(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 828 017 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.08.2018 Patentblatt 2018/31

(21) Anmeldenummer: **13707881.2**

(22) Anmeldetag: **07.03.2013**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/054604

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/139612 (26.09.2013 Gazette 2013/39)

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

METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING HELICAL 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

(30) Priorität: **21.03.2012 DE 102012204513**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.01.2015 Patentblatt 2015/05

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

(72) Erfinder: **DENKINGER, Claus**
72805 Lichtenstein (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 1 402 875
DE-A1- 4 323 296
DE-A1-102008 002 214
DE-A1-102010 014 385
DE-A1-102010 014 386
US-A- 3 972 214

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 2 828 017 B1

Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden mittels einer numerisch gesteuerten Federwindemaschine gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie auf eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Federwindemaschine gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 6.

[0002] Schraubenfedern sind Maschinenelemente, die in zahlreichen Anwendungsbereichen in großen Stückzahlen und unterschiedlichen Ausgestaltungen benötigt werden. Schraubenfedern, die auch als gewundene Torsionsfedern bezeichnet werden, werden üblicherweise aus Federdraht herstellt und je nach der bei der Nutzung vorliegenden Belastung als Zugfedern oder Druckfedern ausgelegt. Druckfedern, insbesondere Tragfedern, werden beispielsweise in großen Mengen im Automobilbau benötigt. Der Federdurchmesser ist bei zylindrischen Schraubenfedern über die Länge der Federn konstant, er kann aber auch über die Länge variieren, wie z.B. bei kegelförmigen oder tonnenförmigen Schraubenfedern. Auch die Gesamtlänge der (unbelasteten) Feder kann für unterschiedliche Anwendungen stark variieren.

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

[0004] Federwindemaschinen sollen in der Regel bei hoher Stückleistung viele Federn mit einer bestimmten Federgeometrie (Soll-Geometrie) innerhalb sehr enger Toleranzen erzeugen. Zu den funktionswichtigen Geometrieparametern gehört u.a. die Gesamtlänge der fertigen Schraubenfeder im unbelasteten Zustand. Durch die Gesamtlänge werden u.a. die Einbaumaße der Feder und die Federkraft mitbestimmt.

[0005] Wenn besonders hohe Stückleistungen erzielt werden sollen, kann eine Federwindemaschine so ausgelegt sein, dass der Draht ohne Unterbrechung kontinuierlich zugeführt wird und eine Schnitteinrichtung mit rotierendem Schnitt zum Einsatz kommt. Dann muss die Drahtzufuhr auch für den Schnitt nicht unterbrochen werden.

[0006] Im Hinblick auf hohe Qualitätsanforderungen, z.B. im Automobilbereich, ist es üblich, gewisse Federgeometriedaten, wie beispielsweise den Durchmesser, die Länge und/oder die Steigung bzw. den Steigungsverlauf der Feder, nach Fertigstellung einer Feder zu messen und die fertigen Federn abhängig vom Ergebnis der Messung automatisch in Gutteile (Federgeometrie innerhalb der Toleranzen) und Schlechteile (Federgeometrie außerhalb der Toleranzen) und ggf. in weitere Kategorien zu sortieren. Diese Vorgehensweise setzt exakte Messergebnisse voraus, um Fehlsortierungen zu vermeiden.

[0007] Es ist auch schon vorgeschlagen worden, den Durchmesser, die Länge und die Steigung der Feder durch geeignete Messmittel während der Fertigung zu überprüfen und bei außerhalb von Toleranzgrenzen liegenden Abweichungen Fertigungsparameter so zu verändern, dass die Federgeometrie innerhalb der Toleranzen bleibt.

[0008] Die DE 103 45 445 B4 zeigt eine Federwindemaschine, die ein integriertes Messsystem mit einer Videokamera hat, die auf denjenigen Bereich der Federwindemaschine gerichtet ist, in dem die Formung der Feder beginnt. Ein an die Videokamera angeschlossenes Bildverarbeitungssystem mit entsprechenden Auswertealgorithmen soll es erlauben, den Durchmesser, die Länge und die Steigung der Feder während der Fertigung zu überprüfen und es soll möglich sein, diese Federgeometrieparameter durch Rückkopplung zu den motorisch verstellbaren Bearbeitungswerkzeugen während der Fertigung zu verändern. Nach Fertigstellung wird die fertige Feder mit einem vertikalen Schnitt vom Draht abgetrennt.

[0009] Die DE 10 2010 014 385 A1 der Anmelderin beschreibt ein geregeltes Federwindeverfahren und eine dafür geeignete Federwindemaschine. Bei dem Verfahren werden zunächst eine gewünschte Soll-Geometrie der Schraubenfeder und ein zur Erzeugung der Soll-Geometrie geeignetes NC-Steuerprogramm definiert. Zu mindestens einem nach dem Beginn und vor dem Ende der Herstellung der Schraubenfeder liegenden Messzeitpunkt wird die Istposition eines ausgewählten Strukturelements der Schraubenfeder relativ zu einem vorzugsweise maschinenfesten Referenzelement in einem Messbereich gemessen, der in Längsrichtung der Schraubenfeder einen endlichen Abstand von der Umformeinrichtung hat. Der Abstand ist kleiner als die Gesamtlänge der fertig gestellten Schraubenfeder. Die gemessene Istposition wird mit einer Sollposition des Strukturelements für den Messzeitpunkt verglichen, um eine aktuelle Positionsdifferenz zu ermitteln, die die Differenz der Istposition zur Sollposition zum Messzeitpunkt repräsentiert. Ein Steigungswerkzeug der Umformeinrichtung wird in Abhängigkeit von der Positionsdifferenz gesteuert. Nach Fertigstellung der Feder wird diese mit einem vertikalen Schnitt vom Draht abgetrennt. Mit dem Ver-

fahren können u.a. Serien von langen Schraubenfedern mit sehr geringer Streuung der Gesamtlänge hergestellt werden.

[0010] Geregelte automatisierte Federwindeverfahren setzen exakte Messergebnisse voraus, um die angestrebte Güte der fertigen Federn zu erreichen.

[0011] Die gattungsgemäße DE 10 2010 014 386 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden mittels einer numerisch gesteuerten Federwindemaschine, worin ein Draht unter der Steuerung durch ein NC-Steuerprogramm durch eine Zuführeinrichtung einer Umformeinrichtung der Federwindemaschine 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. Zu mindestens einem Messzeitpunkt während der Umformoperation wird eine Messung in der Schraubenfeder durchgeführt. Der Draht wird dabei der Umformeinrichtung kontinuierlich zugeführt und eine Messung an der Schraubenfeder wird bei laufender Zuführung durchgeführt.

[0012] Die DE 10 2008 002 214 A1 beschreibt unter anderem eine Vorrichtung zum Herstellen eines schraubenförmigen Teils durch Zuführen eines Drahtes zu einem Richtwerkzeug und Drücken des Drahtes gegen das Richtwerkzeug, um den Draht unter Kraft zu wickeln. Die Vorrichtung hat unter anderem eine Zuführwalze zum Zuführen des Drahtes zum Richtwerkzeug, einen Drahtzuführmotor zum drehbaren Antreiben der Zuführwalze sowie eine Schleifsteinwerkzeugeinheit, welche einen scheibenförmigen Schleifstein drehbar und beweglich hält, um den Draht durch Drehen des scheibenförmigen Schleifsteins zu schneiden. Eine Steuereinheit zum Steuern des Drahtzuführmotors und der Schleifsteinwerkzeugeinheit bewegt den scheibenförmigen Schleifstein auf einer Ebene, welche zu einer Wicklungswachstumsrichtung des schraubenförmigen Teils im Wesentlichen senkrecht ist, um den Draht im Wesentlichen senkrecht zu der Wicklungswachstumsrichtung zu schneiden.

AUFGABE UND LÖSUNG

[0013] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der gattungsgemäßen Art so zu optimieren, dass in einem messunterstützten Federwindeprozess Federn mit hoher Qualitat und geringer Qualitätsstreuung bei hoher Stückleistung gefertgt werden können. Diese Vorteile sollen bei möglichst geringem Energieverbrauch realisiert werden können.

[0014] Diese Aufgaben werden gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie durch eine Federwindemaschine mit den Merkmalen von Anspruch 6.

[0015] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0016] Bei dem Verfahren wird der Draht der Umformeinrichtung kontinuierlich zugeführt und eine Messung an der Schraubenfeder wird bei laufender Zuführung durchgeführt. Die Drahtzufuhr wird also für die Messung nicht unterbrochen, so dass sich der Draht während der Messung bewegt. Nach Abschluss der Umformoperation wird die fertige Schraubenfeder durch einen rotierenden fliegenden Schnitt vom zugeführten Draht abgetrennt. Der Begriff "rotierenden fliegenden Schnitt" bedeutet hierbei, dass das Schnittwerkzeug beim Schneiden eine rotierende Bewegung ausführt und dass sich der Draht während des Schnitts bewegt bzw. dass die Drahtzufuhr für den Schnitt nicht unterbrochen wird. Bei dieser Schnittart ist es somit nicht notwendig, die Drahtzufuhr für den Schnitt zu unterbrechen.

[0017] Bei einer Federwindemaschine, die zur Durchführung des Verfahrens konfiguriert ist, ist somit eine Messeinrichtung zur Durchführung einer Messung an der Schraubenfeder vorgesehen und es ist weiterhin vorgesehen, dass die Schnitteinrichtung ein rotierend antreibbares Schnittwerkzeug aufweist, das am Ende der Umformoperation die fertige Schraubenfeder durch einen rotierenden fliegenden Schnitt zum zugeführten Draht abtrennen kann.

[0018] Durch die kontinuierliche Drahtzufuhr, die auch für den Schnitt nicht unterbrochen werden muss, sind bei Bedarf sehr hohe Stückleistungen möglich, es können also bei Bedarf sehr viele fertige Schraubenfedern pro Zeiteinheit hergestellt werden. Da der Drahtvorschub bzw. die Drahtzufuhr kontinuierlich läuft, muss auch der Drahtvorrat, welcher die Federwindemaschine versorgt und welcher beispielsweise auf einer Haspel vorgehalten werden kann, nicht ständig beschleunigt oder abgebremst und vor allem nicht angehalten werden. Entsprechendes gilt auch für die Antriebe der am Umformprozess beteiligten Maschinenachsen. Dadurch sinkt der Energiebedarf pro Feder. Zusätzlich kann sich aufgrund des organischeren Bewegungsablaufs aller beweglichen Komponenten die Qualität der Federn erhöhen, da ruckartige Bewegungen und damit verbundener Schlupf etc. vermieden werden können. Diese Vorteile werden kombiniert mit der Möglichkeit, während der Umformoperation an der Schraubenfeder eine oder mehrere Messungen durchzuführen und Einrichtungen der Federwindemaschine unter Verarbeitung von durch die Messung ermittelten Messsignalen der Messeinrichtung zu steuern. Beispielsweise kann eine nachgeschaltete Sortiereinrichtung zielgenau auf Basis der Messergebnisse gesteuert werden, um außerhalb der Toleranzen liegende Schlechtteile auszusortieren. Gegebenenfalls kann auf Basis der Messung auch ein Regeleingriff in den Umformvorgang erfolgen.

[0019] Vorzugsweise wird der Draht mit konstanter Zufuhrgeschwindigkeit zugeführt. Es ist auch möglich, dass die Zufuhrgeschwindigkeit kontinuierlich zwischen größeren und kleineren Werten variiert, ohne jedoch auf Null reduziert zu werden.

[0020] Zur Durchführung des Verfahrens werden zunächst vor Beginn der Fertigung einer Serie nominell

identischer Schraubenfedern eine gewünschte Soll-Geometrie der herzustellenden Schraubenfedern und ein entsprechendes, zur Erzeugung dieser Soll-Geometrie geeignetes NC-Steuerprogramm definiert. Damit wird die Abfolge von koordinierten Arbeitsbewegungen der Maschinenachsen der Federwindemaschine festgelegt, die bei der Herstellung einer Feder zu durchlaufen sind. Im Betrieb der Federwindemaschine werden die koordinierten Arbeitsbewegungen dann zyklisch wiederholt. Hierzu haben Steuereinrichtungen bei Ausführungsformen erfindungsgemäßer Federwindemaschinen eine speicherprogrammierte Steuerung (SPS), die digital programmiert werden kann. Zur Erzeugung immer wiederkehrender koordinierter Arbeitsbewegungen ist diese Steuerung zyklusorientiert. Eine speicherprogrammierte Steuerung hat Eingänge, Ausgänge und ein Betriebssystem, das auch als Firmware bezeichnet wird. An die Eingänge sind Eingangskarten angeschlossen, über die z.B. Sensorsignale über den Zustand der Maschine eingelesen weden. Aktoren an den Ausgängen der Steuerung steuern die Maschine. Das Anwenderprogramm kann über eine Schnittstelle geladen werden. Das Anwenderprogramm bestimmt nach einem bestimmten Zeittaktakt zyklisch die Schaltung der Ausgänge abhängig von den Eingängen. Dabei informiert das Betriebssystem das Anwenderprogramm wiederum zyklisch über die aktuellen Stellungen von Gebern, z.B. Sensoren. Auf diese Weise schaltet das Anwenderprogramm die Ausgänge in der Weise, dass sich der programmierte Funktionsablauf ergibt.

[0021] Die Zykluszeit typischer deratiger Steuerungen liegt heutzutage im Bereich einer Hundertstel Sekunde, also im Bereich mehrerer Millisekunden. Nach den Beobachtungen der Erfinder reicht es im Allgemeinen nicht aus, Auslösesignale für Messungen mit diesem Takt der Steuerung zu synchronisieren. In diesem Fall kann es nämlich sein, dass der tatsächliche Messzeitpunkt mehr oder weniger stark von demjenigen Programmzeitpunkt abweicht, zu dem die Messung eigentlich durchgeführt werden sollte. Daher wird erfindungsgemäß der Messzeitpunkt mit den NC-gesteuerten Bewegungen von Einrichtungen der Federwindemaschine mit einer zeitlichen Genauigkeit synchronisiert, die größer ist als eine Zykluszeit der Steuerung der Federwindemaschine. Erfindungsgemäß beträgt die zeitliche Genauigkeit der Festlegung des Messzeitpunkts weniger als 10 μs. Die Genauigkeit kann im Bereich von 1 μs liegen. Die zeitliche Genauigkeit der Festlegung des Messzeitpunkts kann erfindungsgemäß mindestens eine Größenordnung (mindestens Faktor 10), vorzugsweise mindestens zwei Größenordnungen (mindestens Faktor 100) genauer sein als die Zykluszeit. Eine Genaigkeit im Bereich 1 μs ist mehr als drei Größenordnungen (mehr als Faktor 1000) genauer als eine Zykluszeit von mehreren Millisekunden der zugrundeliegenden Steuerung. Damit ist es möglich, ein Triggersignal für die Messeinrichtung zu einem Messzeitpunkt zu erzeugen, der sehr präzise an fast beliebigen Stellen zwischen den Takten einer speicherprogrammierten Steuerung liegen kann.

[0022] Bei manchen Ausführungsformen wird diese zeitlich präzise Ansteuerung der Messeinrichtung dadurch erreicht, dass der Messzeitpunkt ausgehend von Zyklusgrenzen bzw. vom Takt der Steuerung durch ein Zeitstempelverfahren über ein (für jeden Messzeitpunkt individuell festgelegtes bzw. festlegbares) Zeitintervall zwischen einer Zyklusgrenze der Steuerung und dem Messzeitpunkt vorgegeben wird. Die Steuerung kann also beispielsweise eine Anweisung enthalten, dass nach dem Beginn eines bestimmten Zyklus der zugrundeliegenden Steuerung noch ein gewisses Zeitintervall, welches kleiner als die Zykluszeit ist, vergehen soll, bevor das Auslösesignal bzw. der Trigger für die Messeinrichtung generiert wird. Somit wird die zeitliche Präzision der Definierung des Messzeitpunkts unabhängig von den Taktzeiten der zugrundeliegenden Steuerung.

[0023] Besonders vorteilhaft ist diese Vorgehensweise bei der zeitlichen Koordination einer Messung mit dem Abtrennen einer fertigen Feder vom zugeführten Draht. Soll beispielsweise die Gesamtlänge der fertigen Feder gemessen werden, so besteht bei einer zu frühen Messung die Gefahr, dass die Feder zum Messzeitpunkt noch gar nicht völlig fertig gestellt ist und dementsprechend die fertige Feder eine deutlich größere Gesamtlänge hat als das Messergebnis angibt. Liegt der Messzeitpunkt dagegen zu spät, beispielsweise zu einem Zeitpunkt, bei dem der Schnitt schon begonnen hat, hat eventuell schon eine Verlagerung der gerade abgetrennten Feder stattgefunden, so dass eine Messung nicht mehr mit der erforderlichen Genauigkeit durchgeführt werden kann.

[0024] Vorzugsweise wird bei dem Schnittwerkzeug, das eine kontinuierliche Rotationsbewegung (normalerweise mit variierender Rotationsgeschwindigkeit) ausführt, ein Triggersignal für die Messeinrichtung zu einem Messzeitpunkt erzeugt, der unmittelbar vor einem Eingriff des Schnittwerkzeugs in den Draht liegt. Der geometrische Abstand zwischen dem Draht und dem auf den Draht zubewegten Schnittwerkzeug kann beispielsweise im Bereich des einfachen bis dreifachen des Drahtdurchmessers liegen. Der zeitliche Abstand zwischen dem Messzeitpunkt und dem ersten Berührungskontakt zwischen Draht und Schnittwerkzeug sollte vorzugsweise im Bereich weniger Mikrosekunden liegen, beispielsweise bei 10 μs oder weniger. Der zeitliche Abstand sollte für jeden Schnittvorgang möglichst gleich sein, um reproduzierbare Federgeometrien zu erhalten.

[0025] Die Messung wird vorzugsweise berührungslos, insbesondere mit optischen Messmitteln durchgeführt. Dabei könnte beispielsweise ein Lasermesssystem zum Einsatz kommen. Vorzugsweise wird zur Messung eine Kamera mit einem zweidimensionalen Bildfeld (Gesichtsfeld, Erfassungsbereich) verwendet und der Messbereich wird in das Bildfeld der Kamera gelegt. Kamerabasierte Messsysteme mit leistungsfähiger Bildverarbeitungshardware und -software sind kommerziell verfügbar und können hierfür genutzt werden.

[0026] Strukturelle Komponenten eines kamerabasierten Messsystems, welches bei geeigneter Modifizierung der Ansteuerung zur Festlegung eines exakten Messzeitpunkts hierfür verwendet werden kann, sind in der DE 10 2010 014 385 A1 der Anmelderin beschrieben.

[0027] Bei dem Verfahren werden zunächst eine gewünschte Soll-Geometrie der herzustellenden Schraubenfeder und ein entsprechendes, zur Erzeugung dieser Soll-Geometrie geeignetes NC-Steuerprogramm definiert. Damit wird die Abfolge von koordinierten Arbeitsbewegungen der Maschinenachsen der Federwindemaschine festgelegt, die bei der Herstellung einer Feder zu durchlaufen sind. Die zeitliche Lage des mindestens einen Messzeitpunkts wird in Bezug auf die Phasen der Arbeitsbewegungen bzw. auf die dadurch gegebene Programmzeitfunktion festgelegt.

[0028] Der Begriff "Programmzeitfunktion" bezeichnet hier eine Funktion, die sich auf bestimmte Stellen innerhalb des NC-Steuerungsprogramms bezieht. Das Erreichen eines bestimmten NC-Satzes entspricht dabei einem bestimmten Programmzeitpunkt bzw. einem Zeitpunkt innerhalb des Programmablaufs. Insoweit entspricht ein Programmzeitpunkt einer Ablaufposition im sequentiellen Ablauf von Programmschritten bei der Programmabarbeitung. Wird beispielsweise in einer bestimmten Phase der Programmabarbeitung ein Auslösesignal (Trigger) zur Ansteuerung einer Bildaufnahme durch eine Kamera benötigt, so kann dieses Auslösesignal durch eine an entsprechender Stelle vorliegende Programmzeile ausgelöst werden. Dieses Signal wird dann durch die SPS ausgegeben. Hierbei können Messfehler entstehen. Vorliegende Anmeldung lehrt, wie solche Messfehler vermieden bzw. auf ein tolerierbares Maß reduziert werden können. Auslösesignale sind im Programm unmittelbar verknüpft mit bestimmten Positionen der Maschinenachsen, z.B. mit der Maschinenachse des Drahtvorschubs und/oder mit der Maschinenachse für die Position des Steigungswerkzeugs.

[0029] Ein Zeitpunkt in einer Programmzeitfunktion entspricht somit einem Ort in der Bewegungskurve einer oder mehrerer Maschinenachsen. Aus der Programmzeitfunktion ergeben sich Zeitpunkte (Programmzeitpunkte) innerhalb eines NC-Programms, die synchron zum Fortschritt der Federproduktion sind. Insoweit ist die Programmzeitfunktion auch eine Wegfunktion in Bezug auf die Bewegungen von Maschinenachsen. Insbesondere entspricht eine Programmzeitfunktion auch einer Wegfunktion des Drahtvorschubes.

[0030] Die Erfindung bezieht sich auch auf eine numerisch gesteuerte Federwindemaschine, die besonders zur Durchführung des Verfahrens konfiguriert ist. Sie hat eine Zuführeinrichtung zum Zuführen von Draht zu einer Umformeinrichtung sowie eine Umformeinrichtung mit mindestens einem Windewerkzeug, welches im Wesentlichen den Durchmesser der Schraubenfeder an einer vorgebbaren Position bestimmt, sowie mindestens ein Steigungswerkzeug, dessen Eingriff an der sich entwickelnden Schraubenfeder die lokale Steigung der Schraubenfeder bestimmt. Weiterhin sind eine Schnitteinrichtung zum Abtrennen einer fertig gestellten Schraubenfeder von dem zugeführten Draht nach Abschluss einer Umformoperation, eine Messeinrichtung zur Durchführung einer Messung an der Schraubenfeder während der Umformoperation und eine Steuereinrichtung zur Steuerung der Zuführeinrichtung, der Umformeinrichtung, der Messeinrichtung und der Schnitteinrichtung auf Basis eines NC-Steuerprogramms vorgesehen.

[0031] Die Zuführeinrichtung ist für eine kontinuierliche Zufuhr des Drahts konfiguriert, so dass der Draht der Umformeinrichtung kontinuierlich, d.h. ohne Unterbrechung für die Messung zugeführt wird und eine Messung an der Schraubenfeder bei laufender Zuführung durchgeführt werden kann. Auch für den Schnitt ist keine Unterbrechung der Zufuhbewegung nötig. Dazu hat die Schnitteinrichtung ein rotierend antreibbares Schnittwerkzeug und die Federwindemaschine ist derart konfiguriert, dass die fertige Schraubenfeder durch einen rotierenden fliegenden Schnitt vom zugeführten Draht abgetrennt werden kann. Die Federwindemaschine ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens konfiguriert. Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung derart konfiguriert, dass ein Triggersignal für die Messeinrichtung zu einem Messzeitpunkt erzeugt wird, der unmittelbar vor einem Eingriff des Schnittwerkzeugs in den Draht liegt. Damit sind exakte Messergebnisse möglich, insbesondere bezüglich der gemessenen Federlänge.

[0032] Der Messzeitpunkt wird erfindungsgemäß mit einer zeitlichen Genauigkeit vorgegeben, die wesentlich größer ist als die Genauigkeit, die möglich wäre, wenn die Messzeitpunkte ausschließlich an die Zykluszeit geknüpft wären. Erfindungsgemäß beträgt die zeitliche Genauigkeit der Festlegung des Messzeitpunkts weniger als 10 μs und/oder ist mindestens eine Größenordnung (mindestens Faktor 10) genauer als die Zykluszeit.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0033]

Fig. 1 zeigt eine schematische Übersichtsdarstellung einer Ausführungsform einer Federwindemaschine mit Teilen der Zuführeinrichtung und der Umformeinrichtung,

Fig. 2 zeigt in perspektivischer Darstellung Anbaugruppen für die in Fig. 1 gezeigte Federwindemaschine;

Fig. 3 zeigt eine Phase, in der eine fertige Feder mittels eines rotierenden Schnitts vom Draht abgetrennt wird;

Fig. 4 zeigt schematisch das Grundprinzip der Betriebsart: kontinuierlicher Drahtvorschub mit rotierend fliegendem Schnitt;

Fig. 5 zeigt ein schematisches Vorschub-Zeit-Diagramm zur Erläuterung der Ursachen für Messfehler; und

Fig. 6 zeigt oben ein Geschwindigkeits-Zeitdiagramm der Vorschubgeschwindigkeit der Drahtzuführung und unten ein zugehöriges Geschwindigkeits-Zeitdiagramm der Bewegungsgeschwindigkeit des Schnittwerkzeugs und die zeitliche Lage eines Messzeitpunkts.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0034] Die schematische Übersichtsdarstellung in Fig. 1 zeigt einige konstruktive Elemente einer CNC-Federwindemaschine 100 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Figur 2 zeigt Details von in Fig. 1 nicht gezeigten Anbaugruppen. Dazu gehört eine optionale Federführungseinrichtung 210 mit einem nach oben offenen Winkelblech 221, das längere Federn abstützen kann.

[0035] Die Federwindemaschine 100 hat eine mit 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 den Bereich einer Umformeinrichtung 120 zuführen kann. Der Draht wird austrittsseitig durch eine Drahtführung 116 geführt. Die Zuführeinrichtung kann auch als Einzugseinrichtung bezeichnet werden, entsprechend kann der Drahtvorschub auch als Drahteinzug und die Vorschubgeschwindigkeit als Einzugsgeschwindigkeit bezeichnet werden.

[0036] Der Draht wird mit Hilfe von numerisch gesteuerten Werkzeugen der Umformeinrichtung zu einer Schraubenfeder umgeformt. Zu den Werkzeugen gehören zwei um 90° winkelversetzt angeordnete Windestifte 122, 124, die in Radialrichtung zur Mittelachse 118 bzw. der 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 der strichpunktiert gezeigten Verfahrlinien sowie in horizontaler Richtung (parallel zur Vorschubrichtung des Einzugs 110) verändert werden, um die Maschine für unterschiedliche Federdurchmesser einzurichten. Diese Bewegungen können auch mit Hilfe geeigneter elektrischer Antriebe unter Kontrolle der numerischen Steuerung vorgenommen werden.

[0037] Ein Steigungswerkzeug 130 hat eine im Wesentlichen senkrecht zur Federachse ausgerichtete Spitze, die neben den Windungen der sich entwickelnden Feder eingreift. Das Steigungswerkzeug ist mit Hilfe eines numerisch gesteuerten Verstellantriebs der entsprechenden Maschinenachse parallel zur Achse 118 der sich entwickelnden Feder (d.h. senkrecht zur Zeichnungsebene) verfahrbar. 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.

[0038] Die Umformeinrichtung hat ein weiteres, von unten vertikal zustellbares Steigungswerkzeug 140 mit einer keilförmigen Werkzeugspitze, die bei Einsatz dieses Steigungswerkzeuges zwischen benachbarte Windungen eingeführt wird. Die Verstellbewegungen dieses Steigungswerkzeuges verlaufen senkrecht zur Achse 118. Dieses Steigungswerkzeug ist beim gezeigten Herstellungsverfahren nicht im Eingriff.

[0039] Oberhalb der Federachse ist eine numerisch steuerbare Schnitteinrichtung 150 mit einem Schnittwerkzeug 152 angebracht, das nach Abschluss einer Umformoperation die hergestellte Schraubenfeder mit einer rotierenden Arbeitsbewegung vom zugeführten Drahtvorrat abtrennt.

[0040] Als Gegenelement für das Schnittwerkzeug dient ein Dorn 155 (Abschneidedorn), der sich im Inneren der sich entwickelnden Feder befindet und eine schräge Schneidkante 156 aufweist, die beim Abtrennen mit dem Schneidwerkzeug zusammenwirkt.

[0041] Um hohe Stückleistungen zu ermöglichen, arbeitet die Federwindemaschine mit einem kontinuierlichen Drahtvorschub bzw. Drahteinzug in Verbindung mit einem fliegend rotierenden Schnitt. Die Schnitteinrichtung wird hierzu, angetrieben über eine rotatorische Maschinenachse, in eine rotierende Arbeitsbewegung versetzt, die in einer Ebene senkrecht zur Federachse 118 verläuft und in den Fig. 1 und 3 durch umlaufende Pfeile gekennzeichnet ist. Der Umlauf kann je nach Konstruktion z.B. kreisförmig oder elliptisch sein. Die Umlaufrichtung (im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn) ist abhängig von der Winderichtung. Es kann sowohl rechts als auch links gewunden werden. Im Beispielsfall rotiert das Schnittwerkzeug im Uhrzeigersinn. Die Umlaufgeschwindigkeit ist normalerweise ungleichförmig.

[0042] Wie in Fig. 3 gezeigt, durchtrennt dabei das Schnittwerkzeug 152 den Draht 115, wenn es sich dem unteren Umkehrpunkt der umlaufenden Arbeitsbewegung nähert. Beim Schnittvorgang dient die Oberseite des Dorns 155 der Schnitteinrichtung als Gegenelement für das bewegte Schnittwerkzeug und bietet eine schräge Schnittkante, die zusammen mit der entsprechend geformten Schneidkontur des Schneidwerkzeugs einen sauberen Schnitt durch den kontinuierlich formbewegten Draht ermöglicht.

[0043] Das Grundprinzip dieser Betriebsart (kontinuierlicher Drahtvorschub mit rotierend fliegendem Schnitt) ist in Fig. 4 nochmals schematisch mit den gleichen Bezugszeichen dargestellt. Der Draht 115 wird kontinuierlich mit konstanter oder variierender endlicher Vorschubgeschwindigkeit V_Z, vorgeschoben bzw. eingezogen

bzw. zugeführt. Es gibt also über die Produktion vieler aufeinander folgender Federn keinen Stillstand der Drahtzufuhr. Dadurch steigt die Stückleistung. Wenn der Drahtvorschub bzw. die Zufuhreinrichtung konstant läuft, muss der Drahtvorrat 157, der z.B. auf einem Haspel vorgehalten wird, nicht andauernd beschleunigt und abgebremst werden. Dies gilt auch für die Antriebe der Zufuhreinrichtung und der Werkzeuge. Dadurch sinkt der Energiebedarf pro Feder im Vergleich zu Verfahren mit stehendem Schnitt, bei denen der Drahtvorschub für den Schnittvorgang angehalten werden muss. Zudem gibt es keinen ruckartigen Zug auf den Draht und keinen Stick-Slip-Effekt, wodurch die Qualität der hergestellten Federn im Vergleich zu Verfahren mit stehendem Schnitt deutlich erhöht werden kann.

[0044] Im Hinblick auf hohe Qualitätsanforderung, z.B. im Automobilbereich, ist die Federwindemaschine dafür eingerichtet, Federdaten, wie beispielsweise Durchmesser und/oder Länge einer Feder nach der Fertigung zu messen und die fertigen Federn abhängig vom Ergebnis der Messung automatisch in Gutteile (Federgeometrie innerhalb der Toleranzen) und Schlechtteile (Federgeometrie außerhalb der Toleranzen) und gegebenenfalls in weitere Kategorien zu sortieren. Bei herkömmlichen Federwindemaschinen, die eine solche Möglichkeit vorsehen, werden die Federn dazu direkt nach dem Federwinden kurz vor dem Abschneiden vermessen. Dazu wird die Maschine kurz angehalten, um eine ausreichend genaue Messung zu ermöglichen. Konventionell wird ein angehaltener Draht mit einem vertikalen Schnitt mittels eines linear bewegbaren Schnittwerkzeugs durchtrennt.

[0045] Bei der Federwindemaschine der Ausführungsform ist es dagegen möglich, auf Unterbrechungen des Fertigungsprozesses für die Messung zu verzichten, sondern bei kontinuierlichem Drahtvorschub Messungen der Feder mit ausreichender Genauigkeit durchzuführen. Nachfolgend werden die hierzu getroffenen Maßnahmen im Einzelnen erläutert.

[0046] Die Federwindemaschine ist mit einem kamerabasierten, optischen Messsystem zur berührungslosen Echtzeiterfassung von Daten über die Geometrie einer aktuell hergestellten Feder ausgestattet. Das Messsystem hat eine CCD-Videokameras 250, die im Beispielsfall bei einer Auflösung von 640 x 480 Pixeln (Bildelementen) bis zu 90 Bilder pro Sekunde (frames per second) über eine Schnittstelle an ein angeschlossenes Bildverarbeitungssystem liefern kann.

[0047] Die Bilderfassung der Einzelbilder wird jeweils über Auslösesignale (Trigger) der Steuerung ausgelöst. Dadurch werden die Messzeitpunkte festgelegt. Die Software für die Bildverarbeitung ist in einem Programmmodul untergebracht, welches mit der Steuereinrichtung 180 der Federwindemaschine zusammenarbeitet bzw. in diese integriert ist.

[0048] Die Kamera ist auf einer verwindungssteifen Trägerschiene 255 befestigt, die seitlich neben der Zugfuhreinrichtung im Bereich der Führungsrollen der Zuführeinrichtung am Maschinengestell der Federwindemaschine so befestigt ist, dass die Längsachse der Trägerschiene parallel zur Maschinenachse 118 verläuft. Die Messkamera ist auf der Trägerschiene längsverschieblich und an beliebig wählbaren Längspositionen fixierbar. Eine stufenlose Verstellung in der Höheist ebenfalls möglich.

[0049] Die optische Achse der Kameraoptik ist im Beispielsfall etwa auf Höhe der Mittelachse der Schraubenfeder (d.h. auf Höhe der Achse 118) angeordnet und verläuft senkrecht zu dieser Achse.

[0050] Eine zweite Kamera 260 ist für die Erfassung des freien Federendes 204 bestimmt und daher so auf der Trägerschiene positioniert, dass das freie Federende in der Endphase der Herstellung der Schraubenfeder in den Erfassungsbereich der zweiten Kamera hineinläuft. Es gibt auch Ausführungsformen mit nur einer Kamera.

[0051] Diametral gegenüber den Kameras ist auf Höhe der Achse 118 eine Beleuchtungseinrichtung angebracht, die zu den von der Steuerung vorgegebenen Messzeitpunkten als Reaktion auf Auslösesignale (Trigger) der Steuerung blitzartig aufleuchtet und eine Messung im Durchlicht ermöglicht. Auf der Seite der Kameras kann eine Auflicht-Beleuchtungseinrichtung vorgesehen sein, um die Sichtbarkeit interessierender Details der Feder für die Messung zu verbessern.

[0052] 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. Diese Steuereinrichtung steuert auch die Komponenten des Messsystems.

[0053] Bei der Einrichtung der Federwindemaschine werden die Umformwerkzeuge in ihre jeweiligen Grundstellungen gebracht. Außerdem wird das NC-Steuerprogramm erstellt oder geladen, welches die Stellbewegungen der Werkzeuge während des Fertigungsprozesses steuert. Die Geometrieeingabe wird bei der Federwindemaschine durch einen Bediener an der Anzeige- und Bedieneinheit 170 vorgenommen, welche an die Steuereinrichtung 180 angeschlossen ist.

[0054] In der Steuereinrichtung ist eine speicherprogrammierte Steuerung (SPS) realisiert, die zyklusorientiert arbeitet. Die Antriebspositionen der Maschinenachsen werden dabei durch die CNC-Steuerung vorausberechnet. Die speicherprogrammierte Steuerung ist für die Ausgänge und Eingänge zuständig und arbeitet nach einem festgelegten Zeitraster bzw. nach einem festen Zyklus. Typische Zykluszeiten liegen häufig im Bereich einer Hundertstel Sekunde. Im Beispielsfall beträgt die Zykluszeit der Steuerung 8 ms (Millisekunden).

[0055] Die Erfinder haben erkannt, dass es zu erheblichen Messfehlern kommen kann, wenn die Auslösesignale (Trigger) für die Messungen unmittelbar an die Zykluszeiten der SPS gekoppelt sind. Ein erkanntes Problem wird anhand von Fig. 5 näher erläutert. In diesem Diagramm ist auf der Zeitachse (x-Achse) das festgeleg-

te Zeitraster der SPS mit einer Abfolge von Zyklen gleicher Dauer (Zykluszeit Δt_Z z.B. 8 ms) aufgetragen. Die y-Achse bezeichnet den Vorschubweg V des von der Zufuhreinrichtung geförderten Drahtes. Bei kontinuierlicher Drahtzufuhr mit konstanter Zufuhrgeschwindigkeit ergibt sich die schräge Gerade ZU.

[0056] Abhängig von der gewünschten Federgeometrie ergeben sich bei vorgegebener Drahtvorschubgeschwindigkeit bestimmte Zeitpunkte (Schnittzeitpunkte), zu denen der Schnitt erfolgen muss, um die fertige Feder vom nachgeförderten Draht abzutrennen. Diese Zeitpunkte, zu denen jeweils eine neue Feder fertig ist, sind im Diagramm mit F1 (für erste Feder), F2 (für zweite Feder), ... F6 gekennzeichnet. Die entsprechenden Zeitpunkte im Steuerprogramm werden bei der Einrichtung der Maschinen bzw. bei der Erstellung des CNC-Steuerprogramms vorausberechnet.

[0057] Im Allgemeinen fallen die Schnittzeitpunkte nicht mit den Taktzeiten der SPS zusammen. Insbesondere ist im Allgemeinen die Fertigungszeit Δt_F, welche für die Fertigstellung einer Feder benötigt wird, kein ganzzahliges Vielfaches der Zykluszeit Δt_Z. Hieraus ergeben sich für Messung Probleme. Wird eine Messung ausgelöst, wenn das Schnittwerkzeug schon in Eingriff mit dem Draht ist oder die Feder sogar schon abgetrennt hat, ist keine zuverlässige Messung möglich. Der Messzeitpunkt sollte also zeitlich vor dem Schnittzeitpunkt liegen. Liegt der Messzeitpunkt jedoch zu weit vor dem Schnittzeitpunkt, so ist die Feder noch nicht völlig fertig gestellt, so dass sich daraus Messfehler ergeben, z.B. in Form eines falschen Werts für die Federlänge oder die Endstellung des Federendes. Im Beispielsfall ist der Messfehler MF1 bei der Vermessung der ersten Feder F1 besonders groß, da der letztmögliche Messzeitpunkt, der mit der Taktzeit der SPS zusammenfällt (senkrechte gestrichelte Linie), fast eine komplette Zykluszeit vor dem Schnittzeitpunkt liegt. Zum Vergleich ist bei der sechsten Feder F6 der entstehende Messfehler MF6 deutlich kleiner, da der Schnittzeitpunkt nur etwa eine halbe Zykluszeit bzw. wenige Millisekunden (etwa 3 bis 4 ms) hinter dem unmittelbar vorausgehenden Taktzeitpunkt (senkrecht gestrichelte Linie) liegt.

[0058] Es ist ersichtlich, dass sich bei dieser Vorgehensweise erhebliche Messfehler ergeben können, die in der Regel zudem noch von Feder zu Feder variieren. Durch den zeitlichen Versatz entstehen Messfehler, die dadurch zustande kommen, dass die Länge der Feder bis zum Schneiden aufgrund des laufenden Drahtvorschubs weiter zunimmt. Der dadurch entstandene Messfehler ist in der Regel so groß, dass Sortierfehler auftreten können und eine Regelung nicht mehr zuverlässig möglich ist. Wie schematisch dargestellt, kann der Jitter mehrere Milisekunden betragen.

[0059] Um auch bei kontinuierlichem Drahtvorschub und fliegend rotierendem Schnitt eine exakte Messung zu ermöglichen, wird bei der Ausführungsform der durch ein Auslösesignal (Triggersignal) der Steuerung festgelegte Messzeitpunkt des Messsystems mit den numerisch gesteuerten Bewegungen der Maschinenachsen der Federwindemaschine mit einer zeitlichen Genauigkeit synchronisiert, die signifikant größer ist als die Zykluszeit Δt_Z der Steuerung der Federwindemaschine. Insbesondere können Triggersignale für das Messsystem zu Messzeitpunkten erzeugt werden, die zwischen Zyklusgrenzen bzw. zwischen den Takten der speicherprogrammierten Steuerung liegen, also innerhalb eines Zyklus. Um dies zu erreichen und den Versatz bzw. den Messfehler möglichst gering zu halten, ist die speicherprogrammierte Steuerung mit einer speziellen Ausgangskarte bestückt, die mit Hilfe von Zeitstempeln auch zwischen den SPS-Takten den Ausgang für das Auslösesignal der Kamera ansteuern kann. Geeignete Ausgangskarten sind kommerziell verfügbar. Beispielsweise kann eine Ausgangskarte aus dem Bereich der Lasertechnik mit einer Genauigkeit von ca. 1 μs verwendet werden.

[0060] Durch Nutzung eines Zeitstempelverfahrens in der SPS können die Ausgänge der SPS auch zwischen den Zyklen gesetzt werden. Bei der Generierung des CNC-Codes für das Federprogramm beim Einrichten der Federwindemaschine werden die benötigten Steuerbefehle für das Triggersignal anhand der programmierten Federgeometrie eingefügt. Abhängig vom verwendeten Kamerasystem können diese dann automatisch angepasst werden. Damit ist es möglich, das Auslösesignal bzw. den Messzeitpunkt im Ablauf der Federfertigung so genau zu positionieren, dass die Bildaufnahmen unmittelbar vor dem Aufsetzen des Schnittmessers auf den Draht erfolgen können. Durch eine gezielte Rückkopplung kann noch eine Regelung der Werkzeugpositionen vorgenommen werden

[0061] Ein typischer Ablauf eines Messvorgangs unmittelbar vor dem fliegend rotierenden Schnitt wird anhand der Fig. 3 und 6 näher erläutert. Im vergrößerten Detail von Fig. 3 ist das rotierend angetriebene Schnittwerkzeug 152 zu drei aufeinanderfolgenden Zeitpunkten unmittelbar vor und während des Schnitteingriffs dargestellt. Zum Zeitpunkt t_1 nähert sich das Schnittwerkzeug dem durchlaufenden Draht 115 in einer beschleunigten Bewegung an. Zum späteren Zeitpunkt t_2 setzt das Schnittwerkzeug gerade auf dem Draht auf, der Schnittvorgang beginnt. Zum Zeitpunkt t_3 hat das Schnittwerkzeug den Draht vollständig durchtrennt und hat seinen unteren Umkehrpunkt auf seiner runden Bewegungsbahn erreicht.

[0062] Fig. 6 zeigt in der oberen Teilfigur ein Geschwindigkeits-Zeitdiagramm der Vorschubgeschwindigkeit bzw. Einzugsgeschwindigkeit V_Z der Drahtzuführung. Nach einer anfänglichen Beschleunigungsphase bleibt die Drahtzufuhrgeschwindigkeit während der Herstellung vieler aufeinanderfolgender Federn konstant und wird erst nach Abschluss einer Serie von Federn wieder heruntergefahren. Das Geschwindigkeits-Zeitdiagramm in der unteren Teilfigur zeigt die Bewegungsgeschwindigkeit V_s des Schnittwerkzeugs während der kontinuierlichen Drahtzufuhr. Die senkrecht gestrichelten Linien

geben dabei jeweils die Zeitpunkte t_2 an, zu denen das Schnittwerkzeug auf dem Draht aufsetzt und der Schnitt beginnt. Es ist ersichtlich, dass das Schnittwerkzeug nicht gleichförmig rotiert, sondern eine zyklische Bewegung mit Beschleunigungsphasen und Verzögerungsphasen durchläuft, wobei das Schnittwerkzeug vor dem Schnitt in Richtung Draht beschleunigt und nach dem Schnitt wieder auf eine sehr geringe Bewegungsgeschwindigkeit verzögert wird. Das Schnittwerkzeug ist normalerweise ständig in Bewegung, auch wenn zwischen den einzelnen Schnitten die Bewegungsgeschwindigkeit sehr gering ist. Dadurch wird ein ruckfreier Betrieb mit relativ geringem Energieverbrauch erreicht.

[0063] Der mit Hilfe des Zeitstempelverfahrens festgelegte Messzeitpunkt t_M bzw. das zugehörige enge Zeitfenster liegt unmittelbar vor dem Eingriff des Schnittwerkzeugs in dem Draht, z.B. zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 in Fig. 3. Zu diesem Zeitpunkt ist die volle Länge der fertigen Feder praktisch erreicht, so dass insoweit Messfehler auf ein Minimum reduziert sind. Dadurch wird die gemessene Federlänge der tatsächlichen Federlänge der fertigen Feder im Rahmen der Messgenauigkeit entsprechen. Somit ist beispielsweise eine sehr zuverlässige Sortierung der Federn im Hinblick auf das Kriterium Federlänge möglich.

[0064] Durch die Nutzung der Erfindung kann bei einigen Maschinentypen die Leistung bei bestimmten Federn im Vergleich zu herkömmlichen Systemen mit stehendem Schnitt annähernd verdoppelt werden. Dabei sinkt der Energieverbrauch pro Feder um bis zu 40% und die Qualität der Federn nimmt zu. Als weitere Vorteile ergeben sich wesentlich geringere Belastungen der Mechanik und damit eine höhere Standfestigkeit.

[0065] Die Erfindung kann mit unterschiedlichen Messsystemen und für unterschiedliche Messverfahren umgesetzt werden. Ein geeignetes Verfahren ist in der DE 10 2010 014 385 A1 der Anmelderin beschrieben. Die Messzeitpunkte können dort wie in der vorliegenden Anmeldung beschrieben festgelegt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Schraubenfedern durch Federwinden mittels einer numerisch gesteuerten Federwindemaschine, worin ein Draht unter der Steuerung durch ein NC-Steuerprogramm durch eine Zuführeinrichtung einer Umformeinrichtung der Federwindemaschine zugeführt, mit Hilfe von Werkzeugen der Umformeinrichtung zu einer Schraubenfeder umgeformt und eine fertig gestellte Schraubenfeder anschließend mittels einer Schnitteinrichtung von dem zugeführten Draht abgetrennt wird,
wobei zu mindestens einem Messzeitpunkt während der Umformoperation eine Messung an der Schraubenfeder durchgeführt wird, wobei der Draht der Umformeinrichtung kontinuierlich zugeführt wird und eine Messung an der Schraubenfeder bei laufender Zuführung durchgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fertige Schraubenfeder durch einen rotierenden fliegenden Schnitt vom zugeführten Draht abgetrennt wird, wobei der Messzeitpunkt mit numerisch gesteuerten Bewegungen von Einrichtungen der Federwindemaschine mit einer zeitlichen Genauigkeit synchronisiert wird, die größer ist als eine Zykluszeit einer Steuerung der Federwindemaschine, wobei die zeitliche Genauigkeit der Festlegung des Messzeitpunkts weniger als 10 μs beträgt und/oder die zeitliche Genauigkeit der Festlegung des Messzeitpunkts mindestens eine Größenordnung, d.h. mindestens Faktor 10, genauer ist als die Zykluszeit.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zeitliche Genauigkeit der Festlegung des Messzeitpunkts mindestens zwei Größenordnungen, d.h. mindestens Faktor 100, genauer ist als die Zykluszeit.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Triggersignal für die Messeinrichtung zu einem Messzeitpunkt erzeugt wird, der zwischen Takten der Steuerung liegt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messzeitpunkt ausgehend von Takten der Steuerung durch ein Zeitstempelverfahren über ein für jeden Messzeitpunkt individuell festlegbares Zeitintervall zwischen einem Takt der Steuerung und dem Messzeitpunkt vorgegeben wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schnittwerkzeug eine kontinuierliche Rotationsbewegung ausführt und ein Triggersignal für die Messeinrichtung zu einem Messzeitpunkt erzeugt wird, der unmittelbar vor einem Eingriff des Schnittwerkzeugs in den Draht liegt.

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

   eine Zuführeinrichtung (110) zum Zuführen von Draht (115) zu einer Umformeinrichtung (120), wobei die Umformeinrichtung mindestens ein Windewerkzeug (122, 124) sowie mindestens ein Steigungswerkzeug (130) aufweist,
   eine Schnitteinrichtung (150) zum Abtrennen einer fertig gestellten Schraubenfeder von dem zugeführten Draht nach Abschluss einer Umformoperation ;
   eine Messeinrichtung zur Durchführung einer Messung an der Schraubenfeder während der

Umformoperation; und
eine Steuereinrichtung (180) zur Steuerung der Zuführeinrichtung, der Umformeinrichtung, der Messeinrichtung und der Schnitteinrichtung auf Basis eines NC-Steuerprogramms, wobei die Zuführeinrichtung für eine kontinuierliche Zufuhr des Drahts konfiguriert ist und die Schnitteinrichtung (150) ein rotierend antreibbares Schnittwerkzeug (152) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Federwindemaschine derart konfiguriert ist, dass die fertige Schraubenfeder durch einen roterienden fliegenden Schnitt vom zugeführten Draht abgetrennt wird, wobei die Federwindemaschine zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 konfiguriert ist.

7. Federwindemaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung derart konfiguriert ist, dass ein Triggersignal für die Messeinrichtung zu einem Messzeitpunkt erzeugt wird, der unmittelbar vor einem Eingriff des Schnittwerkzeugs in den Draht liegt.

Claims

1. Method for producing helical springs by spring winding by means of a numerically controlled spring winding machine, wherein a wire is supplied by a supply device to a forming device of the spring winding machine under the control by an NC control program, is formed with the aid of tools of the forming device into a helical spring, and a finished helical spring is then separated from the supplied wire by means of a cutting device,
wherein a measurement is taken on the helical spring at least at one measurement time during the forming operation,
wherein the wire is supplied continuously to the forming device and a measurement is taken on the helical spring as the wire is supplied,
characterized in that
the finished helical spring is separated from the supplied wire by a rotating flying cut,
wherein the measurement time is synchronized with numerically controlled movements of devices of the spring winding machine with a temporal accuracy that is greater than a cycle time of a controller of the spring winding machine,
wherein the temporal accuracy of the determination of the measurement time is less than 10 μs, and/or **in that** the temporal accuracy of the determination of the measurement time is at least one order of magnitude, i.e. at least factor 10, more accurate than the cycle time.

2. Method according to claim 1, **characterized in that** the temporal accuracy of the determination of the measurement time is at least two orders of magnitude, i.e. at least factor 100, more accurate than the cycle time.

3. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** a trigger signal for the measuring device is generated at a measurement time that lies between cycles of the controller.

4. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the measurement time is predefined starting from cycles of the controller by a timestamp method over a time interval determinable individually for each measurement time between a cycle of the controller and the measurement time.

5. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the cutting tool performs a continuous rotatory movement and a trigger signal for the measuring device is generated at a measurement time that is directly before an engagement of the cutting tool with the wire.

6. Spring winding machine (100) for producing helical springs (200) by spring winding, comprising:

a supply device (110) for supplying wire (115) to a forming device (120),
wherein the forming device has at least one winding tool (122, 124) and at least one pitch tool (130),
a cutting device (150) for separating a finished helical spring from the supplied wire after completion of a forming operation;
a measuring device for carrying out a measurement on the helical spring during the forming operation; and
a control device (180) for controlling the supply device, the forming device, the measuring device and the cutting device on the basis of an NC control program,
wherein the supply device is configured for a continuous supply of the wire and the cutting device (150) has a cutting tool (152) which can be driven in rotation,
characterized in that
the spring winding machine is configured in such a way that the finished helical spring is separated from the supplied wire by a rotating flying cut,
wherein the spring winding machine is configured to carry out the method as claimed in any of claims 1 to 5.

7. Spring winding machine according to claim 6, **characterized in that** the control device is configured in such a way that a trigger signal is generated for the measuring device at a measurement time that is di-

rectly before an engagement of the cutting tool with the wire.

Revendications

1. Procédé de fabrication de ressorts hélicoïdaux par enroulement au moyen d'une machine d'enroulement à commande numérique, dans lequel on fournit un fil à un dispositif de déformation de la machine d'enroulement via un dispositif d'alimentation sous la commande d'un programme de commande NC, on le déforme en un ressort hélicoïdal à l'aide d'outils du dispositif de déformation et on sépare ensuite un ressort hélicoïdal terminé du fil fourni au moyen d'un dispositif de coupe, dans lequel on effectue à au moins un instant de mesure une mesure sur le ressort hélicoïdal pendant l'opération de déformation, dans lequel on fournit le fil en continu au dispositif de déformation et on effectue une mesure sur le ressort hélicoïdal au cours de l'alimentation, **caractérisé en ce que** l'on sépare le ressort hélicoïdal terminé du fil fourni par une coupe rotative volante, dans lequel on synchronise l'instant de mesure avec des mouvements à commande numérique de dispositifs de la machine d'enroulement avec une précision temporelle qui est plus grande qu'un temps de cycle d'une commande de la machine d'enroulement, dans lequel la précision temporelle de la fixation de l'instant de mesure vaut moins de 10 μs et/ou la précision temporelle de la fixation de l'instant de mesure est d'au moins un ordre de grandeur, c'est-à-dire d'au moins un facteur 10, plus précise que le temps de cycle.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la précision temporelle de la fixation de l'instant de mesure est d'au moins deux ordres de grandeur, c'est-à-dire d'au moins un facteur 100, plus précise que le temps de cycle.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on produit un signal de déclenchement pour le dispositif de mesure à un instant de mesure qui est situé entre des impulsions de la commande.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on prédétermine l'instant de mesure à partir d'impulsions de la commande par un procédé de marquage temporel sur un intervalle de temps pouvant être fixé individuellement pour chaque instant de mesure entre une impulsion de la commande et l'instant de mesure.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil de coupe exécute un mouvement de rotation continu et on produit un signal de déclenchement pour le dispositif de mesure à un instant de mesure, qui est situé immédiatement avant une attaque de l'outil de coupe dans le fil.

6. Machine d'enroulement (100) pour la fabrication de ressorts hélicoïdaux (200) par enroulement, comprenant:

   un dispositif d'alimentation (110) pour fournir du fil (115) à un dispositif de déformation (120),
   dans laquelle le dispositif de déformation présente au moins un outil d'enroulement (122, 124) ainsi qu'au moins un outil de pas (130),
   un dispositif de coupe (150) pour séparer un ressort hélicoïdal terminé du fil fourni, après la fin de l'opération de déformation;
   un dispositif de mesure pour effectuer une mesure sur le ressort hélicoïdal pendant l'opération de déformation; et
   un dispositif de commande (180) pour la commande du dispositif d'alimentation, du dispositif de déformation, du dispositif de mesure et du dispositif de coupe sur la base d'un programme de commande NC,
   dans laquelle le dispositif d'alimentation est configuré pour une fourniture continue du fil et le dispositif de coupe (150) présente un outil de coupe (152) pouvant être entraîné en rotation,

   caractérisée en ce que la machine d'enroulement est configurée de telle manière que le ressort hélicoïdal terminé soit séparé du fil fourni au moyen d'une coupe rotative volante, dans laquelle la machine d'enroulement est configurée pour l'exécution du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

7. Machine d'enroulement selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** le dispositif de commande est configuré de façon à produire un signal de déclenchement pour le dispositif de mesure à un instant de mesure, qui se situe immédiatement avant une attaque de l'outil de coupe dans le fil.

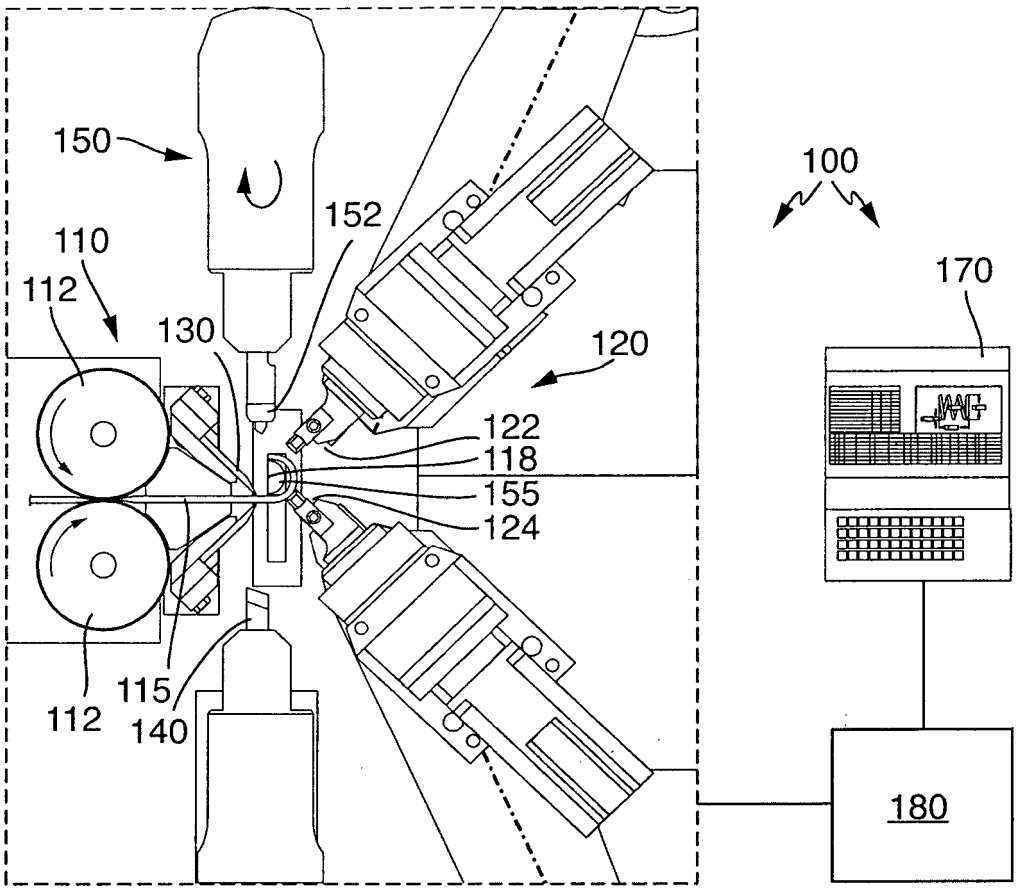

150
110
112
130
152
120
122
118
155
124
115
140
112
100
170
180

Fig. 1

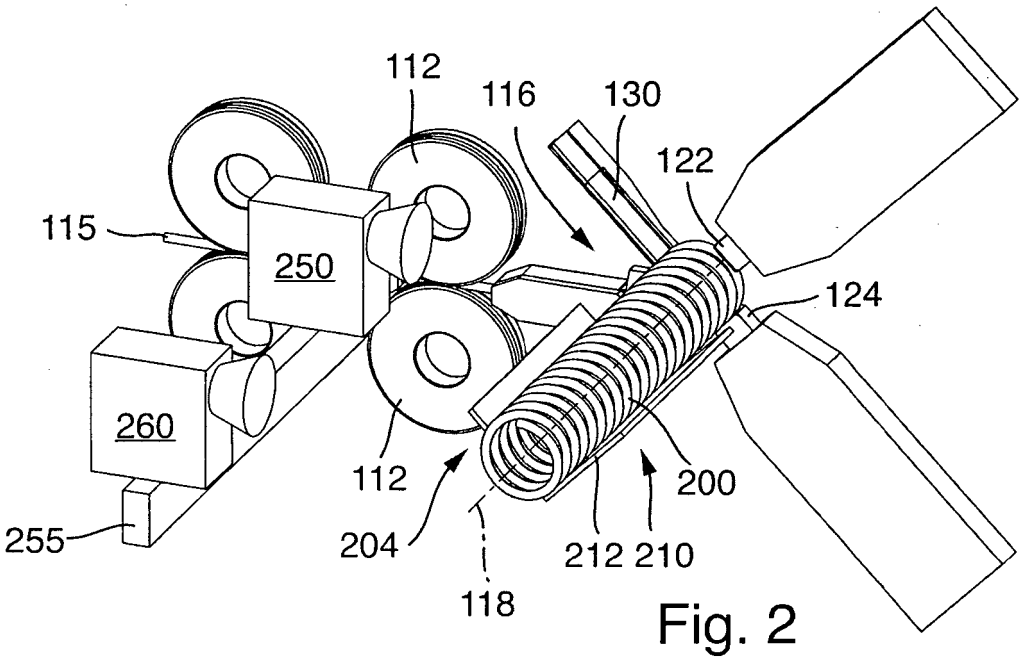

112
116
130
122
115
250
124
260
112
200
255
204
212
210
118

Fig. 2

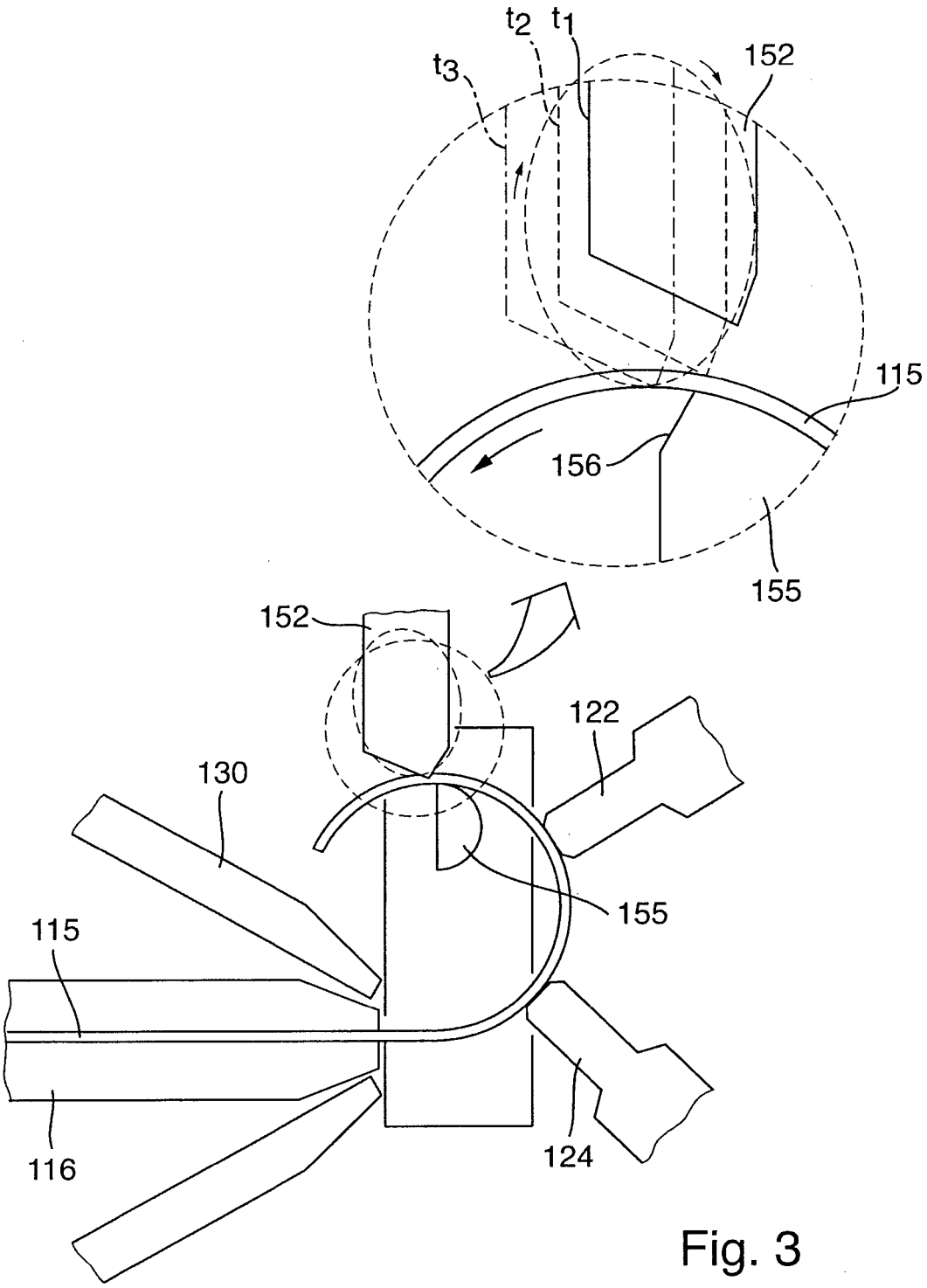


Fig. 3

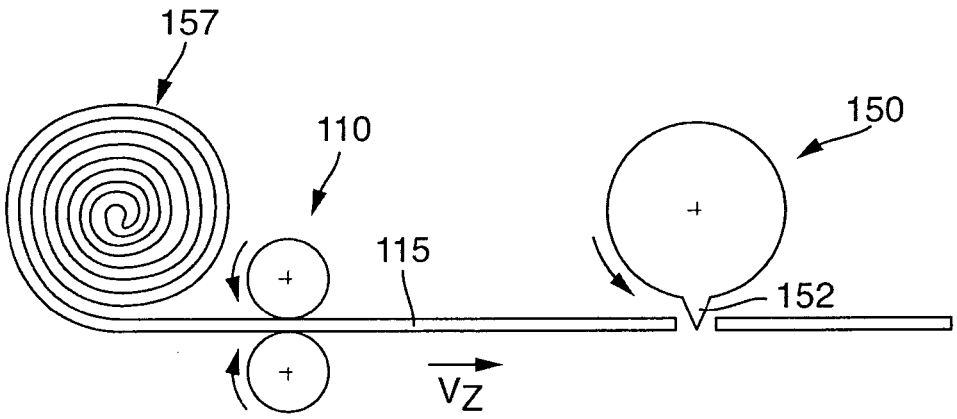

157
110
150
115
152
v_Z

Fig. 4

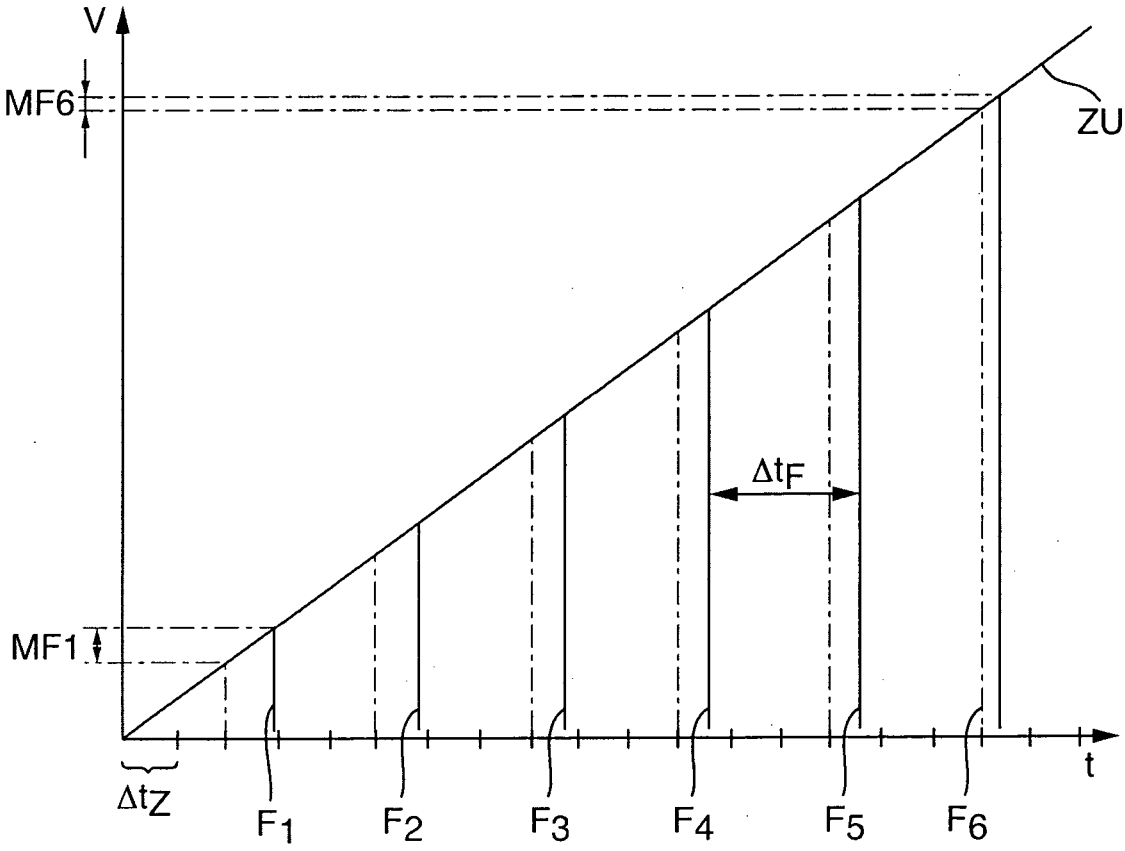

V
MF6
MF1
ZU
Δt_F
Δt_Z
t
F_1
F_2
F_3
F_4
F_5
F_6

Fig. 5

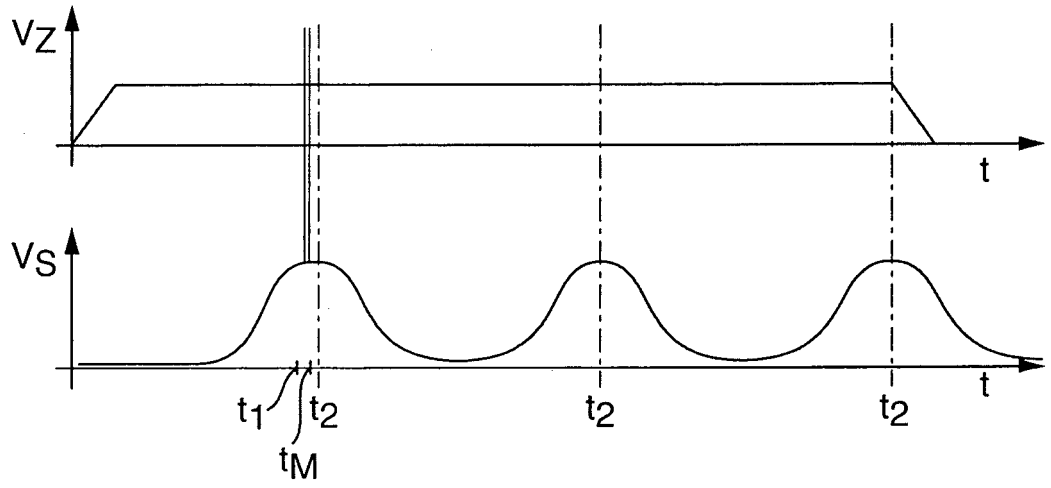


Fig. 6

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 10345445 B4 **[0008]**
- DE 102010014385 A1 **[0009] [0026] [0065]**
- DE 102010014386 A1 **[0011]**
- DE 102008002214 A1 **[0012]**