

(19)



(11)

EP 3 021 995 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.05.2017 Patentblatt 2017/20

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

(21) Anmeldenummer: **14741216.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/063577

(22) Anmeldetag: **26.06.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/007496 (22.01.2015 Gazette 2015/03)

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

METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING COIL SPRINGS BY SPRING WINDING

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE FABRICATION 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

- **SCHUR, Andreas**
72581 Dettingen (DE)
- **BÄUERLE, Wolfgang**
72766 Reutlingen (DE)
- **WEIGMANN, Uwe-Peter**
72622 Nürtingen (DE)

(30) Priorität: **18.07.2013 DE 102013214161**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.05.2016 Patentblatt 2016/21

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB
Postfach 10 40 36
70035 Stuttgart (DE)

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

(72) Erfinder:
• **REICHERTER, Klaus**
72764 Reutlingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 804 979 CH-A5- 602 216
JP-A- H10 180 384

EP 3 021 995 B1

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

Beschreibung

HINTERGRUND

[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 10 (siehe z.B. JP H10 180384).

[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 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 der Federherstellung ist häufig die Art des Schnitts von großer Bedeutung, da sie bestimmte Eigenschaften der fertigen Schraubenfeder mitbestimmt. Man unterscheidet üblicherweise drei häufig genutzte 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 ("twist cutting") wird der Draht mechanisch so belastet, dass er durch eine Torsionsbeanspruchung im Wesentlichen in einer senkrecht zur Drahtachse liegenden Trennebene abgetrennt wird.

[0005] Obwohl der Trennvorgang beim Torsions-

schnitt im Wesentlichen auf einem Brechen oder Reißen des Drahtmaterials durch Rotation bzw. Torsion und nicht auf einem Schnitvorgang basiert, sollen hier die üblichen Bezeichnungen "Torsionsschnitt" und "Schnitteinrichtung" verwendet werden.

[0006] Der Torsionsschnitt wird in erster Linie bei Drahtmaterialien verwendet, die hohe Festigkeit aufweisen und/oder zum Spröddbruch neigen. Außerdem sollte das Wickelverhältnis D/d , d.h. das Verhältnis zwischen Federdurchmesser D und Drahtdurchmesser d der Feder, nicht zu groß sein, da bei zu großen Wickelverhältnissen die für den Torsionsschnitt notwendige Torsionskraft beim Verschwenken der Feder nicht mehr optimal an der gewünschten Trennposition konzentriert werden kann. Sind diese Bedingungen hinreichend gut erfüllt, kann man durch Torsionsschnitt einen gratfreien Schnitt erhalten. Bei anderen Schnittarten werden in der Regel an der Schnittfläche Schnittgrate erzeugt.

AUFGABE UND LÖSUNG

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Federwindmaschine bereit zu stellen, die es erlauben, beim Abtrennen einer fertiggestellten Schraubenfeder vom zugeführten Draht an einer definierten Stelle eine saubere, gegebenenfalls gratfreie Schnittfläche zu erzeugen. Der Abtrennprozess soll für die Federmaschinen und die Umgebung schonend sein und die Federgeometrie nicht nachteilig beeinflussen. Insbesondere soll es möglich sein, auch Schraubenfedern mit relativ großem Wickelverhältnis mittels Torsionsschneiden vom Draht abzutrennen und/oder saubere Schnittflächen auch bei schwer zu schneidenden Drahtmaterialien zu erzeugen.

[0008] Zur Lösung dieser Aufgaben schlägt die Erfindung ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie eine Federwindmaschine mit den Merkmalen von Anspruch 10 vor. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0009] Bei einem gattungsgemäßen Verfahren wird diese Aufgabe gemäß der beanspruchten Erfindung dadurch gelöst, dass vor dem Abtrennen an einer definierten Trennposition entlang des Drahtes zumindest an zwei diametral gegenüberliegenden Abschnitten des Drahtumfangs eine linienhafte Schwächung im Bereich der Oberfläche des Drahts erzeugt wird. Die Schwächungslinie, die sich im Wesentlichen in einer senkrecht zur Drahtlängsrichtung liegenden Ebene erstreckt, wirkt bei dem anschließenden Abtrennvorgang als Sollbruchstelle. Daher sollen die zur Erzeugung der Schwächung vorgesehenen Komponenten in dieser Anmeldung als Komponenten einer Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung bezeichnet werden.

[0010] Die linienhafte Schwächung an und nahe der

Drahtoberfläche kann z.B. dadurch erzeugt werden, dass die Drahtoberfläche eingekerbt, eingestochen, eingewalzt, eingehämmert oder eingeritzt wird. Die Schwächung wird vorzugsweise in Radialrichtung nicht sehr tief gehen, zum Beispiel ausgehend von der Drahtoberfläche nur so weit, dass mindestens 50% des Durchmessers des Drahts im Bereich der Seele (im Zentrum des Drahtes) im Wesentlichen unbeeinflusst durch die oberflächennahe Schwächung bleibt. Der nicht beeinflusste innere Bereich kann auch größer sein und z.B. im Bereich von 60% bis 90% des Durchmessers liegen, ggf. sogar darüber. Wichtig ist, dass eine signifikante oberflächliche Schwächung erzeugt wird, die nicht tief in das Drahtmaterial hineinreichen muss.

[0011] Wenn an einem großen Teil des Drahtumfangs eine schmale Kerbe oder ein schmaler Ritz oder dergleichen eingebracht wird, entsteht eine in Längsrichtung des Drahts exakt definierte Sollbruchstelle, in deren Bereich die zum Abtrennen nötigen Schnittkräfte wesentlich geringer sind als in Abwesenheit einer solchen Schwächung. Die Bereiche der oberflächennahen Schwächung bilden beim Trennvorgang bevorzugte Bereiche der Risseinleitung, wobei sich Risse dann von mehreren Seiten radial ins Innere des Drahtes fortsetzen und ebene Bruchflächen erzeugt werden.

[0012] Durch diese Maßnahmen ist es möglich, die beim Abtrennen erforderlichen Schnittkräfte bzw. Trennkräfte im Vergleich zu Systemen ohne Sollbruchstellen-Erzeugung zu reduzieren. Dadurch kann die Schnitteinrichtung mit geringerer Antriebsleistung und weniger massiv ausgelegten Komponenten ausgelegt werden. Außerdem ist es möglich, die Lärmbelastigung der Umgebung zu reduzieren. Durch die Reduzierung der erforderlichen Schnittkräfte können auch die mechanischen Rückwirkungen des Abtrennprozesses auf die Federgeometrie (z.B. Verbiegung von Windungen nahe der Schnittstelle) im Vergleich zu Systemen ohne Sollbruchstellen-Erzeugung reduziert werden.

[0013] Bei manchen Ausführungsformen wird ausschließlich an zwei diametral gegenüberliegenden Umfangsbereichen jeweils eine linienförmige Schwächung erzeugt, wobei der dazwischenliegende Rest der Oberfläche unverletzt bleiben kann. Insbesondere kann der Draht in einem gekrümmten Abschnitt mit Hilfe von numerisch steuerbaren Kerbwerkzeugen gleichzeitig an der Innenseite und an der diametral gegenüberliegenden Außenseite mechanisch gekerbt werden. Es ist auch möglich, dass an mehr als zwei Seiten linienförmige Schwächungen eingebracht werden.

[0014] Bei manchen Ausführungsformen wird zur Schwächung des Drahts eine in Umfangsrichtung ununterbrochene umlaufende linienhafte Schwächung erzeugt, beispielsweise in Form einer ringförmigen Kerbe oder einer ringförmigen Schmelzlinie.

[0015] Wenn ausschließlich an zwei diametral gegenüberliegenden Umfangsbereichen oder über den gesamten Umfang eine linienhafte Schwächung eingebracht wird, kann die Sollbruchstelle hohe Symmetrie (z.B.

Spiegelsymmetrie bzw. Achssymmetrie zu einer Längsmittlebene oder Punktsymmetrie (Zentralsymmetrie) zur Drahtmitte) haben, wodurch besonders gleichmäßige Trennflächen begünstigt werden.

[0016] Bei manchen Ausführungsformen wird der Draht mit Hilfe von numerisch steuerbaren Kerbwerkzeugen gleichzeitig von diametral gegenüberliegenden Seiten mechanisch gekerbt. Beispielsweise kann der Draht in einem gekrümmten Abschnitt gleichzeitig an der Innenseite und an der diametral gegenüberliegenden Außenseite mechanisch gekerbt werden. Eine entsprechende Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung hat zwei aufeinander zu bzw. voneinander weg bewegbare Kerbwerkzeuge mit in einer gemeinsamen Ebene liegenden Schneidkanten. Die Kerbwerkzeuge können gleichzeitig von gegenüberliegenden Seiten oberflächlich in das Drahtmaterial eindringen, wobei eines der Kerbwerkzeuge jeweils als Gegenwerkzeug des anderen dient.

[0017] Bei einer Variante, bei der die Schneideinrichtung für das Torsionsschneiden eingerichtet ist, wird der Draht zur Erzeugung der Schwächung zwischen den Kerbwerkzeugen eingeklemmt, die Kerbwerkzeuge werden dann in Eingriff mit dem Draht gehalten und die Schraubenfeder wird vom eingeklemmten Draht durch Torsion abgetrennt. Der Draht bleibt also an der Trennstelle eingeklemmt, wird jedoch durch die Kerbwerkzeuge nicht vollständig durchtrennt. Diese wirken vielmehr als Klemmwerkzeuge und halten den Draht fest, bis er durch Torsionsbeanspruchung reißt bzw. bricht. Der Torsionsbruch wird durch Verschwenken des Federkörpers erzeugt, wobei die Materialtrennung in der durch die Keilwerkzeuge definierten Trennebene erfolgt. Es können besonders glatte Trennflächen entstehen, weil der zugeführte Draht mittels der Kerbwerkzeuge fixiert wird.

[0018] Bei anderen Ausführungsformen wird zur Erzeugung der Schwächung wenigstens ein Strahlwerkzeug verwendet. Manche Ausführungsformen von Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtungen enthalten ein Lasersystem, so dass zur Erzeugung der Schwächung mindestens ein Laserstrahl auf die Drahtoberfläche eingestrahlt werden kann. Die Einstrahlung kann von mehreren Seiten erfolgen. Um eine Einstrahlung von mehreren Seiten mit Hilfe nur eines einzigen Laserstrahls zu erreichen, wird bei manchen Ausführungsformen der Laserstrahl durch eine oder mehrere Umlenkeinrichtungen, wie z.B. Planspiegel, einfach oder mehrfach so umgelenkt, dass unterschiedliche Umfangsabschnitte des Drahts mit dem gleichen Laserstrahl bestrahlt und oberflächlich eingeritzt bzw. aufgeschmolzen werden können. Als alternatives Strahlwerkzeug könnte auch ein Wasserstrahl genutzt werden, gegebenenfalls auch ein Plasma.

[0019] Nachdem am Draht an einer definierten Trennposition eine Sollbruchstelle erzeugt wurde, kann die fertiggestellte Schraubenfeder mittels einer Schnitteinrichtung vom zugeführten Draht abgetrennt werden, wobei aufgrund der Sollbruchstelle die hierfür erforderlichen Schnittkräfte wesentlich geringer sein können als bei ei-

nem nicht vorgeschwächten Draht, das heißt einem Draht ohne Sollbruchstelle.

[0020] Durch Erzeugung einer Sollbruchstelle kann beispielsweise das Anwendungsspektrum des Torsionsschneidens wesentlich zu Schraubenfedern mit größeren Wickelverhältnissen erweitert werden. Bisher lag die obere Grenze beim Torsionsschnitt typischerweise bei einem Wickelverhältnis im Bereich von 3 bis 4. Bei einem mittels Sollbruchstelle vorgeschwächten Draht können nun Schraubenfedern mit Wickelverhältnissen größer als 4 mit Torsionsschnitt prozesssicher getrennt werden. Das Wickelverhältnis kann z.B. zwischen 5 und 10 liegen, ggf. auch im Bereich bis 12 oder darüber. Entsprechend Ausführungsbeispiele werden unten im Detail erläutert.

[0021] Es ist auch möglich, bessere Schnittergebnisse bei Federwindemaschinen zu erreichen, die z.B. für einen Geradschnitt oder einen Rotationsschnitt eingerichtet sind, da an einer vorgeschwächten Trennposition wesentlich geringere Schnittkräfte erforderlich sind, um eine saubere Abtrennung der fertigen Schraubenfedern vom zugeführten Draht zu erreichen. Die am Schnittprozess beteiligten Komponenten sind dadurch weniger dem Verschleiß unterworfen und können bei moderater Dimensionierung im Bedarfsfall auch relativ schwer zu schneidenden Drahtmaterialien, wie beispielsweise hochfeste Federdrähte, mittels Geradschnitt oder Rotationsschnitt trennen.

[0022] 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

[0023]

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

Fig. 2 zeigt eine vergrößerte Detaildarstellung des Bereichs der Umformwerkzeuge mit Komponenten einer Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung;

Fig. 3 zeigt in 3A die Federwindemaschine aus Fig. 1 und 2 kurz vor dem Einkerbigen des Drahts und in 3B beim Einkerbigen des Drahts;

Fig. 4 zeigt in 4A eine alternative Anordnung der Komponenten der Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung, in 4B die entsprechende Federwindemaschine kurz vor dem Einkerbigen des Drahts und in 4C beim Einkerbigen des Drahts;

Fig. 5 zeigt Komponenten einer Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung, die mit zwei Strahlwerkzeugen arbeitet;

Fig. 6 zeigt eine Seitenansicht einer anderen Federwindemaschine mit Komponenten mehrerer Varianten von Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtungen, die Sollbruchstellen vor Abschluss des Drahtvorschubs erzeugen können; und

Fig. 7 zeigt in 7A und 7B zwei Varianten von Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtungen, die mittels Laser arbeiten und einen beweglichen Strahlauslass haben.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0024] 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 Komponenten einer Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung.

[0025] Die Federwindemaschine 100 hat eine mit 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 Richtung in den Bereich einer Umformeinrichtung 120 zuführen kann. Komponenten der Umformeinrichtungen sind z.B. in Fig. 2 gut zu erkennen. Der Draht kann austrittsseitig der Zuführrollen durch eine Drahtführungseinrichtung geführt werden (vgl. Fig. 6).

[0026] 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 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. Eine entsprechende Einstellung ist auch während des Federwindeprozesses möglich, um den Durchmesser in Abhängigkeit von der axialen Position einer Windung entlang der Feder zu ändern. Diese Bewegungen können mit Hilfe elektrischer Antriebe unter Kontrolle der numerischen Steuerung vorgenommen werden.

[0027] Ein Steigungswerkzeug 130 hat eine im Wesentlichen senkrecht zur Federachse ausgerichtete Wirkfläche, die neben den Windungen der sich entwickelnden Schraubenfeder eingreift. Das Steigungswerk-

zeug 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 Steigungswerkzeuges 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.

[0028] Die zu den Werkzeugen gehörenden Maschinenachsen der CNC-Maschine werden durch eine computernumerische Steuereinrichtung 180 gesteuert, die Speichereinrichtungen hat, in denen die Steuerungssoftware residiert, zu der u.a. ein NC-Steuerprogramm für die Arbeitsbewegungen der Maschinenachsen gehört.

[0029] Die Federwindmaschine ist dafür eingerichtet, Schraubenfedern mit einem großen Wickelverhältnis (z. B. bis $D/d \approx 8$) herzustellen. Bei diesen Schraubenfedern besteht u.a. die Forderung nach einer ebenen stirnseitigen Fläche des Drahts, die möglichst parallel und mittig zur Federachse verlaufen sollte. Diese Fläche kann bei Erfüllung dieser Anforderungen als Anlagefläche für die Einleitung von Kräften und Momenten dienen. Solche Schraubenfedern werden überwiegend im Drahtdurchmesserbereich von 4 mm bis 10 mm, und vorzugsweise aus Chrom-Silizium-Drähten (z.B. Drahtsorten FD, TD und VD nach EN 10270-2) oder Drähten für Ventildfedern (z.B. Drahtsorten VD nach EN 10270-2) hergestellt. Sie besitzen häufig ein mittleres Wickelverhältnis von 5 bis 10, gelegentlich auch darüber, z.B. bis zu 16.

[0030] Im Prinzip eignen sich verschiedene Drahtwerkstoffe für das Schneiden mit dem Torsionsschnitt. Allerdings konnten Torsionsschneidverfahren bisher bei Wickelverhältnissen größer 4 häufig nicht prozesssicher durchgeführt werden. Die Federwindmaschine 100 ist so konfiguriert, dass ein Torsionsschnitt durchgeführt werden kann.

[0031] Oberhalb der Federachse ist eine numerisch steuerbare Schneid- und Anritzeinrichtung 150 angeordnet, die am unteren Ende eines vertikal verfahrbaren Werkzeugträgers ein erstes Kerbwerkzeug 152 aufweist, welches durch Ansteuerung der zugehörigen Maschinenachse in Vertikalrichtung nach unten in Richtung Werkstück bzw. nach oben bewegt werden kann. Das erste Kerbwerkzeug 152 hat eine nach unten gerichtete keilförmige Schneide (Keilwinkel ca. 90°), die eine parallel zur Mittelachse verlaufende scharfe erste Schneidkante SK1 besitzt. Nach Abschluss einer Umformoperation wird mit Hilfe des ersten Kerbwerkzeugs an einer vorgesehenen Trennposition eine quer zur Drahtseele verlaufende Kerbe an der Außenseite der Federwindung erzeugt (vgl. Fig. 3).

[0032] Als Gegenelement bei dieser Kerboperation dient ein zweites Kerbwerkzeug 154, welches eine entsprechende zweite Schneidkante SK2 aufweist, die im Inneren der Federwindung angeordnet und nach oben in Richtung des ersten Kerbwerkzeugs gerichtet ist. Das zweite Kerbwerkzeug 154 ist an der Oberseite eines Werkzeughalters in Form eines Dorns 156 befestigt, der Bestandteil einer Dorneinheit ist. Der Dorn und das davon getragene zweite Keilwerkzeug ist mit Hilfe einer entsprechenden Maschinenachse parallel zur Mittelachse 118 verschiebbar und kann somit in das Innere der Feder bewegt oder aus diesem Inneren herausgezogen werden. Der Dorn als Ganzes ist in einem vertikal verfahrbaren Dornschlitten 160 gelagert, so dass das zweite Keilwerkzeug 154 eine gesteuerte Vertikalbewegung in Richtung des oberen Kerbwerkzeugs oder in die entgegengesetzte Richtung durchführen kann.

[0033] Mindestens eines der Keilwerkzeuge, z.B. das innere Keilwerkzeug 154, kann auf der der Vorderwand der Maschine zugewandten Seite der Schneidkante mit einer über die Schneidkante vorstehenden Nase 154' (vgl. Fig. 3B) versehen sein, die ein Ausweichen des Drahts in Richtung Maschinenwand beim Trennvorgang verhindert. Dadurch kann verhindert werden, dass der Draht aus den Werkzeugen springen kann.

[0034] Unterhalb der Mittelachse ist eine Werkzeugeinheit 170 angeordnet, die einen radial zur Mittelachse 118 in vertikaler Richtung hin- und her bewegbaren Werkzeughalter aufweist, der an seinem oberen Ende ein Keilwerkzeug 172 trägt, welches zur Einleitung des Torsionsschnitts zwischen Windungen der Schraubenfeder einschiebbar ist. Das Keilwerkzeug hat an seiner oberen Stirnseite eine ebene Schrägfläche 173, die ausgehend von der Vorderwand der Federwindmaschine schräg nach vorne unten geneigt ist. Der Neigungswinkel gegenüber der Horizontalebene beträgt ca. 10° bis 40° , vorzugsweise ca. 15° . Beim Torsionsschnitt wird mit Hilfe des radial zur Federachse und zur Mittelachse bewegten Keilwerkzeugs 172 die fertige Schraubenfeder nach oben verschwenkt, so dass die Schraubenfeder an der vorgesehenen Trennstelle zwischen den Kerbwerkzeugen tordiert wird (vgl. Fig. 3B).

[0035] Die beiden Kerbwerkzeuge 152, 154 und die zu ihrer Bewegung vorgesehenen Komponenten der Schneid- und Anritzeinheit 150 sowie der Dorneinheit sind funktionelle Komponenten einer Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung, die dafür eingerichtet ist, an einer definierten Trennposition des Drahts an zwei diametral gegenüberliegenden Abschnitten des Umfangs jeweils eine linienhafte Schwächung in Form einer quer zur Längsrichtung des Drahts verlaufenden Kerbe im Bereich der Oberfläche des Drahts einzubringen. Die Komponenten der Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung werden ebenfalls über die Steuereinrichtung 180 auf Basis des NC-Steuerprogramms gesteuert.

[0036] Die Federwindmaschine 100 kann wie folgt arbeiten. Zu Beginn des Herstellungszyklus für eine Schraubenfeder befindet sich das obere erste Kerbwerk-

zeug 152 in einer abgehobenen Position an seinem oberen Umkehrpunkt und der Dorn mit dem unteren Kerbwerkzeug 154 ist eingezogen, so dass sich das untere Kerbwerkzeug außerhalb der durch die Windewerkzeuge 122, 124 definierten Windebene befindet. Dann wird bei kontinuierlicher Drahtzufuhr die Schraubenfeder in an sich bekannter Weise durch Federwinden erzeugt, indem das vorgeschobene Drahtmaterial durch die Windefinger 124, 122 abgedrängt und zu einer Kreisform gebogen wird. Hat die Schraubenfeder die gewünschte Federlänge erreicht, wird die Drahtzufuhr so gestoppt, dass die vorgesehene Trennposition, an der die fertige Schraubenfeder vom zugeführten Draht abgetrennt werden soll, in der Trennebene 155 liegt, die durch die Lage der zueinander parallelen Schneidkanten SK1, SK2 der aufeinander zugerichteten Kerbwerkzeuge 152, 154 definiert ist.

[0037] Dann fährt der Dorn 156 mit dem zweiten Keilwerkzeug 154 nach vorn in den Federkörper hinein. Dabei ist die Vertikalposition des Dorns so eingestellt, dass die Schneidkante SK2 des zweiten Keilwerkzeugs 154 nur wenige Zehntelmillimeter von der Innenseite der Federwindung entfernt ist (vgl. Fig. 3A)

[0038] Dann wird die Maschinachse der Schneid- und Anritzeinrichtung 150 aktiviert, so dass das erste Kerbwerkzeug 152 von oben auf die Außenseite des Drahts fährt. Die beiden Kerbwerkzeuge 152 und 154 werden dann geringfügig aufeinander zubewegt, so dass die koplanaren Schneidkanten der Kerbwerkzeuge gleichzeitig von außen (erstes Kerbwerkzeug) und von innen (zweites Kerbwerkzeug) an diametral gegenüberliegenden Stellen in die Oberfläche des Drahtmaterials eindringen (vgl. Fig. 3B). Bei dieser Kerboperation entsteht auf jeder Drahtseite eine senkrecht zur Drahtlängsrichtung verlaufende Kerbe. Diese mechanisch erzeugten Kerben wirken gemeinsam als Sollbruchstelle. Die Kerbwerkzeuge dringen dabei nur so tief in das Drahtmaterial ein, dass eine oberflächliche linienhafte Schwächung des Drahtmaterials entsteht, wobei das Innere des Drahts "unverletzt" bzw. weitgehend unverformt bleibt. Typische Eindringtiefen können unterhalb von 1 mm liegen, beispielsweise im Bereich zwischen 0,2 mm und 0,8 mm bei typischen Drahtdurchmessern im Bereich von 4 mm bis 10 mm. (vgl. Fig. 3B).

[0039] Der Draht wird durch die Kerbwerkzeuge 152, 154 nicht abgetrennt. Stattdessen klemmen die Kerbwerkzeuge den Draht von oben und unten ein und halten ihn dadurch in der Trennebene 155 an der vorgesehenen Trennposition fest. Der eigentliche Trennvorgang, der "Torsionsschnitt", wird anschließend mit Hilfe des von unten zugeführten Keilwerkzeugs 172 von unten ausgeführt. Durch eine vertikale Schiebebewegung fährt das Keilwerkzeug bzw. Brechwerkzeug 172 von unten zwischen die erste und die zweite Windung der Feder und verdreht den Federkörper jenseits der Trennposition nach oben, bis das Drahtmaterial in der Trennebene 155 bricht bzw. reißt (vgl. Fig. 3B). Die Feder wird also in der Ebene der Keilwerkzeuge (Trennebene 155) tordiert

bzw. verdreht und bricht unter der Torsionsspannung in der Trennebene.

[0040] Danach wird das obere Keilwerkzeug nach oben zurückgezogen und das untere Kerbwerkzeug wird abgesenkt und durch Einziehen des Dorns zurückgefahren. Danach beginnt ein entsprechender Zyklus zur Herstellung der nächsten Schraubenfeder. Bei linksgängigen Schraubenfedern werden die Werkzeuge und die Anordnung spiegelbildlich ausgeführt.

[0041] Durch die oberflächliche linienhafte Schwächung des Drahtes an zwei diametral gegenüberliegenden Bereichen mit Hilfe der Kerbwerkzeuge ist eine Sollbruchstelle entstanden. Bei Einleitung der Torsionsbeanspruchung kann eine Rissausbreitung in das Innere des Drahtmaterials von gegenüberliegenden Seiten erfolgen. Es entsteht eine ebene, sehr homogene Bruchfläche, von der weder nach innen noch nach außen Grate abstehen.

[0042] Außerdem wird nur ein geringer Schnittschlag erzeugt. Der Begriff "Schnittschlag" bezieht sich hier allgemein auf die Geräuscentwicklung beim Trennvorgang. Der Schnittschlag ist üblicherweise beim Torsionsschnitt geringer als bei anderen Schnittarten (z.B. Geradschnitt, Rotationsschnitt). Der Schnittschlag ist bei erfindungsgemäßen Verfahren geringer als bei herkömmlichen Verfahren, weil die zum Trennen erforderlichen Kräfte aufgrund der vorab eingebrachten Schwächung kleiner und die Gesamtenergie aller im Kraftfluss liegenden Teile somit geringer ist. Die Energie im System entspannt sich "schlagartig", nachdem die Feder an der Bruchstelle abgetrennt wurde und die Werkzeuge und Maschinenelemente entlastet werden.

[0043] Beim konventionellen Torsionstrennen ohne Kerben bzw. Anritzen besteht eine praktische Wickelverhältnisbegrenzung dadurch, dass die entscheidende halbe Federwindung zwischen der Eingriffsposition des Keilwerkzeugs bzw. Brechwerkzeugs und der Trennposition bei zu großen Wickelverhältnissen in der Regel nicht ausreichend steif genug ist und damit nicht genug Torsionsmoment in die Trennebene eingebracht werden konnte. Daneben kann die Verdrehung des Federkörpers über das Keilwerkzeug (Fig. 3B) auch geometrisch beschränkt sein, so dass es in der Regel gewünscht ist, wenn es beim Zurückbiegen in Richtung der Vorderwand spätestens bei einem Winkelbereich zwischen 70° und 100° (Winkel zwischen Federachse und Horizontale) zum Bruch kommt, da sonst der Federkörper an Werkzeugen und/oder Teilen der Maschine anschlagen kann und/oder die Bewegungsachse des Keilwerkzeugs keine ausreichende Hubbewegung mehr fahren kann.

[0044] Diese Beschränkungen werden durch das Ankerben entspannt. Durch das Ankerben an diametral gegenüberliegenden Umfangsbereichen wird das für den Bruch benötigte Torsionsmoment deutlich reduziert, so dass es innerhalb der geometrischen Grenzen durch eventuelle Störkonturen oder Fahrwege zu einer Durchtrennung des Drahtes kommt. Diese deutlichen Verbesserungen bei Durchführung eines Torsionsschnitts wer-

den derzeit unter anderem darauf zurückgeführt, dass die mehrseitige oberflächliche Einkerbung eine Rissentstehung oder Rissausbreitung an unterschiedlichen Stellen des Drahtumfangs begünstigt. Weiterhin scheint es vorteilhaft, wenn das (relativ harte bzw. spröde) Drahtmaterial in der Nähe der Zentralachse des Drahtes durch die Einkerbung bzw. Einritzung weitgehend unbeeinflusst bleibt. Das nicht geschwächte, zentrale Material stellt somit - bildlich gesprochen - eine Torsionsachse dar.

[0045] Bei der Ausführungsform der Fig. 1 bis 3 sind die Komponenten der Schneid- und Anritzeinheit 150 oberhalb der Mittelachse 118 bzw. der durch diese definierten Horizontalebene der Federwindemaschine angeordnet und das Keilwerkzeug 172 greift zum Einleiten des Torsionsbruchs von unten zwischen benachbarte Windungen ein. Dabei befindet sich zwischen dem noch ungebogenen Drahtabschnitt, der auf das untere Windwerkzeug 122 trifft, und der darüber angeordneten Trennzone, in der die Kerbwerkzeuge 152, 154 arbeiten, etwa eine halbe Federwindung. Diese bildet die erste halbe Windung der nächsten Schraubenfeder und verbleibt in der Federwindemaschine, wenn die abgetrennte Schraubenfeder entfernt ist.

[0046] Bei Bedarf kann auch die in Fig. 4 gezeigte Anordnung gewählt werden, bei der die Komponenten der Schneid- und Anritzeinheit unterhalb der Mittelachse 418 angeordnet sind, wobei das Keilwerkzeug 472 oberhalb der sich entwickelnden Schraubenfeder angeordnet ist und von oben zwischen benachbarte Federwindungen eingeführt wird, um den Torsionsbruch zu verursachen (Fig. 4C). Gleiche oder entsprechende Komponenten tragen die gleichen Bezugszeichen wie in den Fig. 1 bis 3, jeweils erhöht um 300.

[0047] Bei der Federherstellung wird der Draht jeweils so weit vorgeschoben, dass zwischen dem zugeführten Draht und der vorgesehenen Trennposition eine komplette 360°-Windung W1 liegt. Dann wird der Drahtvorschub angehalten und der Dorn 456 wird in die Feder eingefahren, so dass das innere Kerbwerkzeug 454 am Beginn der auf die Windung W1 folgenden Windung liegt. An der gleichen Position greift von der anderen Drahtseite dann auch das äußere Kerbwerkzeug 452 an. Beim Zusammenfahren der Kerbwerkzeuge 454, 452 wird der Draht am Übergang zwischen der Windung W1 und dem darauffolgenden Drahtabschnitt gekerbt und eingeklemmt, bevor das Keilwerkzeug 472 von oben eingreift und die Torsion einleitet. Die Windung W1 wird somit mittels der Kerbwerkzeuge von denjenigen Kräften entkoppelt, die zur Torsion führen. Damit wird das Aufbiegen der anliegenden End-/ Anfangswindung vermieden.

[0048] Anhand von Fig. 5 werden Komponenten einer Ausführungsform erläutert, bei der die Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung mit Hilfe von Strahlwerkzeugen arbeitet. Zur Vereinfachung tragen identische oder ähnliche Komponenten der Federwindemaschine die gleichen Bezugszeichen wie in den Figuren 1 bis 3.

[0049] Die Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung

weist eine erste Strahlauslasseinrichtung 552 und eine zweite Strahlauslasseinrichtung 554 auf, die eine vertikale Trennebene an der Stelle definieren, an der der Torsionsbruch nach Abschluss des Drahtvorschubs eingeleitet werden soll. Die obere, erste Strahlauslasseinrichtung erzeugt einen Strahl, der schräg auf die konvex gekrümmte Außenseite des Drahts gerichtet ist. Die untere zweite Strahleinheit erzeugt einen Strahl, der etwa an einer diametral gegenüberliegenden Stelle schräg auf die konkav gekrümmte Innenseite des Drahtes gerichtet ist. Mit Hilfe der Strahlen können in diametral gegenüberliegenden Bereichen an der Außen- und Innenseite des Drahts jeweils linienhafte Schwächungen im Bereich der Drahtoberfläche eingebracht werden, bevor das Keilwerkzeug 172 von unten zwischen die noch am zugeführten Draht hängende erste Windung und die zweite Windung fährt und den Federkörper nach oben biegt. Auch hier erfolgt eine Risseinleitung von mehreren Stellen des Drahtumfangs, wodurch das erforderliche Torsionsmoment verringert wird.

[0050] Bei der dargestellten Variante arbeitet die Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung mit Hilfe von Laserstrahlen, wobei die Strahlauslasseinrichtungen 552, 554 in Form von strahlführenden Austrittsoptiken des Lasersystems ausgeführt sind.

[0051] Bei einer anderen Variante arbeitet die Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung mit scharf gebündelten Wasserstrahlen, die unter hohem Druck durch Austrittsdüsen in den Strahlauslasseinrichtungen in Richtung Drahtoberfläche gestrahlt werden.

[0052] Bei den Varianten der Figuren 1 bis 5 wird die Sollbruchstelle nach Abschluss des Drahtvorschubs bei angehaltenem Drahtvorschub an der fertig gebogenen bzw. fertig gewundenen Feder erzeugt, so dass die Sollbruchstelle zwischen ihrer Erzeugung und dem Einleiten des Torsionsmoments nicht mehr bewegt wird. Dies ist jedoch nicht zwingend. Anhand von Fig. 6 werden Ausführungsbeispiele erläutert, bei denen eine Sollbruchstelle vor Abschluss der Federwindeoperation erzeugt wird, so dass nach Erzeugung der Sollbruchstelle noch ein Vorschub der Sollbruchstelle bis in diejenige Position erfolgt, an der der Schnitt erfolgt.

[0053] Figur 6 zeigt hierzu eine Vorderansicht von Teilen einer Federwindemaschine 600, die eine Schnitteinrichtung 650 hat, welche für einen Geradschnitt eingerichtet ist. Der Draht 615 wird durch Zuführrollen 612 einer Zuführeinrichtung in Richtung der Umformeinrichtung 620 gefördert, welche zwei Windestifte 622, 624 zur Vorgabe des Federdurchmessers sowie ein Steigungswerkzeug 630 zur Vorgabe der Steigung aufweist. Oberhalb der Mittelachse 618 ist eine Schnitteinrichtung 650 mit einem Schnittwerkzeug 652 angebracht, das nach Abschluss einer Umformoperation die hergestellte Schraubenfeder mit einer vertikalen Arbeitsbewegung mittels Geradschnitt vom zugeführten Draht abtrennt. Als Gegenelement für das Schnittwerkzeug dient ein Dorn 655 (Abschneidedorn), der sich im Inneren der sich entwickelnden Feder befindet und eine vertikale Schneid-

kante 656 aufweist, die beim Abtrennen mit dem Schneidwerkzeug 652 zusammenwirkt. Die Schneidkante 656 definiert die Trennebene des Geradschnitts.

[0054] Unmittelbar hinter den Zuführrollen 612 ist zwischen diesen und dem Bereich der Umformwerkzeuge eine Drahtführungseinrichtung 616 angebracht, die eine Eintrittshülse 616A sowie eine damit koaxiale Austrittshülse 616B aufweist, die mit Abstand zueinander derart angeordnet sind, dass zwischen den Hülsen ein Abschnitt des durchgeführten Drahtes von außen aus mehreren Richtungen frei zugänglich ist.

[0055] Auch in diesem Beispielsfall sollen Schraubenfedern mit relativ großem Wickelverhältnis ($D/d > 8$) hergestellt werden, die aus relativ hartem Federstahldraht bestehen. Mit Hilfe einer Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung ist es möglich, die zum Trennen des Drahts erforderlichen Schnittkräfte gegenüber Drähten ohne Sollbruchstelle erheblich zu reduzieren. Hierdurch kann Werkzeugverschleiß verringert werden und es ist möglich, auf eine andernfalls erforderliche besonders aufwendige Dimensionierung der Komponenten der Schnitteinrichtung zu verzichten. Auch der Schnit Schlag und die Belastung der Werkzeuge und der Maschine insgesamt werden verringert. Dadurch kann eine höhere Standzeit der Werkzeuge erzielt werden.

[0056] Bei einer der hier dargestellten Variante sind Komponenten der Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung im Bereich der Drahtführung 616 so angebracht, dass die Sollbruchstelle an demjenigen Drahtabschnitt erzeugt werden kann, der zwischen der Eintrittshülse 616A und der Austrittshülse 616B frei liegt. Im Beispielsfall sind hierzu zwei diametral gegenüberliegende Strahlaustrittseinrichtungen 654A, 654B angebracht, um am Draht an zwei diametral gegenüberliegenden Bereichen quer zur Drahttrichtung verlaufende oberflächliche Einritzungen zu erzeugen. Im Beispielsfall sind die Strahlaussleinrichtungen als Austrittsoptiken eines Lasersystems ausgelegt. Alternativ könnte es sich um Austrittsdüsen einer Wasserstrahl-Schneideinrichtung handeln.

[0057] Bei dieser Variante wird also die Sollbruchstelle erzeugt, bevor der eigentliche Umformvorgang des mit Sollbruchstelle versehenen Drahtabschnitts durch Federwinden stattfindet. Nach dem Erzeugen der Sollbruchstelle wird der Draht noch so weit vorgeschoben, bis sich die Sollbruchstelle in der durch die Schneidkante 656 definierten Trennebene befindet. Diese Situation ist in Fig. 6 durch die Ritze an der Außenseite und Innenseite der Feder im Bereich der Sollbruchstelle SB angedeutet.

[0058] Die Komponenten der Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung, z.B. die Strahlaustrittseinrichtungen, können maschinenfest so angeordnet sein, dass zwischen ihrer Position und der Trennebene genau die benötigte Drahtlänge liegt. Dann wird der Drahtvorschub ggf. kurz unterbrochen, bis die Sollbruchstelle erzeugt ist. Bei anderen Varianten ist vorgesehen, dass der Drahtvorschub für das vorgelagerte Anritzen nicht unterbrochen wird. Hierzu sind die in der Nähe des Drahts angebrachten Komponenten der Sollbruchstellen-Er-

zeugungseinrichtung parallel zur Drahtlaufrichtung linear beweglich gelagert und können so gesteuert werden, dass sie für die Dauer der Erzeugung der Sollbruchstelle synchron mit dem vorgeschobenen Draht mit der Drahtgeschwindigkeit mitbewegt und anschließend vor dem nächsten Zyklus wieder zurückbewegt werden können. Hierzu kann z.B. die Drahtführungseinrichtung mit den daran befestigten Strahlaustrittseinrichtungen auf einem Schlitten montiert sein, um als Ganzes linear in Drahtlaufrichtung hin- und her bewegt werden zu können.

[0059] Figur 6 zeigt in Verbindung mit Fig. 7 noch eine alternative Anordnung von Komponenten einer Sollbruchstelle-Erzeugungseinrichtung, die mit Hilfe eines Laserstrahls an der vorgesehenen Trennposition eine Sollbruchstelle erzeugt, bevor die am Draht vorgesehene Trennposition bis in die Trennebene (definiert durch Schneidkante 656) bewegt wird. Die Komponenten sind hier im Raum zwischen den Windefingern 622, 624 um ca. 90° versetzt zur Trennebene angeordnet. Diese Anordnung kann z.B. aus Platzgründen günstig sein, wenn im Bereich der Trennebene nur wenig Bauraum zur Verfügung steht.

[0060] Eine Strahlaussleinheit 752 eines Lasersystems ist radial außerhalb der Feder angeordnet und quer zur Durchlaufrichtung des Drahts 715 durch eine einachsige Schwenkbewegung (Strahlaussleinheit 752A in Fig. 7A) oder eine lineare Verschiebungsbewegung (Strahlaussleinheit 752B in Fig. 7B) senkrecht zur Drahtlängsrichtung beweglich. An der Innenseite der Drahtwindung befindet sich diametral gegenüber der Strahlaussleinrichtung eine Spiegelanordnung mit zwei V-förmig zueinander angeordneten Planspiegeln 761, 762, die so angeordnet sind, dass bei bestimmten Stellungen der Strahlaussleinheit der Laserstrahl von einem Planspiegel oder beiden Planspiegeln an Umfangsbereichen des durchlaufenden Drahtes reflektiert werden, welche nicht direkt durch den von der Strahlaustrittseinrichtung kommenden Laserstrahl erreicht werden können. Der Winkel W zwischen den Spiegelflächen kann z.B. im Bereich von 70° bis 130° liegen. Auf diese Weise ist es möglich, mit einem einzigen Laserstrahl, der in Querrichtung durch Schwenken oder Verschieben hin- und her bewegt wird, den Draht über seinen gesamten Umfang oder den überwiegenden Teil des Umfangs (mehr als 180°) oberflächlich entlang einer definierten Schwächungslinie anzuschmelzen bzw. einzuritzen. Der Laserstrahl kann also durch die Umlenkspiegel einfach oder mehrfach so umgelenkt werden, dass unterschiedliche Umfangsabschnitte mit dem gleichen Laserstrahl bestrahlt werden können, auch auf der der Strahlaustrittseinrichtung abgewandten Seite.

[0061] Nachdem die umlaufende oberflächliche Schmelzlinie an der vorgesehenen Trennposition durch Laserbestrahlung erzeugt wurde, wird die entstandene Sollbruchstelle durch Betätigen des Drahtvorschubs bis in die Trennebene am Dorn 655 vorgeschoben, bevor die fertige Feder mittels des Schneidwerkzeugs durch Geradschnitt abgetrennt wird.

[0062] Die anhand von Fig. 7 erläuterte Variante kann auch an anderer Stelle, z.B. im Bereich der Drahtführung, vorgesehen sein. Wenn es der Bauraum zulässt ist auch eine Anordnung in der Trennebene, d.h. im Bereich der Schnittkante 656 des Dorns möglich.

[0063] Diese Anmeldung offenbart somit unterschiedliche Möglichkeiten, den Draht an einer definierten Trennposition durch Anritzen oder Einkerbungen mechanisch oder durch Einwirken von Strahlwerkzeugen entlang einer relativ schmalen Linie zu schwächen, um eine Sollbruchstelle zu erzeugen, die einen sauberen Schnitt bei reduzierten Schnittkräften ermöglicht. Die Schnittkraft wird deutlich reduziert, wenn Einkerbungen bzw. Einritzungen zumindest an zwei diametral gegenüberliegenden Bereichen oder aber über den gesamten Umfang eingebracht werden, wie dies hier anhand einiger Beispiele gezeigt wurde. Insbesondere können damit Federn mit deutlich größeren Wickelverhältnissen mittels Torsionsschnitt abgetrennt werden.

[0064] Die Sollbruchstelle kann auch durch eine Einstechoperation erzeugt werden. Dazu kann z.B. bei der Variante von Fig. 1 bis 3 der Dorn 156 mit einem scharfkantigen Einstechwerkzeug versehen sein, welches beim axialen Vorschub des Dorns in das Innere der Feder an der Innenseite des Drahtes eine Kerbe in tangentialer Richtung des Drahtquerschnitts einritz.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden mittels einer numerisch gesteuerten Federwindemaschine (100), worin ein Draht (115) unter der Steuerung durch ein NC-Steuerprogramm durch eine Zuführeinrichtung (110) einer Umformeinrichtung (120) der Federwindemaschine zugeführt, mit Hilfe von Werkzeugen der Umformeinrichtung zu einer Schraubenfeder umgeformt und eine fertiggestellte Schraubenfeder anschließend mittels einer Schnitteinrichtung (150) von dem zugeführten Draht abgetrennt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Abtrennen an einer definierten Trennposition entlang des Drahts zumindest an zwei diametral gegenüberliegenden Abschnitten des Drahtumfangs eine linienhafte Schwächung im Bereich der Oberfläche des Drahts erzeugt wird und die fertiggestellte Schraubenfeder an der Trennposition von dem zugeführten Draht abgetrennt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine linienhafte Schwächung an und nahe der Drahtoberfläche dadurch erzeugt wird, dass die Drahtoberfläche eingekerbt, eingestochen, eingewalzt, eingehämmert oder eingeritzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwächung ausgehend

von der Drahtoberfläche nur so weit erzeugt wird, dass mindestens 50% des Durchmessers des Drahts, insbesondere zwischen 60% und 90% des Durchmessers des Drahts, im Bereich der Mitte des Drahtes im Wesentlichen unbeeinflusst durch die oberflächennahe Schwächung bleibt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Schwächung des Drahts an der Trennposition ausschließlich an zwei diametral gegenüberliegenden Umfangsbereichen jeweils eine linienförmige Schwächung erzeugt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Draht mit Hilfe von numerisch steuerbaren Kerbwerkzeugen (152, 154) gleichzeitig an diametral gegenüberliegenden Umfangsabschnitten mechanisch gekerbt wird, wobei vorzugsweise der Draht zur Erzeugung der Schwächung zwischen den Kerbwerkzeugen (152, 154) eingeklemmt wird, die Kerbwerkzeuge in Eingriff mit dem Draht gehalten werden und die Schraubenfeder vom eingeklemmten Draht durch Torsion abgetrennt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Schwächung des Drahts an der Trennposition eine in Umfangsrichtung ununterbrochene umlaufende linienhafte Schwächung erzeugt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung der Schwächung mindestens ein Strahlwerkzeug verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung der Schwächung mindestens ein Laserstrahl auf die Drahtoberfläche eingestrahlt wird, wobei vorzugsweise der Laserstrahl durch mindestens eine Umlenkeinrichtung einfach oder mehrfach derart umgelenkt wird, dass unterschiedliche Umfangsabschnitte mit dem gleichen Laserstrahl bestrahlt werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schraubenfeder (F) mit einem Wickelverhältnis D/d von mehr als 4, insbesondere zwischen 5 und 10, erzeugt und mittels Torsionsschnitt vom zugeführten Draht getrennt wird, wobei das Wickelverhältnis das Verhältnis zwischen dem Federdurchmesser D und dem Drahtdurchmesser d der Schraubenfeder ist.
10. Federwindemaschine (100) zur Herstellung von Schraubenfedern (F) durch Federwinden umfassend:

- eine Zuführeinrichtung (110) zum Zuführen von Draht (115) zu einer Umformeinrichtung (120), wobei die Umformeinrichtung mindestens ein Windewerkzeug (122, 124) aufweist, 5
eine Schnitteinrichtung zum Abtrennen einer fertiggestellten Schraubenfeder von dem zugeführten Draht nach Abschluss einer Umformoperation; 5
eine Steuereinrichtung (180) zur Steuerung der Zuführeinrichtung, der Umformeinrichtung und der Schnitteinrichtung auf Basis eines NC-Steuerprogramms, 10
gekennzeichnet durch,
eine Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung, die dafür eingerichtet ist, an einer definierten Trennposition entlang des Drahts zumindest an zwei diametral gegenüberliegenden Abschnitten des Drahtumfangs eine linienhafte Schwächung im Bereich der Oberfläche des Drahts zu erzeugen. 15
11. Federwindmaschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung zwei aufeinander zu oder voneinander weg bewegbare Kerbwerkzeuge (152, 154) mit in einer gemeinsamen Ebene liegenden Schneidkanten (SK1, SK2) aufweist, wobei die Kerbwerkzeuge vorzugsweise so ansteuerbar sind, dass die Kerbwerkzeuge gleichzeitig von gegenüberliegenden Seiten oberflächlich in das Drahtmaterial eindringen können, wobei eines der Kerbwerkzeuge jeweils als Gegenwerkzeug des anderen Kerbwerkzeugs dient. 25
12. Federwindmaschine nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnitteinrichtung für eine Abtrennung der Schraubenfeder (F) durch Torsionsschneiden eingerichtet ist, wobei die Federwindmaschine vorzugsweise eine radial zu einer Mittelachse (118) verschiebbare Werkzeugeinheit (170) mit einem Keilwerkzeug (172) aufweist, welches zwischen Windungen der Schraubenfeder einschiebbar ist. 35
13. Federwindmaschine nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Federwindmaschine so konfiguriert ist, dass der Draht (115) zur Erzeugung der Schwächung zwischen den Kerbwerkzeugen (152, 154) einklemmbar ist, die Kerbwerkzeuge in Eingriff mit dem Draht gehalten werden können und die Schraubenfeder (F) vom eingeklemmten Draht durch Torsion abtrennbar ist. 40
14. Federwindmaschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtung mindestens ein Strahlwerkzeug mit einer auf die Drahtoberfläche ausrichtbaren Strahlaustrittseinrichtung (552, 554, 652, 654, 752) 45

aufweist, wobei vorzugsweise die Sollbruchstellen-Erzeugungseinrichtungen ein Lasersystem aufweist, das derart konfiguriert ist, dass zur Erzeugung der linienhaften Schwächung mindestens ein Laserstrahl auf die Drahtoberfläche einstrahlbar ist, wobei vorzugsweise mindestens eine Umlenkeinrichtung, insbesondere einen Planspiegel (761A, 761 B), vorgesehen ist, mit der ein Laserstrahl einfach oder mehrfach so umlenkbar ist, dass unterschiedliche Umfangsabschnitte des Drahts (715) mit dem gleichen Laserstrahl bestrahlbar sind.

15. Federwindmaschine nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lasersystem eine Strahlauslasseinheit (752) aufweist, die quer zur Durchlaufrichtung des Drahts (715) senkrecht zu einer Drahtlängsrichtung beweglich gelagert ist, wobei diametral gegenüber der Strahlauslasseinrichtung eine Umlenkeinrichtung mit zwei V-förmig zueinander angeordneten Planspiegeln (761, 762) angeordnet ist, die so orientiert sind, dass bei bestimmten Stellungen der Strahlauslasseinheit der Laserstrahl von einem der Planspiegel oder beiden Planspiegeln an Umfangsbereiche des Drahtes reflektiert wird, welche nicht direkt durch den von der Strahlaustrittseinrichtung kommenden Laserstrahl erreichbar sind. 20

Claims

1. Method for producing helical springs by spring winding by means of a numerically controlled spring winding machine (100), wherein a wire (115), under the control of a NC control program, is fed to a shaping device (120) of the spring winding machine by a feed device (110), is shaped using tools of the shaping device to form a helical spring, and subsequently a finished helical spring is separated from the fed wire by means of a cutting device (150), 30
characterized in that
prior to the separation at a defined separating position along the wire at least on two diametrically opposed sections of the wire circumference a linear type weakening in the region of the surface of the wire is generated and the finished helical spring is separated from the fed wire at the separating position.
2. Method according to claim 1, **characterized in that** a linear type weakening on and near the wire surface is generated **in that** the wire surface is indented, pierced, rolled, hammered or carved in. 50
3. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the weakening starting from the wire surface is generated only to the extent that at least 50 % of the diameter of the wire, in particular between 60 % and 90 % of the diameter of the wire, in the region of the 55

center of the wire remain essentially unaffected by the weakening close to the surface.

4. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** for weakening the wire at the separating position a respective linear type weakening is generated exclusively on two diametrically opposed circumferential portions. 5
5. Method according to claim 4, **characterized in that** the wire is mechanically indented using numerically controllable groove cutters (152, 154) simultaneously on diametrically opposed circumferential sections, wherein preferably for generating the weakening the wire is clamped between the groove cutters (152, 154), the groove cutters are held in engagement with the wire and the helical spring is separated from the clamped wire by torsion. 10 15
6. Method according to any of claims 1 to 3, **characterized in that** for weakening the wire at the separating position a continuous, peripheral linear type weakening is generated in the circumferential direction. 20 25
7. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** for generating the weakening at least one beam tool is employed. 30
8. Method according to claim 7, **characterized in that** for generating the weakening at least one laser beam is irradiated onto the wire surface, wherein preferably the laser beam is once or repeatedly deflected by at least one deflection device such that different circumferential sections are irradiated with the same laser beam. 35 40
9. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** a helical spring (F) having a winding ratio D/d of more than 4, in particular between 5 and 10, is generated and separated from the fed wire by means of a torsion cut, wherein the winding ratio is the ratio of spring diameter D to wire diameter d of the helical spring. 45
10. Spring winding machine (100) for producing helical springs (F) by spring winding, comprising:
 - a feed device (110) for feeding wire (115) to a shaping device (120), wherein the shaping device includes at least one winding tool (122, 124), 50
 - a cutting device for separating a finished helical spring from the fed wire after completion of a shaping operation,
 - a control device (180) for controlling the feed device, the shaping device and the cutting device on the basis of an NC control program, 55

characterized by

a predetermined breaking point generating device configured to generate at a defined separating position along the wire at least on two diametrically opposed sections of the wire circumference a linear type weakening in the region of the surface of the wire.

11. Spring winding machine according to claim 10, **characterized in that** the predetermined breaking point generating device includes two groove cutters (152, 154), capable of being moved towards or away from each other, having cutting edges (SK1, SK2) located on a common plane, wherein the groove cutters are preferably controllable such that the groove cutters can penetrate superficially into the wire material simultaneously from opposite sides, wherein one of the groove cutters respectively is a counter-tool of the other groove cutter.
12. Spring winding machine according to claim 10 or 11, **characterized in that** the cutting device is configured for separating the helical spring (F) by torsion cutting, wherein the spring winding machine preferably includes a tool unit (170) shiftable radially in relation to a central axis (118) and having a wedge tool (172) which is insertable between windings of the helical spring.
13. Spring winding machine according to claim 11 or 12, **characterized in that** the spring winding machine is configured such that, for generating the weakening, the wire (115) is clampable between the groove cutters (152, 154), the groove cutters can be held in engagement with the wire and the helical spring (F) is separatable from the clamped wire by torsion.
14. Spring winding machine according to claim 10, **characterized in that** the predetermined breaking point generating device includes at least one beam tool having a beam outlet device (552, 554, 652, 654, 752) orientable to the wire surface, wherein preferably the predetermined breaking point generating device includes a laser system, which is configured such that for generating the linear type weakening at least one laser beam is irradiatable onto the wire surface, wherein preferably at least one deflection device, in particular a plane mirror (761A, 761 B), is provided by means of which a laser beam is once or repeatedly deflectable such that different circumferential sections of the wire (715) can be irradiated with the same laser beam.
15. Spring winding machine according to claim 14, **characterized in that** the laser system includes a beam outlet unit (752) movably mounted transversely to the advancing direction of the wire (715) perpendicular to a wire longitudinal direction, wherein diamet-

rically opposite to the beam outlet device a deflection device having two plane mirrors (761, 762) disposed in a V-shape to each other and oriented such that in certain positions of the beam outlet unit the laser beam is reflected by one of the plane mirrors or both the plane mirrors to circumferential portions of the wire, which are not directly accessible to the laser beam coming from the beam outlet device.

Revendications

1. Procédé de fabrication de ressorts hélicoïdaux par enroulement de ressorts au moyen d'une enrouleuse de ressorts à commande numérique (100), enrouleuse dans laquelle un fil (115) est acheminé par un dispositif d'alimentation (110) à un dispositif de formage (120) de l'enrouleuse de ressorts sous la commande réalisée par un programme de commande numérique, est mis sous la forme d'un ressort hélicoïdal à l'aide d'outils du dispositif de formage et un ressort hélicoïdal fini est ensuite séparé du fil d'alimentation au moyen d'un dispositif de sectionnement (150),
caractérisé en ce
qu'avant la séparation, à une position de séparation défini le long du fil, au moins au niveau de deux sections diamétralement opposées de la circonférence du fil, un affaiblissement linéaire est créé dans une zone de surface du fil et le ressort hélicoïdal fini est séparé du fil d'alimentation à la position de séparation.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un affaiblissement linéaire est créé sur et à proximité de la surface du fil en faisant en sorte que la surface du fil soit entaillée, cisailée, laminée, martelée ou fendue.**
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'affaiblissement, à partir de la surface du fil, est créé seulement dans la mesure qu'au moins 50 % du diamètre du fil, en particulier entre 60 % à 90 % du diamètre du fil, dans la région du centre du fil, reste sensiblement non affecté par l'affaiblissement réalisé à proximité de la surface.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce, pour affaiblir le fil au niveau de la position de séparation, un affaiblissement linéaire respectif est créé à la position de séparation exclusivement dans deux zones circonférentielles diamétralement opposées.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le fil est simultanément entaillé mécaniquement dans des sections circonférentielles diamétralement opposée à l'aide d'outils d'entaillage (152, 154) pou-

vant être commandés numériquement, dans lequel le fil est de préférence pincé entre les outils d'entaillage (152, 154) pour créer l'affaiblissement, les outils d'entaillage sont maintenus en prise avec le fil et le ressort hélicoïdal est séparé du fil pincé par torsion.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'un affaiblissement linéaire circonférentiel ininterrompu est créé dans la direction circonférentielle pour affaiblir le fil à la position de séparation.**
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au moins un outil générateur de faisceau est utilisé pour créer l'affaiblissement.**
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'au moins un faisceau laser est projeté sur la surface du fil pour créer l'affaiblissement, dans lequel le faisceau laser est de préférence dévié une fois ou plusieurs fois à l'aide d'au moins un dispositif de déviation de manière à ce que des sections circonférentielles différentes soient exposées au même faisceau laser.**
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un ressort hélicoïdal (F) ayant un rapport d'enroulement D/d de plus de 4, notamment compris entre 5 et 10, est produit et est séparé du fil d'alimentation au moyen d'un sectionnement par torsion, dans lequel le rapport d'enroulement est le rapport entre le diamètre de ressort D et le diamètre de fil du ressort hélicoïdal.**
10. Machine d'enroulement de ressorts (100) destinée à fabriquer des ressorts hélicoïdaux (F) par enroulement de ressorts comprenant :
un dispositif d'alimentation (110) destiné à acheminer le fil (115) vers un dispositif de formage (120), dans lequel le dispositif de formage comporte au moins un outil d'enroulement (122, 124),
un dispositif de sectionnement destiné à séparer un ressort hélicoïdal fini du fil d'alimentation après la fin d'une opération de formage;
un dispositif de commande (180) destiné à commander le dispositif d'alimentation, le dispositif de formage et le dispositif de sectionnement sur la base d'un programme de commande numérique,
caractérisé par
un dispositif de création de points de rupture théoriques qui est conçu pour créer un affaiblissement linéaire dans la région de la surface du fil au niveau d'une position de séparation définie

le long du fil sur au moins deux sections diamétralement opposées de la circonférence du fil.

11. Machine d'enroulement de ressorts selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** le dispositif de création de points de rupture théoriques comporte deux outils d'entaillage (152, 154) pouvant être rapprochés et éloignés l'un de l'autre, comportant des arêtes de sectionnement (SK1, SK2) situées dans un plan commun, dans lequel les outils d'entaillage peuvent de préférence être commandés de manière à ce que les outils d'entaillage puissent pénétrer simultanément en surface dans le matériau du fil depuis des côtés opposés, dans lequel l'un des outils d'entaillage est respectivement utilisé en tant que contre-outil par rapport à l'autre outil d'entaillage.

5
10
15

12. Machine d'enroulement de ressorts selon la revendication 10 ou 11, **caractérisée en ce que** le dispositif de sectionnement est conçu pour une séparation du ressort hélicoïdal (F) par des sectionnements en torsion, dans lequel la machine d'enroulement de ressorts comporte de préférence une unité à outil (170) pouvant être décalée radialement par rapport à un axe central (118), comportant un outil formant coin (172) qui peut être inséré entre des enroulements du ressort hélicoïdal.

20
25

13. Machine d'enroulement de ressorts selon la revendication 11 ou 12, **caractérisée en ce que** la machine d'enroulement de ressorts est configurée de manière à ce que le fil (115) puisse être pincé entre les outils d'entaillage (152, 154) pour créer l'affaiblissement, les outils d'entaillage peuvent être maintenus en prise avec le fil et le ressort hélicoïdal (F) peut être séparé par torsion du fil pincé.

30
35

14. Machine d'enroulement de ressorts selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** le dispositif de création de points de rupture théoriques comporte au moins un outil à faisceau comprenant un dispositif de sortie de faisceau (552, 554, 652, 654, 752) pouvant être orienté vers la surface du fil, dans lequel le dispositif de création de points de rupture théorique comporte de préférence un système à laser qui est configuré de manière à ce qu'un faisceau laser puisse être projeté sur la surface du fil afin de créer l'affaiblissement linéaire, dans lequel il est de préférence prévu au moins un dispositif de déviation, notamment un miroir plan (761A, 761 B) à l'aide duquel un faisceau laser peut être dévié une fois ou plusieurs fois afin que des sections circonférentielles différentes du fil (715) puissent exposées à un même faisceau laser.

40
45
50
55

15. Machine d'enroulement de ressorts selon la revendication 14, **caractérisée en ce que** le système à laser comporte une unité de sortie de faisceau (752)

qui est montée mobile perpendiculairement à une direction longitudinale du fil et transversalement à la direction de déplacement du fil (715), dans lequel un dispositif de déviation comportant deux miroirs plans (761, 762) disposés en V l'un par rapport à l'autre est disposé diamétralement opposé par rapport à la direction de sortie de faisceau, lesquels miroirs plans sont orientés de manière à ce qu'en des positions déterminées de l'unité de sortie de faisceau, le faisceau laser soit réfléchi par l'un des miroirs plans ou par les deux miroirs plans sur des zones circonférentielles du fil qui ne peuvent pas être directement atteintes par le faisceau laser provenant du dispositif de sortie de faisceau.

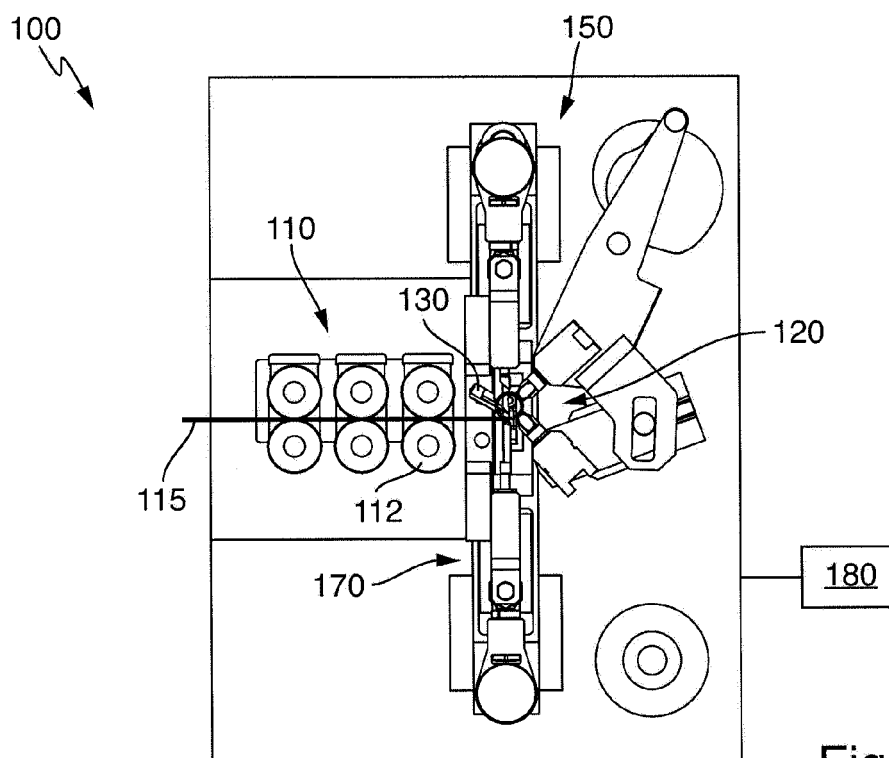


Fig. 1

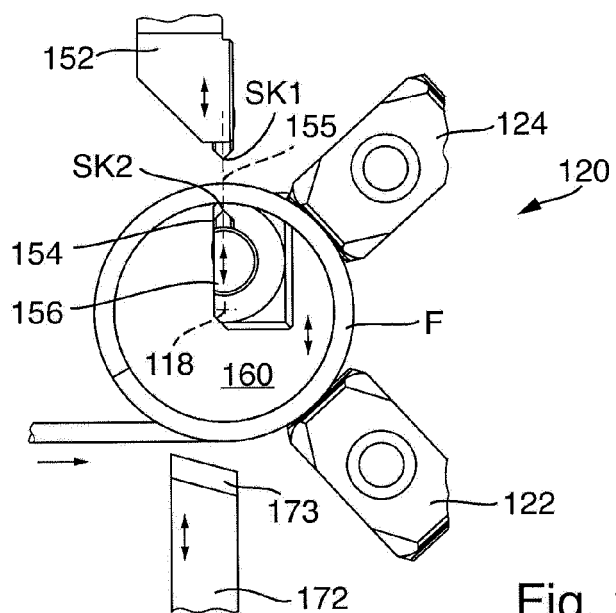


Fig. 2

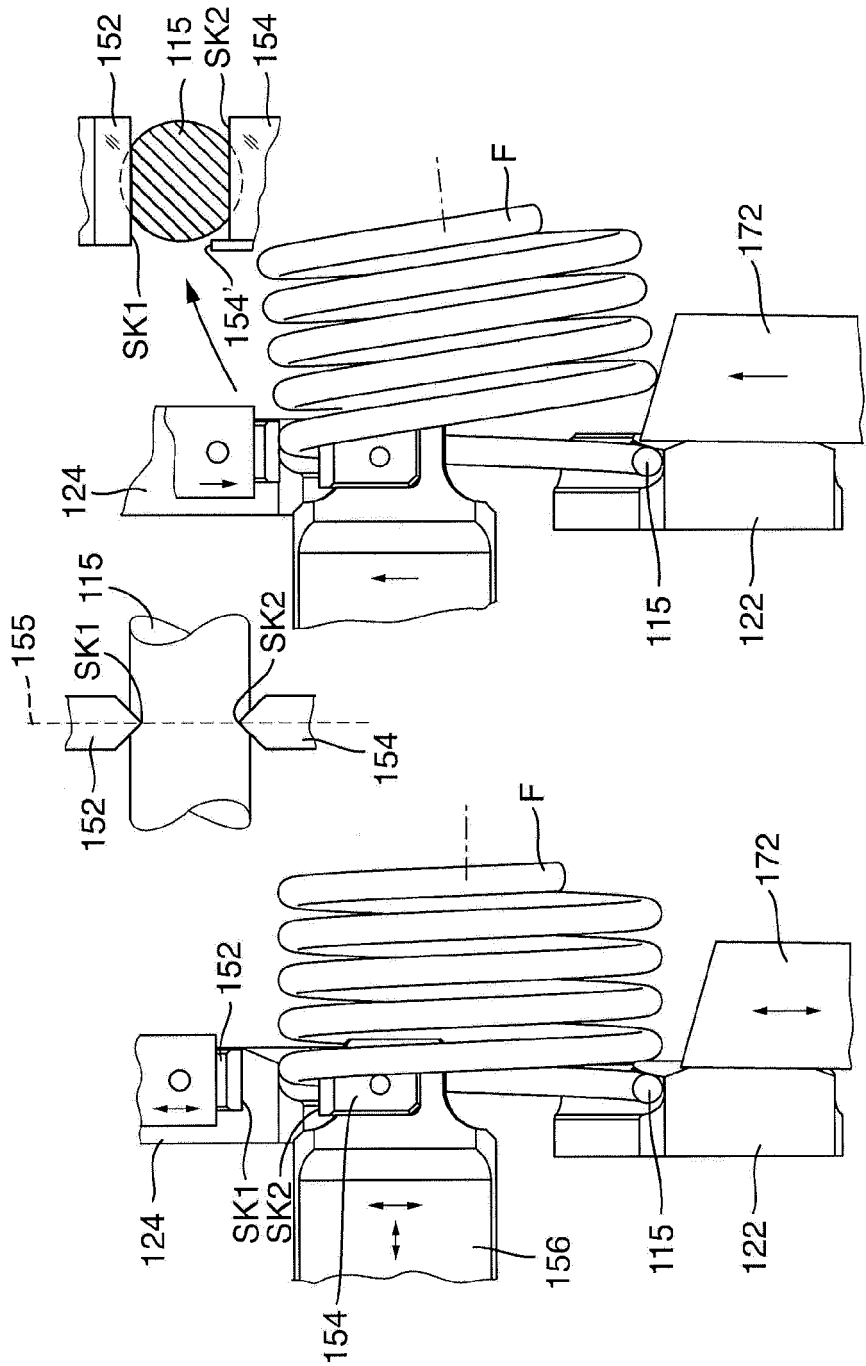


Fig. 3B

Fig. 3A

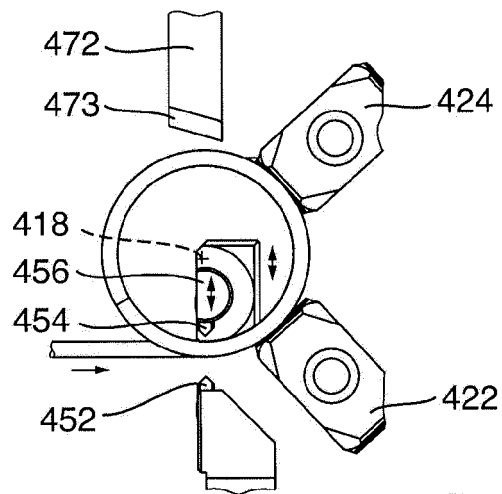


Fig. 4A

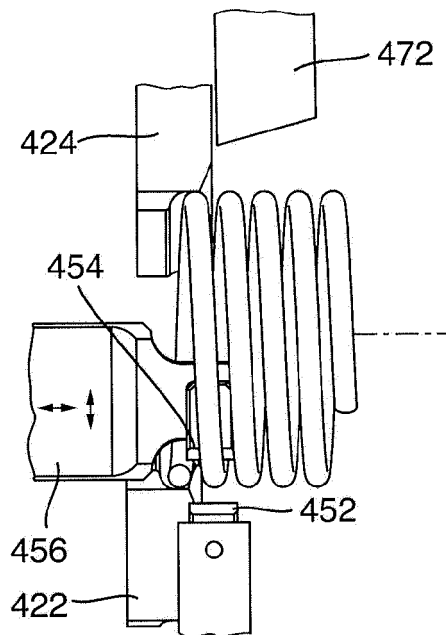


Fig. 4B

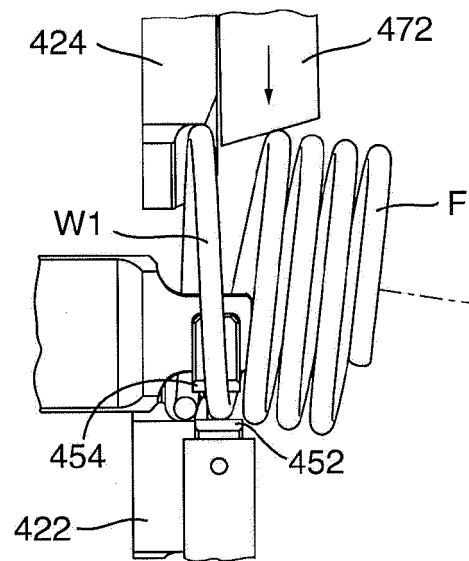


Fig. 4C

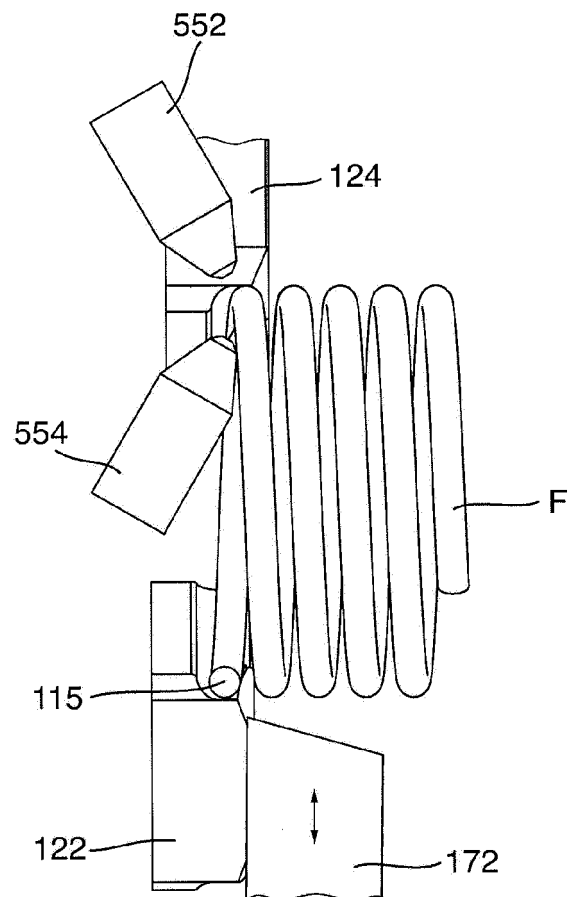


Fig. 5

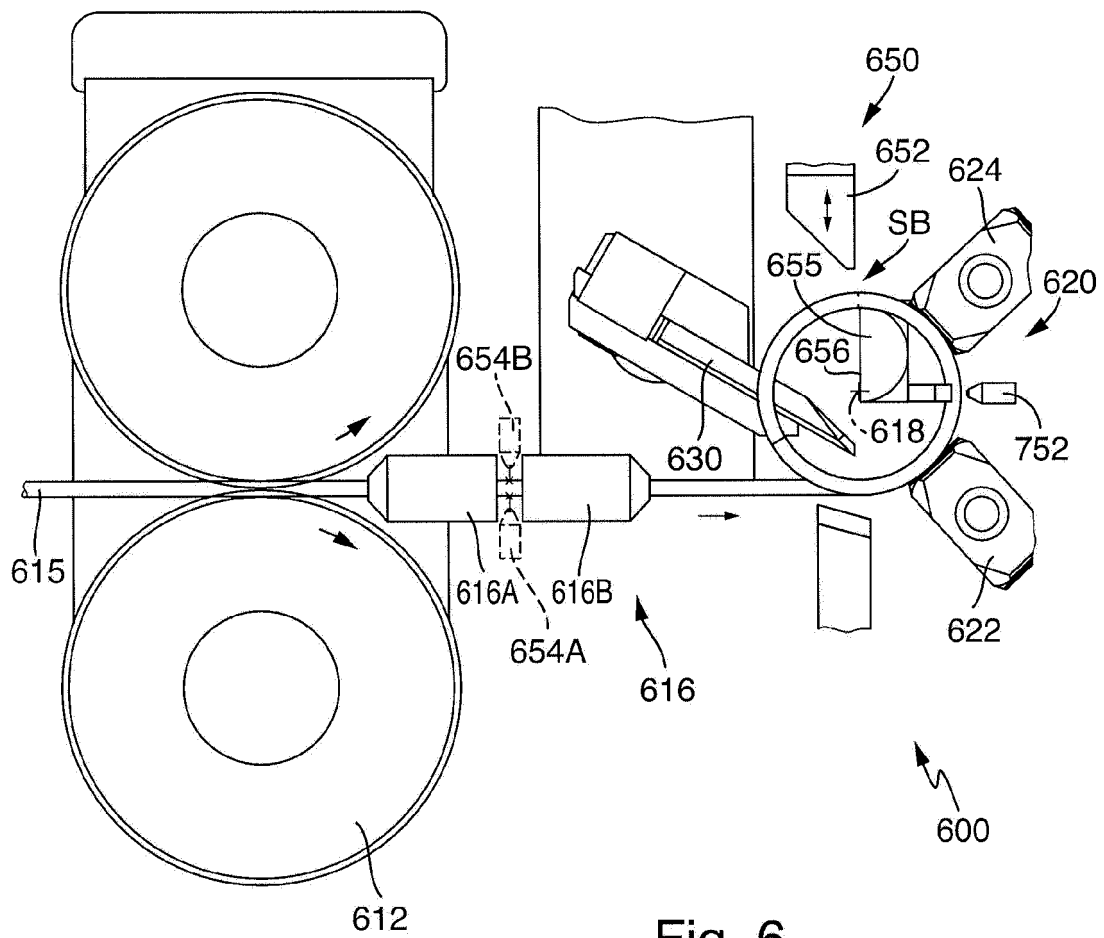


Fig. 6

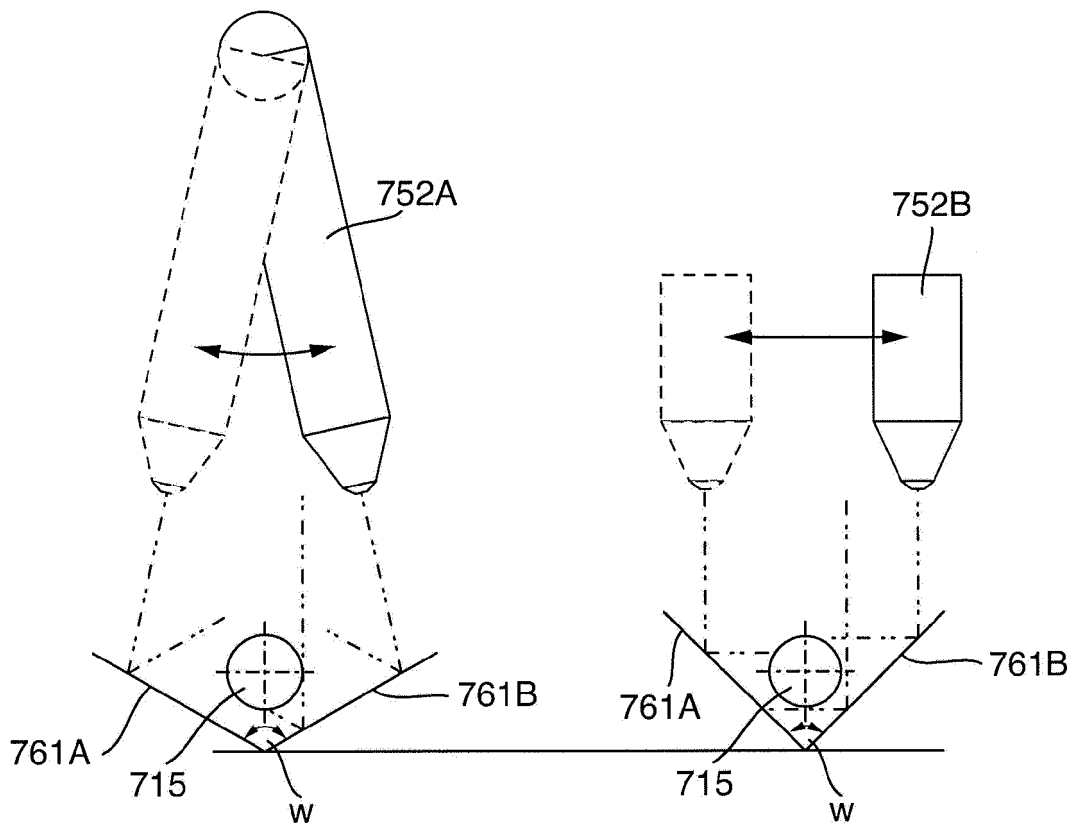


Fig. 7A

Fig. 7B

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

- JP H10180384 B [0001]