTS HELICOIDaux ET PROCEDE DE COMMANDE DE LADITE MACHINE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **13.05.2003 CH 8272003**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.02.2006 Patentblatt 2006/06**

(73) Patentinhaber: **Spühl AG St. Gallen 9303 Wittenbach (CH)**

(72) Erfinder:  
• **RUZOVIC, Martin 8410 Bratislava (SK)**  
• **REISSNER, Josef CH-5200 Brugg (CH)**

(74) Vertreter: **Gachnang, Hans Rudolf Patentanwalt H.R. Gachnang Badstrasse 5 Postfach 8501 Frauenfeld (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 4 443 503 US-A- 5 761 943 US-A- 5 865 051**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0174, Nr. 79 (M-1471), 31. August 1993 (1993-08-31) & JP 5 115936 A (CHUO SPRING CO LTD), 14. Mai 1993 (1993-05-14)**

**EP 1 622 732 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Gegenstand der Erfindung ist eine Federwindemaschine und ein Verfahren zum Steuern einer Federwindemaschine gemäss dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 5. Eine solche Maschine und ein solches Verfahren sind aus der US 5 865 051 A bekannt. Bei Federwindemaschinen, wie sie zum Beispiel zur Herstellung von gewundenen Federn wie Matratzen- und Polsterfedern, technischen Zug- und Druckfedern sowie Schenkelfedern jeglicher Form, sofern sie wenigstens einen gewundenen Körper aufweisen, verwendet werden, wird in der Regel Federdraht mittels einer Fördervorrichtung von einer Haspel abgezogen und einer Umformvorrichtung zugeführt. Die Umformvorrichtung kann ein oder mehrere Wickelwerkzeuge umfassen, welche den Federdraht beim Verschieben ablenken und dadurch zu einer Feder umformen. Die Wickelwerkzeuge können je nach Wirkungsweise der Federwindemaschine während des Feder-Herstellprozesses fest und unbeweglich mit der Maschine verbunden oder beweglich an der Maschine gehalten sein. In letzterem Fall kann die Bewegung der Werkzeuge beispielsweise durch eine drehbare Kurvenscheibe oder durch einen Servomotor und/oder einem Piezotranslator erfolgen.

**[0002]** Aufgrund von Inhomogenitäten bzw. nicht konstanten chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften des Drahtes können die Eigenschaften der hergestellten Federn mehr oder weniger stark von den erwünschten Solleigenschaften abweichen. So können sich beispielsweise Werkstoffeigenschaften wie Drahtdurchmesser, Verwerfungen oder Verdrehungen, Zusammensetzung des Mischgefüges, innere Spannungen oder Mikrorissfelder auf die Zugfestigkeit, den Elastizitätsmodul oder auf andere die Verformbarkeit des Drahtes beeinflussende Eigenschaften auswirken. Aufgrund von Inhomogenitäten des Drahtes können auch dessen elektrische Eigenschaften wie z.B. die Leitfähigkeit bzw. die Impedanz oder die Permeabilität innerhalb des Drahtes an unterschiedlichen Positionen unterschiedlich sein. Die Werkstoff-Inhomogenitäten können dazu führen, dass die Eigenschaften der hergestellten Federn nicht konstant sind. Insbesondere können Formparameter wie z.B. Windungsdurchmesser, Steigung usw. und/oder mechanische Eigenschaften wie z.B. die Federkonstanten beachtliche Bandbreiten aufweisen. Die Fertigung von geometrisch genauen Federn mit Eigenschaften innerhalb enger Toleranzgrenzen gestaltet sich oft schwierig.

**[0003]** Aus der DE-A1-19534189 ist eine adaptive Federwickelvorrichtung bekannt, bei der Mittel zum Verbessern der Konstanz der Federeigenschaften vorgesehen sind. Stromabwärts sind dort nach dem Umformwerkzeug eine Einrichtung zum Überwachen des Drahtes und zum Erzeugen von Ausgabesignalen vorgesehen, welche kennzeichnend für die physikalische Charakteristik des umgebogenen Drahtes sind. Die Ausgabesignale werden der Steuerung zugeführt und von dieser zur Fein-

positionierung des Umformwerkzeugs bzw. von dessen Position genutzt, und zwar in der Weise, dass der Aussendurchmesser bzw. der Innendurchmesser der Federn beibehalten wird.

5 Ein Nachteil dieser Federwickelvorrichtung besteht darin, dass der Einfluss unterschiedlicher Drahteigenschaften auf physikalischen Eigenschaften der herzustellenden Feder erst beim bzw. nach dem Umformprozess erfasst werden. Erst nach der Messung von Innendurchmessern bzw. Aussendurchmessern, die von den Sollwerten abweichen, kann die Steuerung zu einer Positionskorrektur der Wickelwerkzeuge veranlasst werden. Es muss damit gerechnet werden, dass immer wieder Federn hergestellt werden, deren Federeigenschaften von den gewünschten Federeigenschaften abweichen. Falls enge Toleranzvorgaben eingehalten werden sollen, müssen solche Federn aussortiert werden.

**[0004]** Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine Federwindemaschine und ein Verfahren zum Herstellen von Federn, zu schaffen, bei denen erwünschte messbare Grössen möglichst wenig von vorgebbaren Sollgrössen abweichen. Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Federwindemaschine mit einer Messvorrichtung und durch ein Verfahren zur Herstellung von Federn gemäss den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 5.

**[0005]** Die erfindungsgemässe Federwindemaschine umfasst eine Messvorrichtung mit mindestens einem in Förderrichtung des Drahtes vor dem Umformer angeordneten Messsensor. Der oder die Messsensoren erfassen Messgrössen des umzuformenden Drahtes, die durch dessen physikalische und/oder chemische Eigenschaften gegeben oder mitbestimmt sind. Erfindungsgemäss steuert die Maschinensteuerung die Umformvorrichtung nicht nur in Abhängigkeit vorgegebener Anweisungen oder Vorschriften, sondern auch in Abhängigkeit von Messgrössen, die von den Sensoren erfasst werden, welche der Drahtumformanlage vorgelagert sind. Die Verarbeitungsvorschriften, wie die Messgrössen zu Steuergrössen für die Umformvorrichtung zu verarbeiten sind, können der Steuerung fest vorgegeben oder vorgebar sein, sie können aber auch von der Steuerung selbst ermittelt werden. In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann die Steuerung weitere Eingabe- oder Messgrössen erfassen, die im Zusammenhang mit den Eigenschaften von hergestellten Federn stehen. Die Steuerung kann insbesondere manuelle Eingaben an einer Benutzerschnittstelle erfassen, also beispielsweise Korrekturangaben für die Positions- oder Lagesteuerung eines Umformers, welche dazu führen, dass die Federn die erwünschten Solleigenschaften aufweisen. Dies entspricht einem offenen Regelkreis, bei dem ein Modell mit Verarbeitungsvorschriften gebildet oder angepasst wird. Alternativ oder zusätzlich kann die Steuerung auch Messgrössen von Prüfsensoren erfassen, welche Eigenschaften der hergestellten Federn oder Abweichungen dieser Eigenschaften von erwünschten, in einem Speichermedium der Steuerung speicherbaren Solleigenschaften repräsentieren.

Die Steuerung ist erfindungsgemäss so ausgebildet, dass sie Messgrössen der vorgelagerten Messsensoren und Eingabe- oder Messgrössen, die im Zusammenhang mit den Eigenschaften von hergestellten Federn stehen, zueinander in Beziehung setzen und Korrelationen zwischen den Messgrössen und/oder aus den Messgrössen hergeleiteten Funktionen herstellen kann. Die Steuerung kann auf diese Weise Gesetzmässigkeiten zwischen den Messgrössen der vorgelagerten Messsensoren und den Eigenschaften der hergestellten Federn ermitteln. Insbesondere kann die Steuerung unter Berücksichtigung der Messgrössen der Messsensoren die Umformvorrichtung in der Weise ansteuern bzw. beeinflussen, dass die hergestellten Federn die gewünschten bzw. vorgegebenen Solleigenschaften aufweisen und somit Schwankungen der Drahteigenschaften ausgleichen. Anhand einiger Figuren wird eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemässen Federwindmaschine und des erfindungsgemässen Verfahrens zur Herstellung von Federn genauer beschrieben. Dabei zeigen

- Figur 1 eine schematische Prinzipskizze von Teilen einer Federwindmaschine,  
 Figur 2 eine Darstellung von Messwerten eines Wirbelstrommessgeräts,  
 Figur 3 eine Ansteuerfunktion für einen Umformer

**[0006]** Figur 1 zeigt schematisch eine Prinzipskizze mit Teilen einer Federwindmaschine 1, die für die Erfindung von Bedeutung sind. Die Federwindmaschine 1 umfasst eine elektronische Maschinensteuerung, kurz Steuerung 3 genannt, eine Drahtfördereinrichtung 5 mit zwei Drahteinzugrollen 5a, 5b, eine Drahtumformanlage 7 mit einem zwei Stützrollen 9a, 9b oder einen (nicht dargestellten) Zufuhrstock umfassenden Zufuhrteil 9 sowie mindestens einen Umformer 11. Die Steuerung 3 kann eine oder mehrere Komponenten umfassen. Insbesondere kann die Steuerung 3 eine herkömmliche Maschinensteuerung und einen mit dieser verbundenen PC oder Industrie-Rechner umfassen. In der in Figur 1 gezeigten Ausgestaltung der Erfindung sind als Umformer 11 ein Bieger 11a zum Ablenken eines Federdrahtes, kurz Draht 13 genannt, in radialer Richtung bzw. zum Formen der Windungen einer Schrauben- oder

**[0007]** Matratzenfeder und ein Abweiser 11b zum Ablenken des Drahtes 13 in axialer Richtung bzw. zum Formen der Steigung der Feder 15 vorgesehen. Die Förderrichtung des Drahtes 13 ist durch einen Pfeil P angegeben. Die Position und/oder Lage des Biegers 11a und des Abweisers 11b sind über Aktoren, beispielsweise über Stell-, Schritt- oder Servomotoren mit oder ohne Getriebe oder über Linearmotoren, die z.B. piezoelektrische Translatoren oder elektromotorisch oder pneumatisch antreibbare Spindeln umfassen können, einstell- und steuerbar. Die Mittel 11, 11a, 11b zum Verformen des Drahtes 13 zu einer Feder 15 sind je nach Ausgestaltung der Federwindmaschine 1 vor und/oder nach und/oder während der Herstellung einer Feder 15 durch

die Steuerung 3 verstellbar, steuerbar oder regelbar. Vorzugsweise sind der Verarbeitungszyklus bzw. die Ansteuerintervalle für die Aktualisierung der Position oder Lage der Umformer 11 kurz und liegen beispielsweise im Bereich von wenigen Millisekunden bis etwa 100ms. Die Steuerung 3 umfasst Mittel zum Erfassen von Eingabe- oder Messgrössen, also beispielsweise eine Benutzerschnittstelle 17 mit einer Bildschirm-Anzeige 19 und einer Tastatur 21 und/oder eine Geräteschnittstelle 23 zum Anschliessen von Messvorrichtungen 25 und/oder Programmier- oder Datenlesevorrichtungen, wie sie beispielsweise zum Eingeben von Sollwerten oder Vorgabefunktionen für die Ansteuerung des Umformers 11 benötigt werden. Eine erste, mit der Steuerung 3 verbundene Messvorrichtung 25a zum Erfassen von Drahteigenschaften umfasst einen Messsensor 27 der stromaufwärts vor der Drahtumformanlage 7 so angeordnet ist, dass er Drahteigenschaften vor der Umformung des Drahtes 13 zu einer Feder 15 erfassen kann. Grundsätzlich kann der Messsensor 27 zur Erfassung unterschiedlichster Werkstoffparameter bzw. Eigenschaften des Drahtes 13 mit beliebigen Messverfahren ausgebildet sein. Es können auch mehrere Messsensoren 27 zur Erfassung solcher Messgrössen eingesetzt sein. So kann beispielsweise ein optischer CCD-Sensor Abmessungen und/oder Oberflächenstruktur des Drahtes 13 und ein Temperatursensor dessen Temperatur und eine Spule Wirbelströme oder Impedanzen erfassen. Vorzugsweise umfasst die erste Messvorrichtung 25a ein Wirbelstrom-Messgerät, wie es beispielsweise von der Firma IBG Prüfcomputer GmbH in Deutschland unter der Markenbezeichnung eddyliner® und der Typenbezeichnung P bzw. Px angeboten wird. Geräte dieses Typs werden in der Regel im Bereich Materialprüfung und Qualitätssicherung eingesetzt. In der erfindungsgemässen Anwendung umfasst das Gerät eine Auswerteeinheit 29 und als Messsensor 27 eine daran angeschlossene Spule. Zusätzlich kann bei bestimmten Arten von Wirbelstrom-Messgeräten als Referenzsensor 31 eine weitere Spule mit einem Stück Referenzdraht 13a an die Auswerteeinheit 29 angeschlossen sein. Mit dieser Anordnung kann ein allfälliger Offset der Messvorrichtung 25a verringert oder vermieden werden, wodurch der Messbereich und die Auflösung für den auszumessenden Draht 13 optimiert werden. Die Auswerteeinheit 29 steuert den Messsensor 27 nacheinander mit einer Sequenz von mehreren unterschiedlichen Frequenzen im Bereich von etwa 5Hz bis zu etwa 300kHz an. Vorzugsweise erfolgt die Ansteuerung mit einem sinusförmigen Signal. Alternativ kann das Ansteuersignal auch eine Überlagerung verschiedener sinusförmiger Signale sein. Die Ansteuerung kann kontinuierlich oder in Form von Pulspaketen erfolgen. Die Auswerteeinheit 29 ermittelt z.B. aus dem Dämpfungsverhalten der Signale und/oder aus anderen Messgrössen, die durch diese Signale beeinflussbar sind bei mehreren oder allen Messfrequenzen  $f_i$  den Realteil  $R_i$  und den Imaginärteil  $I_i$  der Impedanz  $Z$  wobei der Index  $i$  ganzzahlige Werte zwischen eins und beispielsweise

acht annehmen kann. Anstelle oder zusätzlich zur Impedanz  $Z$  könnten auch andere Messgrößen erfasst werden, die durch das Dämpfungsverhalten der Anregungssignale oder durch Induktions- bzw. Wirbelströme, welche durch die Anregungssignale generiert werden, beeinflussbar sind.

**[0008]** Diese Messwerte werden an die Steuerung 3 übermittelt oder können von der Steuerung 3 abgefragt werden.

**[0009]** Figur 2 zeigt beispielhaft für 4 verschiedene Drähte 13, die mit WA, WB, WC und WD bezeichnet sind, die von der Messvorrichtung 25a erfasst bzw. ermittelten Messwerte bei den Messfrequenzen  $f_1=25\text{Hz}$ ,  $f_2=80\text{Hz}$ ,  $f_3=250\text{Hz}$ ,  $f_4=630\text{Hz}$ ,  $f_5=1.6\text{kHz}$ ,  $f_6=4\text{kHz}$ ,  $f_7=10\text{kHz}$ ,  $f_8=25\text{kHz}$ , wobei jeweils für jede der Frequenzen  $f_i$  zuerst die Realteile  $R_i$  und anschliessend die Imaginärteile  $I_i$  in gleich bleibender Reihenfolge angegeben sind. Die Skala auf der Ordinate gibt normierte Werte bezüglich eines Referenzwertes der Impedanz an.

**[0010]** Deutlich ist zu erkennen, dass die Real- und Imaginäranteile der ermittelten Impedanzwerte für gewisse Messfrequenzen  $f_i$  und für die mit WA, WB, WC und WD bezeichneten Drähte 13 charakteristische Werte annehmen. Diese Werte entsprechen einem Fingerabdruck des jeweiligen Drahtes 13, der durch unterschiedliche Eigenschaften wie z.B. chemische Zusammensetzung, Struktur des Gefüges, innere mechanische Spannungen, Oberflächenbehandlung, elektrische Leitfähigkeit, Permeabilität, Temperatur, Aussendurchmesser, Form der Querschnittsfläche etc. bestimmt sein kann.

**[0011]** Bei der Umformung des Drahtes 13 zu einer Feder 15 können solche Drahteigenschaften bei unveränderter Einstellung der Umformer 11 dazu führen, dass die tatsächlichen Eigenschaften von den erwünschten Solleigenschaften der Feder 15 abweichen. So können beispielsweise der Innen- oder Aussendurchmesser einer Schraubenfeder zu klein oder zu gross sein und/oder die Steigung der Feder 15 kann von der erwünschten Federsteigung abweichen. Ebenso ist es möglich, dass die Feder 15 zwar in Form und Gestalt den Vorgabewerten entspricht, aber eine vom Sollwert abweichende Federkonstante aufweist.

**[0012]** Solche Abweichungen können manuell durch eine Person, beispielsweise durch visuelle Kontrolle und/oder durch Ausmessen ermittelt werden. Eine Person kann die Steuerung 3 anschliessend über die Benutzerschnittstelle 17 anweisen, die Ansteuerung der Umformer 11 in der Weise anzupassen, dass die nachfolgend hergestellten Federn 15 wieder die erwünschten Eigenschaften aufweisen. Die Einstellung oder Korrektur kann auf empirisch ermittelten Daten beruhen.

**[0013]** Figur 3 zeigt eine mögliche Ansteuerfunktion für den Bieger 11a bei der Herstellung einer Matratzenfeder. Die horizontale Richtung X entspricht der Vorschublänge des Drahtes 13 während der Federherstellung. In vertikaler Richtung Y ist die Auslenkung bzw. Position bzw. Lage des Biegers 11a angegeben. Die Skalierung der beiden Koordinatenrichtungen ist jeweils normiert in Be-

zug auf die maximal möglichen Koordinatenwerte angegeben, sodass sich der mögliche Wertebereich jeder Koordinate von Null bis Eins erstreckt. Die mit  $K_1$  markierte Steuerkurve entspricht der idealen Ansteuerfunktion für den Bieger 11a für einen realen Referenzdraht. Für jeden herzustellenden Federtyp kann die Steuerung 3 in einem (nicht dargestellten) Speicher eine solche Steuerkurve hinterlegt haben. Die Steuerkurve kann beispielsweise durch Parameter einer Polynomfunktion oder durch Fourierkoeffizienten oder alternativ als Look-up-Tabelle gespeichert sein, wobei für z.B. hundert gleichmässig über die gesamte Drahtlänge verteilte Stützstellen die entsprechenden Auslenkwerte gespeichert sind.

**[0014]** Wenn die Eigenschaften der mit der Ansteuerfunktion  $K_1$  hergestellten Federn 15 von den gewünschten Eigenschaften abweichen, also beispielsweise der Aussendurchmesser der Federn 15 aufgrund veränderter Drahteigenschaften zu gross oder zu klein ist, oder die Federsteigung ausserhalb eines Toleranzbereichs von beispielsweise 2% oder 5% eines vorgegebenen Sollwertes liegt, kann die Steuerung 3 durch eine angepasste Ansteuerfunktion  $K_2$  (in Figur 3 durch eine unterbrochene Linie dargestellt) wieder Federn 15 mit den gewünschten Eigenschaften herstellen. Eine solche Anpassung der Steuerfunktion kann beispielsweise durch Multiplikation der in der Tabelle gespeicherten Ansteuerwerte mit einem Korrekturfaktor und/oder durch Addition oder Subtraktion eines Korrekturwertes erfolgen. Anstelle solcher für die Gesamtheit aller Stützstellen geltenden Korrekturen können auch unterschiedliche Korrekturen für die Werte an einzelnen Stützstellen oder für Gruppen von Stützstellen erfolgen. Selbstverständlich können die Ansteuerwerte auch in der Weise angepasst werden, dass nicht-geometrische Federeigenschaften wie beispielsweise die Federkonstante oder bei progressiven Federn eine entsprechende Funktion bei unterschiedlichen Drahteigenschaften erhalten bleiben, wobei dann die Gestalt der Federn 15, z.B. deren Federsteigung variieren kann.

**[0015]** Alternativ oder zusätzlich kann die Erfassung von Abweichungen von Federeigenschaften auch automatisch mit einer zweiten Messvorrichtung 25b mit geeigneten Prüfsensoren 33 erfolgen. So können beispielsweise der Aussendurchmesser eines Endrings und/oder der Innendurchmesser der engsten Windung und/oder die Federsteigung mit einem kamerabasierten Bildverarbeitungssystem (keine Darstellung) erfasst werden. In Analogie zur manuellen Anpassung der Ansteuerfunktion  $K_1$  kann die Steuerung 3 die Ansteuerfunktion  $K_1$  bzw. die Ansteuerwerte an den einzelnen Stützstellen automatisch anhand der Messgrößen der zweiten Messvorrichtung 25b anpassen bzw. korrigieren, sobald diese Messgrößen ausserhalb eines der Steuerung 3 vorgegebenen Toleranzbereichs liegen. Die Anpassung der Ansteuerfunktion  $K_1$  kann mittels Verarbeitungsvorschriften erfolgen, die in der Steuerung 3 vorgegeben sind.

**[0016]** Die Steuerung 3 umfasst im weiteren eine Über-

wachungseinrichtung (nicht dargestellt) bzw. einen Algorithmus zum Feststellen von Korrelationen zwischen a) den Ansteuerfunktionen und/oder Korrekturen dieser Ansteuerfunktionen und/oder von den Prüfsensoren 33 erfassten Federeigenschaften und/oder von Abweichungen dieser Federeigenschaften von den Solleigenschaften und b) den von den Messsensoren 27 erfassten Drahteigenschaften.

**[0017]** Der Algorithmus kann die Verzögerung zwischen der Erfassung der Drahteigenschaften durch die dem Umformer 11 räumlich vorgelagerten Messsensoren 27 und der Auswirkung auf die anschliessend hergestellten Federn 15 berücksichtigen.

**[0018]** Eine Möglichkeit für die Ermittlung solcher Korrelationen wird nachfolgend beispielhaft erläutert:

Nach der erstmaligen Inbetriebnahme der Federwindemaschine 1 startet die Steuerung 3 automatisch oder alternativ auf entsprechende Anweisung einer Bedienperson einen Trainingsmodus. Für jede herzustellende Feder 15 speichert die Steuerung 3 die von der ersten Messvorrichtung 25a ermittelten Werte als Datensätze, vorausgesetzt, dass die Eigenschaften der hergestellten Federn 15 innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegen.

**[0019]** Jeder dieser beispielsweise zweihundert Datensätze ist mit einem Verweis versehen, der eine eindeutige Zuordnung zur Ansteuerfunktion  $K_1$  für den entsprechenden Federtyp zulässt. Diese Ansteuerfunktion  $K_1$  ist als Lookup-Tabelle mit z.B. hundert gleichmässig über die zur Herstellung der Feder 15 erforderliche Drahtlänge verteilten Stützstellen ebenfalls im Speicher der Steuerung 3 hinterlegt. Die an den Stützstellen gespeicherten Werte entsprechen den Ansteuerwerten für den Bieger 11a am Ort dieser Stützstellen.

**[0020]** Die Steuerung 3 kann einen ersten Referenzdatensatz mit den Mittelwerten oder dem Median aus den zuvor gespeicherten Messwert-Datensätzen berechnen und speichern. Alternativ kann die Steuerung 3 auch direkt die Messwerte, welche vorzugsweise gefiltert und von stochastischen Störungen befreit sind, speichern. Der erste Referenzdatensatz widerspiegelt demnach eine Konstellation von Werten der ersten Messvorrichtung 25a, bei der keine Korrektur der Ansteuerfunktion  $K_1$  erforderlich ist.

**[0021]** In analoger Weise kann die Steuerung 3 automatisch oder auf manuelle Anforderung weitere Referenzdatensätze bilden, z.B. wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- Die ursprüngliche Ansteuerfunktion  $K_1$  wurde zu einer neuen bzw. korrigierten Ansteuerfunktion  $K_2$  abgeändert, damit die herzustellenden Federn 15 die erwünschten Solleigenschaften haben
- Eine oder mehrere Messgrössen der ersten Messvorrichtung 25a weichen signifikant von den in den vorgängig gespeicherten Referenzdatensätzen

enthaltenen Werten ab

- Die Steuerung 3 stellt aufgrund von Änderungen der Messgrössen der zweiten Messvorrichtung 25b fest, dass die Federeigenschaften signifikant von den Sollwerten abweichen, welche ebenfalls in einem Speichermedium der Steuerung 3 hinterlegt sind

**[0022]** Der zweite und jeder weitere Referenzdatensatz widerspiegelt eine Konstellation von Werten der ersten Messvorrichtung 25a, bei der eine Korrektur der Ansteuerfunktion  $K_1$  bzw. eine andere Ansteuerfunktion  $K_2$ ,  $K_3$  usw. erforderlich ist, um Federn 15 mit den gewünschten Eigenschaften produzieren zu können.

**[0023]** Nach der Bildung eines ersten oder weiteren Referenzdatensatzes, der z.B. die Real- und Imaginärteile der Impedanz des Drahtes 13 bei einer oder mehreren Frequenzen umfassen kann, wechselt die Steuerung 3 vom Trainingsmodus in einen Betriebsmodus, in dem keine weitere Ermittlung von Referenzdatensätzen erfolgt. Die Steuerung 3 startet nun einen Vergleichsalgorithmus, der die von den Messsensoren 27 erfassten und als Referenzdatensätze gespeicherten Drahteigenschaften und die an der ursprünglichen Ansteuerfunktion  $K_1$  vorgenommenen Korrekturen z.B. mittels multipler Regression oder neuronaler Netze zueinander in Beziehung setzt und Korrelationen zwischen diesen Grössen sucht. Dabei werden zusätzlich zu den Messgrössen der Messsensoren 27 bzw. zu den Daten der Referenzdatensätze auch lineare und nichtlineare Funktionen der Messgrössen bzw. der in den Referenzdatensätzen gespeicherten Daten berücksichtigt. Korrelationen liegen dann vor, wenn sich die zur Herstellung der Federn 15 erforderliche Ansteuerfunktion oder deren Differenz zur ursprünglichen Ansteuerfunktion  $K_1$  aus der ursprünglichen Ansteuerfunktion  $K_1$  und den Messgrössen der Messsensoren 27 bzw. der Daten der Referenzdatensätze herleiten lässt. Bei der Ermittlung von Korrelationsfunktionen kann die Steuerung 3 die Anzahl berücksichtigter Messgrössen bzw. der entsprechenden Daten in den gespeicherten Datensätzen derart beschränken, dass nur jene Parameter berücksichtigt werden, die einen signifikanten Beitrag an der Korrelationsfunktion haben.

**[0024]** Wenn solche Korrelationen vorliegen, ändert die Steuerung 3 die Ansteuerung der Umformer 11 in der Weise, dass zusätzlich zur gespeicherten ursprünglichen Ansteuerfunktion  $K_1$  auch die Messwerte der Messsensoren 27 und die zugeordneten Korrekturwerte bzw. die Korrelationsfunktion zur Ansteuerung des Umformers 11 berücksichtigt werden.

## Patentansprüche

1. Federwindemaschine (1) zur Herstellung von Federn (15), umfassend eine Drahtfördervorrichtung (5) und eine von einer Maschinensteuerung (3) kontrollierbare Drahtumformanlage (7) mit mindestens

- einem elektronisch steuerbaren Umformer (11), wobei mindestens ein Messsensor (27) einer Messvorrichtung (25a) in Bezug auf die Förderrichtung des umzuformenden Drahtes (13) vor dem Umformer (11) angeordnet ist, und wobei die Drahtumformanlage (7) durch eine vom Messsensor (27) erfasste Messgrösse beeinflussbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messsensor (27) eine Messspule zur berührungslosen Messung der Messgrösse umfasst.
2. Federwindemaschine (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messvorrichtung (25a) einen Referenzsensor (31) umfasst.
  3. Federwindemaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2. **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messvorrichtung (25a) Mittel zum Erfassen von Impedanzen und/oder von Messgrössen, die durch Induktions- oder Wirbelströme beeinflussbar sind, umfasst.
  4. Federwindemaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maschinensteuerung (3) Eingabemittel (21) und/oder Erfassungsmittel (33) zum Eingeben und/oder Erfassen von Federeigenschaften oder von Abweichungen der Federeigenschaften von vorgegebenen oder vorgebbaren Sollgrössen und/oder zum Eingeben von Sollgrössen umfasst.
  5. Mit einer Federwindemaschine (1) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4 durchführbares Verfahren, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung eines oder mehrerer Umformer (11, 11a, 11b) in Abhängigkeit einer oder mehrerer vorgegebener oder vorgegebener Ansteuerfunktionen ( $K_1$ ) und in Abhängigkeit der mindestens einen, von der Messspule erfassten Messgrösse der Messvorrichtung (25a) erfolgt.
  6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung (3) von der Messvorrichtung (25a) ermittelte Werte speichert und weiterverarbeitet.
  7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung (3) automatisch oder auf manuelle Anforderung Messgrössen von der Messvorrichtung (25a) ermittelte Werte zu Referenzdatensätzen verarbeitet, welche die Steuerung der Umformer (11, 11a, 11b) bei der Herstellung von Federn (15) mit beeinflussen.
  8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung (3) Korrelationen zwischen den Referenzdatensätzen und der Ansteuerfunktion der Umformer (11, 11a, 11b) ermittelt.

## Claims

1. Spring winding machine (1) for the production of springs (15), comprising a wire transport device (5) and a wire transformation system (7) that can be controlled by a machine control (3) with at least one electronically controllable transformer (11), wherein at least one measuring sensor (27) of a measuring device (25a) is arranged in front of the transformer (11) in relation to the direction of transport of the wire (13) which is to be transformed, and wherein the wire transformation system (7) can be influenced by a measuring variable registered by the measuring sensor (27), **characterised in that** the measuring sensor (27) comprises a measuring coil for non-contact measurement of the measuring variables.
2. Spring winding machine (1) according to claim 4, **characterised in that** the measuring device (25a) comprises a reference sensor (31).
3. Spring winding machine (1) according to any one of the claims 1 or 2, **characterised in that** the measuring device (25a) comprises means for registering impedances and/or measuring variables which can be influenced by induction currents or eddy currents.
4. Spring winding machine (1) according to any one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the machine control (3) comprises input devices (21) and/or registration devices (33) for inputting and/or registering spring properties or deviations of the spring properties from predetermined or predeterminable target variables and/or for inputting target variables.
5. A method that can be performed with a spring winding machine (1) according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** one transformer or a number of transformers (11, 11 a, 11b) is or are controlled depending on one or a number of predetermined or predeterminable control function(s) ( $K_1$ ) and depending on the at least one measuring variable, registered by the measuring coil, of the measuring device (25a).
6. Method according to claim 5, **characterised in that** the control (3) saves and further processes values determined by the measuring device (25a).
7. Method according to claim 6, **characterised in that** the control (3) processes, automatically or on manual request, measuring variables of values determined by the measuring device (25a), to obtain reference data sets which also influence the control of the transformers (11, 11a, 11b) during the production of springs (15).
8. Method according to claim 7, **characterised in that**

the control (3) determines correlations between the reference data sets and the control function of the transformers (11, 11a, 11b).

### Revendications

1. Enrouleuse (1) de ressorts destinée à fabriquer des ressorts (15), comprenant un dispositif (5) de transport de fil et une installation (7) de mise en forme de fil pouvant être contrôlée par une commande de machine (3) et dotée d'au moins un dispositif (11) de mise en forme à commande électronique, sachant qu'au moins un capteur de mesure (27) d'un dispositif de mesure (25a) est disposé avant le dispositif (11) de mise en forme relativement au sens de transport du fil (13) à mettre en forme, et sachant que l'installation (7) de mise en forme de fil peut être influencée par une grandeur de mesure détectée par le capteur de mesure (27), **caractérisée en ce que** le capteur de mesure (27) comprend une bobine de mesure pour la mesure sans contact de la grandeur de mesure. 5
2. Enrouleuse (1) de ressorts selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le dispositif de mesure (25a) comprend un capteur de référence (31), 10
3. Enrouleuse (1) de ressorts selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le dispositif de mesure (25a) comprend des moyens pour détecter des impédances et/ou des grandeurs de mesure qui peuvent être influencées par des courants d'induction ou de Foucault. 15
4. Enrouleuse (1) de ressorts selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la commande de machine (3) comprend des moyens de saisie (21) et/ou des moyens de détection (33) pour saisir et/ou détecter des propriétés de ressort ou des écarts des propriétés de ressort par rapport à des grandeurs de consigne prédéfinies ou prédéfinissables, et/ou pour saisir des grandeurs de consigne. 20
5. Procédé pouvant être mis en oeuvre avec une enrouleuse (1) de ressorts selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la commande d'un ou plusieurs dispositifs (11, 11a, 11b) de mise en forme s'effectue en fonction d'une ou plusieurs fonctions de commande ( $K_1$ ) prédéfinies ou prédéfinissables et en fonction de la grandeur de mesure au moins unique, détectée par la bobine de mesure, du dispositif de mesure (25a). 25
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la commande (3) mémorise et transforme les valeurs déterminées par le dispositif de mesure (25a). 30
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la commande (3), automatiquement ou sur requête manuelle, transforme les valeurs déterminées par le dispositif de mesure (25a) en jeux de données de référence qui influencent conjointement la commande des dispositifs (11, 11a, 11b) de mise en forme lors de la fabrication des ressorts (15). 35
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la commande (3) détermine des corrélations entre les jeux de données de référence et la fonction de commande des dispositifs (11, 11a, 11b) de mise en forme. 40

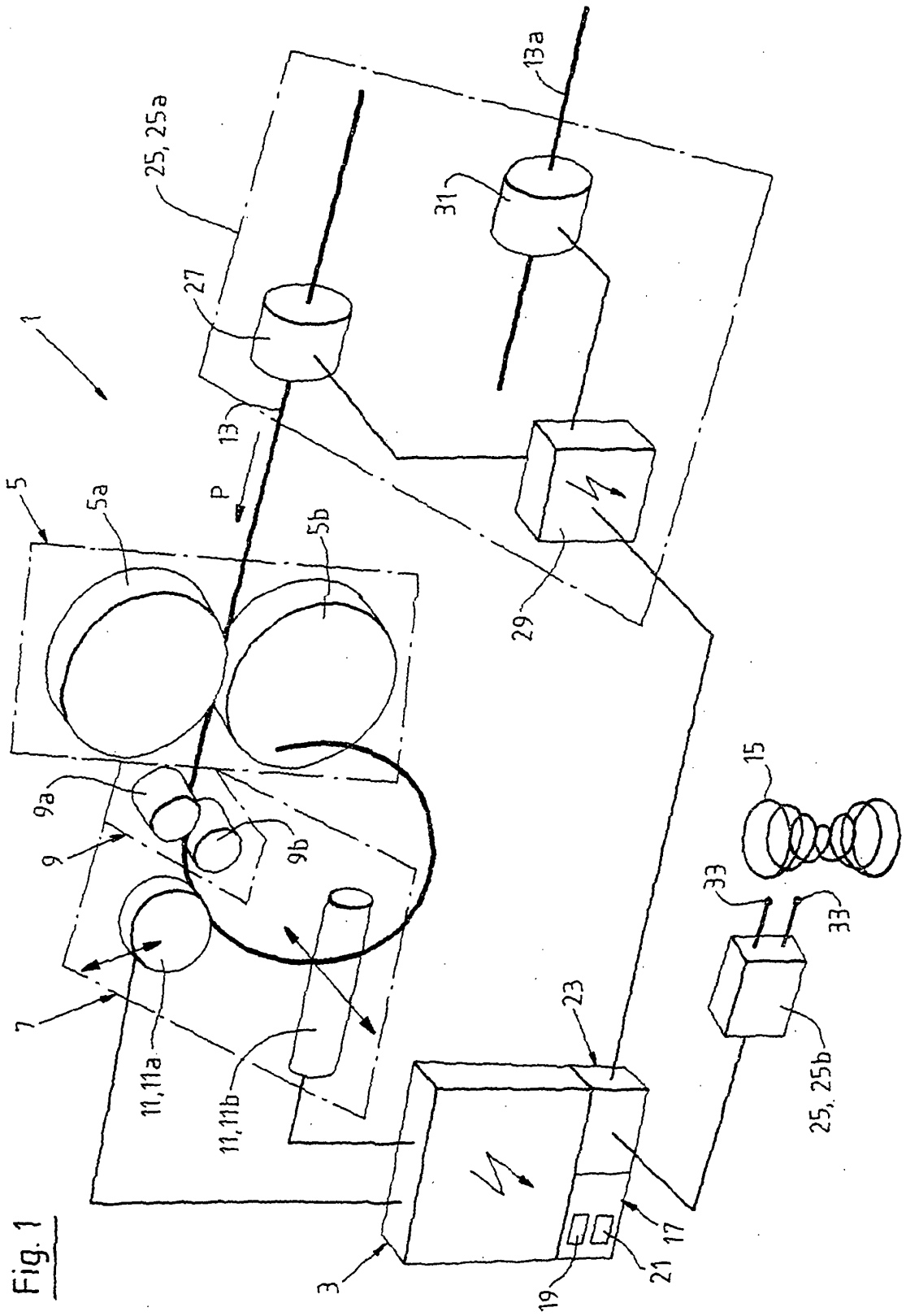
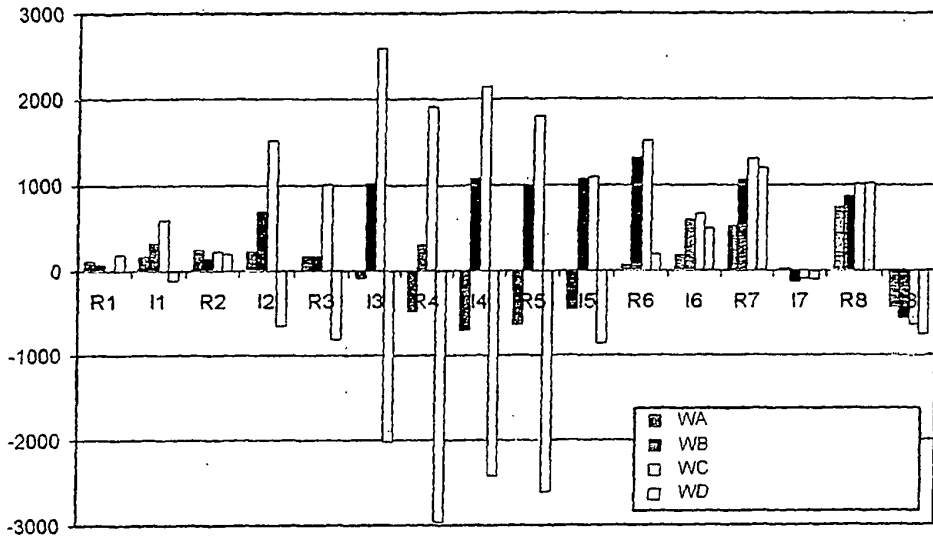
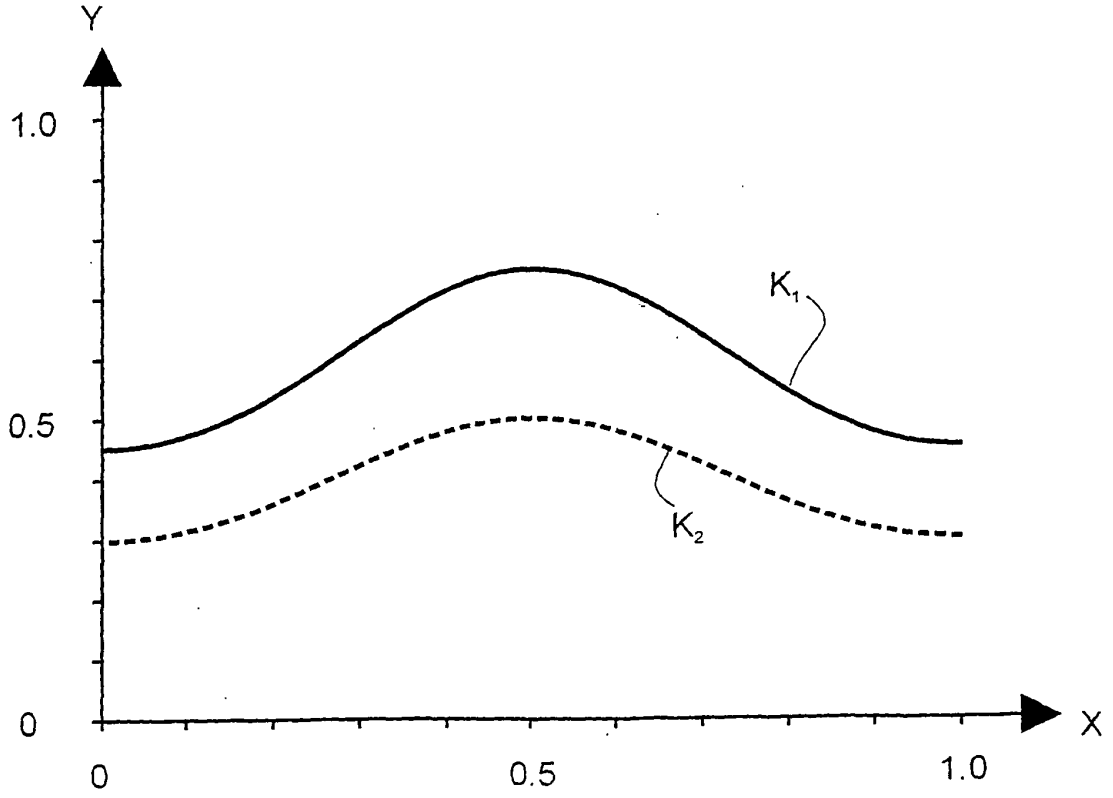


Fig. 1

**Fig. 2**



**Fig. 3**



**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**

- US 5865051 A [0001]
- DE 19534189 A1 [0003]