

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. November 2004 (25.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/101193 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B21F 3/02**

[SK/CH]; Schönbühlstrasse 17b, CH-5442 Fislisbach (CH). **REISSNER, Josef** [AT/CH]; Rebmoosweg 69, CH-5200 Brugg (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2004/000284

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Mai 2004 (10.05.2004)

(74) **Anwalt: GACHNANG, Hans-Rudolf**; Badstrasse 5, Postfach 323, CH-8501 Frauenfeld (CH).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
827/03 13. Mai 2003 (13.05.2003) CH

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SPÜHL AG ST. GALLEN** [CH/CH]; Grüentalstrasse 23, CH-9303 Wittenbach (CH).

(72) **Erfinder; und**

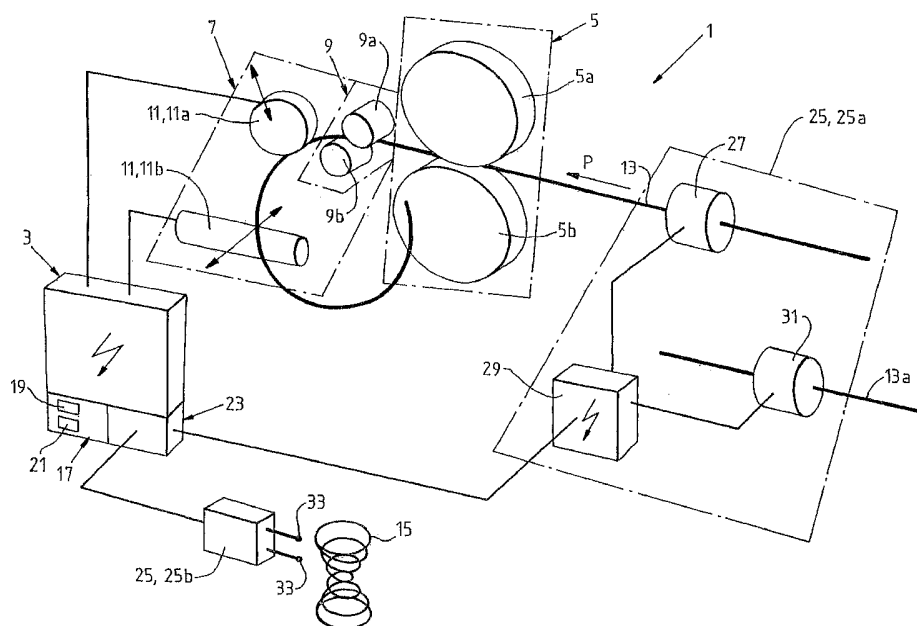
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **RUZOVIC, Martin**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** SPRING WINDING MACHINE AND METHOD FOR CONTROLLING A SPRING WINDING MACHINE

(54) **Bezeichnung:** FEDERWINDEMASCHINE UND VERFAHREN ZUM STEUERN EINER FEDERWINDEMASCHINE



(57) **Abstract:** The spring winding machine (1) comprises a measuring device (25a) provided with a measuring sensor (27) which is arranged in front of the transformer (11) in relation to the direction of transport of the wire which is to be transformed (13). Control of the transformer (11) is modified by means of measuring variables of the measuring sensor (27) in relation to a predetermined control function (K_1) such that the transformed wire has the desired spring properties.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/101193 A1



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Federwindemaschine (1) umfasst eine Messvorrichtung (25a) mit einem Messsensor (27), der in Bezug auf die Förderrichtung des umzuformenden Drahtes (13) vor dem Umformer (11) angeordnet ist. Die Ansteuerung für den Umformer (11) wird durch die Messgrößen des Messensors (27) in der Weise gegenüber einer vorgegebenen Ansteuerfunktion (K_1) verändert, dass der umgeformte Draht die gewünschten Federeigenschaften aufweist.

**Federwindemaschine und Verfahren zum Steuern einer
Federwindemaschine**

Gegenstand der Erfindung ist eine Federwindemaschine und ein Verfahren zum Steuern einer Federwindemaschine gemäss dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 7.

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 Vorschieben 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.

- 2 -

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.

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

- 3 -

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

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.

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.

- 4 -

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 7.

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

- 5 -

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

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

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.

Diese Messwerte werden an die Steuerung 3 übermittelt oder können von der Steuerung 3 abgefragt werden.

Figur 2 zeigt beispielhaft für 4 verschiedene Drähte 13, die mit WA, WB, WC und WD bezeichnet sind, die von der Messvorrichtung 25a erfassten bzw. ermittelten Messwerte bei den Messfrequenzen $f_1=25\text{Hz}$, $f_2=80\text{Hz}$, $f_3=250\text{Hz}$,

- 10 -

$f_4=630\text{Hz}$, $f_5=1.6\text{kHz}$, $f_6=4\text{kHz}$, $f_7=10\text{kHz}$, $f_8=25\text{kHz}$, 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.

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 Querschnittfläche etc. bestimmt sein kann.

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.

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.

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 Bezug 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.

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.

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.

Die Steuerung 3 umfasst im weiteren eine Überwachungseinrichtung (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.

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.

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.

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.

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.

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

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.

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

- 17 -

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.

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. Federwindmaschine (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), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Messsensor (27) einer Messvorrichtung (25a) in Bezug auf die Förderrichtung des umzuformenden Drahtes (13) vor dem Umformer (11) angeordnet ist, und dass die Drahtumformanlage (7) durch eine vom Messsensor (27) erfasste Messgrösse beeinflussbar ist.
2. Federwindmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Messsensor (27) zur berührungslosen Messung einer oder mehrerer Messgrössen ausgebildet ist.
3. Federwindmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Messsensor (27) eine Messspule umfasst.
4. Federwindmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Messvorrichtung (25a) einen Referenzsensor (31) umfasst.

- 19 -

5. Federwindmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Messvorrichtung (25a) Mittel zum Erfassen von Impedanzen und/oder von Messgrössen, die durch Induktions- oder Wirbelströme beeinflussbar sind, umfasst.
6. Federwindmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 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.
7. Mit einer Federwindmaschine (1) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6 durchführbares Verfahren, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung eines oder mehrerer Umformer (11, 11a, 11b) in Abhängigkeit einer oder mehrerer vorgegebener oder vorgebbarer Ansteuerfunktionen (K_1) und in Abhängigkeit von Messgrössen der Messvorrichtung (25a) erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung (3) Messgrössen der Messvorrichtung (25a) speichert und weiterverarbeitet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung (3) automatisch oder auf manuelle Anforderung Messgrößen der Messvorrichtung (25a) zu Referenzdatensätzen verarbeitet, welche die Steuerung der Umformer (11, 11a, 11b) bei der Herstellung von Federn (15) mit beeinflussen.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung (3) Korrelationen zwischen den Referenzdatensätzen und der Ansteuerfunktion der Umformer (11, 11a, 11b) ermittelt.

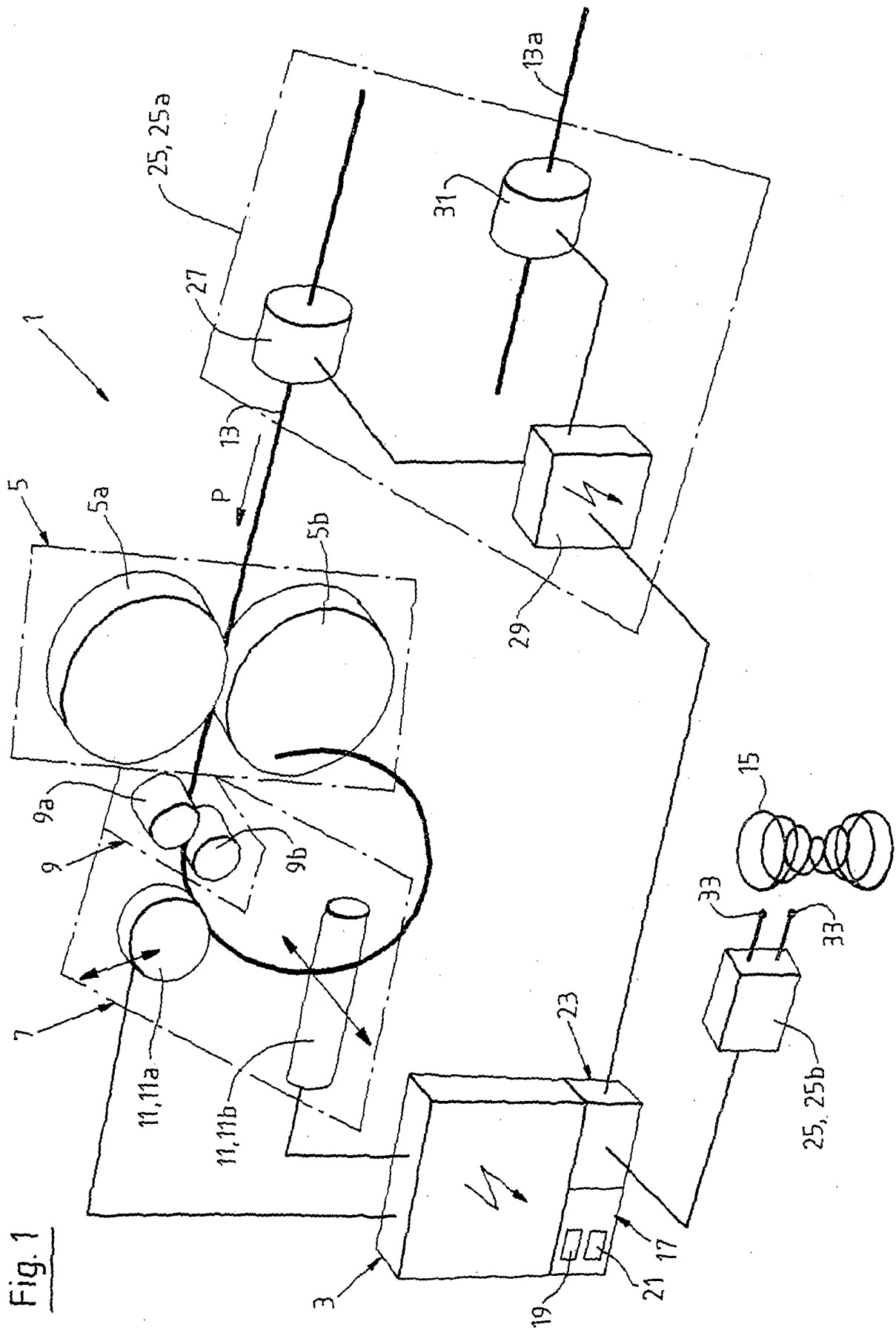


Fig. 1

Fig. 2

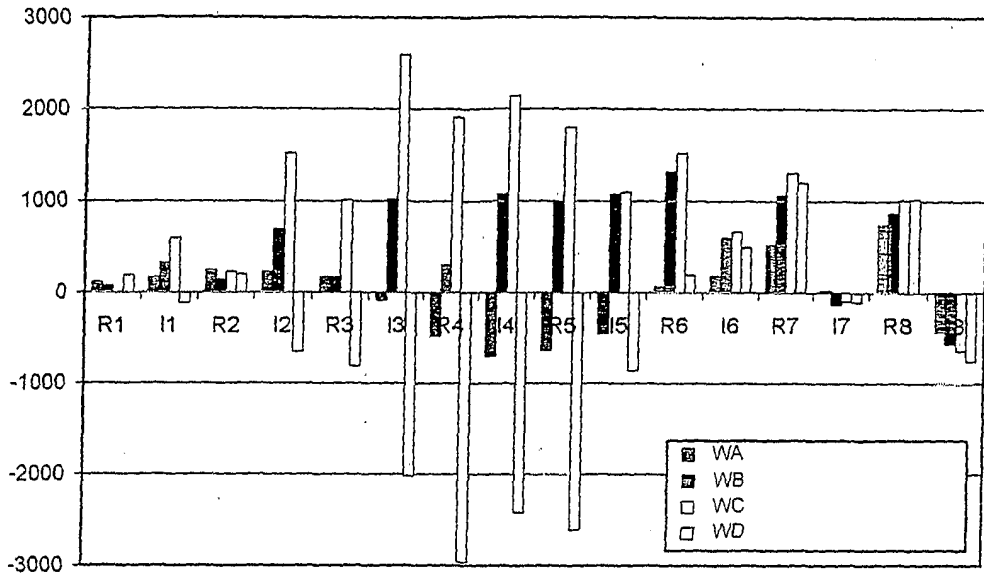
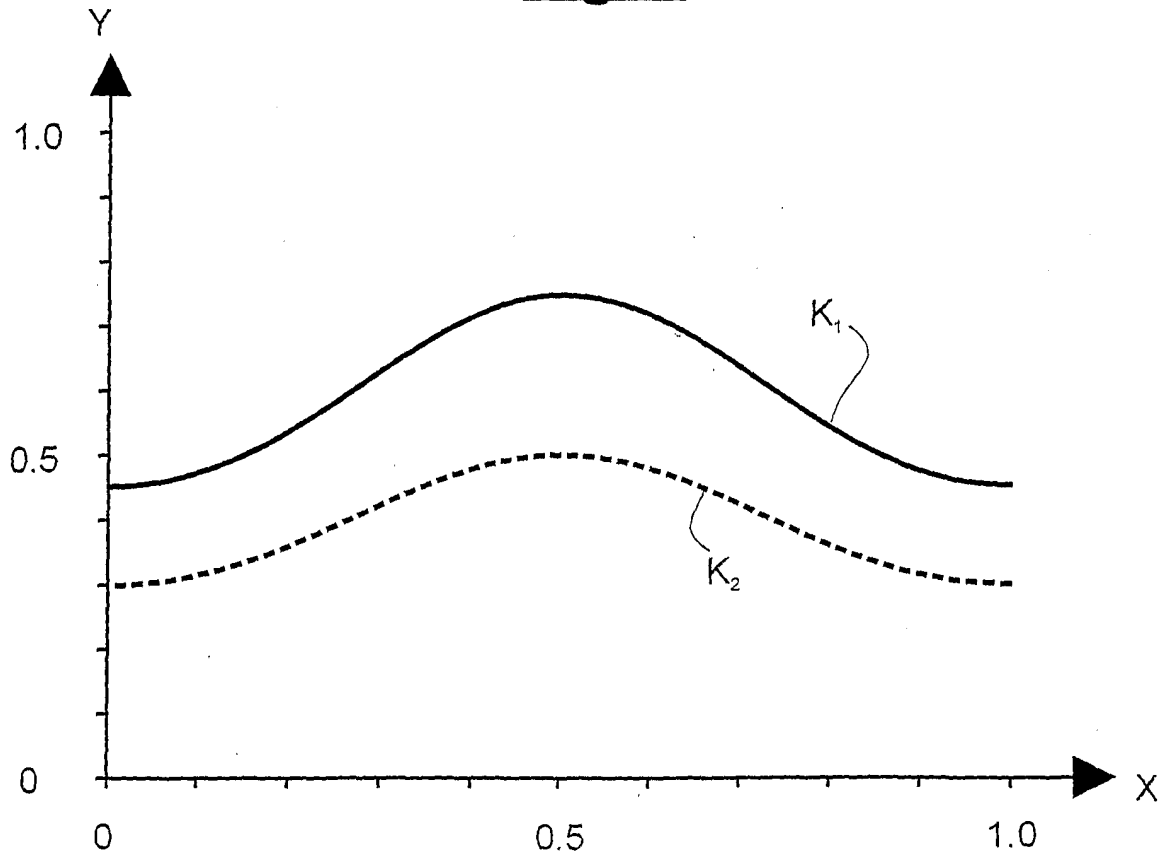


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH2004/000284

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B21F3/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B21F B21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 865 051 A (SCHORCHT HANS-JUERGEN ET AL) 2 February 1999 (1999-02-02) column 3, line 7 - line 37 column 5, line 20 - column 6, line 6; claims 1,3,8,9	1,2,6-10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0174, no. 79 (M-1471), 31 August 1993 (1993-08-31) & JP 5 115936 A (CHUO SPRING CO LTD), 14 May 1993 (1993-05-14) abstract	1-3,6,7
X	DE 44 43 503 A (SCHORCHT HANS JUERGEN PROF DR ; OTZEN UWE DR ING (DE); WEIS MATHIAS PR) 13 June 1996 (1996-06-13) column 3, line 19 - line 43	1,7
	----- -/-- -----	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 July 2004

Date of mailing of the international search report

29/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Barrow, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/CH2004/000284

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 761 943 A (BLAESIUS ALFRED) 9 June 1998 (1998-06-09) column 3, line 5 - line 59 -----	3,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH2004/000284

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5865051	A	02-02-1999	DE 4443503 A1	13-06-1996
			DE 19514486 A1	24-10-1996
			WO 9617701 A1	13-06-1996
			DE 59502367 D1	02-07-1998
			EP 0796158 A1	24-09-1997
			ES 2119507 T3	01-10-1998
			JP 10511311 T	04-11-1998
JP 5115936	A	14-05-1993	NONE	
DE 4443503	A	13-06-1996	DE 4443503 A1	13-06-1996
			WO 9617701 A1	13-06-1996
			DE 59502367 D1	02-07-1998
			EP 0796158 A1	24-09-1997
			ES 2119507 T3	01-10-1998
			JP 10511311 T	04-11-1998
			US 5865051 A	02-02-1999
US 5761943	A	09-06-1998	DE 19604408 C1	28-05-1997
			ES 2149061 A1	16-10-2000
			FR 2744382 A1	08-08-1997

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B21F3/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B21F B21C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 865 051 A (SCHORCHT HANS-JUERGEN ET AL) 2. Februar 1999 (1999-02-02) Spalte 3, Zeile 7 - Zeile 37 Spalte 5, Zeile 20 - Spalte 6, Zeile 6; Ansprüche 1,3,8,9	1,2,6-10
X	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) Zusammenfassung	1-3,6,7
X	DE 44 43 503 A (SCHORCHT HANS JUERGEN PROF DR ; OTZEN UWE DR ING (DE); WEIS MATHIAS PR) 13. Juni 1996 (1996-06-13) Spalte 3, Zeile 19 - Zeile 43	1,7



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. Juli 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

29/07/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Barrow, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH2004/000284

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 761 943 A (BLAESIUS ALFRED) 9. Juni 1998 (1998-06-09) Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 59 -----	3,5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2004/000284

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5865051	A	02-02-1999	DE 4443503 A1	13-06-1996
			DE 19514486 A1	24-10-1996
			WO 9617701 A1	13-06-1996
			DE 59502367 D1	02-07-1998
			EP 0796158 A1	24-09-1997
			ES 2119507 T3	01-10-1998
			JP 10511311 T	04-11-1998

JP 5115936	A	14-05-1993	KEINE	
DE 4443503	A	13-06-1996	DE 4443503 A1	13-06-1996
			WO 9617701 A1	13-06-1996
			DE 59502367 D1	02-07-1998
			EP 0796158 A1	24-09-1997
			ES 2119507 T3	01-10-1998
			JP 10511311 T	04-11-1998
			US 5865051 A	02-02-1999

US 5761943	A	09-06-1998	DE 19604408 C1	28-05-1997
			ES 2149061 A1	16-10-2000
			FR 2744382 A1	08-08-1997
