

(19)



(11)

**EP 3 126 073 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**14.03.2018 Patentblatt 2018/11**

(51) Int Cl.:  
**B21F 3/02<sup>(2006.01)</sup> B21F 35/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **15711210.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2015/056044**

(22) Anmeldetag: **23.03.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2015/150130 (08.10.2015 Gazette 2015/40)**

(54) **VERFAHREN UND FEDERWINDEMASCHINE ZUR HERSTELLUNG VON SCHRAUBENFEDERN DURCH FEDERWINDEN**

METHOD AND SPRING WINDING MACHINE FOR PRODUCING COIL SPRINGS BY SPRING WINDING

PROCÉDÉ ET MACHINE À ENROULER LES RESSORTS POUR LA PRODUCTION DE RESSORTS HÉLICOÏDAUX PAR ENROULEMENT

(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**

- **WURSTER, Klaus**  
**72762 Reutlingen (DE)**
- **SIGG, Andreas**  
**72829 Engstingen (DE)**

(30) Priorität: **04.04.2014 DE 102014206603**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.02.2017 Patentblatt 2017/06**

(73) Patentinhaber: **WAFIOS Aktiengesellschaft**  
**72764 Reutlingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-88/05352 DE-A1- 19 534 189**

(72) Erfinder:  
 • **WEIGMANN, Uwe-Peter**  
**72622 Nürtingen (DE)**

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

**EP 3 126 073 B1**

## Beschreibung

### ANWENDUNGSGEBIET UND STAND DER TECHNIK

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden mittels einer numerisch gesteuerten Federwindmaschine gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie auf eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Federwindmaschine gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 11.

**[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 hergestellt und je nach der bei der Nutzung vorliegenden Belastung als Zugfedern oder Druckfedern ausgelegt. Druckfedern, insbesondere Ventildfedern, Kupplungsfedern oder 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 Federwindmaschine 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 Windwerkzeuge zur Festlegung und ggf. zur Veränderung des Durchmessers von Federwindungen. Gelegentlich sind auch ein oder mehrere Steigungswerkzeuge vorgesehen, 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 Federwindmaschinen wird der zu windende Draht, in der Regel durch eine feste Führungseinrichtung hindurch, gegen eine speziell geformte stirnseitige Kontaktfläche eines ersten Windwerkzeugs gefördert. In der Regel folgt noch ein zweites Windwerkzeug, gegen dessen Kontaktfläche der bereits vorgekrümmte Draht danach gedrückt wird. Die Kontaktfläche eines Windwerkzeugs hat üblicherweise die Form einer Rille, die dem Draht seitliche Führung gibt und am Rillengrund in mehr oder weniger kleinflächigem Andruckkontakt mit dem ankommenden Draht steht. An der Kontaktfläche krümmt sich der Draht laufend und wird so zu einer Schraubenfeder umgeformt.

**[0005]** Windwerkzeuge besitzen mehrere Freiheitsgrade beim Einbau in eine Federwindmaschine. Neben der Positionierung eines Windwerkzeugs im kartesischen Raum, d.h. in Bezug auf das Maschinenkoordinatensystem, sind die Verdrehung der Windwerkzeuge um ihre eigene Achse und die Verkippung der Windwerkzeuge in Bezug auf eine Referenzrichtung zwei weitere Parameter, welche die Parameter der zu erzeugenden Feder beeinflussen. Die Verdrehung wird beispielsweise bei den in der DE 600 18 512 T2 beschriebenen Federwindmaschinen genutzt, um die Vorspannung des Federkörpers zu kontrollieren. Die Verkippung kann ebenfalls genutzt werden, um die Vorspannung des Federkörpers zu steuern.

**[0006]** Die richtige Einstellung der Windwerkzeuge beim Einrichten der Federwindmaschine für die Fertigung eines neuen Federtyps und/oder nach einem Werkzeugwechsel oder einem Nachschleifen eines Windwerkzeugs ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die üblicherweise nur von erfahrenen Maschinenbedienern in vernünftigen Zeiten zu leisten ist. Es gibt zahlreiche Ansätze, die das Ziel einer schnellen reproduzierbaren Einstellung von Windwerkzeugen an Federwindmaschinen verfolgen.

Beispielsweise beschreibt die gattungsgemäße **[0007]** DE 37 01 088 A1 eine Windeinrichtung für Federwindmaschinen mit auswechselbaren, voreinstellbaren Elementen. Sie weist Windestiftaufnahmen und Windestifthalterungen auf, die alle für die Ein- und Nachstellungen notwendigen Stellschrauben enthalten. Damit kann sowohl in einer geeigneten Einstellvorrichtung eine Voreinstellung, als auch später in der Maschine eine Nachjustierung durchgeführt werden. Die Einrichtung zum Voreinstellen ist so ausgebildet, dass an einer Mesachse die Winkelveränderungen abgenommen und auf einer Winkelmesseinrichtung angezeigt werden. Für die Verstellung in Achsrichtung ist eine Messuhranzeige vorhanden. Die in der Einstellvorrichtung vorgenommene Einstellung lässt sich vom Bediener ohne Verfälschung auf die Maschine übertragen. Die Reproduzierbarkeit vereinfacht und beschleunigt nicht nur die Grundeinstellung, sondern erlaubt auch ein Wechselverfahren mit verschiedenen Halterungen.

AUFGABE UND LÖSUNG

### AUFGABE UND LÖSUNG

**[0008]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Einstellung von Windwerkzeugen an Federwindmaschinen weiter zu vereinfachen. Es soll eine schnelle Einstellung von Windwerkzeugen an Federwindmaschinen mit hoher Präzision und zuverlässig reproduzierbaren Ergebnissen ermöglicht werden. Die Einstellarbeiten sollen auch für weniger erfahrene Bediener in kurzer Zeit zu leisten sein.

**[0009]** Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie eine Federwindmaschine mit den Merkmalen von Anspruch 11 vor. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum In-

halt der Beschreibung gemacht.

**[0010]** Bei dem Verfahren wird während der Einstelloperation eine automatische Referenzierung der Position des Windewerkzeugs durchgeführt. Dabei wird mindestens ein Kontaktflächen-Positionsparameter, welcher die Position der Kontaktfläche des Windewerkzeugs repräsentiert, automatisch, d.h. insbesondere ohne Zwischenschaltung eines Bedieners, an die Steuereinrichtung der Federwindemaschine übertragen. Durch die automatische Referenzierung wird ohne Eingriff eines Bedieners ein für die weitere Steuerung nutzbarer Bezug zwischen dem Maschinenkoordinatensystem der Federwindemaschine und der Position der Kontaktfläche hergestellt, so dass der Steuerung der Federwindemaschine aufgrund der Referenzierung bekannt ist, wo und wie die Kontaktfläche in Bezug auf das Maschinenkoordinatensystem positioniert ist.

**[0011]** Die Steuerung kann diese Information über die Position der Kontaktfläche in der Folge bei der Durchführung der Federwindeoperation berücksichtigen. Durch die Referenzierung wird die spezifische Geometrie des Windewerkzeugs der Steuerung bekanntgemacht, ohne dass ein Bediener eingreifen muss. Dieses Verfahren ist für jede Art von Windewerkzeugen geeignet. Beispielsweise kann das Windewerkzeug einen Windefinger mit zylindrischem Schaft aufweisen, der in eine zylindrische Bohrung eines Windestifthalers in geeigneter Axialposition eingesetzt und gegebenenfalls um seine Längsachse innerhalb der Aufnahmebohrung verdreht werden kann. Ein Windefinger kann auch einen Schaft mit polygonalem Querschnitt, z.B. Rechteckquerschnitt, haben. Das Windewerkzeug kann auch einen mit der Kontaktfläche versehenen, wendeplattenähnlichen Windeinsatz aufweisen, der an einem Windeinsatzhalter in definierter Position mittels Schrauben oder dergleichen befestigt werden kann. Aufgrund der vielen Freiheitsgrade der Positionierung eines Windewerkzeugs bzw. der Kontaktfläche bestehen prinzipiell auch viele Fehlermöglichkeiten, die zu einer Falscheinstellung und damit zur Produktion von Ausschuss oder schlechten Teilen führen kann. Durch die automatische Referenzierung können solche Fehler systematisch vermieden werden.

**[0012]** Manche Ausführungsformen sind dadurch gekennzeichnet, dass das Windewerkzeug, für welches eine automatische Referenzierung durchgeführt werden soll, bei der automatischen Referenzierung durch Betätigen mindestens eines Antriebs einer Maschinenachse in einer Anfahroperation in einer Zustellrichtung auf eine Federwindung bis in eine Kontaktposition zugestellt wird, in der ein vorab definierter Anfangskontakt mit der Federwindung vorliegt, und dass ein zu der Kontaktposition gehörender Achsparameter der Maschinenachse oder ein daraus abgeleiteter Parameter als Kontaktflächen-Positionsparameter an die Steuereinheit der Federwindemaschine übertragen wird. Diese Vorgehensweise nutzt die bei manchen numerisch gesteuerten Federwindemaschinen vorhandenen Möglichkeiten optimal und

schaft eine schnelle und präzise Referenzierungsmöglichkeit.

**[0013]** Der Begriff "Maschinenachse" bezeichnet allgemein eine bewegliche Einrichtung, die durch mindestens einen Antrieb, zum Beispiel einen elektromechanischen, elektrohydraulischen oder elektropneumatischen Antrieb, in mindestens einem mechanischen Freiheitsgrad bewegt werden kann. Es kann sich um eine translatorische Maschinenachse handeln, die beispielsweise einen linear beweglichen Schlitten bewegt, oder um eine rotatorische Maschinenachse, beispielsweise eine Spindel. Eine Maschinenachse kann grundsätzlich entweder ein Werkzeug bewegen oder das Werkstück.

**[0014]** Im Beispielsfall wird die Maschinenachse für die Zustellbewegung des zu referenzierenden Windewerkzeugs genutzt. Die Achsposition dieser Maschinenachse, welche bei Erreichen der Kontaktposition vorliegt, kann gespeichert und als Werkzeugnullpunkt bei nachfolgenden Operationen berücksichtigt werden. Insbesondere kann eine weitere Zustellung des Windewerkzeugs (nach Erreichen der Kontaktposition) bis in eine Soll-Position der Kontaktfläche in Abhängigkeit von dem in der Anfahroperation ermittelten Kontaktflächen-Positionsparameter gesteuert werden.

**[0015]** Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, das Erreichen des definierten Anfangskontakts zuverlässig festzustellen.

**[0016]** Bei einer Variante wird zum Durchführen der Anfahroperation eine Zustellkraft des Antriebs der für die Zustellbewegung zuständigen Maschinenachse auf einen Grenzwert begrenzt, der derart ausgelegt ist, dass der Antrieb stoppt, wenn der definierte Anfangskontakt erreicht ist. Hierbei wird ausgenutzt, dass die durch die angefahrte Federwindung erzeugte Gegenkraft bzw. der mechanische Widerstand, den diese Federwindung dem zugestellten Windewerkzeug entgegenbringt, ausreicht, um den Achsvorschub zu beenden. Der genannte Grenzwert kann beispielsweise eingestellt werden, indem das Motormoment des Antriebs oder die mit dem Motormoment direkt korrelierende Stromaufnahme des Antriebs auf einen geeignet geringen Wert begrenzt wird. Hierfür können ggf. vorhandene Einrichtungen moderner Antriebssysteme ausgenutzt werden, indem ein dem Antriebsmoment proportionales Momentensignal abgegriffen und für die Anfahroperation verarbeitet wird.

**[0017]** Eine kraftgesteuerte Zustellung beim automatischen Referenzieren wäre auch möglich, indem ein mit dem Windewerkzeug gekoppelter Kraftsensor vorgesehen wird, dessen Anzeige überwacht und zur Registrierung des Anfangskontakts ausgewertet wird.

**[0018]** Gemäß einem anderen Ansatz, der alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein kann, ist bei manchen Ausführungsformen vorgesehen, dass das Erreichen der Kontaktposition mittels einer optischen Erfassungseinrichtung optisch erfasst wird. Das Erreichen der Kontaktposition kann damit aus geeignetem Abstand berührungslos festgestellt werden. Als optische Erfassungseinrichtung kann beispielsweise ein Laser oder eine Ka-

mera (Zeilenkamera oder Flächenkamera) genutzt werden.

**[0019]** Allerdings ergeben sich beim Einrichten von Windewerkzeugen an Federwindemaschinen besondere Probleme bei der zuverlässigen Erfassung des Kontakts zwischen Federwindung und Windewerkzeug dadurch, dass die maßgebliche Kontaktfläche des Windewerkzeugs im Allgemeinen als in ihrer Längsrichtung gekrümmte Rille mit mehr oder weniger halbkreisförmigem Querschnitt gestaltet ist, um einerseits das Abdrängen des zugeführten Drahtes in Rillenlängsrichtung zu bewirken und andererseits dem Draht eine seitliche Führung zu verleihen. Die mehr oder weniger kleinflächige Kontaktzone zwischen Draht und Rillengrund ist nicht ohne weiteres von außen einsehbar, insbesondere da sie seitlich durch die Rillenwände verdeckt ist.

**[0020]** Bei einer Variante werden die Besonderheiten bei Federwindemaschinen dadurch berücksichtigt, dass das Erreichen der Kontaktposition mittels eines Bewegungssensors erfasst wird, der eine Bewegung des mit der Kontaktfläche des Windewerkzeugs in Kontakt tretenden Federabschnitts erfasst. Dieser befindet sich solange in relativer Ruhe, solange das Windewerkzeug noch nicht angesetzt hat. Erst wenn ein sicherer Berührungskontakt, d.h. ein definierter Anfangskontakt, zwischen Kontaktfläche und Federwindung hergestellt ist, mit dem auch Kräfte auf die Federwindung übertragen werden können, macht sich der Kontakt bei weiterer Zustellung des Windewerkzeugs als Bewegung des kontaktierten Federabschnitts bemerkbar. Diese Bewegung zeigt dann das Erreichen der Kontaktposition an. Mithilfe eines Bewegungssensors ist also eine indirekte Erfassung des Erreichens der Kontaktposition möglich.

**[0021]** Bei einer Ausführungsform wird diese Bewegung durch eine schräg oder frontal auf die Windesituation gerichtete Kamera erfasst, an die ein Bildverarbeitungssystem angeschlossen ist. Die Kamera fungiert als optischer Bewegungssensor. Es können auch nach anderen Prinzipien arbeitende Bewegungssensoren vorgesehen sein, z.B. mindestens ein induktiver Bewegungssensor, mindestens ein kapazitiver Bewegungssensor und/oder ein Bewegungssensor mit einem oder mehreren Lasern, die als Punktsensoren oder 2D-Sensoren ausgelegt sein können.

**[0022]** Die Zustellung eines Windewerkzeugs ist in der Regel bei Erreichen der Kontaktposition noch nicht beendet. Bei manchen Ausführungsformen wird das Windewerkzeug nach Erreichen der Kontaktposition um einen weiteren Zustellweg in Zustellrichtung zugestellt, wobei der weitere Zustellweg einem vorab bestimmten Betrag einer elastischen Auffederung einer Federwindung zwischen einer Soll-Position der Federwindung beim Federwinden und einer entspannten Position der Federwindung in Abwesenheit einer durch ein Windewerkzeug erzeugten, die Federwindung zusammendrückenden Seitenkraft entspricht.

**[0023]** Für einen bestimmten Federtyp bzw. eine bestimmte Federwindung kann der Betrag der elastischen

Auffederung vor Beginn der Einstelloperationen ermittelt und ein entsprechender Wert in der Steuerung der Federwindemaschine bereits hinterlegt sein.

**[0024]** Bei manchen Ausführungsformen wird der Betrag der elastischen Auffederung nach einer vorangegangenen Federwindeoperation ermittelt, indem eine erste Position einer Federwindung bei einem in Soll-Position stehenden Windewerkzeug und danach eine zweite Position der Federwindung nach vollständigem Zurückziehen des Windewerkzeugs zum Beispiel mittels einer Kamera ermittelt und der Betrag der elastischen Auffederung aus der Differenz der ersten und der zweiten Position berechnet wird. Die Bestimmung des Betrags der elastischen Auffederung kann beispielsweise unmittelbar vor dem Ausbauen eines vorher genutzten, beispielsweise verschlissenen Windewerkzeugs erfolgen.

**[0025]** Mit einem derartigen Verfahren bzw. einem solchen Messsystem kann die elastische Auffederung des verwendeten Drahtes bestimmt werden. Damit ist es auch möglich, die Kennlinien, welche die Maschine verwendet, um die elastische Auffederung intern herauszurechnen, automatisch zu ermitteln. Dadurch kann die Einrichtung eines neuen Drahttyps, Drahtdurchmessers, neuer Werkzeuge etc. deutlich vereinfacht werden. Zudem könnte bei Verwendung eines neuen Coils die Qualität des Drahtes so einfach geprüft werden.

**[0026]** Es ist auch möglich, den Betrag der elastischen Auffederung aus entsprechenden Federdaten, wie zum Beispiel Drahtdurchmesser, Elastizitätsmodul des Drahtmaterials etc. durch eine FEM-Simulation zu berechnen oder auf andere Weise zu ermitteln, so dass vorgelagerte messtechnische Ermittlungen entfallen können.

**[0027]** Ein anderer Ansatz für eine automatische Referenzierung besteht bei manchen Ausführungsformen darin, dass zunächst in einer Messoperation an dem Windewerkzeug ein Abstand zwischen der Kontaktfläche und einem definierten Referenzpunkt des Windewerkzeugs gemessen wird, ein dem Abstand entsprechendes Referenzmaß mit einem Bezug auf das gemessene Windewerkzeug im Sinne einer Werkzeugidentifizierung aufgezeichnet wird, dass beim Einsetzen des Windewerkzeugs in einen Werkzeughalter der Federwindemaschine der Referenzpunkt an einen Referenzort des Werkzeughalters positioniert wird und dass der Kontaktflächen-Positionsparameter aus der Position der Referenzorts und dem Referenzmaß ermittelt wird.

**[0028]** Die Messoperation wird normalerweise außerhalb der Federwindemaschine zeitlich vor dem Einbau des entsprechenden Windewerkzeugs durchgeführt. Durch die Messoperation werden Koordinaten der relevanten Zone der Kontaktfläche in einem Hilfskoordinatensystem des vermessenen Windewerkzeugs bestimmt. Der Referenzpunkt kann z.B. als Nullpunkt dieses Hilfskoordinatensystems genutzt werden. Beim Einbau des gemessenen bzw. vermessenen Windewerkzeugs an dem Werkzeughalter wird dann ein Bezug zwischen dem Hilfskoordinatensystem des Windewerk-

zeugs und dem Maschinenkoordinatensystem hergestellt, indem das Windewerkzeug bzw. der Referenzpunkt des Windewerkzeugs an einer bezüglich seiner Position im Maschinenkoordinatensystem bekannten Referenzort des Werkzeughalters positioniert wird. Anhand der Werkzeugidentifizierung und des zugehörigen Referenzmaßes ist es dann für die Steuerung möglich, die Position der Kontaktfläche im Maschinenkoordinatensystem zu errechnen und das Windewerkzeug danach weiter zu steuern.

**[0029]** Das Referenzmaß kann beispielsweise in einem Informationsträger des Windewerkzeugs aufgezeichnet werden und beim Einbau ausgelesen und an die Steuereinheit der Federwindemaschine übertragen werden. Zur Aufzeichnung kann beispielsweise ein Barcode, ein QR-Code oder ein RFID-Tag oder ein über eine USB-Schnittstelle oder eine andere Schnittstelle auslesbarer Halbleiterspeicher genutzt werden. Es ist auch möglich, eine Vielzahl von Referenzmaßen und zugehörigen Werkzeugidentifikationsdaten in einer für die Maschinensteuerung zugänglichen Datenbank zu speichern und das entsprechende Referenzmaß dann bei Eingabe der Werkzeugidentifizierung aus dem Speicher abzurufen und in die Steuerung der Federwindemaschine zu übernehmen.

**[0030]** Die Erfindung betrifft auch eine Federwindemaschine zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden, welche zur Durchführung des in dieser Anmeldung beschriebenen Verfahrens konfiguriert ist und entsprechende Komponenten bzw. Einrichtungen aufweist.

**[0031]** Eine solche Federwindemaschine kann insbesondere eine oder mehrere Einrichtungen zur direkten oder indirekten Erfassung der Kontaktfläche am Windewerkzeug bzw. des Kontakts zwischen dieser Kontaktfläche und einer Federwindung aufweisen. Zu den Einrichtungen können z.B. eine geeignet ausgerichtete Kamera und/oder ein Lasersystem und/oder eine kapazitive oder induktive Messeinrichtung gehören. Gelegentlich sind prinzipiell geeignete Einrichtungen an einer Federwindemaschine für andere Zwecke bereits vorhanden, z.B. eine Kamera zur Messung der Federlänge und/oder des Federdurchmessers. Diese könnte bei entsprechender Ausrichtung und Auswertung der Bildsignale für den hier vorgeschlagenen neuen Zweck verwendet werden.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0032]** Weitere Vorteile und Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung, die nachfolgend anhand der Figuren erläutert sind. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Übersichtsdarstellung einiger konstruktiver Elemente einer CNC-Federwindemaschine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 eine vergrößerte Detaildarstellung des Bereichs der Umformwerkzeuge mit zwei Windewerkzeugen;

5 Fig. 3 eine Perspektivansicht eines Windefingers zur Darstellung von Freiheitsgraden der Positionierung;

Fig. 4 die Einstellung eines Windefingers gemäß dem Stand der Technik (Fig. 4A) und gemäß einer Ausführungsform mit Vermessung des Windefingers (Fig. 4B);

10 Fig. 5 mehrere Phasen einer Ausführungsform der automatischen Referenzierung mittels optischer Drahtkrümmungserkennung;

Fig. 6 mehrere Phasen bei der Bestimmung der elastischen Auffederung einer Federwindung.

#### 20 DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

**[0033]** Die schematische Übersichtsdarstellung in Fig. 1 zeigt einige konstruktive Elemente einer CNC-Federwindemaschine 100 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Fig. 2 zeigt eine vergrößerte Detaildarstellung des Bereichs der Umformwerkzeuge mit zwei Windewerkzeugen.

**[0034]** Die Federwindemaschine 100 hat eine mit mehreren, z.B. drei Paaren von Zuführrollen 112 ausgestattete Zuführeinrichtung 110, die aufeinanderfolgende Drahtabschnitte eines von einem Drahtvorrat kommenden und durch eine Richteinheit geführten Drahtes 115 mit numerisch gesteuertem Vorschubgeschwindigkeitsprofil in horizontaler Vorschubrichtung 117 in den Bereich einer Umformeinrichtung 120 zuführen kann. Einige Komponenten der Umformeinrichtungen sind z.B. in Fig. 2 gut zu erkennen. Der Draht kann austrittsseitig der Zuführrollen durch eine Drahtführungseinrichtung 116 geführt werden.

**[0035]** Der Draht wird mit Hilfe von numerisch gesteuerten Werkzeugen der Umformeinrichtung 120 zu einer Schraubenfeder F umgeformt. Zu den Werkzeugen gehören zwei um 90° winkelfersetzt angeordnete Windewerkzeuge, nämlich ein erstes Windewerkzeug 122 und ein zweites Windewerkzeug 124. Die Windewerkzeuge bzw. deren Längsachsen sind in Radialrichtung zur Mittelachse 118 bzw. zur Lage der gewünschten Federachse ausgerichtet und dafür vorgesehen, den Durchmesser der Schraubenfeder zu bestimmen. Die Position der Windewerkzeuge in Bezug auf das kartesische Maschinenkoordinatensystem MKS mit orthogonalen Achsen x, y und z 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. Eine entsprechende Einstellung ist auch während des Federwindeprozesses mög-

lich, um den Durchmesser in Abhängigkeit von der axialen Position einer Windung entlang der Feder zu ändern. Die Bewegungen können mit Hilfe elektrischer Antriebe unter Kontrolle der numerischen Steuerung vorgenommen werden. Details werden in Zusammenhang mit Fig. 2 und 3 erläutert. Andere Ausführungsformen haben nur ein einziges Windewerkzeug.

**[0036]** Ein Steigungswerkzeug 130 hat eine im Wesentlichen senkrecht zur Federachse ausgerichtete Wirkfläche, die neben den Windungen der sich entwickelnden Schraubenfeder eingreift. Das Steigungswerkzeug ist mit Hilfe eines numerisch gesteuerten Verstellantriebs der entsprechenden Maschinenachse parallel zur Achse 118 der sich entwickelnden Schraubenfeder (d.h. senkrecht zur Zeichnungsebene) verfahrbar. 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. Es gibt auch Varianten ohne gesondertes Steigungswerkzeug, bei denen die Steigung über die Windewerkzeuge eingestellt wird.

**[0037]** Die zu den Werkzeugen gehörenden Maschinenachsen der CNC-Maschine werden durch eine computernumerische Steuereinrichtung 180 gesteuert, die Speichereinrichtungen beinhaltet, in denen die Steuerungssoftware residiert, zu der u.a. ein NC-Steuerprogramm für die Arbeitsbewegungen der Maschinenachsen gehört. Die Maschinenachsen werden in dieser Anmeldung mit Großbuchstaben A, B, C, ... Z und ggf. Ziffern (z.B. Z1) gekennzeichnet, während die Achsen des Maschinenkoordinatensystems mit Kleinbuchstaben x, y, z bezeichnet sind. Die Z-Achse (Maschinenachse) ist in der Regel nicht parallel zur z-Achse des Maschinenkoordinatensystems.

**[0038]** Die Fig. 2 zeigt die Situation im Bereich der beiden Windewerkzeuge 122, 124 im Detail. Der in Zufuhrrichtung 117 durch die Drahtführung 116 geführte Draht trifft zunächst auf eine schräggestellte Kontaktfläche K1 des ersten Windewerkzeugs 122 und wird durch den Kontakt mit dieser Kontaktfläche bogenförmig gekrümmt und nach oben in Richtung des zweiten Windewerkzeugs 124 abgedrängt. An der Kontaktfläche K2 des zweiten Windewerkzeugs wird die sich entwickelnde Federwindung nochmals seitlich abgedrängt und nimmt die gewünschte Kreisbogenform ein.

**[0039]** Die Kontaktflächen K1, K2 sind genau wie die Kontaktfläche K in Fig. 3 stirnseitig an dem jeweiligen Windewerkzeug angebracht und haben die Form einer in Längsrichtung gekrümmten Rille mit im Wesentlichen C-förmigem Querschnitt. Eine Ebene durch die Mittellinie des Rillengrunds definiert die Rillenebene. Der zugeführte Draht wird im Wesentlichen in der Rillenebene gekrümmt.

**[0040]** Die Position jedes der Windewerkzeuge ist in mehreren Richtungen mittels zugeordneter Maschinenachsen über die Steuerung der Federwindemaschine veränderbar. Eine translatorische Z1-Achse verläuft in Längsrichtung des ersten Windewerkzeugs 122 und dient der radialen Zustellung in Richtung der zu beeinflussenden Federwindung. Die dazu senkrechte X1-Achse verläuft parallel zur Achse 118 des Maschinenkoordinatensystems. Zu diesen beiden Achsen senkrecht verläuft die Y1-Achse in Querrichtung. Entsprechende Maschinenachsen Z2 (radiale Zustellung) sowie X2 und Y2 sind für das zweite Windewerkzeug 124 vorgesehen.

**[0041]** Um die Freiheitsgrade bei der Verstellung von Windewerkzeugen zu verdeutlichen, zeigt Fig. 3 anstelle der Windeinsätze aus Fig. 1 einen Windefinger 300 mit einem zylindrischen Schaft 302, an dessen vorderer Stirnseite die rillenförmige Kontaktfläche K ausgebildet ist. Der Windefinger kann grundsätzlich im kartesischen Raum an verschiedenen Positionen positioniert werden. Der Windefinger kann parallel zu seiner Längsachse 304 mittels einer Z-Maschinenachse (Zustellachse) zugestellt werden. Die Verdrehung des Windefingers um seine Längsachse (Drehwinkel  $\alpha$ ) und eine Verkippung des Windefingers (Kippwinkel  $\beta$ ) sind weitere Parameter, die die Parameter der zu erzeugenden Feder beeinflussen.

**[0042]** Der Begriff "Position des Windewerkzeugs" ist in dieser Anmeldung nicht auf die Position in Längsrichtung des Windewerkzeugs (verstellbar z.B. über die Z-Maschinenachse) beschränkt. Die Drehposition (Drehwinkel  $\alpha$ ) und die Kippposition (Drehwinkel  $\beta$ ) können ggf. ebenfalls über Ansteuerung geeigneter Maschinenachsen über die Steuereinrichtung verändert bzw. eingestellt. Demensprechend kann ein Kontaktflächen-Positionsparameter nicht nur Information über die Position entlang einer linearen Zustellrichtung enthalten, sondern alternativ oder zusätzlich auch Information über die Drehposition und/oder die Kippposition.

**[0043]** Eine bisher übliche Technik bei der Einstellung eines solchen Windewerkzeugs mit Windefinger wird im Zusammenhang mit Fig. 4A erläutert. Der Windefinger wurde in der Regel in einer zylindrischen Bohrung eines Werkzeughalters 310 aufgenommen. Dabei war der Abstand A der stirnseitigen Kontaktfläche K zu einer Referenzfläche REF1 am Werkzeughalter nicht definiert. Beim Einbau konnte der Bediener mit Hilfsmitteln wie Messschieber oder Lehren dafür sorgen, dass dieser Abstand A konstant blieb bzw. richtig eingestellt wurde. Da die Kontaktfläche durch den Reibverschleiß beim Kontakt mit dem vorbeilaufenden Draht während des Federwindens allmählich verschleißt, vermindert sich im Betrieb dieses Maß zwischen der Kontaktfläche und der Referenzfläche. Damit die Feder durch diesen Verschleiß nicht im Durchmesser des Federkörpers größer wird, wurde teils manuell, teils mit Unterstützung einer Kameramessung automatisch über Betätigung der Z-Maschinenachse das Windewerkzeug nachgestellt. Durch die Nachstellung der Achse Z wurde damit auch der sich durch den Verschleiß verändernde Abstand A

kompensiert. Beim Einbau eines neuen Windefingers musste die Position der Z-Achse manuell verändert werden, um zum Beispiel bei Einsetzen eines noch nicht verschlissenen Windefingers die Fertigung eines zu kleinen Federkörpers zu vermeiden.

**[0044]** Bei einer Ausführungsform der Erfindung werden derartige Probleme durch eine automatische Referenzierung der Position der Kontaktfläche K vermieden. Dabei wird auf einfache Weise erreicht, die Achspositionswerte der zur Zustellung des Windewerkzeugs vorgesehenen Z-Maschinenachse und ein Referenzmaß in der Steuerung der Maschine so zu verarbeiten, dass der Bediener bei einem Wechsel der Windefinger keine Einstellung oder Justage mehr vornehmen muss (vgl. Fig. 4B).

**[0045]** Dabei wird ein Windefinger vor seinem Einbau vorgemessen. Bei der Messoperation bzw. Vermessungsoperation wird ein Referenzmaß C zwischen der Kontaktfläche K am Windefinger und einem Referenzpunkt REF2 am Windefinger ermittelt. Der Referenzpunkt kann z.B. an der der Kontaktfläche gegenüber liegenden Stirnfläche des Windefingers liegen. Das Referenzmaß C entspricht im Wesentlichen dem Abstand der Kontaktfläche zum Referenzpunkt REF, gemessen am tiefsten Punkt der gekrümmten Rille parallel zur Längsachse des Windefingers. Dieser durch Vermessen bestimmte Wert des Referenzmaßes C kann zum Beispiel als Zahlenwert gedruckt oder codiert als Bar-Code oder QR-Code oder elektronisch (USB, RFID) gemeinsam mit dem Windefinger vorgehalten und ausgeliefert werden. Bei Einbau eines neuen, vorgemessenen Windefingers kann durch Einlesen des Referenzmaßes C auf eine manuelle Einrichtung verzichtet werden, wenn das Spannsystem für den Windefinger in der Federwindemaschine den Windefinger so positioniert, dass der Referenzpunkt REF2 am Windefinger immer an der gleichen Stelle, also am gleichen Referenzort des Werkzeugträgers 310, positioniert wird. Hierfür ist im Beispielsfall ein mechanischer Anschlag 320 am Werkzeugträger 310 bzw. an der Windeplattform der Federwindemaschine vorgesehen. Die Position des Anschlags im Maschinenkoordinatensystem ist bekannt, so dass bei einem am Anschlag sitzenden Windefingers auch die Position der Kontaktfläche mithilfe des Referenzmaßes C errechnet werden kann. Eine mechanische Einstellung des Windefingers durch einen Bediener ist damit nicht mehr notwendig.

**[0046]** Wenn der Steuerung der Federwindemaschine das Referenzmaß C durch manuelle Eingabe durch den Bediener oder durch halbautomatische oder automatische Übertragung entsprechender Daten an die Steuerung mitgeteilt wird, ist es möglich, unter Nutzung der vorher gemessenen und daher bekannten Werte B und A der Einstellung des davor eingesetzten Windefingers die Achsposition Z der Maschinenachse zu ermitteln, welche die Kontaktfläche des neu eingesetzten Windefingers genau in die richtige Position Z' positioniert, die dann der Nullpunkt der Achse ist.

**[0047]** Bei der Herstellung einer Schraubendruckfeder

reduziert sich das Maß C zwischen der Kontaktfläche des Windefingers und dem Referenzpunkt auf dem Windefinger durch mechanischen Reibverschleiß. Die Federwindemaschine erfasst das in der Regel bei einer Fertigung mit einem Kamerasystem über den Durchmesser des Federkörpers, welcher allmählich zunimmt. Die Zustellung des Windefingers über die Z-Achse wird über die Veränderung der Z-Position kompensiert. Beim Ausbau des Windefingers, zum Beispiel um den Windefinger gegen einen noch nicht verschlissenen Windefinger auszutauschen, kann der aktuelle Wert des Referenzmaßes C in einer Datenbank, beispielsweise in einer Speichereinrichtung der Steuerung der Maschine, oder in einer zentralen Datenbank gespeichert werden. Bei Verwendung eines RFID-Chips kann der aktuelle Wert C auch auf dem RFID-Chip, welcher mit dem Windefinger verbunden ist, gespeichert werden. Wird der gebrauchte Windefinger wieder eingesetzt, wird er beispielsweise über einen Bar-Code oder einen QR-Code identifiziert. Aus der Datenbank wird dann der zuletzt abgespeicherte Wert A ausgelesen und für die weitere Steuerung verarbeitet.

**[0048]** Alternativ ist es auch möglich, dass aus einem am Windefinger befestigten RFID-Chip oder einem anderen Informationsträger der zuletzt gespeicherte A-Wert ausgelesen wird. Damit kann auch bei Verwendung von bereits gebrauchten Windefingern die Federwindemaschine in Betrieb genommen werden, ohne dass mechanische Einstellungen durch den Bediener notwendig sind.

**[0049]** Bei manchen Ausführungsbeispielen ist vorgesehen, dass auch die Verdrehung des Windefingers und eine gegebenenfalls vorhandene Verkipfung des Windefingers fixiert werden. Hierdurch kann ein einfacher Wechsel des Windefingers ohne Bedieneingriff noch weiter begünstigt werden. Dazu kann die Konstruktion so gewählt sein, dass der Windefinger immer in einem bezüglich des Drehwinkels  $\alpha$  eindeutigen Wert in die Maschine eingesetzt wird. Dies kann beispielsweise durch geeignete Anschläge realisiert werden. Wenn diese Bewegungen nicht durch geeignete Maschinenachsen ausgeführt werden können, kann die Position, welche für eine Schraubendruckfeder gefunden wurde, zum Beispiel durch einen Nonius angezeigt werden. Bei einer Neueinrichtung der Federwindemaschine zur Produktion dieser Feder reicht es dann aus, den Nonius wieder auf den vorab gefundenen und gespeicherten oder auf andere Weise festgehaltenen Wert einzustellen.

**[0050]** Es kann also auf einfache Weise erreicht werden, bei einem Wechsel eines Windefingers das Referenzmaß, welches den Abstand der Kontaktfläche zu einem Referenzmaß am Windefinger beschreibt, an die Steuerung der Federwindemaschine zu übertragen. Die Maschine kann dann auf Grundlage dieses Referenzmaßes die Position der Z-Achse selbsttätig korrigieren und sichert damit die exakte Positionierung der Kontaktfläche des Windefingers an ihrer Soll-Position ab. Zusätzlich zu der x-y-z-Positionierung der Kontaktfläche im Koordina-

tensystem der Maschine kann vorgesehen sein, die Verkipfung und/oder eine Verdrehung des Windefingers mit einer mechanischen Skala oder als Achsbewegung zu speichern. Auf diese Weise können bei der Umstellung auf einen anderen Federtyp diese Winkel bzw. entsprechende Daten übertragen werden, so dass manuelle Korrekturen gegebenenfalls nur noch als Feinkorrekturen nötig sind.

**[0051]** Es sind auch Varianten möglich, die ohne eine vorherige Vermessung eines Windefingers oder eines anderen Teils eines Windewerkzeugs eine automatische Referenzierung der Position der Kontaktfläche erlauben. Die nachfolgenden Varianten nutzen die Möglichkeiten moderner Federwindemaschinen, die über eine Maschinenachse verfügen, mit der ein Windewerkzeug in einer definierten Zustellbewegung in Richtung auf eine Federwindung unter Steuerung durch die Steuereinheit definiert zugestellt werden kann. Mithilfe einer derartigen Maschinenachse kann das Windewerkzeug exakt positioniert werden. Die für eine exakte Positionierung erforderlichen Informationen liegen jedoch beispielsweise nach dem Ausbau eines Windewerkzeugs oder nach Veränderungen der Gesamtlänge des Windewerkzeugs, beispielsweise durch Nachschleifen oder Anpassen der Geometrie im Bereich der vorderen Kontaktfläche, nicht mehr vor.

**[0052]** Bei einer Ausführungsform ist ein automatisches Referenzierungssystem vorgesehen, mit dessen Hilfe auch unter diesen Bedingungen eine schnelle, exakte und wiederholgenaue Werkzeugpositionierung beim Einrichten nach einem Werkzeugwechsel oder bei einem Neueinrichten möglich ist. Hierbei wird bei der Federwindemaschine aus Fig. 1 und 2 genutzt, dass für die Zustellbewegung des ersten Windewerkzeugs 122 in der Z1-Richtung eine Z1-Maschinenachse und für die Zustellbewegung des zweiten Windewerkzeugs 124 parallel zur Z2-Zustellrichtung eine Z2-Maschinenachse vorgesehen ist. Die zugehörigen Antriebe M1 und M2 dieser Maschinenachsen werden über die Steuereinrichtung 180 gesteuert.

**[0053]** Zunächst erfolgt der Einbau eines Windewerkzeugs an der Federwindemaschine. Beispielsweise kann ein Windefinger in eine Windefingeraufnahme oder ein Windeinsatz an einem Windeinsatzhalter der Federwindemaschine eingesetzt und in dieser Aufnahme fixiert werden. Beispielsweise sei hier das Vorgehen beim ersten Windewerkzeug 122 in Fig. 2 näher erläutert.

**[0054]** Nach dem Einbauen des Werkzeugs wird durch Betätigen des zugehörigen Antriebs M1 der Z1-Maschinenachse eine Anfahroperation eingeleitet, bei der das Windewerkzeug in einer Zustellrichtung (Z1-Richtung) auf eine Federwindung FW zugestellt wird. Eine Besonderheit besteht nun darin, dass für diese Anfahroperationen das Motormoment des ersten Antriebs M1 bzw. die damit korrelierende Stromaufnahme durch Anpassung von Eingabeparametern auf einen sehr niedrigen Wert begrenzt wird. Beim Verfahren des Windewerkzeugs über die Z1-Achse in Richtung des Drahts bzw. des Dorn-

mittelpunkts erreicht das Windewerkzeug dann eine Kontaktposition, in der die stirnseitige Kontaktfläche K1 des Windewerkzeugs auf die Außenseite des Drahts der Federwindung trifft. Beim Versuch einer weiteren Zustellung bringt der Draht dem Motor der Maschinenachse des Windewerkzeugs eine Kraft bzw. einen Widerstand entgegen. Dieser Widerstand führt dazu, dass für eine weitere Zustellung des Windewerkzeugs in die Zustellrichtung, d.h. für ein weiteres Verfahren der zugehörigen Z1-Maschinenachse, eine höhere Kraft bzw. ein höheres Drehmoment oder eine höhere Stromaufnahme des Antriebsmotors M1 zur Realisierung des Achsverfahrwegs erforderlich ist. Die Einstellung des Grenzwerts für das Motordrehmoment ist nun so getroffen, dass bei einem gewissen geringen Widerstand der zulässige Grenzwert für die Stromaufnahme bzw. das Drehmoment der Achse überschritten wird, so dass die Maschinenachse stehenbleibt. Damit ist ein definierter Anfangskontakt hergestellt. Der zu dieser Kontaktposition gehörende Achsparameter der Maschinenachse oder ein daraus abgeleiteter Parameter wird dann als Kontaktflächen-Positionsparameter in die Steuerung der Federwindemaschine übernommen, so dass die automatische Referenzierung abgeschlossen ist. Jede weitere Zustellung des Windewerkzeugs über die Z1-Maschinenachse bis in eine Soll-Position der Kontaktfläche kann dann in Abhängigkeit von dem Kontaktflächen-Positionsparameter gesteuert werden.

**[0055]** Eine alternative Ausführungsform der Realisierung einer automatischen Referenzierung wird anhand von Fig. 5 beschrieben. Dabei erfolgt eine Referenzierung der Windewerkzeuge über eine optische Drahtkrümmungserkennung bzw. über das Erfassen von Bewegungen berührter Drahtabschnitte bzw. Federwindungsabschnitte beim Zustellen eines Windewerkzeugs. Hierzu hat die zugehörige Ausführungsform einer Federwindemaschine eine in Fig. 2 nur schematisch dargestellte Kamera KAM, die in der Weise auf mindestens eine Federwindung gerichtet ist, dass eventuelle Bewegungen der Federwindung, die mit einer Vergrößerung oder Verkleinerung des Krümmungsradius verbunden sind, präzise und zuverlässig qualitativ und quantitativ erfasst werden können. Es kann sich um eine Zeilenkamera oder um eine Flächenkamera handeln. Die Kamera ist bei dem Ausführungsbeispiel so ausgerichtet, dass sie frontal, also im Wesentlichen parallel zur Achse 118 der Federwindemaschine, auf die Windesituation in der Weise gerichtet ist, dass eine den Windewerkzeugen zugewandte Halbwindung FW und die beiden drahtberührenden Windewerkzeuge innerhalb des zweidimensionalen Bildfeldes BF liegen (vgl. Fig. 5A oder 6A).

**[0056]** In Fig. 5A, 5B wird die Ermittlung der Kontaktpositionen für das unten angeordnete erste Windewerkzeug 122 beschrieben, mit dem der Draht zunächst in Kontakt tritt. Die Fig. 5C und 5D zeigen die Ermittlung der Kontaktpositionen für das obere zweite Windewerkzeug 124.

**[0057]** Nach Einbau und Fixierung der Windewerkzeuge

ge an den entsprechenden Werkzeughaltern werden automatische Anfahroperationen für beide Windwerkzeuge nacheinander durchgeführt. Zunächst fährt das untere erste Windwerkzeug 122 im Kriechgang, d.h. bei geringem Motordrehmoment, in Richtung auf die Halbwindung FW zu. Der Pfeil ZU gibt hier die Zustellrichtung an, die (für beide Windwerkzeuge) unter 65° zur Horizontalen (Drahtzufuhrriechung) verläuft. Diese Zustellrichtung kann auch beim schematischen Beispiel von Fig. 2 vorgesehen sein. Diese Bewegung wird durch die frontal auf die Halbwindung gerichtete Kamera KAM erfasst. Sobald die stirnseitige Kontaktfläche K1 des Windwerkzeugs den Draht berührt und das Windwerkzeug geringfügig weiter zugestellt wird, wird die Halbwindung nach innen gekrümmt (gestrichelte Linien). Diese Bewegung wird durch die Kamera erfasst. Beim ersten Erkennen einer signifikanten Bewegung des Drahts wird ein Stoppsignal an die Steuerung übertragen. Diese stoppt die zugehörige CNC-Maschinenachse und deren Position wird gespeichert.

**[0058]** Danach fährt die CNC-Achse noch um den Betrag der elastischen Auffederung AF der Halbwindung vor und steht dann in der exakten Position für den zu windenden Federdurchmesser (Fig. 5B).

**[0059]** Derjenige Teil der Federwindung, welcher sich jenseits des ersten Windwerkzeugs 122 befindet und vor dem zweiten Windwerkzeug 124 vorbeiläuft, ist in dieser Situation noch mechanisch entspannt. Eine entsprechende Anfahroperation wird dann über Betätigung des zweiten Antriebs M2 vom oberen zweiten Windwerkzeug 124 durchgeführt. Auch hier macht sich das Auftreffen der Kontaktfläche des Windwerkzeugs am Draht durch eine nach innen gerichtete Bewegung der Restwindung bemerkbar, welche von der Kamera erfasst wird (Fig. 5C). Sobald eine Bewegung erkannt wird, stoppt die Z2-Maschine und ihre Position wird gespeichert. Nun fährt die Z2-Maschinenachse noch um den Betrag der elastischen Auffederung der Restwindung vor und steht dann exakt in der für den Federwindprozess vorgesehenen Soll-Position (Fig. 5D). In dieser Situation ist auch die jenseits des ersten Windwerkzeugs 122 liegende Halbwindung gespannt und der Draht nimmt eine halbkreisförmige Krümmung an..

**[0060]** Die Bewegung des Drahts bzw. der Halbwindung wird jeweils an einem Messpunkt MP direkt am Ende der Drahrille, d.h. am austrittsseitigen Ende der Kontaktfläche, gemessen, also in der Nähe desjenigen Punkts, an welchem der Draht das jeweilige Windwerkzeug verlässt. Es hat sich gezeigt, dass hierdurch besonders präzise reproduzierbare Einstellungen der Federgeometrie möglich sind.

**[0061]** Der Betrag der elastischen Auffederung, d.h. der Auffederweg, wird bei dieser Verfahrensvariante vor dem Ausbau der alten, vorher verwendeten Windwerkzeuge durchgeführt. Das Vorgehen wird anhand von Fig. 6 erläutert. Dazu wird vor dem Ausbau der alten Windwerkzeuge die Stellung der eingespannten Halbwindung durch die Kamera erfasst. Dann fährt die CNC-Maschi-

nenachse mit dem zugehörigen Windwerkzeug solange zurück, bis keine Auffederungsbewegung durch die Kamera mehr erkannt wird. Der Differenzweg AF zwischen der Soll-Position des Windwerkzeugs beim Federwinden und derjenigen zurückgezogenen Position, in welcher der vom zurückfahrenden Windwerkzeug gespannte Windungsabschnitt gerade voll entspannt ist, wird als Betrag der elastischen Auffederung in einem Speicher der Steuerung gespeichert.

**[0062]** Wie in Fig. 6 gezeigt, wird der Betrag der elastischen Auffederung bei Bedarf für jedes Windwerkzeug separat ermittelt. Bei der Situation in Fig. 6A sind beide Windwerkzeuge noch in der innenliegenden Sollposition und die Halbwindung FW ist kreisbogenförmig gespannt. Fig. 6B zeigt die Situation nach Zurückziehen des oberen Windwerkzeugs in der Stellung, bei der die Restwindung voll entspannt ist. Der Betrag der elastischen Aufweitung ist die in Zustellrichtung (Z2-Richtung) gemessene Differenz der Position der Seele des Drahts im voll gespannten Zustand (gestrichelt) und im gerade entspannten Zustand. In dieser Situation ist der Windungsanfang nahe dem unteren ersten Windwerkzeug 122 noch gespannt. Danach wird eine entsprechende Operation mit dem unteren Windwerkzeug durchgeführt, indem das untere Windwerkzeug zurückgezogen und der zugehörige Betrag der elastischen Auffederung in analoger Weise ermittelt wird.

**[0063]** Einige Aspekte der Erfindung wurden am Beispiel der automatischen Referenzierung derjenigen Windwerkzeuge erläutert, die den Durchmesser der Federwindungen wesentlich bestimmen. Derartige Windwerkzeuge können in manchen Fällen über die Drehstellung auch die Steigung und/oder Vorspannung einer Feder vorgeben. Die Erfindung kann auch genutzt werden, um die Position eines Steigungswerkzeugs zu referenzieren, welches gesondert von den zur Durchmesservorgabe vorgesehenen Windwerkzeugen vorgesehen ist (z.B. Steigungswerkzeug 130 in Fig. 1). Solche beim Federwinden genutzten Steigungswerkzeuge sind insoweit auch als Windwerkzeuge im Sinne dieser Anmeldung zu verstehen. Auch diese können mit Hilfe entsprechender automatischer Referenzierung automatisch positioniert werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Schraubenfedern (F) durch Federwinden mittels einer numerisch gesteuerten Federwindmaschine (100), worin ein Draht (115) unter der Steuerung durch ein NC-Steuerprogramm durch eine Zuführeinrichtung einer Umformeinrichtung (120) der Federwindmaschine zugeführt, mit Hilfe von Werkzeugen der Umformeinrichtung zu einer Schraubenfeder umgeformt und eine fertiggestellte Schraubenfeder anschließend mittels einer Schnitteinrichtung von dem zugeführten Draht abgetrennt wird,

- wobei die Umformwerkzeuge mindestens ein Windewerkzeug (122, 124) mit einer zum Kontakt mit dem zugeführten Draht vorgesehenen Kontaktfläche (K, K1, K2) umfassen und das Windewerkzeug vor einer Federherstellung in einer Einstelloperation eingestellt wird,
- dadurch gekennzeichnet, dass** während der Einstelloperation eine automatische Referenzierung einer Position des Windewerkzeugs durchgeführt wird, wobei mindestens ein die Position der Kontaktfläche (K, K1, K2) repräsentierender Kontaktflächen-Positionsparameter ermittelt und automatisch an die Steuereinrichtung (180) der Federwindemaschine (100) übertragen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Windewerkzeug (122, 124) bei der automatischen Referenzierung durch Betätigen mindestens eines Antriebs (M1, M2) einer Maschinenachse in einer Anfahroperation in einer Zustellrichtung auf eine Federwindung (FW) bis in eine Kontaktposition zugestellt wird, in der ein vorab definierter Anfangskontakt mit der Federwindung (FW) vorliegt, und dass ein zu der Kontaktposition gehörender Achsparameter der Maschinenachse oder ein daraus abgeleiteter Parameter als Kontaktflächen-Positionsparameter an die Steuereinheit (180) der Federwindemaschine (100) übertragen wird.
  3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine weitere Zustellung des Windewerkzeugs (122, 124) bis in eine Sollposition der Kontaktfläche in Abhängigkeit von dem Kontaktflächen-Positionsparameter gesteuert wird.
  4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Durchführen der Anfahroperation eine Zustellkraft des Antriebs (M1, M2) auf einen Grenzwert begrenzt wird, der derart ausgelegt ist, dass der Antrieb stoppt, wenn der definierte Anfangskontakt erreicht ist, wobei vorzugsweise ein Grenzwert für das Motordrehmoment und/oder die Stromaufnahme des Antriebs so eingestellt wird, dass bei einem vorgegebenen Widerstand der Federwindung (FW) der eingestellte Grenzwert überschritten wird, so dass die Maschinenachse stehenbleibt, wodurch ein definierter Anfangskontakt hergestellt wird.
  5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erreichen der Kontaktposition mittels einer optischen Erfassungseinrichtung optisch erfasst wird.
  6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erreichen der Kontaktposition mittels eines Bewegungssensors, insbesondere einer Kamera (KAM), erfasst
- wird, der eine Bewegung eines mit der Kontaktfläche des Windewerkzeugs (122, 124) in Kontakt tretenden Federabschnitts erfasst.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Windewerkzeug (122, 124) nach Erreichen der Kontaktposition um einen weiteren Zustellweg in Zustellrichtung zugestellt wird, wobei der weitere Zustellweg einem Betrag einer elastischen Auffederung einer Federwindung (FW) zwischen einer Sollposition der Federwindung beim Federwinden und einer entspannten Position der Federwindung in Abwesenheit einer durch ein Windewerkzeug erzeugten, die Federwindung zusammendrückenden Seitenkraft entspricht.
  8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrag der elastischen Auffederung nach einer vorangegangenen Federwindoperation ermittelt wird, indem eine erste Position einer Federwindung (FW) bei einem in Sollposition stehenden Windewerkzeug (122, 124) und eine zweite Position der Federwindung nach Zurückziehen des Windewerkzeugs ermittelt und der Betrag der elastischen Auffederung aus einer Differenz der ersten und der zweiten Position berechnet wird.
  9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer dem Einbau an der Federwindemaschine (100) vorgeschalteten Vermessungsoperation an dem Windewerkzeug (122, 124) ein Abstand zwischen der Kontaktfläche und einem definierten Referenzpunkt (REF) des Windewerkzeugs gemessen wird, ein dem Abstand entsprechendes Referenzmaß (c) mit einem Bezug auf das vermessene Windewerkzeug aufgezeichnet wird, beim Einsetzen des Windewerkzeugs in einen Werkzeughalter der Federwindemaschine der Referenzpunkt (REF) an einem Referenzort des Werkzeughalters positioniert wird und der Kontaktflächen-Positionsparameter aus der Position des Referenzorts und dem Referenzmaß ermittelt wird.
  10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Referenzmaß (c) in einem Informationsträger des Windewerkzeugs aufgezeichnet wird.
  11. Federwindemaschine (100) zur Herstellung von Schraubenfedern (F) durch Federwinden umfassend:
    - eine Zuführeinrichtung (110) zum Zuführen von Draht (115) zu einer Umformeinrichtung (120), die mindestens ein Windewerkzeug (122, 124)

aufweist, welches eine zum Kontakt mit dem zugeführten Draht vorgesehene Kontaktfläche (K, K1, K2) umfasst, wobei das Windewerkzeug vor einer Federherstellung in einer Einstelloperation einstellbar ist, und

eine Steuereinrichtung (180) zur Steuerung der Zuführeinrichtung und der Umformeinrichtung auf Basis eines NC-Steuerprogramms,

**gekennzeichnet durch,**

ein Referenzierungssystem zur automatischen Referenzierung der Position des Windewerkzeugs, wobei das Referenzierungssystem derart konfiguriert ist, dass bei der Einstelloperation mindestens ein die Position der Kontaktfläche repräsentierender Kontaktflächen-Positionsparameter ermittelbar und automatisch an die Steuereinrichtung (180) der Federwindmaschine übertragbar ist.

12. Federwindmaschine nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Federwindmaschine (100) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 konfiguriert ist.

#### Claims

1. Method for producing coil springs (F) by spring winding using a numerically controlled spring winding machine (100), wherein a wire (115) is supplied to a forming device (120) of the spring winding machine by a supply device controlled by a NC control program, is deformed to a coil spring by means of tools of the forming device and, subsequently, a completed coil spring is severed from the supplied wire using a cutting device, wherein the forming tools comprise at least one winding tool (122, 124) having a contact surface (K, K1, K2) provided for contacting the supplied wire, and the winding tool is adjusted in an adjustment operation prior to spring production, **characterized in that,** during the adjustment operation, automated referencing of a position of the winding tool is performed, wherein at least one contact surface position parameter representing the position of the contact surface (K, K1, K2) is obtained and transferred automatically to the control device (180) of the spring winding machine (100).
2. Method according to claim 1, **characterized in that,** during automated referencing, the winding tool (122, 124) is infed up to a contact position by actuating at least one drive (M1, M2) of a machine axis in an approaching operation in an infeeding direction to a spring winding (FW), with an existing pre-defined initial contact to the spring winding (FW), and **in that** an axis parameter of the machine axis related to the contact position or a parameter derived therefrom is transmitted as a contact surface position parameter to the control device (180) of the spring winding machine (100).
3. Method according to claim 2, **characterized in that** further infeeding of the winding tool (122, 124) up to a set point position of the contact surface is controlled in response to the contact surface position parameter.
4. Method according to claim 2 or 3, **characterized in that** for performing the approaching operation an infeeding force of the drive (M1, M2) is limited to a limit value which is designed such that the drive stops when the defined initial contact is reached, wherein preferably a limit value for the motor torque and/or the power consumption of the drive is adjusted such that the adjusted limit value is exceeded with a predetermined resistance of the spring winding (FW), causing the machine axis to stop, whereby a defined initial contact is produced.
5. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** there is optical detection of reaching the contact position using an optical detector device.
6. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** there is detection of reaching the contact position using a motion sensor, in particular a camera (KAM), configured to detect a motion of a spring portion contacting the contact surface of the winding tool (122, 124).
7. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that,** upon reaching the contact position, the winding tool (122, 124) is infed by a further infeeding length in the infeeding direction, wherein the further infeeding length corresponds to an amount of an elastic springing of a spring winding (FW) between a set point position of the spring winding during the spring winding procedure and a relaxed position of the spring winding in the absence of a lateral force compressing the spring winding, as generated by a winding tool.
8. Method according to claim 7, **characterized in that** the amount of the elastic springing after a preceding spring winding operation is determined **in that** a first position of a spring winding (FW) is obtained with a winding tool (122, 124) located in a set point position and a second position of the spring winding is obtained after retracting the winding tool, and the amount of the elastic springing is calculated based on a difference of the first and the second positions.
9. Method according to any one of the preceding

claims, **characterized in that** in a measuring operation preceding the installation on the spring winding machine (100) a distance between the contact surface and a defined reference point (REF) of the winding tool is measured,

a reference dimension (c) corresponding to the distance is recorded in relation to the measured winding tool,

during inserting of the winding tool into a tool holder of the spring winding machine the reference point (REF) is positioned on a reference location of the tool holder, and the contact surface position parameter is obtained based on the position of the reference location and the reference dimension.

10. Method according to claim 9, **characterized in that** the reference dimension (c) is recorded in an information carrier of the winding tool.

11. Spring winding machine (100) for producing coil springs (F) by spring winding, comprising:

a supply device (110) for supplying wire (115) to a forming device (120), including at least one winding tool (122, 124) having a contact surface (K, K1, K2) provided for contacting the supplied wire, wherein the winding tool is adjustable in an adjustment operation prior to spring production,

a control device (180) for controlling the supply device and the forming device based on a NC control program,

**characterized by**

a referencing system for automated referencing of a position of the winding tool, wherein the referencing system is configured such that during the adjustment operation at least one contact surface position parameter representing the position of the contact surface is obtainable and transferable automatically to the control device (180) of the spring winding machine.

12. Spring winding machine according to claim 11, **characterized in that** the spring winding machine (100) is configured for performing the method according to any one of claims 1 to 10.

## Revendications

1. Procédé de production de ressorts hélicoïdaux (F) par enroulement de ressorts au moyen d'une machine à enrouler les ressorts (100) à commande numérique dans laquelle un fil (115) est amené par un dispositif d'amenée, à l'aide de la commande effectuée par un programme de commande numérique, à un dispositif de formage (120) de la machine à enrouler les ressorts, est façonné en un ressort hé-

licoïdal à l'aide d'outils du dispositif de formage et un ressort hélicoïdal fini est ensuite séparé du fil amené au moyen d'un dispositif de découpage, dans lequel les outils de formage comprennent au moins un outil d'enroulement (122, 124) présentant une surface de contact (K, K1, K2) destinée à venir au contact du fil amené et l'outil d'enroulement est réglé au cours d'une opération de réglage avant la production des ressorts,

**caractérisé en ce que**, pendant l'opération de réglage, il est procédé à un référencement automatique d'une position de l'outil d'enroulement, dans lequel au moins un paramètre de position des surfaces de contact représentant la position de la surface de contact (K, K1, K2) est déterminé et transmis automatiquement au dispositif de commande (180) de la machine à enrouler les ressorts (100).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, au cours du référencement automatique par actionnement d'au moins un dispositif d'entraînement (M1, M2) d'un axe de machine lors d'une opération de démarrage dans un sens d'avance sur un enroulement de ressort (FW), l'outil d'enroulement (122, 124) est amené jusqu'à une position de contact à laquelle un contact initial prédéfini avec l'enroulement de ressort (FW) est présent, et **en ce qu'un** paramètre d'axe de l'axe de la machine associé à la position de contact ou **en ce qu'un** paramètre dérivé de celle-ci est transmis à l'unité de commande (180) de la machine à enrouler les ressorts (100) en tant que paramètre de position des surfaces de contact.

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'une** avance supplémentaire de l'outil d'enroulement (122, 124) est commandée jusqu'à une position nominale de la surface de contact en fonction du paramètre de position des surfaces de contact.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que**, pour effectuer l'opération de démarrage, une force d'avance du dispositif d'entraînement (M1, M2) est limitée à une valeur limite qui est déterminée de manière à ce que le dispositif d'entraînement s'arrête lorsque le contact initial défini est atteint, dans lequel de préférence, une valeur limite est réglée pour le couple moteur et/ou pour la consommation de courant du dispositif d'entraînement de manière à ce que la valeur limite pré-réglée soit dépassée pour une résistance prédéterminée de l'enroulement de ressort (FW) de telle sorte que l'axe de la machine s'immobilise, créant ainsi un contact initial défini.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le fait que la position de contact est atteinte est détecté optiquement au moyen d'un dispositif de détection optique.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le fait que la position de contact est atteinte est détecté au moyen d'un capteur de mouvement, en particulier une caméra (KAM), qui détecte un mouvement d'une section de ressort venant au contact de la surface de contact de l'outil d'enroulement (122, 124). 5
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, après avoir atteint la position de contact, l'outil d'enroulement (122, 124) est déplacé dans le sens de l'avance d'un déplacement d'avance supplémentaire, dans lequel le déplacement d'avance supplémentaire correspond à une valeur de suspension élastique d'un enroulement de ressort (FW) entre une position nominale de l'enroulement de ressort pendant l'enroulement du ressort et une position relâchée de l'enroulement de ressort en l'absence de force latérale générée par un outil d'enroulement qui comprime l'enroulement de ressort. 10 15 20
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la valeur de la suspension élastique du ressort est déterminée après une opération d'enroulement de ressort précédente, en déterminant une première position d'un enroulement de ressort (FW) lorsque l'outil d'enroulement (122, 124) est en position nominale et une seconde position de l'enroulement de ressort après que l'outil d'enroulement a été retiré et en calculant la valeur de la suspension élastique du ressort à partir d'une différence entre les première et seconde positions. 25 30
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une distance entre la surface de contact et un point de référence (REF) défini de l'outil d'enroulement est mesurée lors d'une opération de mesure sur l'outil d'enroulement (122, 124) précédant le montage sur la machine à enrouler les ressorts (100), une dimension de référence (c) correspondant à ladite distance par rapport à l'outil d'enroulement mesuré est enregistrée, lors de l'insertion de l'outil d'enroulement dans un porte-outils de la machine à enrouler les ressorts, un point de référence (REF) est positionné à un emplacement de référence du porte-outil et le paramètre de position des surfaces de contact est déterminé à partir de la position de l'emplacement de référence et de la dimension de référence. 35 40 45 50
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la dimension de référence (c) est enregistrée sur un support d'information de l'outil d'enroulement. 55
11. Machine à enrouler les ressorts (100) pour la production de ressorts hélicoïdaux (F) par enroulement

de ressorts comprenant :

un dispositif d'amenée (110) destiné à amener le fil (115) à un moyen de formage (120) comportant au moins un outil d'enroulement (122, 124) qui comprend une surface de contact (K, K1, K2) prévue pour venir au contact du fil amené, dans lequel l'outil d'enroulement peut être réglé avant la production d'un ressort lors d'une opération de réglage, et un dispositif de commande (180) destiné à commander le dispositif d'amenée et le dispositif de formage sur la base d'un programme de commande à commande numérique, **caractérisée par** un système de référencement destiné à référencer automatiquement la position de l'outil d'enroulement, dans lequel le système de référencement est configuré de manière à ce que, lors de l'opération de réglage, au moins un paramètre de position des surfaces de contact représentant la position de la surface de contact puisse être déterminé et transmis automatiquement au dispositif de commande (180) de la machine à enrouler les ressorts.

12. Machine à enrouler les ressorts selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** la machine à enrouler les ressorts (100) est configurée pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 10.

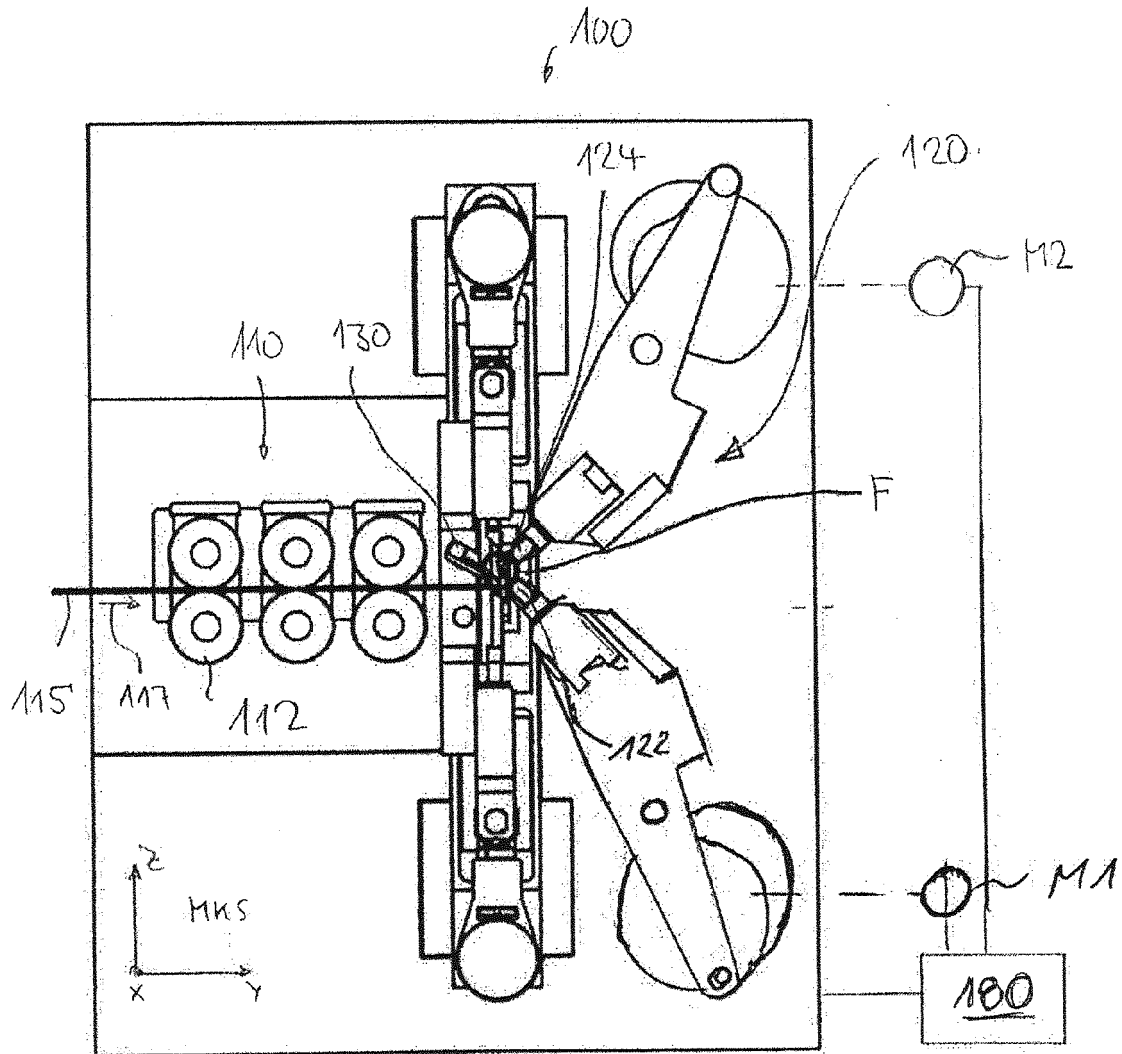


Fig. 1

Fig. 2

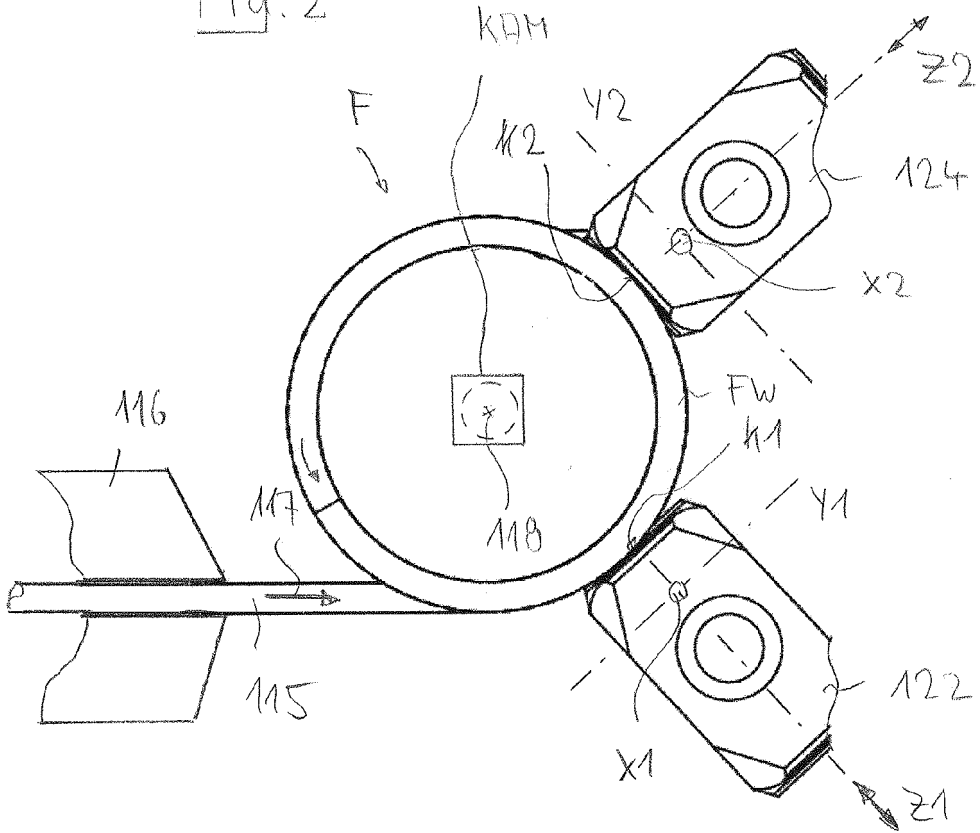
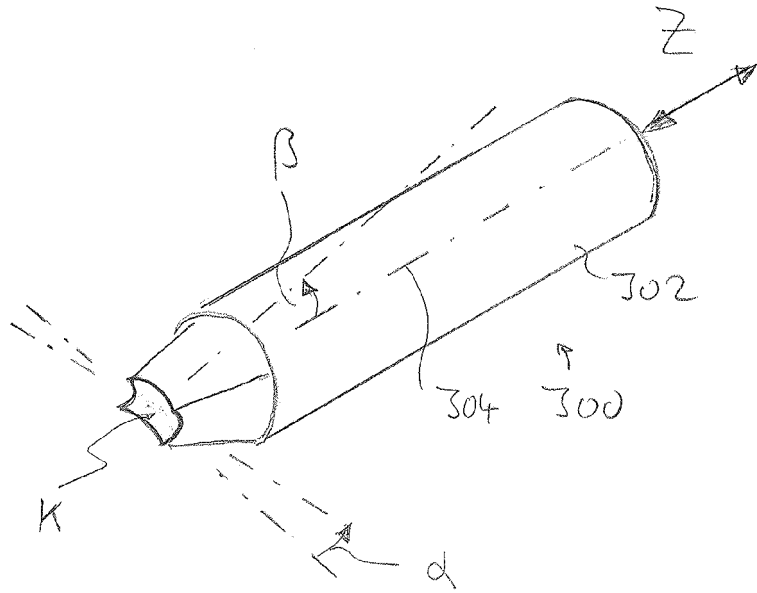


Fig. 3



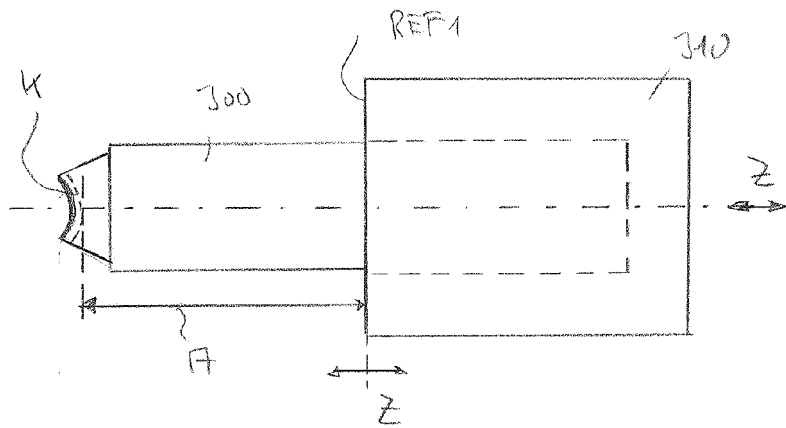


Fig. 4A

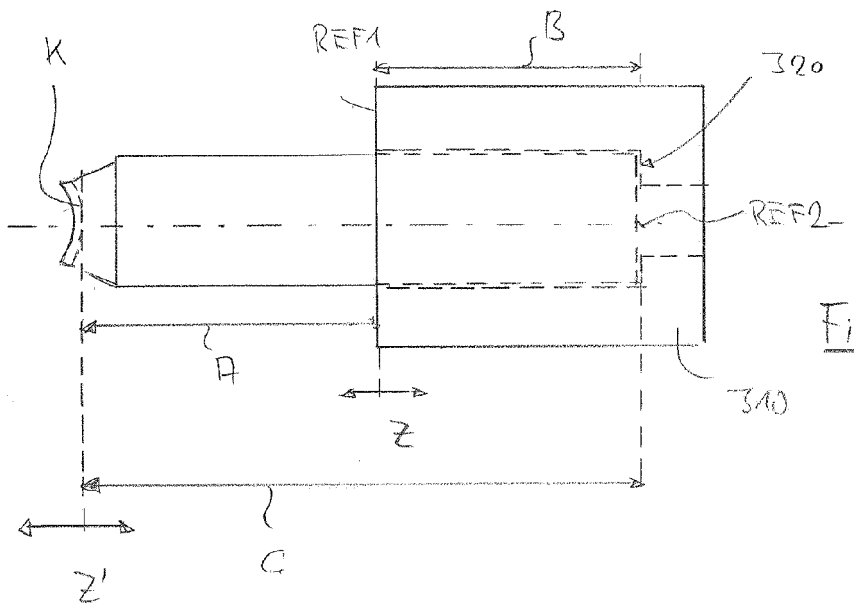


Fig. 4B

Fig. 5A

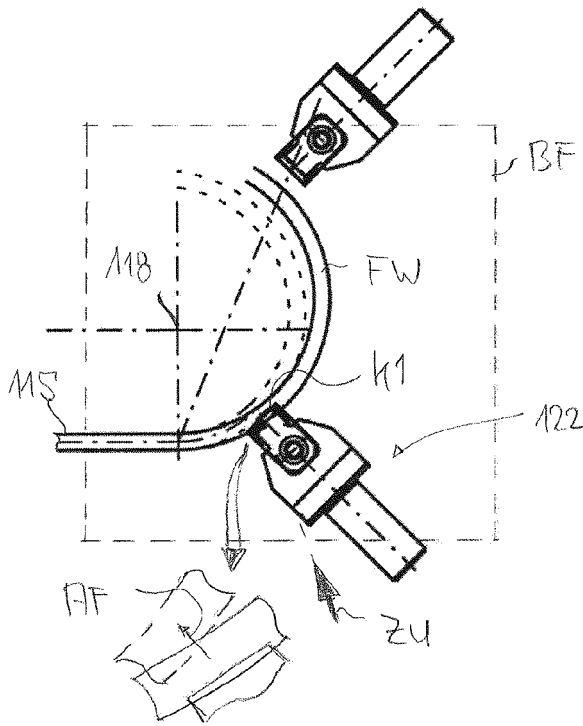


Fig. 5B

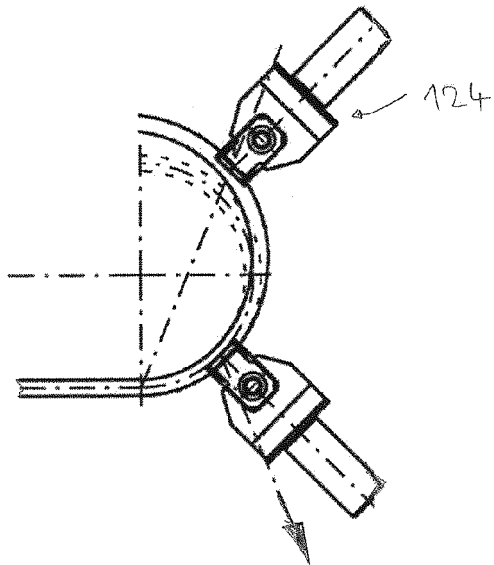
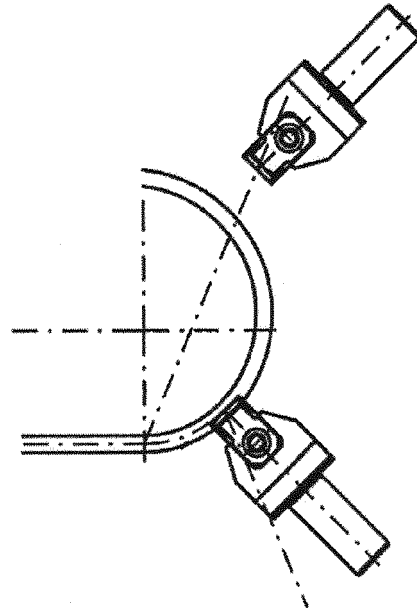


Fig. 5C

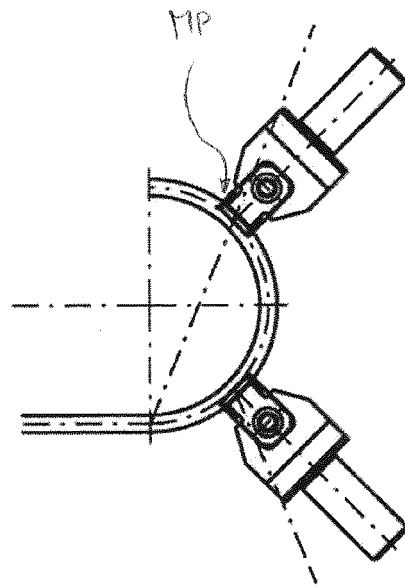


Fig. 5D

Fig. 6A

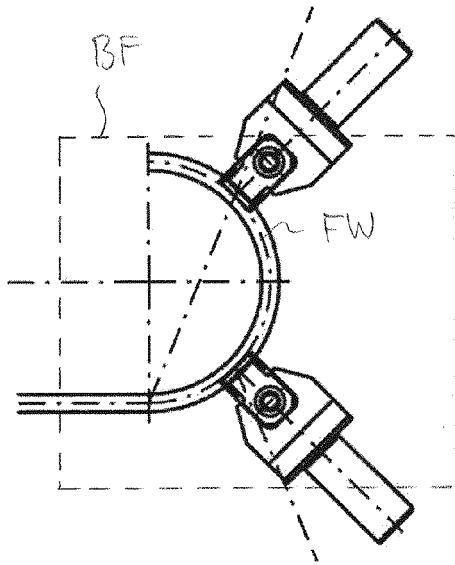


Fig. 6B

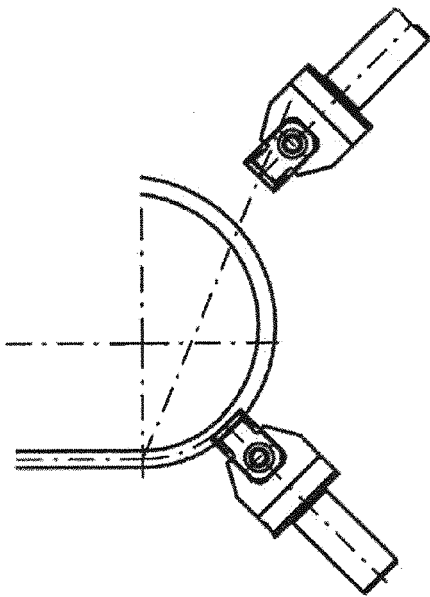
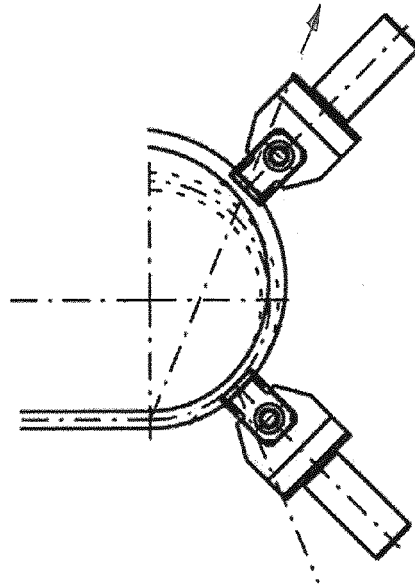


Fig. 6C

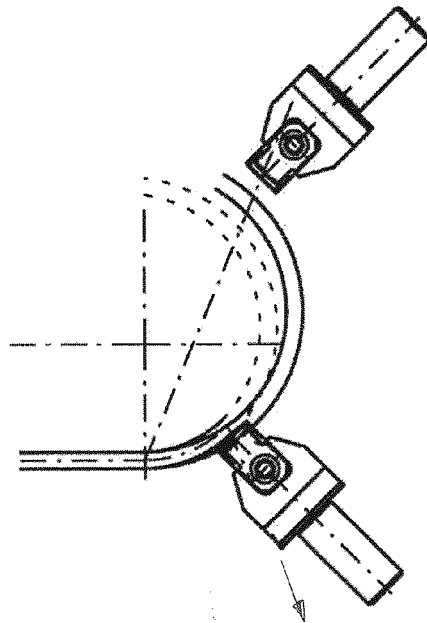


Fig. 6D

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 60018512 T2 [0005]
- DE 3701088 A1 [0007]