

(19)



(11)

EP 2 826 572 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.01.2015 Patentblatt 2015/04

(51) Int Cl.:
B21F 11/00 (2006.01) **B21F 3/02** (2006.01)
B21F 35/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14164046.6**

(22) Anmeldetag: **09.04.2014**

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

(71) Anmelder: **WAFIOS AG**
72764 Reutlingen (DE)

(72) Erfinder: **Sigg, Andreas**
72829 Engstingen (DE)

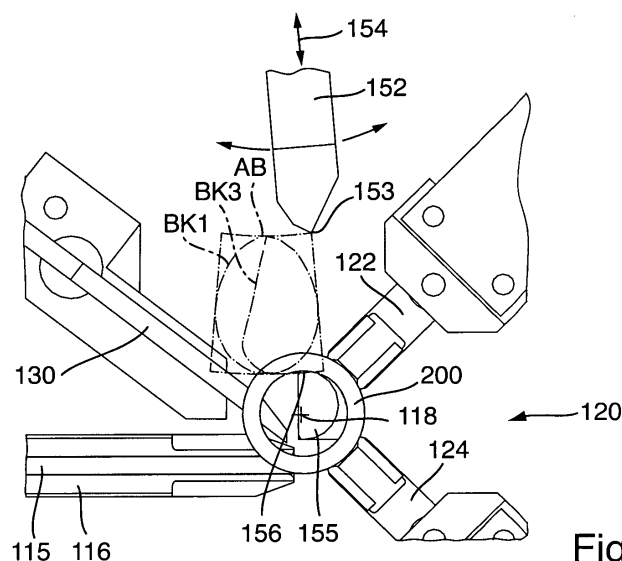
(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **18.04.2013 DE 102013207028**

(54) Federwindmaschine mit einstellbarer Schnitteinrichtung

(57) Eine Federwindmaschine zur Herstellung von Schraubenfedern (200) durch Federwinden hat eine Zuführeinrichtung zum Zuführen von Draht (115) zu einer Umformeinrichtung (120), wobei die Umformeinrichtung mindestens ein Windewerkzeug (122, 124) sowie mindestens ein Steigungswerkzeug (130) aufweist, sowie eine Schnitteinrichtung zum Abtrennen einer fertig gestellten Schraubenfeder von dem zugeführten Draht nach Abschluss einer Umformoperation. Die Schnitteinrichtung weist ein Schnittwerkzeug (152) auf, welches mittels eines Schnittwerkzeug-Antriebssystems entlang einer vorgebbaren geschlossenen Bahnkurve bewegbar ist. Eine Steuereinrichtung dient zur Steuerung der Zu-

führeinrichtung, der Umformeinrichtung und der Schnitteinrichtung auf Basis eines NC-Steuerprogramms. Die Federwindmaschine hat ein programmierbares Bahnkurven-Einstellsystem zur Einstellung der Form und/oder Lage der von dem Schnittwerkzeug zu durchlaufenden Bahnkurve. Mit Hilfe dieses Bahnkurven-Einstellsystems kann wahlweise eine geradlinige Bahnkurve, eine zu einer Symmetrieebene spiegelsymmetrische elliptische oder eiförmige Bahnkurve (BK1) mit einem vorgebbaren Verhältnis von Höhe zu Breite oder eine unsymmetrische Bahnkurve (BK3) mit einem von einer Ellipsenform oder Eiform abweichenden nicht-spiegelsymmetrischen Verlauf eingestellt werden.

**Fig. 2****EP 2 826 572 A1**

Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Die Erfindung betrifft eine Federwindemaschine zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Schraubenfedern sind Maschinenelemente, die in zahlreichen Anwendungsbereichen in großen Stückzahlen und unterschiedlichen Ausgestaltungen benötigt werden. Schraubenfedern, die auch als gewundene Torsionsfedern bezeichnet werden, werden üblicherweise aus Federdraht herstellt und je nach der bei der Nutzung vorliegenden Belastung als Zugfedern oder Druckfedern ausgelegt. Druckfedern, insbesondere Tragfedern, werden beispielsweise in großen Mengen im Automobilbau benötigt.

[0003] Schraubenfedern werden heutzutage üblicherweise durch Federwinden mit Hilfe numerisch gesteuerter Federwindmaschinen hergestellt. Dabei wird ein Draht (Federdraht) unter der Steuerung durch ein NC-Steuerprogramm mittels einer Zuführeinrichtung einer Umformeinrichtung der Federwindemaschine zugeführt und mit Hilfe von Werkzeugen der Umformeinrichtung zu einer Schraubenfeder umgeformt. Zu den Werkzeugen gehören in der Regel ein oder mehrere bezüglich ihrer Stellung einstellbare Windestifte zur Festlegung und ggf. zur Veränderung des Durchmessers von Federwindungen und ein oder mehrere Steigungswerkzeuge, durch die die lokale Steigung der Federwindungen in jeder Phase des Fertigungsprozesses bestimmt wird. Nach Abschluss einer Umformoperation wird eine fertiggestellte Schraubenfeder unter der Steuerung durch das NC-Steuerprogramm mittels einer Schnitteinrichtung von dem zugeführten Draht abgetrennt.

[0004] Bei der Federherstellung ist häufig die Art des Schnitts von großer Bedeutung, da sie bestimmte Eigenschaften der fertigen Schraubenfeder mitbestimmt. Im Allgemeinen unterscheidet man drei Arten von Schnittverfahren, nämlich den sogenannten "Geradschnitt", den "Rotationsschnitt" und den "Torsionsschnitt". Beim Geradschnitt führt ein Schnittwerkzeug beim Trennen des Drahtes eine geradlinig lineare Schnittbewegung aus. Beim Rotationsschnitt wird die Schnittkante des Schnittwerkzeugs zum Trennen des Drahts entlang einer im Wesentlichen elliptischen Bahnkurve geführt. Beim Torsionsschnitt wird der Draht mechanisch so belastet, dass er durch eine Torsionsbeanspruchung abgetrennt werden kann. Durch Torsionsschnitt kann man einen gratfreien Schnitt erhalten. Bei den anderen beiden Schnittarten werden in der Regel an der Schnittfläche Schnittgrate erzeugt, die in manchen Fällen vor der weiteren Verwendung der Schraubenfedern durch Bürsten, Strahlen oder Schleifen beseitigt werden müssen.

[0005] Die europäische Patentanmeldung EP 0 804 979 A1 beschreibt Komponenten einer Schnitteinrichtung für eine Federwindemaschine, die es erlauben, die Schnitteinrichtung umzustellen, um wahlweise einen Ge-

radschnitt oder einen Rotationsschnitt durchzuführen, bei dem das Schnittwerkzeug entlang einer tropfenförmigen Bahnkurve geführt wird. Das Schnittwerkzeug wird in einem Schlitten gehalten, der in einer Linearführung linear beweglich geführt ist. Die Linearführung ist schwenkbar gelagert. Ein Antriebsmotor ist über eine Antriebswelle, einen Exzenter und ein Pleuel mit dem Schlitten gekoppelt und kann dadurch die lineare Hin- und Herbewegung des Schnittwerkzeugs bewirken. Die Schwenkbewegung der Linearführung kann über eine zweite Antriebswelle bewirkt werden, die über einen Exzenter an der Linearführung angreift. Der Antriebsmotor kann wahlweise außer Eingriff mit der zweiten Antriebswelle oder in Eingriff mit der zweiten Antriebswelle stehen. Ist keine Antriebsverbindung eingestellt, so führt die Schnitteinrichtung einen Geradschnitt aus. Bei Ankopplung der zweiten Antriebswelle an den Antriebsmotor führt die Linearführung eine pendelnde Schwenkbewegung aus, so dass sich aus der Überlagerung der geradlinigen Linearbewegung und der Schwenkbewegung eine tropfenförmige Bahnkurve des Schnittwerkzeugs ergibt.

[0006] Das Patent US 7,055,356 B2 beschreibt Komponenten einer Schnitteinrichtung für eine Federherstellungsmaschine, die so konstruiert sind, dass das Schnittwerkzeug entlang einer im Wesentlichen elliptischen Bahnkurve bewegt werden kann. Die Form der Bahnkurve kann durch manuelle Verschiebung der Position eines Gleitelements entlang einer Linearführung geändert werden.

[0007] Die japanische Patentanmeldung mit Veröffentlichungsnummer JP 2001-293533 A zeigt Komponenten einer Schnitteinrichtung einer Federherstellungsmaschine. An der Vorderwand der Maschine ist ein in vertikaler Richtung linear beweglicher Schlitten angebracht, der mithilfe eines Antriebsmotors über eine Antriebswelle, einen Exzenter und ein Pleuel auf und ab bewegt werden kann. Der Schlitten trägt an seiner Vorderseite ein verschwenkbares Element, welches das Schnittwerkzeug trägt. Ein weiterer Antriebsmotor erzeugt über eine Antriebswelle und ein Kardangelen mit axialem Längenausgleich eine Schwenkbewegung dieses Schwenkelements um eine Schwenkachse, die in dem Gleitelement im Schlitten gelagert ist. Über eine weitere Welle mit einem Kardangelen kann die Position des Schwenkelements auf dem Schlitten verändert werden, um die Position des Schnittwerkzeugs in Federachsrichtung zu verändern.

AUFGABE UND LÖSUNG

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine flexibel einsetzbare, bedienerfreundliche Federwindemaschine bereitzustellen, die mit hoher Produktivität Schraubenfedern herstellen kann, welche hinsichtlich Schnittbild, Lage des Schnittgrats und anderer Federparameter entsprechend ihrer Spezifikation optimiert sind.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung

eine Federwindemaschine mit den Merkmalen von Anspruch 1 bereit. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0010] Die Federwindemaschine gemäß der beanspruchten Erfindung hat ein programmierbares Bahnkurven-Einstellsystem zur Einstellung der Form und/oder Lage der von dem Schnittwerkzeug zu durchlaufenden Bahnkurve. Das Bahnkurven-Einstellsystem erlaubt es, flexibel und einfach unterschiedliche Schnittarten einzustellen. Dabei kann wahlweise eine geradlinige Bahnkurve (für einen Geradschnitt), eine zu einer Symmetrieebene spiegelsymmetrische elliptische oder eiförmige Bahnkurve mit einem vorgebbaren Verhältnis von Höhe zu Breite oder eine unsymmetrische, d.h. nicht-spiegelsymmetrische Bahnkurve mit einem von einer Ellipsenform oder Eiform abweichenden Verlauf eingestellt werden. Durch diese Einstellmöglichkeiten sind je nach Anwendungsfall unter anderem eine Erweiterung des Einsatzspektrums des Geradschnitts oder eines Rotationschnitts, eine Optimierung der Stückleistung (Maschinenausbringung), eine Optimierung des Schnittbilds an der fertigen Schraubenfeder, eine Optimierung der Lage des Schnittgrats an der fertigen Schraubenfeder und/oder eine Erhöhung der Standzeit der Schnittwerkzeuge, insbesondere beim Geradschnitt, erzielbar.

[0011] Die beanspruchte Erfindung nutzt ein programmierbares BahnkurvenEinstellsystem, wodurch es einem Bediener möglich ist, ohne manuelle Eingriffe an den mechanischen Komponenten der Schnitteinrichtung ein großes Spektrum unterschiedlicher Bahnkurven für das Schnittwerkzeug vorzugeben und diese allein durch Steuerungseingriffe zu programmieren.

[0012] Bei bevorzugten Ausführungsformen werden die Einstellmöglichkeiten dadurch ermöglicht, dass das Schnittwerkzeug-Antriebssystem einen durch die Steuereinrichtung ansteuerbaren ersten Antrieb zur Erzeugung einer ersten Bewegung des Schnittwerkzeugs und einen unabhängig von dem ersten Antrieb durch die Steuereinrichtung ansteuerbaren zweiten Antrieb zur Erzeugung einer der ersten Bewegung überlagerten zweiten Bewegung des Schnittwerkzeugs aufweist. Unterschiedliche Komponenten der Schnittbewegung können dadurch in fast beliebigen Verhältnissen zueinander eingestellt werden.

[0013] Vorzugsweise ist die erste Bewegung eine geradlinige Linearbewegung entlang einer ersten Richtung und die zweite Bewegung ist eine der Linearbewegung überlagerte Schwenkbewegung quer zur ersten Richtung. Es wäre auch möglich, zwei geradlinige Linearbewegungen in zueinander senkrechten Richtungen zu überlagern.

[0014] Bei einer Variante ist das Schnittwerkzeug an einem Schlitten befestigt, der entlang einer Linearführung in einer ersten Richtung geradlinig hin und her verfahrbar ist, und die Linearführung ist an einem Schwenkelement befestigt, das um eine senkrecht zur ersten

Richtung verlaufende Schwenkachse schwenkbar ist, wobei der erste Antrieb mit dem Schlitten und der zweite Antrieb mit dem Schwenkelement gekoppelt ist. Hierdurch ist eine besonders steife Anordnung gegeben, die auch bei starken Schnittkräften nur relativ geringe Kippmomente erzeugt. Es wäre auch möglich, ein Schwenkelement auf einem linear verfahrbaren Schlitten zu befestigen.

[0015] Die Möglichkeit, die Form und/oder Lage der Schnittbahn (Bahnkurve des Schnittwerkzeugs) ausschließlich über Einstellungen für die elektrischen Antriebe vorzunehmen, wird bei einer Variante der Federwindemaschine dazu genutzt, beim Programmieren der Bahnkurve in einem Teach-Prozess manuell einen, zwei, drei oder mehr Randpunkte bzw. Störkonturen anzufahren und dadurch die Bahnkurve so zu legen, dass die Bahnkurve im späteren Betrieb immer innerhalb dieser Störkonturen bleibt und keine Kollisionen beispielsweise mit Windwerkzeug oder Steigungswerkzeug vorkommen können. Dazu ist die Steuereinrichtung für eine Teach-in Programmierung konfiguriert. Die Konfiguration ist vorzugsweise derart, dass in einer Programmierungskonfiguration das Schnittwerkzeug manuell an eine oder mehrere Positionen im Bereich einer gewünschten Bahnkurve positionierbar ist, die Koordinaten der Positionen in einem Speicher der Steuereinrichtung speicherbar sind, unter Verwendung der Koordinaten eine Bahnkurve berechenbar ist und das Schnittwerkzeug in einer Betriebskonfiguration unter der Steuerung durch die Steuereinrichtung entlang der Bahnkurve bewegbar ist. Üblicherweise handelt es sich bei den angefahrenen Positionen um Störpunkte, die als Punkte definiert werden, welche die Bahnkurve nicht überschreiten darf.

[0016] In einer Variante ist die Federwindemaschine mit einem Kamerasystem ausgestattet, das mit seinem Bildfeld den Bereich der Umformwerkzeuge im Wesentlichen von vorne, d.h. parallel zur Richtung der gewünschten Federachse erfasst. Aus den damit erfassten Bildern kann mit Mitteln der Bildverarbeitung die Position der Störkonturen bestimmt werden. Diese Festlegung kann manuell, halbautomatisch oder vollautomatisch erfolgen. Dadurch ist ein "virtueller Teach-Prozess" möglich, bei dem die Maschinenachsen bzw. die Werkzeuge, insbesondere das Schnittwerkzeug, nicht bewegt werden müssen. Auch in diesem Fall ist die Steuereinrichtung für eine Teach-in Programmierung konfiguriert.

[0017] Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018]

Fig. 1 zeigt eine schematische Übersichtsdarstellung einer Ausführungsform einer Federwindemaschine;

Fig. 2 und 3 zeigen vergrößerte Ansichten von Komponenten der Umformeinrichtung und verschiedene einstellbare Bahnkurven für das Schnittwerkzeug;

Fig. 4 bis 6 zeigen schematisch verschiedene Ansichten von Komponenten der Schnitteinrichtung aus Fig. 1;

Fig. 7 zeigt eine Ansicht einer grafischen Benutzeroberfläche, die den Benutzer bei der Einstellung der Bahnkurve unterstützt;

Fig. 8 zeigt in 8A bis 8E schematisch verschiedene Schnittarten; und

Fig. 9 zeigt eine Draufsicht auf Komponenten einer anderen Ausführungsform einer Schnitteinrichtung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0019] Die schematische Übersichtsdarstellung in Fig. 1 zeigt einige konstruktive Elemente einer CNC-Federwindemaschine 100 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die Fig. 2 bis 6 zeigen Details.

[0020] Die Federwindemaschine 100 hat eine mit Zuführrollen 112 ausgestattete Zuführeinrichtung 110, die aufeinanderfolgende Drahtabschnitte eines von einem Drahtvorrat kommenden und durch eine Richteinheit 114 geführten Drahtes 115 mit numerisch gesteuertem Vorschubgeschwindigkeitsprofil in horizontaler Richtung in den Bereich einer Umformeinrichtung 120 zuführen kann. Komponenten der Umformeinrichtungen sind in den Fig. 2 und 3 gut zu erkennen. Der Draht wird austrittsseitig durch eine Drahtführung 116 geführt. Die Zuführeinrichtung kann auch als Einzugseinrichtung bezeichnet werden, entsprechend kann der Drahtvorschub auch als Drahteinzug und die Vorschubgeschwindigkeit als Einzugsgeschwindigkeit bezeichnet werden.

[0021] Der Draht wird mit Hilfe von numerisch gesteuerten Werkzeugen der Umformeinrichtung 120 zu einer Schraubenfeder umgeformt. Zu den Werkzeugen gehören zwei um 90° winkelfersetzt angeordnete Windestifte 122, 124, die in Radialrichtung zur Mittelachse 118 bzw. zur Lage der gewünschten Federachse ausgerichtet sind und dafür vorgesehen sind, den Durchmesser der Schraubenfeder zu bestimmen. Die Position der Windestifte kann zur Grundeinstellung für den Federdurchmesser beim Einrichten entlang schräg verlaufender Richtungen sowie in horizontaler Richtung verändert werden, um die Maschine für unterschiedliche Federdurchmesser einzurichten. Diese Bewegungen können mit Hilfe geeigneter elektrischer Antriebe unter Kontrolle der numerischen Steuerung vorgenommen werden.

[0022] Ein Steigungswerkzeug 130 hat eine im Wesentlichen senkrecht zur Federachse ausgerichtete Spitze, die neben den Windungen der sich entwickelnden Feder eingreift. Das Steigungswerkzeug ist mit Hilfe eines numerisch gesteuerten Verstellantriebs der entsprechenden Maschinenachse parallel zur Achse 118 der sich entwickelnden Feder (d.h. senkrecht zur Zeichnungsebene) verfahrbar. Dies wird in dieser Anmeldung daher auch als "Steigung parallel" bezeichnet. Der bei der Federherstellung vorgeschobene Draht wird vom Steigungswerkzeug entsprechend der Position des Steigungswerkzeugs in Richtung parallel zur Federachse abgedrängt, wobei durch die Position des Steigungswerkzeugs die lokale Steigung der Feder im entsprechenden Abschnitt bestimmt wird. Steigungsänderungen werden durch achsparalleles Verfahren des Steigungswerkzeugs während der Federherstellung bewirkt.

[0023] Die Umformeinrichtung kann ein weiteres, von unten vertikal zustellbares Steigungswerkzeug mit einer keilförmigen Werkzeugspitze haben, die bei Einsatz dieses Steigungswerkzeugs zwischen benachbarte Windungen eingeführt wird. Die Verstellbewegungen dieses Steigungswerkzeugs verlaufen senkrecht zur Achse 118. Dies wird in dieser Anmeldung daher auch als "Steigung senkrecht" bezeichnet. Die Steigungswerkzeuge können je nach Bedarf zum Eingriff gebracht werden. Typischerweise ist bei einem bestimmten Federwindprozess nur eines der Steigungswerkzeuge im Eingriff.

[0024] Oberhalb der Federachse ist eine numerisch steuerbare Schnitteinrichtung 150 mit einem Schnittwerkzeug 152 angebracht, das nach Abschluss einer Umformoperation die hergestellte Schraubenfeder mit einer definierten Arbeitsbewegung vom zugeführten Drahtvorrat abtrennt. Das Schnittwerkzeug wird dazu so bewegt, dass sich das Schnittwerkzeug bzw. seine Schnittkante 153 in einer senkrecht zur Achse 118 liegenden Ebene entlang einer vordefinierten, geschlossenen Bahnkurve (Schnittbahn) bewegt. Die Fig. 2 und 3 zeigen beispielhaft mit strichpunktierten Linien einige mögliche Bahnkurven BK1, BK3, die später noch im Detail erläutert werden.

[0025] Als Gegenelement für das Schnittwerkzeug dient ein Dorn 155 (Abschneidedorn), der sich im Inneren der sich entwickelnden Feder befindet und eine schräge Schneidkante 156 aufweist, die beim Abtrennen mit dem Schneidwerkzeug 152 zusammenwirkt.

[0026] Das Schnittwerkzeug 152 wird im Folgenden auch als Schneidmesser oder Schnittmesser 152 bezeichnet. Die Bahnkurve des Schnittwerkzeugs, die auch als Schnittkurve bezeichnet wird, ist hier definiert als diejenige Bahnkurve, die von der Schnittkante 153 des Schnittwerkzeugs in der senkrecht zur Mittelachse 118 liegenden Arbeitsebene des Schnittwerkzeugs zurückgelegt wird.

[0027] Die Federwindemaschine bzw. die Schnitteinrichtung ist so ausgelegt, dass die Schnittbahn, das heißt die Bahnkurve des Schnittwerkzeugs bei der Schnittbewegung, innerhalb eines konstruktiv bedingten Arbeits-

bereichs AB auf fast beliebige Verläufe eingestellt und verändert werden kann. Diese Einstellung erfordert keinen Eingriff eines Bedieners in die mechanischen Komponenten. Vielmehr ist die Einstellung über die Bedieneinheit 104 der Federwindmaschine mithilfe der Steuereinheit 102 zu programmieren. Der Verlauf der Bahnkurve kann dadurch optimal an unterschiedliche Gegebenheiten bei der Federherstellung angepasst werden.

[0028] Mithilfe eines frei programmierbaren Bahnkurven-Einstellsystems ist es dabei möglich, die Form und/oder die Lage der von dem Schnittwerkzeug zu durchlaufenden Bahnkurve durch Programmierung der Steuereinheit 102 vorzugeben. Dabei ist es möglich, zusätzlich zu den auch bei herkömmlichen Federwindmaschinen gelegentlich einstellbaren Schnittverfahren des Geradschnitts (Schnittwerkzeug wird entlang einer geradlinigen Bahnkurve hin- und herbewegt) und dem sogenannten Rotationsschnitt, bei dem das Schnittwerkzeug zum Trennen des Drahtes eine zu einer Symmetrieebene spiegelsymmetrische elliptische oder eiförmige Bahnkurve durchläuft, auch unsymmetrische Verläufe der Bahnkurve einzustellen, die einen von einer Ellipsenform oder Eiform abweichenden, nicht-spiegelsymmetrischen Verlauf haben.

[0029] Bei der Ausführungsform ist hierzu ein Schnittwerkzeug-Antriebssystem vorgesehen, das zwei über die Steuereinheit 102 unabhängig voneinander steuerbare elektrische Antriebe 165, 175 umfasst (vgl. Fig. 6), die zur Übertragung von Werkzeugbewegungen mit dem Schnittwerkzeug 152 gekoppelt sind. Beide Antriebe sind elektrische Servoantriebe. Ein erster Antrieb dient zur Erzeugung einer linear hin- und hergehenden ersten Bewegung des Schnittwerkzeuges entlang einer ersten Richtung 154, die in Längsrichtung des Schnittwerkzeugs 152 verläuft. Der zweite Antrieb erzeugt eine dieser ersten Bewegung überlagerte zweite Bewegung des Schnittwerkzeugs und fungiert im Beispielsfall als Stellantrieb, der während der linearen Hin- und Herbewegung des Schnittwerkzeugs in der ersten Richtung zusätzlich eine Schwenkbewegung des hin- und herbewegten Schnittwerkzeugs um eine senkrecht zur Arbeitsebene verlaufende Achse erzeugt. Durch die Überlagerung der Schwenkbewegung mit der linear hin- und hergehenden, im Wesentlichen vertikal verlaufenden Bewegung können variable Bahnkurven für das Schnittwerkzeug realisiert werden.

[0030] Durch die Größe bzw. Amplitude der Schwenkbewegung kann beispielsweise die Breite einer elliptischen Bahnkurve (gemessen senkrecht zur ersten Richtung 154) eingestellt werden. Wird keine Schwenkbewegung ausgeführt, so dass alleine die Linearbewegung verbleibt, ist ein Geradschnitt durchführbar. Durch die Größe bzw. Amplitude der Linearbewegung kann bei einem Rotationsschnitt innerhalb der konstruktiv vorgegebenen Grenzen die Höhe der elliptischen Bahnkurve (gemessen parallel zur ersten Richtung) eingestellt werden, die beim Geradschnitt dem Hub in der ersten Richtung 154 entspricht. Durch Vorgabe entsprechender Start-

punkte der Antriebe kann zusätzlich die Lage der Bahnkurve, zum Beispiel die Lage einer elliptischen Bahnkurve, verändert werden, um diese optimal zum Abschneidedorn und zum Draht positionieren zu können.

[0031] Der erste Antrieb mit seinen zugehörigen Komponenten sollte eine gewisse Schwungmasse bereitstellen, damit genügend kinetische Energie für den Schnitt bereitsteht. Der zweite Antrieb sollte eine hohe Dynamik aufweisen, um bei Bedarf schnelle Bewegungsänderungen zu ermöglichen.

[0032] Zur weiteren Erläuterung ist in Fig. 2 die Ruheposition des Schnittwerkzeugs 152 dargestellt. Fig. 3 zeigt eine Situation, bei der sich die Schnittkante 153 des Schnittwerkzeugs bei der Bewegung in Richtung des Drahtes gerade am Auftreffpunkt 117 auf den Draht befindet. Die strichpunktierten Linien stellen einige mögliche Fahrwege der Schnittkante des Schnittwerkzeugs, also die Bahnkurven, dar. Die Schnittkante kann aufgrund der mechanischen Gegebenheiten des Ausführungsbeispiels theoretisch einen etwa trapezförmigen Arbeitsbereich AB abfahren, wenn der erste Antrieb und der zweite Antrieb jeweils ihre maximalen Hübe ausführen. Innerhalb dieses Arbeitsbereiches können fast beliebig geformte und platzierte Bahnkurven abgebildet werden, wobei natürlich die erforderliche Dynamik bei der Durchführung des Schnittbewegungen bestimmte Bahnkurvenverläufe, beispielsweise solche mit Ecken oder scharfen Kurven, meist nicht praktikabel macht. Innerhalb des Arbeitsbereiches können jedoch schmale oder breite Ellipsen, gerade Bahnen, schräge Bahnen, Formkurven, seitlich versetzte Ellipsen oder andere Bahnkurven erzeugt werden. Somit kann der Verlauf der Schnittbahn steuerungstechnisch optimal auf die Gegebenheiten angepasst werden.

[0033] Einige Beispiele für besonders vorteilhafte Bahnkurven unter unterschiedlichen Produktionsbedingungen werden unten näher erläutert, z.B. im Zusammenhang mit Fig. 8.

[0034] Die Fig. 4 bis 6 zeigen schematisch verschiedene Ansichten von Komponenten der Schnitteinrichtung 150 aus Fig. 1, welche die flexible Einstellung unterschiedlicher Bahnkurven ermöglichen. An der vertikalen Vorderwand 106 der Federwindmaschine 100 ist eine im Wesentlichen rechteckförmige Schwenkplatte 160 drehbar auf einer horizontalen Schwenkachse 161 gelagert. Die hin- und hergehende Schwenkbewegung wird über eine horizontal ausgerichtete Schwenkwelle 162 realisiert, die über einen zweiten Antrieb 165 angetrieben wird, welcher als Schwenkantrieb dient. Die Schwenkwelle 162 weist an ihrem vorderen Ende einen Exzenterbolzen 163 auf, der eine Kulisie 164 trägt, welche in einer Rechteck-Ausnehmung der Schwenkplatte 160 in Längsrichtung der Schwenkplatte beweglich geführt ist.

[0035] Auf der der Schwenkachse 161 abgewandten Vorderseite der Schwenkplatte 160 ist eine Linearführung 170 angebracht, die in Längsrichtung der Schwenkplatte ausgerichtet ist und einen Schlitten 171 trägt, an

dem ein Werkzeughalter 155 für das Schneidwerkzeug 152 befestigt ist. Das Schneidwerkzeug ragt am unteren Ende aus dem Werkzeughalter heraus. Am oberen Ende ist mittels eines Haltebolzens ein Pleuel 172 schwenkbar angebracht, das in seiner Länge stufenlos verstellbar ist und an seinem anderen Ende mit einem Exzenterbolzen 173 verbunden ist, der sich an der Stirnseite einer Schnittwelle 174 befindet. Diese wird über den ersten Antrieb 175 angetrieben.

[0036] Der erste und der zweite Antrieb, die jeweils durch elektrische Servoantriebe gebildet werden, werden über die Steuereinrichtung 102 prinzipiell unabhängig voneinander, aber in koordinierter Weise, angesteuert. Die "Kopplung" der Antriebe erfolgt dabei nicht mechanisch, sondern ausschließlich über Software, also über das Steuerungsprogramm. Dadurch ergibt sich eine hohe Flexibilität bei der Generierung von Arbeitsbewegungen des Schneidwerkzeugs.

[0037] Der erste Antrieb 175 treibt über die Schnittwelle 174 die im Wesentlichen vertikal verlaufende lineare Schnittbewegung des Schlittens 171 an, der das Schneidwerkzeug 152 trägt. Die über den zweiten Antrieb 165 angetriebene Schwenkwelle 162 fungiert dagegen lediglich als Stellantrieb und wird intermittierend betätigt, führt also in der Regel keine 360°-Drehung aus. Die Schnittwelle 174 wird dagegen durchgehend in gleicher Drehrichtung und variierender Drehgeschwindigkeit betrieben, um die notwendige Energie und die Geschwindigkeit für den Trennvorgang bereitzustellen. Es wäre jedoch auch möglich, auch den Schnittantrieb (erster Antrieb) intermittierend zu betätigen. Dies kann beispielsweise sinnvoll sein, wenn die Höhe der Bahnkurve nach oben gegenüber der maximal erreichbaren Höhe reduziert werden soll.

[0038] Der erste Antrieb 175 (Schnittantrieb) und der zweite Antrieb 165 (Schwenkantrieb) sind unabhängig voneinander ansteuerbar, so dass theoretisch beliebige Überlagerungen der Linearbewegung entlang der ersten Richtung 154 und der dieser in Querrichtung überlagerten Schwenkbewegung möglich sind.

[0039] Das Schwenkelement 160 kann durch eine Arretiereinrichtung, die über Maschinenbefehle in Eingriff oder außer Eingriff mit dem Schwenkarm verfahren werden kann, in der vertikalen Position fixiert werden, so dass sich der Schlitten 171 ausschließlich in vertikaler Richtung bewegt. Die Arretiereinrichtung kann z.B. einen elektrisch oder pneumatisch betätigbaren Bolzen aufweisen, der von hinten (von der Maschinenseite) in eine Bohrung an der Rückseite der Schwenkplatte eingefahren werden kann. Durch die Arretierung wird die Anordnung hinsichtlich der Schwenkbewegung spielfrei und es ergibt sich für den vertikalen Schnitt eine Versteifung der Konstruktion, so dass große Schnittkräfte ohne übermäßige Belastung der Komponenten der Schnitteinrichtung übertragen werden können.

[0040] Das Bahnkurven-Einstellsystem der Ausführungsform ist sehr bedienerfreundlich ausgelegt, so dass die komplexen Einstellungen für die richtige Bahnkurve

intuitiv auch von weniger erfahrenen Bedienern vorgenommen werden können. Fig. 7 zeigt beispielhaft eine Ansicht der Bedieneinheit mit einer grafischen Benutzeroberfläche, die den Benutzer bei den Einstellarbeiten unterstützt. In der links gezeigten, rechteckförmigen Grafik-Darstellung sind am unteren Bildrand ein Symbol 155' für den aktuell verwendeten Abschneidedorn, ein Symbol 130' für den Halter des aktuell verwendeten Steigungswerkzeugs sowie ein Symbol 115' für den Draht dargestellt. Die Werkzeuge 155 und 130 bilden im Beispielsfall die relevanten Störkonturen, die bei der Auslegung der Bahnkurve des Schnittmessers zu berücksichtigen sind. Sie sind in der durch die Steuereinheit 102 generierten Grafik lagerichtig und im richtigen Größenverhältnis dargestellt. Die schräg verlaufende, gestrichelte Linie in Verlängerung der schrägen Schnittkante (Fase am Abschneidedorn) hilft bei der richtigen Einstellung des Schnittpalts. Der Schnittpalt ist hier definiert als der senkrechte Abstand zwischen der Schneidkante bzw. der gestrichelten Linie und einer parallel dazu verlaufenden Tangente an die Bahnkurve BK1 oder BK4 im Auftreffpunkt 117 am Draht. Für optimale Schnittergebnisse sollte dieser Schnittpalt in der Regel im Bereich zwischen 30 und 70° des Drahtdurchmessers liegen.

[0041] An der Bedieneroberfläche werden dem Bediener rechts neben der grafischen Darstellung Schaltflächen zur Einstellung von Bahnkurvenparametern bereitgestellt. Mit der oberen Schaltfläche ELB lässt sich über Betätigung der Pfeil-Tasten die Ellipsenbreite zwischen einem Minimalwert (0) und einem Maximalwert (90) einstellen. Diese Werte beziehen sich jeweils auf eine konstante Höhe der Ellipse. Bei Einstellung des unteren Grenzwertes ELB=0 wird somit ein Geradschnitt (lineare Hin- und Herbewegung des Schneidwerkzeugs) ausgeführt.

[0042] Die darunterliegende Schaltfläche VH bewirkt über Betätigung der Pfeil-Tasten eine horizontale Verschiebung der gesamten geschlossenen Bahnkurve zwischen einem Minimalwert VH=0 und einem Maximalwert. Diese horizontale Verschiebbarkeit der Bahnkurve ermöglicht u.a. den Einsatz identischer Werkzeuge (Dorn, Schnittmesser) bei unterschiedlichen Bahnkurven. Würde nur die Breite der Ellipse einstellbar sein, so würde die Mitte der Bahnkurve unverändert bleiben und der Auftreffpunkt des Schneidwerkzeugs auf den Draht würde vom Dorn weg bzw. in Richtung des Dorns wandern. Die Schnittbedingungen würden sich dadurch in der Regel verschlechtern. Ohne seitliche Verstellbarkeit müsste theoretisch das Schnittmesser für jede Bahnkurve eine etwas andere Schnittgeometrie haben.

[0043] Es kann vorgesehen sein, dass die Verstellung der Ellipsenbreite und die Verstellung der horizontalen Lage der Bahnkurve in der Weise über Software verknüpft sind, dass nur Parameterkombinationen einstellbar sind, die die Lage des Auftreffpunktes nicht oder nur so geringfügig verlagern, dass ein optimaler Schnitt möglich bleibt. Gegebenenfalls kann ein Warnsignal generiert werden, wenn Parameter nicht ausreichend gut zu-

einander passen.

[0044] Über die darunterliegende Schaltfläche N lässt sich die Neigung der Bahnkurve einstellen. Ein Wert $N=0$ entspricht einer vertikal ausgerichteten Bahnkurve (lange Halbachse vertikal), bei negativen Werten wird die Bahnkurve nach links, das heißt in Richtung Einzug, und bei positiven Werten nach rechts in Richtung der Windstifte verkippt. Die darunterliegende Schaltfläche W bewirkt eine Verschiebung der Bahnkurve als Ganzes in vertikaler Richtung. Mit der unteren Schaltfläche D wird der Wert für den aktuellen Drahtdurchmesser eingegeben. Andere Konfigurationen, welche im Ergebnis die gleichen, äquivalente oder ähnliche Einstellmöglichkeiten bieten, sind möglich.

[0045] Die Einstellmöglichkeiten sind nur beispielhaft angegeben. Einzelne Einstellmöglichkeiten können bei Varianten auch völlig entfallen. Einstellmöglichkeiten können auf unterschiedliche Weise praktisch umgesetzt werden. Einige oder alle Parameter können z.B. direkt in die Steuerungssoftware eingegeben werden, so dass eine Bedieneroberfläche mit Schiebereglern oder dergleichen nicht nötig ist. Die vertikale Verstellung der Bahnkurve wird in der Regel nicht programmiert, sondern kann durch manuelle Verstellung der Länge des Pleuels realisiert werden. Es ist auch möglich, in einem Speicher der Steuereinrichtung eine Anzahl vordefinierter Bahnkurven-Basistypen zu hinterlegen, die z.B. hinsichtlich Produktionsgeschwindigkeit oder anderer Parameter optimiert sind. Diese können dann vom Bediener aufgerufen und ggf. über Veränderung einzelner Parameter noch feinjustiert und an die Bedingungen des aktuell einzurichtenden Federwindeprozesses angepasst werden.

[0046] Im Folgenden werden einige ausgewählte Schnittarten mit ihren spezifischen Anwendungsbereichen und Eigenschaften anhand von Fig. 8 erläutert. Es sind ggf. ein Teil des Schneidwerkzeugs SW, ein Teil des Abschneidedorns DO, das Endstück des verbleibenden Drahts DR mit Schnittgrat SG und die Bahnkurve BK der Schneidkante des Schnittwerkzeugs schematisch gezeigt. Die verschiedenen Elemente sind aus Darstellungsgründen in Vertikalrichtung auseinandergezogen gezeigt.

[0047] Das System kann für einen Geradschnitt eingestellt werden (Fig. 8A), bei dem sich das Schneidwerkzeug nur vertikal bewegt und ein Schneidwerkzeug sowie ein Abschneidedorn jeweils mit senkrechter Schnittkante gewählt werden. Die Ellipsenbreite und die Neigung werden hierzu jeweils auf Null eingestellt. Der Drahtvorschub wird für den Schnitt angehalten. Am Draht entsteht bei dieser Schnittart typischerweise ein Schnittgrat SG, der nach innen in Richtung Federmittelachse gerichtet ist.

[0048] Das System kann auch auf einen Rotationschnitt bzw. einen rotierenden elliptischen Schnitt eingestellt werden (Fig. 8B). Dabei bewegt sich das Schnittwerkzeug auf einer ellipsenförmigen Bahnkurve mit horizontaler und vertikaler Bewegungskomponente, wobei ein fixes HöhenBreiten-Verhältnis eingestellt wird. Das verwendete Schneidwerkzeug und der verwendete Ab-

schneidedorn sollen in diesem Fall eine schräg liegende Schnittkante bzw. Fase haben. Bei dieser Schnittart ist der Schnittgrat in der Regel in Winderichtung des Drahtes gerichtet, so dass der Federinnendurchmesser nicht oder kaum eingeschränkt ist. Hierzu wird lediglich die Ellipsenbreite ELB auf den gewünschten Wert eingestellt.

[0049] Die Ausführungsform ermöglicht diese auch bei konventionellen Federwindemaschinen häufig verfügbaren Schnittarten mit einem im Vergleich zum Stand der Technik vergrößerten Spektrum bei vereinfachter Einstellmöglichkeit. Der oben beschriebene Geradschnitt (vertikale Werkzeugbewegung in Verbindung mit Messer und Abschneidedorn mit senkrechter Schnittkante) kann modifiziert werden zu einem modifizierten Geradschnitt (Fig. 8C). Dabei werden ebenfalls ein Schneidwerkzeug und ein Abschneidedorn mit senkrechter Schnittkante verwendet. Das Schneidwerkzeug bewegt sich jedoch nicht ausschließlich vertikal, sondern hat auch eine geringfügige horizontale Bewegungskomponente, so dass sich eine schmale Ellipsenform (mit einstellbarem Höhen-Breiten-Verhältnis) ergibt. Auch hier ergibt sich ein Schnittgrat, der vorrangig nach innen in Richtung Federmittelachse gerichtet ist. Da jedoch aufgrund der leichten Ellipsenform die Aufwärtsbewegung des Schnittwerkzeuges nach der vertikalen Schnittbewegung in einen kleinen Abstand zur Schnittkante und zur Schnittfläche am Draht erfolgt, steht das Schneidwerkzeug beim Rückweg nicht mehr in Kontakt mit dem abgeschnittenen Draht. Dadurch kann der Werkzeugverschleiß erheblich reduziert werden. Typische Verhältnisse zwischen Höhe und Breite der im Wesentlichen elliptischen Bahnkurve können beispielsweise im Bereich zwischen 5:1 und 30:1, insbesondere im Bereich zwischen 12:1 und 25:1, liegen.

[0050] Weiterhin sind viele andere Varianten des Rotationsschnitts verfügbar. Bei der Schnittart "variabel rotierender Schnitt" (Fig. 8B) wird der Drahteinzug für die Schnittoperation angehalten. Es werden ein Messer (Schnittwerkzeug) und ein Abschneidedorn mit schräg liegenden Schnittkanten verwendet. Die Schnittkante des Werkzeuges bewegt sich entlang einer Ellipse mit variabel einstellbarem Höhen-Breiten-Verhältnis, typischerweise bei relativ schmalen bis mittelbreiten Ellipsen. Hierbei kann mit "Steigung senkrecht" oder "Steigung parallel" gearbeitet werden. Es ergibt sich ein Schnittgrat, der im Wesentlichen in Winderichtung des Drahtes angeordnet ist. Der Schnittgrat liegt somit innerhalb der inneren und äußeren Hüllkurve der Feder, ragt also nicht nach innen oder außen über die Feder hinaus.

[0051] Bei der Schnittart "fliegender rotierender Schnitt" (Fig. 8D) arbeitet die Federwindemaschine mit einem kontinuierlichen Drahtvorschub bzw. Drahteinzug in Verbindung mit einem fliegend rotierenden Schnitt. Dabei bewegt sich das Schnittwerkzeug mit horizontaler und vertikaler Bewegungskomponente auf einer elliptischen Bahnkurve mit relativ breiter Ellipse, also kleinerem Höhen-Breiten-Verhältnis. Hierdurch werden relativ

hohe Horizontalkomponenten der Bewegung während des Schnitts erreicht. Schneidwerkzeug und Abschneidedorn haben jeweils korrespondierende schräg liegende Schnittkanten. Hier wird im Beispielsfall mit senkrechter Steigung (unteres Steigungswerkzeug) gearbeitet. Der Umlauf kann je nach Konstruktion elliptisch oder auch kreisförmig sein. Die Umlaufgeschwindigkeit ist normalerweise ungleichförmig.

[0052] Bei dieser Betriebsart des kontinuierlichen Drahtvorschubs mit rotierend fliegendem Schnitt wird der Draht kontinuierlich mit konstanter oder variierender endlicher Vorschubgeschwindigkeit vorgeschoben bzw. eingezogen. Es gibt also über die Produktion vieler aufeinanderfolgender Schraubenfedern keinen Stillstand der Drahtzufuhr. Dadurch steigt die Stückleistung. Wenn der Drahtvorschub konstant läuft, muss der Drahtvorrat, der zum Beispiel auf einem Haspel vorgehalten wird, nicht andauernd beschleunigt und abgebremst werden. Dies gilt auch für die Antriebe der Zufuhreinrichtung und der Werkzeuge. Dadurch sinkt der Energiebedarf pro Feder im Vergleich zu Verfahren mit stehendem Schnitt, bei denen der Drahtvorschub für den Schnittvorgang angehalten werden muss. Zudem gibt es keinen ruckartigen Zug auf den Draht und keinen Stick-Slip-Effekt, wodurch die Qualität der hergestellten Federn im Vergleich zu Verfahren mit stehendem Schnitt deutlich erhöht werden kann.

[0053] Bei der Betriebsart "fliegender Schnitt" erfolgt automatisch eine Koordination der Bewegungsgeschwindigkeit des Schnittwerkzeugs entlang der Bahnkurve mit der Einzugs geschwindigkeit des Drahts in der Weise, dass die Form der Bahnkurve so an die Umlaufgeschwindigkeit des Schneidwerkzeug angepasst wird, dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Schneidkante in horizontaler Richtung (im Wesentlichen parallel zur Drahtvorschubrichtung) in einem Zeitintervall beginnend vor dem Eindringen der Abschneidekante in den Draht bis zur Aufhebung des Schnittkontakts zwischen Schnittwerkzeug und Draht größer ist als die Drahtvorschubgeschwindigkeit. Bezeichnet man dasjenige Zeitintervall, in welchem das Schnittwerkzeug in Eingriff mit dem Draht steht, als "Drahtkollisionsbereich", so sollte das Schnittwerkzeug so beschleunigt werden, dass dessen Horizontalkomponente (parallel zur Drahtvorschubgeschwindigkeit) bereits vor Beginn des Schnitts größer ist als diejenige des Drahts und erst nach Austritt aus dem Draht die Drahtgeschwindigkeit wieder unterschreitet. Daher sind bei dieser Betriebsart in der Regel flache elliptische Bahnkurven mit relativ großer Breite und entsprechend großer Horizontalkomponente der Bewegungsgeschwindigkeit einzustellen.

[0054] Die hier beispielhaft beschriebenen elliptischen Bahnen des Schnittwerkzeuges stellen nur einige Sonderformen der theoretisch möglichen Bahnkurven dar. Ein Beispiel für eine unsymmetrische optimierte Bahnkurvenform mit endlichem Höhen-Breiten-Verhältnis stellt die Kurve BK3 in Fig. 2 dar. Bei dieser ergeben sich während des Schnitts die gleichen Vorteile wie bei einer

elliptischen Kurvenbahn BK1, jedoch wird auf Seiten des Steigungswerkzeuges 130 weniger Platz benötigt, so dass solche Bahnkurvenformen besonders bei beengten Verhältnissen im Bereich der Umformwerkzeuge nützlich sein können. Es sind viele andere Bahnformen denkbar, zum Beispiel auch eine abgeflachte Ellipse im Bereich der Fase am Abschneidedorn (Fig. 8E). Hier kann die Schnittbahn z.B. so gelegt werden, dass der abgeflachte Teil mit weitgehend geradlinigem Verlauf parallel zur Fase am Abschneidedorn verläuft. Aus der Grundform der Ellipse bzw. der Eiform können über geeignete Deformationen viele nützliche unsymmetrische Bahnkurvenformen eingestellt werden.

[0055] Einschränkungen der theoretisch möglichen Bahnkurven sind zum einen durch Störkanten bzw. Kollisionspunkte mit anderen Werkzeugen, wie Windefinger oder Steigungswerkzeuge, gegeben und zum anderen durch die Grenzen der Dynamik bzw. Leistungsfähigkeit der Antriebsmotoren bedingt. Diese Randbedingungen können unter anderem bei einer Verfahrensvariante berücksichtigt werden, bei der eine Teach-in-Programmierung erfolgt. Bei dieser Verfahrensvariante werden die potentiellen Kollisionspunkte im Bereich der Umformwerkzeuge vom Bediener mit dem Schnittwerkzeug manuell angefahren. Wenn das Schnittwerkzeug an einem Kollisionspunkt positioniert ist, wird diese Position durch eine Eingabe des Bedieners in die Steuerung übernommen, das heißt der Steuerung bekanntgemacht. Unter Verwendung dieser Positionen wird die Bahnkurve dann automatisch so berechnet, dass diese Kollisionsbereiche aus der vom Bediener gewählten Kurvenbahn ausgeklammert werden bzw. nicht angefahren, sondern umfahren werden.

[0056] Durch die beanspruchte Erfindung können unterschiedliche technische Aufgaben alternativ oder kumulativ gelöst werden. Zum einen ergibt sich eine Erweiterung des Einsatzspektrums gegenüber herkömmlichen Systemen mit Geradschnitt und rotierendem Schnitt. Nach Möglichkeit kann auch eine Optimierung der Stückleistung bzw. der Maschinenausbringung erreicht werden. In vielen Fällen ergibt sich eine Optimierung des Schnittbilds am durchtrennten Draht. Weiterhin kann sich eine Optimierung der Lage der am Draht verbleibenden Schnittgrate im Hinblick auf die beabsichtigte Verwendung oder Weiterverarbeitung der Federn ergeben. Nicht zuletzt können geeignete Einstellungen zu einer Erhöhung der Standzeit der Schnittwerkzeuge insbesondere beim Geradschnitt führen.

[0057] Durch Einstellung der Lage und Neigung der Bahnkurve bzw. Kurvenbahn beim Schneidvorgang, das heißt während das Schneidwerkzeug in Kontakt mit dem Draht ist, kann die Neigung der Schnittkante am Draht bestimmt werden. Weiterhin kann über diese Einstellmöglichkeiten die Neigung bzw. Lage des verbleibenden Schnittgrats bestimmt werden. Beim modifizierten Geradschnitt (schmale Ellipse) wird die Schnittkante geschont bzw. es werden Ausbrüche verhindert, da das Schnittwerkzeug durch das seitliche Wegfahren von der

Drahtkante nach Vollendung des Schnitts von durch den Draht verursachten seitlichen Querkräften entlastet wird.

[0058] Diese Vorteile können dank der Programmierbarkeit der verschiedenen Bahnkurven ohne mechanischen Eingriff an der Federwindemaschine viel einfacher eingestellt werden als bei herkömmlichen Federwindemaschinen, die eine Möglichkeit zur Einstellung unterschiedlicher Bahnkurven hatten.

[0059] In Fig. 9 ist eine andere konstruktive Variante für Komponenten der Schnitteinrichtung gezeigt, die gleichfalls alle oben beschriebenen Einstellmöglichkeiten bietet. Auch hier ist das durch einen Werkzeughalter gehaltene Schnittwerkzeug 952 auf einem Schlitten 971 montiert, der durch eine Linearführung 970 linear beweglich geführt ist. Die Linearführung ist auf einem plattenförmigen Schwenkelement bzw. einer Schwenkplatte 960 montiert, welche drehbar auf einer horizontalen Schwenkachse montiert ist, die an der vertikalen Vorderwand der Federwindemaschine befestigt ist. Es sind zwei separate, durch die Steuereinrichtung 902 unabhängig voneinander ansteuerbare Antriebe für die Linearbewegung und die Schwenkbewegung vorgesehen. Ein erster Antrieb 975 treibt die horizontale Schnittwelle 974 an, die an ihrer Stirnseite einen Exzenterbolzen hat, der in einer Kulisserie drehbar gelagert ist. Die Kulisserie ist senkrecht zur Längsrichtung des Schlittens verschiebbar in einer Ausnehmung des Schlittens 971 geführt. Eine Drehung der Schnittwelle bewirkt auf diese Weise eine Auf- und Abbewegung des Schlittens 971 entlang der ersten Richtung 954, d.h. in Längsrichtung des Schwenkelements 960. Die hin- und her pendelnde Schwenkbewegung des Schwenkelements wird durch den zweiten Antrieb 965 bewirkt, der eine Schwenkwelle 962 intermittierend bzw. hin- und hergehend antreibt. Diese hat an ihrer Stirnseite einen Exzenterbolzen, der in einer Kulisserie drehbar gelagert ist, welche in einer Ausnehmung des Schwenkelements 960 in dessen Längsrichtung beweglich geführt ist.

[0060] Bei dieser Ausführungsform ist somit die Schwenkwelle 962 oberhalb der Schnittwelle 974 angeordnet. Im Gegensatz dazu ist die Anordnung bei der Ausführungsform der Fig. 4 bis 6 umgekehrt, dort sitzt die Schnittwelle oberhalb der Schwenkwelle. Diese mechanischen Komponenten des Schnittwerkzeug-Antriebssystems können also in Abhängigkeit vom zur Verfügung stehenden Bauraum und anderen Anforderungen auf verschiedene Weise gestaltet und zueinander angeordnet sein.

Patentansprüche

1. Federwindemaschine (100) zur Herstellung von Schraubenfedern (200) durch Federwinden umfassend:

eine Zuführeinrichtung (110) zum Zuführen von Draht (115) zu einer Umformeinrichtung (120),

wobei die Umformeinrichtung mindestens ein Windewerkzeug (122, 124) sowie mindestens ein Steigungswerkzeug (130) aufweist, eine Schnitteinrichtung (150) zum Abtrennen einer fertig gestellten Schraubenfeder von dem zugeführten Draht nach Abschluss einer Umformoperation, wobei die Schnitteinrichtung ein Schnittwerkzeug aufweist, welches mittels eines Schnittwerkzeug-Antriebssystems entlang einer vorgebbaren geschlossenen Bahnkurve bewegbar ist; eine Steuereinrichtung (180) zur Steuerung der Zuführeinrichtung, der Umformeinrichtung und der Schnitteinrichtung auf Basis eines NC-Steuerprogramms,

gekennzeichnet durch,

ein programmierbares Bahnkurven-Einstellsystem zur Einstellung der Form und/oder Lage der von dem Schnittwerkzeug zu durchlaufenden Bahnkurve, wobei wahlweise eine geradlinige Bahnkurve, eine zu einer Symmetrieebene spiegelsymmetrische elliptische oder eiförmige Bahnkurve mit einem vorgebbaren Verhältnis von Höhe zu Breite oder eine unsymmetrische Bahnkurve mit einem von einer Ellipsenform oder Eiform abweichenden nicht-spiegelsymmetrischen Verlauf einstellbar ist.

2. Federwindemaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schnittwerkzeug-Antriebssystem einen durch die Steuereinrichtung (102, 902) ansteuerbaren ersten Antrieb (175, 975) zur Erzeugung einer ersten Bewegung des Schnittwerkzeugs (152, 952) und einen unabhängig von dem ersten Antrieb durch die Steuereinrichtung ansteuerbaren zweiten Antrieb (165, 965) zur Erzeugung einer der ersten Bewegung überlagerten zweiten Bewegung des Schnittwerkzeugs aufweist.
3. Federwindemaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Antrieb (175, 975) zur Erzeugung einer linear hin- und hergehenden ersten Bewegung des Schnittwerkzeugs entlang einer ersten Richtung (154, 954) ausgelegt ist, die in Längsrichtung des Schnittwerkzeugs (152, 952) verläuft, und dass der zweite Antrieb (165, 965) als Stellantrieb ausgelegt ist, der während der linearen Hin- und Herbewegung des Schnittwerkzeugs in der ersten Richtung zusätzlich eine Schwenkbewegung des hin- und herbewegten Schnittwerkzeugs um eine senkrecht zu einer Arbeitsebene verlaufende Achse erzeugt.
4. Federwindemaschine nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schnittwerkzeug (152, 952) an einem Schlitten (171, 971) befestigt ist, der entlang einer Linearführung (170, 970) in einer ersten Richtung (154, 954) geradlinig hin und

her verfahrbar ist, und dass die Linearführung an einem Schwenkelement (160, 960) befestigt ist, das um eine senkrecht zur ersten Richtung verlaufende Schwenkachse schwenkbar ist, wobei der erste Antrieb (175, 975) mit dem Schlitten und der zweite Antrieb (165, 965) mit dem Schwenkelement gekoppelt ist. 5

5. Federwindemaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (102, 902) für eine Teach-in Programmierung konfiguriert ist. 10

6. Federwindemaschine nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung derart konfiguriert ist, dass in einer Programmierungskonfiguration das Schnittwerkzeug (152, 952) manuell an eine oder mehrere Positionen im Bereich einer gewünschten Bahnkurve positionierbar ist, die Koordinaten der Positionen in einem Speicher der Steuereinrichtung speicherbar sind, unter Verwendung der Koordinaten eine Bahnkurve berechenbar ist und das Schnittwerkzeug in einer Betriebskonfiguration unter der Steuerung durch die Steuereinrichtung entlang der Bahnkurve bewegbar ist. 15
20
25

7. Federwindemaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bahnkurven-Einstellsystem dafür konfiguriert ist, mindestens drei der folgenden Einstellungen unabhängig voneinander zu erlauben: 30

- (i) eine Ellipsenbreite der Bahnkurve zwischen einem Minimalwert 0 für einen Geradschnitt und einem Maximalwert bezogen auf eine maximale Höhe der Ellipse; 35
- (ii) eine horizontale Verschiebung der gesamten Bahnkurve zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert;
- (iii) eine Neigung der Bahnkurve zwischen einem Wert 0 für eine vertikal ausgerichtete Bahnkurve, einer Neigung der Bahnkurve in Richtung Zuführeinrichtung und einer Neigung der Bahnkurve in die entgegengesetzte Richtung; 40
- (iv) eine Verschiebung der Bahnkurve als Ganzes in vertikaler Richtung. 45

8. Federwindemaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuführeinrichtung für eine kontinuierliche Zufuhr des Drahts konfiguriert ist und die Schnitteinrichtung (150) ein rotierend antreibbares Schnittwerkzeug (152) aufweist, wobei die Federwindemaschine derart konfiguriert ist, dass die fertige Schraubenfeder durch einen rotierenden fliegenden Schnitt vom zugeführten Draht abgetrennt wird. 50
55

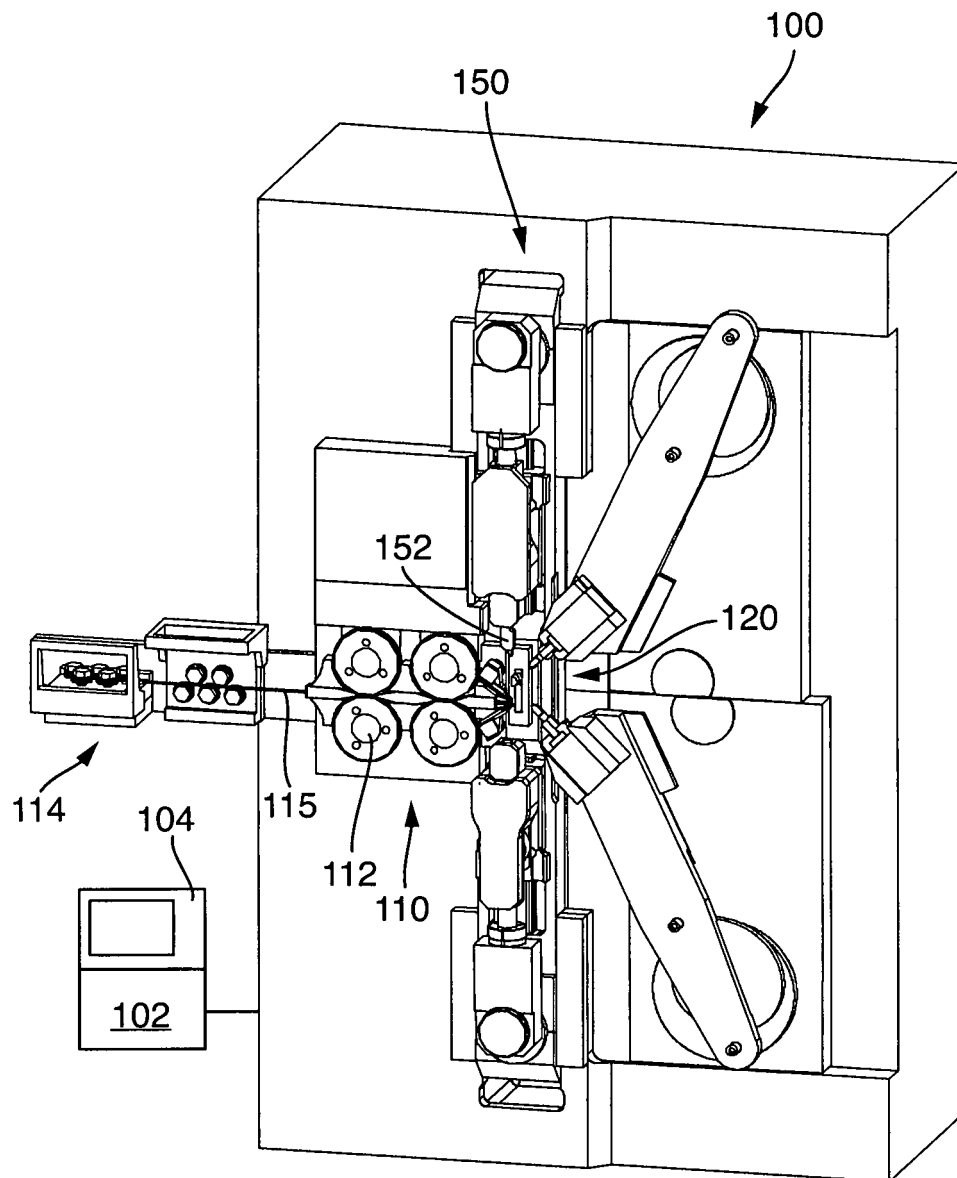
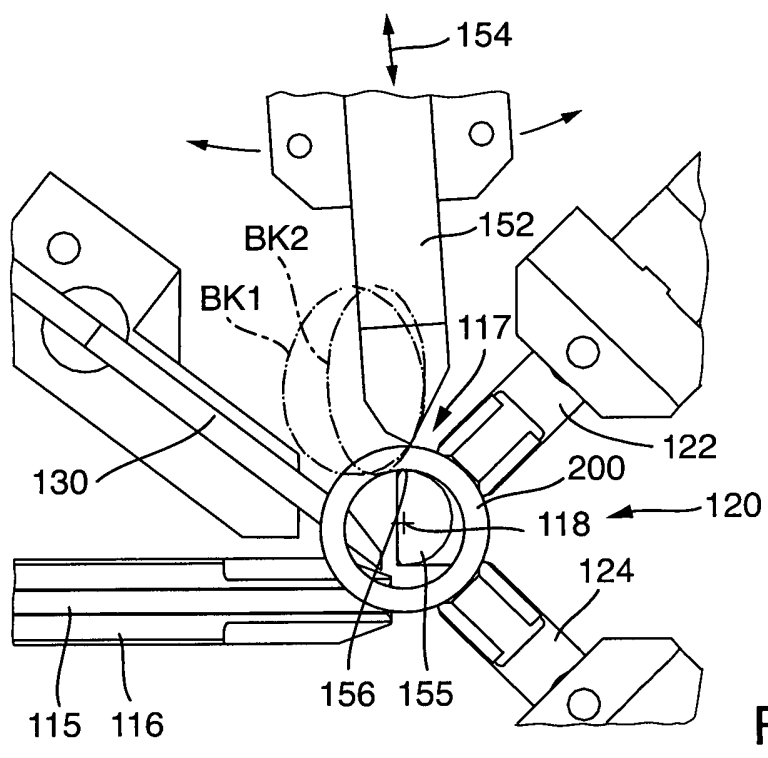
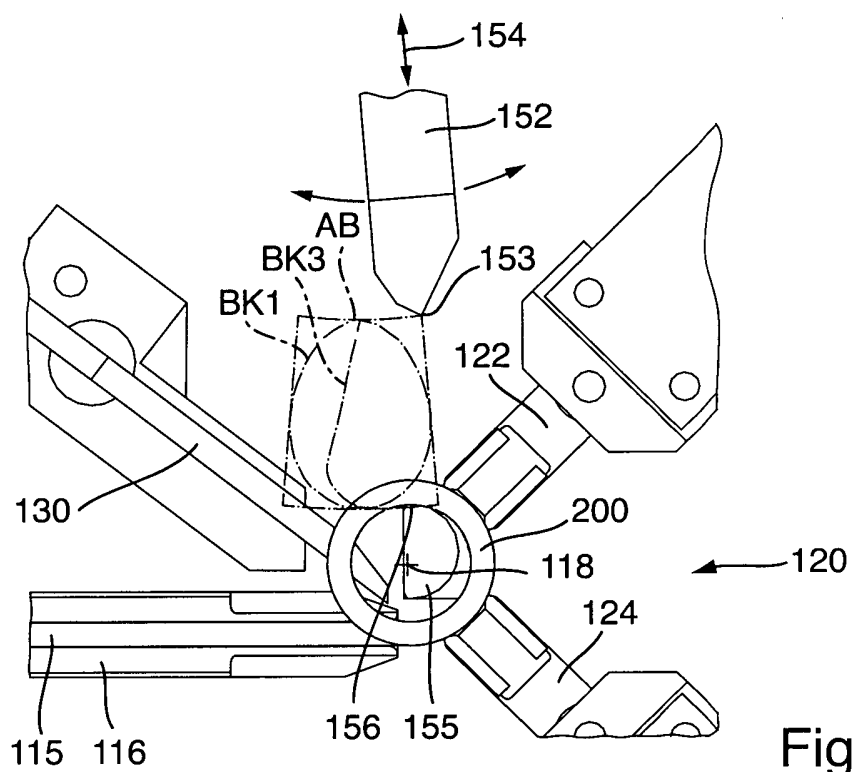


Fig. 1



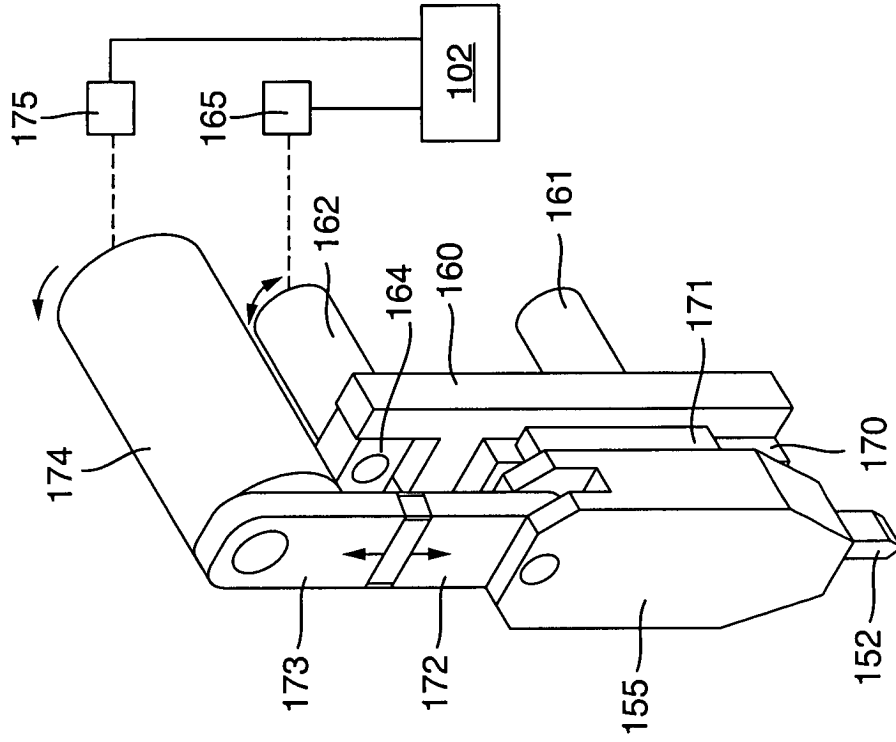


Fig. 6

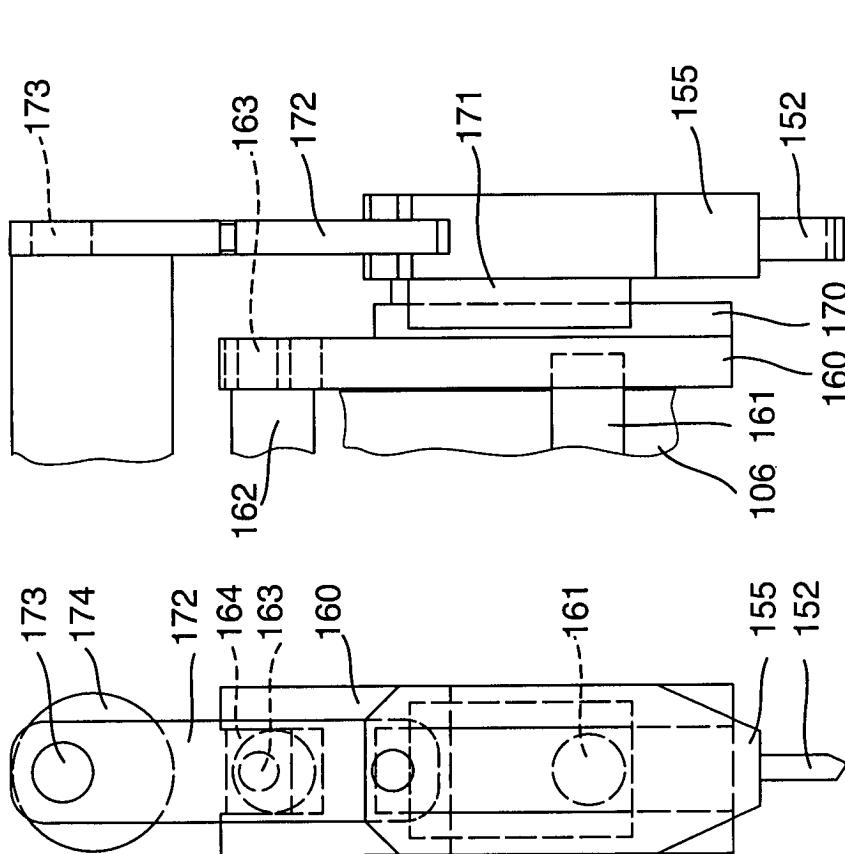


Fig. 5

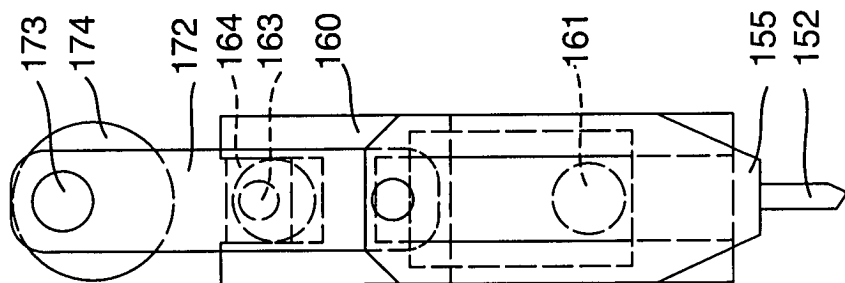


Fig. 4

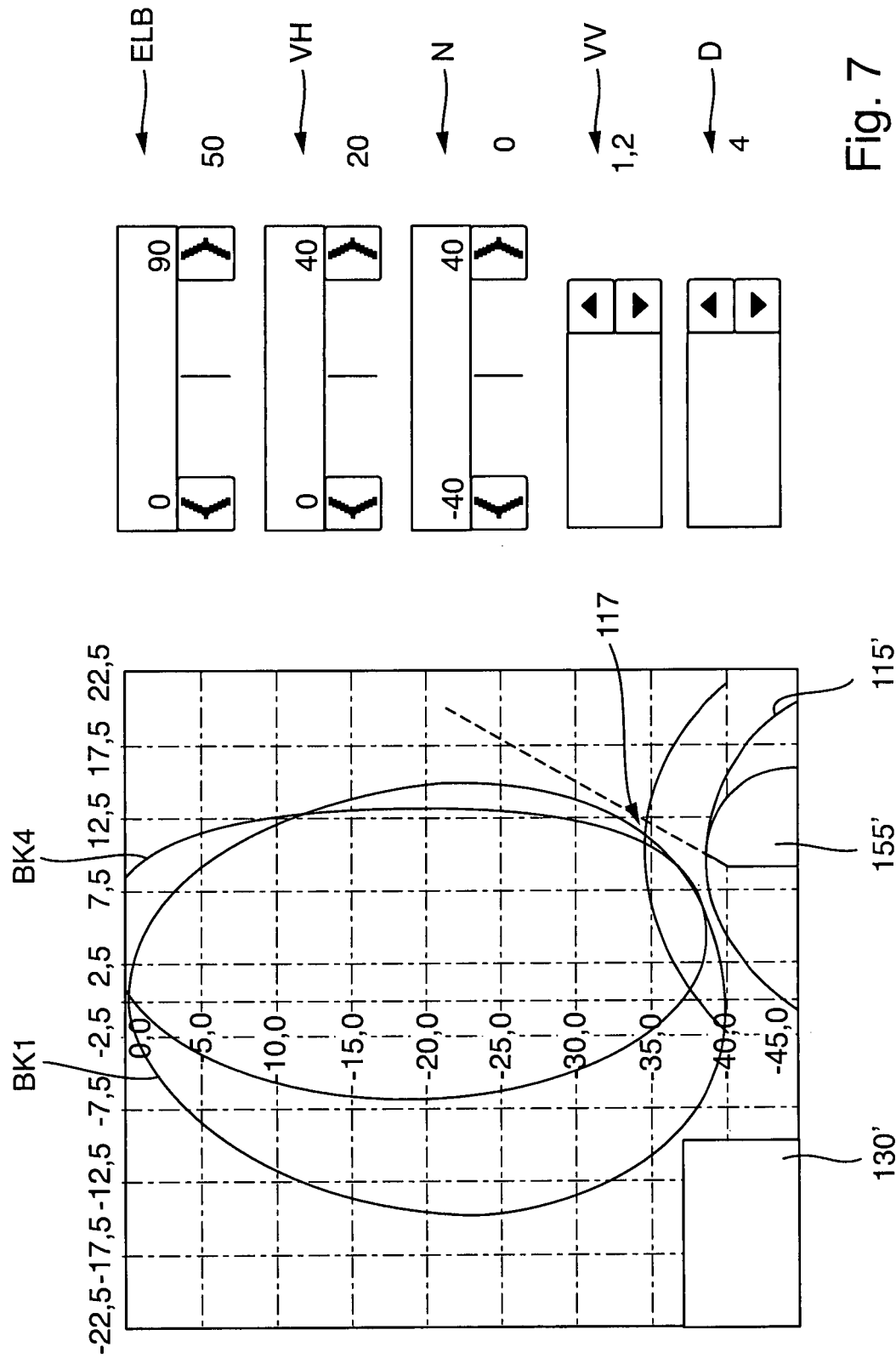


Fig. 7

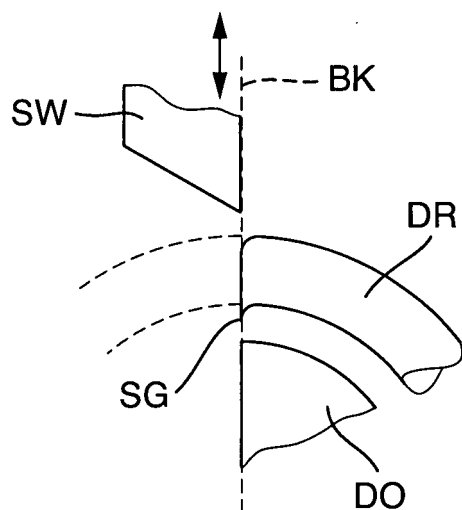


Fig. 8A

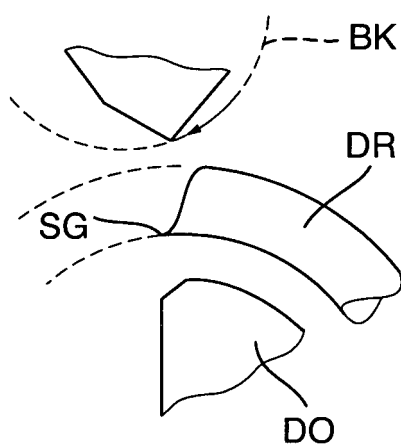


Fig. 8B

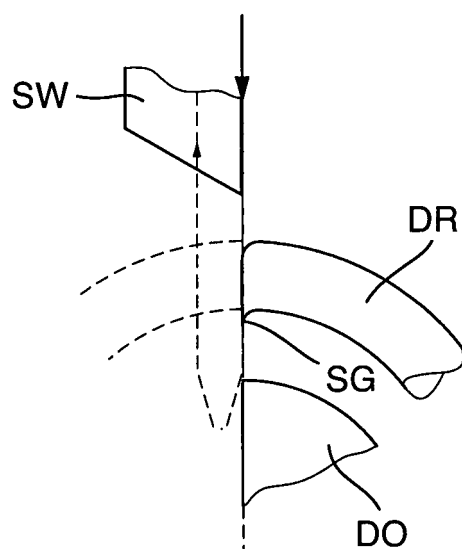


Fig. 8C

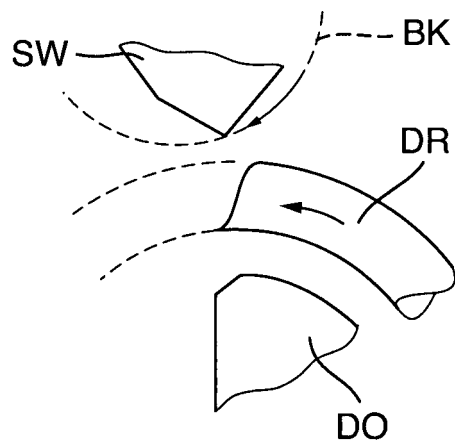


Fig. 8D

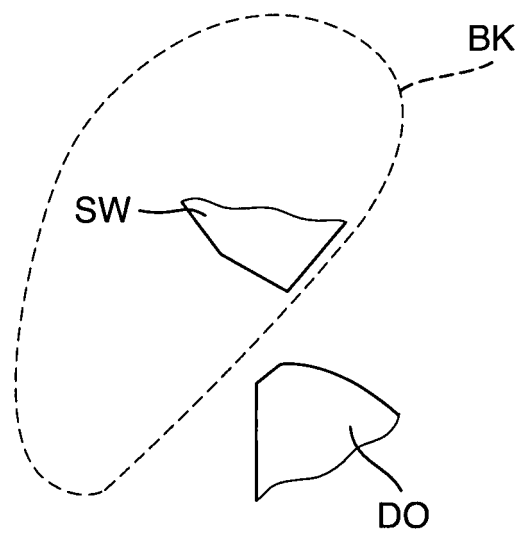


Fig. 8E

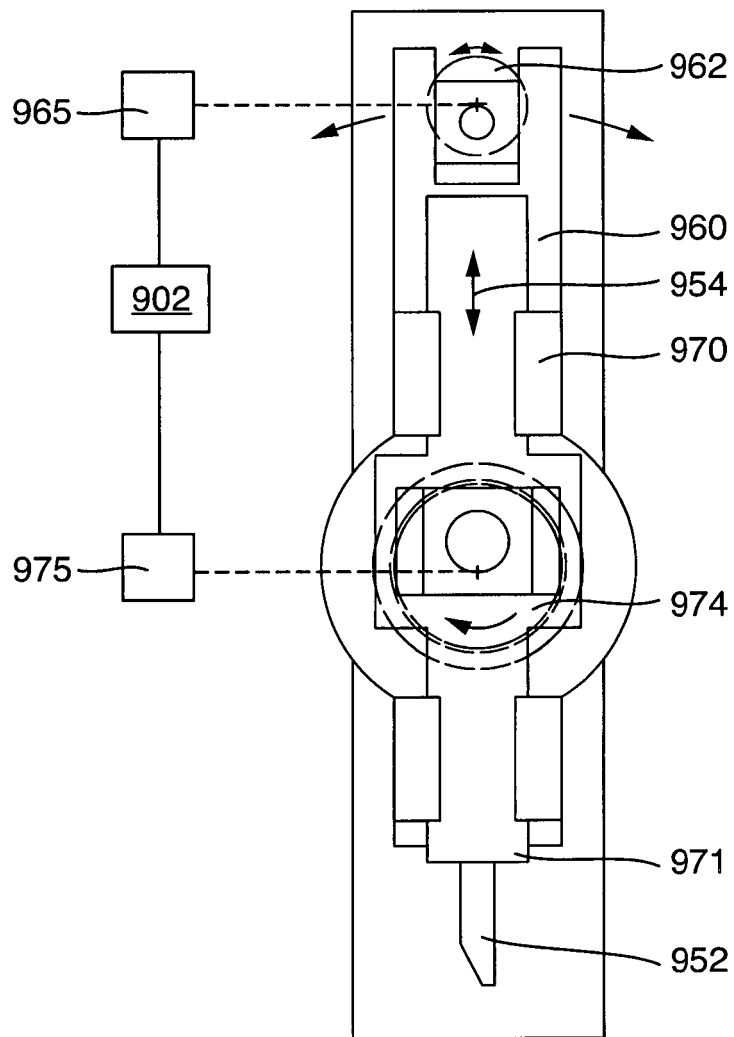


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 16 4046

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	JP 2001 293533 A (SHINKO KIKAI KOGYO KK) 23. Oktober 2001 (2001-10-23) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 * -----	1-8	INV. B21F11/00 B21F3/02 B21F35/00
A	JP 2000 271689 A (ASAHI SEIKI MFG) 3. Oktober 2000 (2000-10-03) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 * -----	1-8	
A,D	EP 0 804 979 A1 (OMD SPA [IT]) 5. November 1997 (1997-11-05) * das ganze Dokument *	1-8	
A	US 2005/016348 A1 (WU DAVID [TW]) 27. Januar 2005 (2005-01-27) * das ganze Dokument *	1-8	
A	JP 2006 026730 A (SHINKO KIKAI KOGYO KK) 2. Februar 2006 (2006-02-02) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-8 * -----	1-8	
A,D	US 2005/016347 A1 (TSURITANI KATSUhide [JP]) 27. Januar 2005 (2005-01-27) * das ganze Dokument *	1-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. Dezember 2014	Prüfer Ritter, Florian
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 16 4046

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 16-12-2014.
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-12-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2001293533 A	23-10-2001	JP 3607162 B2 JP 2001293533 A	05-01-2005 23-10-2001
JP 2000271689 A	03-10-2000	JP 3641561 B2 JP 2000271689 A	20-04-2005 03-10-2000
EP 0804979 A1	05-11-1997	EP 0804979 A1 IT MI960855 A1	05-11-1997 03-11-1997
US 2005016348 A1	27-01-2005	KEINE	
JP 2006026730 A	02-02-2006	JP 4685981 B2 JP 2006026730 A	18-05-2011 02-02-2006
US 2005016347 A1	27-01-2005	JP 4393813 B2 JP 2005040822 A US 2005016347 A1 US 2006196242 A1	06-01-2010 17-02-2005 27-01-2005 07-09-2006

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 0804979 A1 [0005]
- US 7055356 B2 [0006]
- JP 2001293533 A [0007]