

(19)



(11)

EP 2 834 024 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.12.2020 Patentblatt 2020/53

(51) Int Cl.:
B21D 19/04 (2006.01) B21D 39/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13715924.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/056425

(22) Anmeldetag: **26.03.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/149894 (10.10.2013 Gazette 2013/41)

(54) **ROBOTERGEFÜHRTES UMFORMWERKZEUG UND UMFORMVERFAHREN**

ROBOT-CONTROLLED SHAPING TOOL AND SHAPING PROCESS

OUTIL DE FORMAGE GUIDÉ PAR ROBOT ET PROCÉDÉ DE FORMAGE

(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: **02.04.2012 DE 202012101187 U**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.02.2015 Patentblatt 2015/07

(73) Patentinhaber: **KUKA Systems GmbH**
86165 Augsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **KRAUS, Johann**
86690 Mertingen (DE)

• **SCHERER, Marion**
86424 Dinkelscherben (DE)

(74) Vertreter: **Ernicke, Klaus Stefan et al**
ERNICKE Patent-und Rechtsanwälte
Beim Glaspalast 1
86153 Augsburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-00/62955 DE-A1-102004 032 392
DE-A1-102010 003 697 DE-U1-202004 012 580
DE-U1-202009 005 111

EP 2 834 024 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

[0001] Die Erfindung betrifft ein robotergeführtes Umformwerkzeug, insbesondere Falzwerkzeug und ein Umformverfahren, insbesondere Falzverfahren mit den Merkmalen im Oberbegriff des Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruchs, wie z.B. aus der DE 20 2009 005111 U1 bekannt.

[0002] Aus der Praxis sind Falzroboter bekannt, die ein Falzwerkzeug mit einem Andrückelement, z.B. einer Falzrolle, tragen und gegen den zu falzenden Flansch eines Werkstücks drücken sowie entlang einer Falzbahn bewegen. Derartige Falzwerkzeuge können eine starr oder federnd ausweichfähig gelagerte Falzrolle haben. Die Andrückkraft wird vom Roboter aufgebracht, wobei seine Bewegungsbahn beim Falzprozess entsprechend programmiert wird.

[0003] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Umformtechnik, insbesondere Falztechnik, aufzuzeigen.

[0004] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruch.

[0005] Das beanspruchte robotergeführte Umformwerkzeug, insbesondere Falzwerkzeug, hat den Vorteil, dass mit der Erfassungs- und Stelleinrichtung die auf das Werkstück wirkende Andrückkraft eigenständig gesteuert oder geregelt werden kann. Eingriffe in die Bahnprogrammierung des Roboters sind dabei nicht erforderlich. Dies hat den Vorteil, dass die Einstellung der Andrückkraft auch von weniger qualifiziertem Personal vorgenommen werden kann, das keine detaillierten Kenntnisse und Fähigkeiten für die Roboterprogrammierung hat.

[0006] Die erfindungsgemäße Umform- und Falztechnik hat insbesondere den Vorteil, dass damit Schwankungen in der vom Roboter ausgeübten Andrückkraft kompensiert werden können. Zum Einen kann eine Bahnprogrammierung ungenau oder fehlerhaft sein. Auch ein Werkstück, für das ursprünglich die Bahnprogrammierung des Roboters erfolgte, kann sich im Betrieb ändern. Vor allem ist der Roboter mit seinen Gliedern und Roboterachsen selbst ein elastisches System und hat je nach Achsenstellung unterschiedliche Federsteifigkeiten. Insbesondere ist ein Roboter federweich, wenn er zum Erreichen eines weiter entfernten Prozessortes eine Strecklage einnimmt und quer zu dieser gestreckten Ausrichtung eine Andrückkraft ausüben soll. Wenn der Prozessort sich näher am Roboter befindet und der Roboter eine Knickstellung einnimmt, ist die Federsteifigkeit wesentlich höher. Diese unterschiedlichen Federsteifigkeiten sind schlecht erfassbar und können bei einer Roboterprogrammierung nicht oder nur mit einem sehr hohen Aufwand berücksichtigt werden. Eine Kompensation über die Bahnprogrammierung ist zudem relativ ungenau.

[0007] Die beanspruchte Umform- und Falztechnik schafft hier Abhilfe. Sie wirkt in unmittelbarer Nähe zum Prozessort und kann roboterbedingte Schwankungen in der Andrückkraft aussteuern oder ausregeln. Diese

Kompensation ist von der Ursache der Kraftschwankung unabhängig.

[0008] Die beanspruchte Umform- und Falztechnik erlaubt im Weiteren eine Prozessoptimierung und eine Anpassung der Andrückkraft an unterschiedliche Prozessanforderungen. Die Andrückkraft kann insbesondere an problematischen Prozessstellen lokal erhöht werden. Beim Falzen können dies z.B. Ecken oder Biegestellen im Falzverlauf sein, die dem Rollfalzen einen höheren Widerstand entgegensetzen. An anderen Stellen kann die Andrückkraft ggf. auch reduziert werden, um Beeinträchtigungen des Werkstücks, eine Roboterüberlastung oder dergleichen zu vermeiden.

[0009] Schließlich kann die beanspruchte Andrücktechnik auch für andere Zwecke eingesetzt werden, z.B. zur Schlupfvermeidung bei angetriebenen Andrückelementen, insbesondere drehend angetriebenen Falzrollen. Schlupf kann zu Oberflächenschäden am Werkstück führen. Durch eine lokale Erhöhung der Andrückkraft wird der z.B. geschwindigkeitsgeregelter Antrieb für das Andrückelement zur Erhöhung des Drehmoments gezwungen, was einerseits Schlupf zwischen dem Andrückelement und dem Werkstück vermeidet. Andererseits wird ein Teil der beim Falzen für die Flanschbiegung benötigten Kraft vom Antrieb des Andrückelements aufgebracht. Durch die Erhöhung der Andrückkraft steigt das Motor- und Antriebsmoment in günstiger Weise. Hierbei ist auch der Umstand vorteilhaft, dass die Andrückkraft und das Antriebsmoment in einem bestimmten Verhältnis, insbesondere in einem Proportionalverhältnis, zueinander stehen.

[0010] Bei dem robotergeführten Umformwerkzeug, insbesondere Falzwerkzeug ist ein Andrückelement bevorzugt als frei drehbare oder angetriebene Falzrolle ausgebildet und kann außerdem ggf. mehrfach vorhanden sein. Das Andrückelement kann außerdem von einer Feder beaufschlagt sein, um Ausweichbewegungen zu erlauben.

[0011] Auch die Komponenten des Umformwerkzeugs, insbesondere Falzwerkzeugs, insbesondere die Erfassungseinrichtung und die Stelleinrichtung, können in unterschiedlicher Weise ausgebildet sein. Eine Verbindung mit einer Robotersteuerung kann Vorteile für die gezielte Anpassung der Andrückkraft haben, insbesondere für bahnbezogene lokale Kraftänderungen. Eine Anzeige erleichtert einem Bediener die ggf. manuelle Einstellung und außerdem die Überwachung und Verfolgung der Andrückkräfte im Prozess und an unterschiedlichen Prozessstellen entlang einer programmierten Bahn.

[0012] In einer Ausführungsform verstellt die Stelleinrichtung das Andrückelement eigenständig.

[0013] Die Sensorik zur mittelbaren oder unmittelbaren Erfassung der am Andrückelement wirkenden Andrückkraft (F) weist in einem Ausführungsbeispiel einen Kraftsensor und/oder einen Wegsensor auf.

[0014] Eine Variante sieht vor, dass die Stelleinrichtung auf das Andrückelement direkt oder mittelbar über

eine Feder einwirkt.

[0015] Bei einer Ausführungsform weist das Falzwerkzeug einen Halter mit einem oder mehreren Andrückelement(en) auf, wobei der Halter mit der Stelleinrichtung verbunden ist.

[0016] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

[0017] Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielhaft und schematisch dargestellt. Im einzelnen zeigen:

- Figur 1: einen Roboter mit einem Falzwerkzeug in federsteifer Knickstellung,
- Figur 2: den Roboter von Figur 1 in einer federweichen Streckstellung,
- Figur 3: eine Prinzipdarstellung von Roboter und Falzwerkzeug mit Erfassungs- und Stelleinrichtung,
- Figur 4: eine Variante der Anordnung von Figur 3 mit einem gefederten Andrückelement und
- Figur 5 bis 7: verschiedene Betriebs- und Funktionsstellungen von Roboter und Falzwerkzeug zur Generierung einer Andrückkraft.

[0018] Die Erfindung betrifft ein Umformwerkzeug und ein Umformverfahren, bevorzugt in der Ausbildung als Falzwerkzeug (2) und Falzverfahren. Die Erfindung betrifft außerdem eine Bearbeitungseinrichtung (1) mit einem programmierbaren mehrachsigen Roboter (3) und einem Umform- bzw. Falzwerkzeug (2) sowie ein Bearbeitungsverfahren. Die nachfolgenden Ausführungsbeispiele betreffen ein Falzwerkzeug (2) und ein Falzverfahren und gelten entsprechend auch für andere Umformwerkzeuge (2) und Umformverfahren.

[0019] Der Roboter (3) weist mehrere beweglich, insbesondere gelenkig miteinander verbundene Roboterglieder mit angetriebenen translatorischen und/oder rotatorischen Roboterachsen an den Verbindungsstellen auf. Die Ausbildung, Kombination und Zahl von translatorischen und/oder rotatorischen Roboterachsen ist beliebig wählbar.

[0020] Bevorzugt kommt ein Gelenkarmroboter oder Knickarmroboter (3) zum Einsatz, der als Basis einen Sockel und ferner eine Schwinge, einen Ausleger und ein Endglied (4), insbesondere eine Roboterhand, mit einem drehenden Abtriebsflansch aufweist. In der gezeigten Ausführungsform hat der Roboter (3) sechs rotatorische Achsen inklusive einer dreiachsigen Roboterhand (4). Er kann auch weniger Achsen, z.B. fünf Achsen, oder eine oder mehrere Zusatzachse(n), z.B. Fahrachse(n), aufweisen.

[0021] Der Roboter (3) ist mit einer Robotersteuerung (22) verbunden, die in Figur 4 schematisch dargestellt

ist. Die Robotersteuerung (22) beinhaltet einen oder mehrere Recheneinheiten mit Prozessoren, Ein- und Ausgabemittel sowie Speicher für Daten und Programme. In der Robotersteuerung (22) ist ein Bahnprogramm für die Bewegungen des bevorzugt positionsgesteuerten Roboters (3) programmiert und gespeichert. Zur Durchführung des Bearbeitungsprozesses, insbesondere Falzprozesses, führt der Roboter (3) ein Falzwerkzeug (2) entlang dieser programmierten Bahn. Der Roboter (3) drückt dabei das Falzwerkzeug (2) mit einem Andrückelement (10) und einer Andrückkraft (F) gegen ein in Figur 1 und 2 schematisch dargestelltes Werkstück (5) auf einer Aufnahme (6), z.B. einem Falzbett.

[0022] Der Bearbeitungsprozess unter Aufbringung einer ziehend oder drückend ausgeübten Andrückkraft (F) auf ein Werkstück (5) ist als Falzprozess ausgebildet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel kommt ein Roboterfalzen zum Einsatz, wobei mit dem Andrückelement (10) ein Flansch eines Werkstücks (5) in einer oder mehreren Stufen nacheinander gebogen und gefalzt wird. Das Werkstück (5) kann aus ein oder mehreren dünnen Blechen bestehen, wobei beim Falzen auch ein weiteres Blech vom gefalzten Flansch eingeklemmt werden kann.

[0023] Die programmierte Bearbeitungsbahn kann als Einzelstrecke oder Folge von Strecken, alternativ oder zusätzlich aber auch punktwise oder als Folge von Punkten programmiert sein. Beim Roboterfalzen wird z. B. das Falzwerkzeug (2) entlang eines Falzverlaufes an einem Werkstückrand und in einer Bahnstrecke zumindest abschnittsweise kontinuierlich bewegt.

[0024] Das Falzwerkzeug (2) ist in Figur 1 und 2 in einer beispielhaften konstruktiven Ausführungsform dargestellt. Es weist ein Gestell (7) auf, das z.B. einen lang gestreckten, gehäuseartigen Schaft (12), ggf. mit seitlichen Wandöffnungen, und eine zentrale Achse (8) hat. Das Gestell (7) trägt am oberen Ende einen Roboteranschluss (9) zur festen oder lösbaren Verbindung mit dem Abtriebsselement, z.B. dem Drehflansch, des Roboter-Endglieds (4). Wenn das Falzwerkzeug (2) gewechselt werden soll, kann eine automatische Wechselkupplung (nicht dargestellt) zwischengeschaltet sein. Die Achse (8) kann mit der Drehachse des besagten Abtriebsselements fluchten.

[0025] Am Gestell (7) ist an geeigneter Stelle, insbesondere am unteren Ende, ein Andrückelement (10) angeordnet, mit dem in Zug- oder Druckrichtung eine Andrückkraft (F) ausgeübt wird. Das Andrückelement (10) kann einzeln oder mehrfach vorhanden sein. Ein oder mehrere Andrückelemente (10) können sich an einem Halter (11) befinden, der am Gestell (7) starr oder beweglich montiert ist. Ein Andrückelement (10) kann z.B. als um eine Lagerachse drehbare Falzrolle mit einem den Falzerfordernissen entsprechend konturierten Mantel ausgebildet sein. Wenn mit dem Falzwerkzeug (2) ein mehrstufiger Falzprozess, z.B. mit Vor- und Fertigfalzen, durchgeführt wird, können mehrere Falzrollen (10) mit unterschiedlichen Mantelgeometrien, z.B. zylindrisch und konisch, vorhanden und an unterschiedlichen Seiten

des Gestells (7) angeordnet sein. In der gezeigten Ausführungsform befinden sich einzelne oder alle Andrückelemente bzw. Falzrollen (10) an einem Halter (11).

[0026] Das Falzwerkzeug (2) besitzt eine Erfassungseinrichtung (14) für die Andrückkraft (F) an der Prozessstelle (26) und eine von der Erfassungseinrichtung (14) gesteuerte oder geregelte Stelleinrichtung (15) für die Verstellung eines beweglich am Gestell (7) angeordneten Andrückelements (10). Die Stelleinrichtung (15) besitzt einen mit der Erfassungseinrichtung (14) verbundenen Regler (16).

[0027] Eine Verstellbarkeit eines Andrückelements (10) kann in einer oder mehreren Achsen bzw. Richtungen gegeben sein und kann außerdem eine wählbare Kinematik haben. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist eine lineare und verschiebbliche Verstellbarkeit in Richtung der Achse (8) gegeben. Ein Andrückelement (10) kann einzeln verstellbar am Gestell (7) gelagert sein. In der gezeigten Ausführungsform ist der Halter (11) mit den mehreren Andrückelementen bzw. Falzrollen (10) am Gestell (7) beweglich gelagert, vorzugsweise verschieblich entlang der Achse (8) gelagert. Die Lagerung für die besagte ein- oder mehrachsige Beweglichkeit kann in beliebig geeigneter Weise ausgeführt sein und ist bevorzugt reibungsarm. Es kann sich z.B. um eine Gleitlagerung handeln. Die Details sind in den Zeichnungen nicht dargestellt.

[0028] Auf ein Andrückelement (10) oder auf einen Halter (11) mit ein oder mehreren Andrückelementen (10) kann ferner eine Feder (13) einwirken, die z.B. längs der Achse (8) im Gestell (7) angeordnet ist und die eine entsprechende axiale Ausweichbewegung von Andrückelement (10) und ggf. Halter (11) ermöglicht. Die Feder (13) kann z.B. als Tellerfedern in Paket- oder Säulenform, als Schraubenfeder oder dgl. ausgebildet sein.

[0029] Eine Falzrolle (10) kann eine frei drehbare Lagerung aufweisen. Alternativ ist es möglich, eine Falzrolle (10) drehend anzutreiben, wofür ein in Figur 4 schematisch angedeuteter Antrieb (24) an geeigneter Stelle, z.B. am Halter (11), angeordnet ist. Dies kann ein elektromotorischer Drehantrieb sein, der gesteuert oder geregelt ist. Er kann insbesondere eine Geschwindigkeits- oder Drehzahlregelung haben. Der Antrieb (24) kann mit der Robotersteuerung (22) verbunden sein und von dieser ein Steuersignal für die Vorgabe oder zum Einstellen eines Soll-Werts für die Drehzahl oder die Geschwindigkeit erhalten. Hierbei kann z.B. die Abwälzgeschwindigkeit am Prozessort (26) in Abhängigkeit von der Führungs- oder Bahngeschwindigkeit des Roboters (3) entlang des Falzverlaufs eingestellt werden. Die Geschwindigkeiten können z.B. gleich groß gewählt werden. Der Drehantrieb und die Versatz- oder Führungsbewegung des Roboters (3) sind dann synchron.

[0030] Die Stelleinrichtung (15) verstellt in der vorerwähnten Weise ein Andrückelement (10) in mindestens einer Richtung, vorzugsweise in Achsrichtung (8) und führt dabei z.B. eine lineare Verschiebewegung aus. Die Stelleinrichtung (15) kann das Andrückelement (10)

eigenständig verstellen, wobei die Bahnprogrammierung in der Robotersteuerung (22) nicht verändert wird. Die Stelleinrichtung (15) bzw. die Erfassungseinrichtung (14) kann darauf ausgelegt sein, variable Roboterelastizitäten zu kompensieren. Außerdem ist es möglich, die Andrückkraft (F) zur eigenständigen Prozessbeeinflussung zu verstellen.

[0031] Der Roboter (3) kann je nach Stellung seiner Glieder und Roboterachsen eine unterschiedliche Federelastizität aufweisen und weicht beim Aufbringen der Andrückkraft (F) selbst mehr oder weniger stark federnd aus. Figur 1 zeigt hierzu eine Knickstellung mit relativ hoher Federsteifigkeit. Bei der in Figur 2 gezeigten Streckstellung des Roboters (3) ist die Federsteifigkeit deutlich geringer. Bei den in Figur 3 bis 6 dargestellten schematischen Modellen wird der Roboter (3) durch eine Feder symbolisiert, die zwischen einem schematisch dargestellten Untergrund (28) und dem Falzwerkzeug (2) angeordnet ist.

[0032] Dem federsteifen Roboter (3) von Figur 1 entspricht die Schemadarstellung von Figur 5 mit einer großen Länge (L) der den Roboter (3) symbolisierenden Feder. Der federweiche Roboter (3) von Figur 2 entspricht dem Schemabild von Figur 6 mit einer komprimierten und entsprechend verkürzten Feder (3). Aus Figur 5 und 6 geht hervor, dass die am Prozessort (26) wirkende reale Andrückkraft (F) beim weichen Roboter von Figur 2,6 geringer als beim harten Roboter von Figur 1,5 ist.

[0033] In den gezeigten Ausführungsbeispielen ist außerdem die vorerwähnte Feder (13) vorhanden, die entsprechend der Federsteifigkeit des Roboters (3) mehr oder weniger komprimiert wird. In diesen Ausführungsbeispielen beinhaltet das System eine Reihenschaltung von Federn (3,13).

[0034] Die Stelleinrichtung (15) und die Erfassungseinrichtung (14) sind in der Lage, diese Veränderung der Andrückkraft (F) zu detektieren und bedarfsweise zu verändern. Die Stelleinrichtung (15) weist hierfür einen Aktor (18) auf, der auf das beaufschlagte Andrückelement (10) wirkt und dabei zusätzlich eine Stellkraft und einen Stellweg einbringt. Dieser Sachverhalt ist in Figur 7 schematisch dargestellt. Der am Gestell (7) angeordnete Aktor (18) stützt sich über den Roboteranschluss (9) am Roboter (3) ab und wirkt direkt oder mittelbar über die Feder (13) auf das beaufschlagte Andrückelement (10) ein. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird für eine Erhöhung der Andrückkraft (F) das Andrückelement (10) vom Aktor (18) ausgeschoben, wobei die Feder (13) zusätzlich komprimiert wird. Durch die Verstellung des Andrückelements (10) wird der Abstand zwischen dem Roboteranschluss (9) und dem Prozesspunkt (26) verändert, hier vergrößert. Der Prozesspunkt (26) kann zugleich den sog. Tool-Center-Point (TCP) des Falzwerkzeugs (2) darstellen. Der Stellantrieb (15) verändert somit die wirksame Länge des Falzwerkzeugs (2) und die Lage des TCP.

[0035] Der Aktor (18) kann in unterschiedlicher Weise ausgebildet sein. Vorzugsweise besteht er aus formstei-

fen oder inkompressiblen Medien und ermöglicht bei Ansteuerung eine definierte Wegverstellung und Kraftänderung.

[0036] Figur 3 gibt ein allgemeines Schema für die Anordnung und Ausbildung eines Aktors (18) wieder. Er ist am Gestell (7) angeordnet und abgestützt, wobei er sich vorzugsweise zwischen dem Roboteranschluss (9) und dem Andrückelement (10) bzw. dem Halter (11) befindet. In der in Figur 3 gezeigten Schemavariante fehlt eine Feder (13), sodass der Aktor (18) direkt auf den Halter (11) oder ein Andrückelement (10) einwirkt und dieses verstellt. Der Aktor (18) ist mit dem Regler (16) verbunden und wird von diesem angesteuert.

[0037] Der in Figur 3 schematisch dargestellte Aktor (18) kann z.B. ein elektromotorischer Spindeltrieb oder Zahnstangentrieb sein. Alternativ ist ein Hebel- oder Kurbeltrieb mit einem Kraftbetätiger, z.B. einem Piezo-Element, möglich.

[0038] In Figur 4 ist eine andere Variante dargestellt. Der Aktor (18) ist hier als Hydraulikeinheit (19) ausgebildet. Diese weist am Gestell (7) einen Stellzylinder (21) auf, der mit einem vorzugsweise inkompressiblen Fluid, z.B. einem Hydrauliköl, beaufschlagt wird und eine Kolbenstange entsprechend weit ausfährt, die auf ein Andrückelement (10) oder einen Halter (11) direkt oder wie in Figur 4 über die zwischengeschaltete Feder (13) mittelbar einwirkt. Die Hydraulikeinheit (19) weist ferner einen mit dem Regler (16) verbundenen Antrieb (20), z.B. einen Stellmotor, insbesondere einen elektrischen Servomotor, auf, der mit einem Stellglied auf einen anderen Zylinder und dessen Kolben einwirkt und das besagte Fluid entsprechend der Vorgabe in den Stellzylinder (21) verdrängt. Der Antrieb (20) steuert hierüber die Verstellbewegung des Stellzylinders (21). Die Hydraulikeinheit (19) kann am Falzwerkzeug (2) angebaut und vom Roboter (3) mitgeführt sein. Alternativ können der Antrieb (20) und der von ihm beaufschlagte erste Zylinder extern angeordnet und über eine Leitung mit dem werkzeugseitigen Stellzylinder (21) verbunden sein. Figur 1 und 2 zeigen hierfür beispielhaft Leitungsanschlüsse am Gestell (7).

[0039] Mit einer Erfassungseinrichtung (14) kann die Andrückkraft (F) bzw. die auf das Andrückelement (10) einwirkende Reaktionskraft detektiert werden. Hierfür kann die Erfassungseinrichtung (14) eine Sensorik (17) mit ein oder mehreren geeigneten Sensoren aufweisen. Zur Detektion kann die Kraft gemessen werden, z.B. durch eine Kraftmessdose, Dehnmessstreifen oder dergleichen andere Sensoren an geeigneter Stelle. Im Schemabild von Figur 3 eines Falzwerkzeugs (2) ohne Feder (13) ist eine solche Sensorik (17) mit Kraftmessung z.B. zwischen Aktor (18) und Andrückelement (10), z.B. am Halter (11), angeordnet. Sie kann sich auch an anderer geeigneter Stelle befinden.

[0040] Alternativ oder zusätzlich ist eine mittelbare Detektion der Andrückkraft (F) möglich, z.B. über den Federweg einer Feder (13) gemäß der Variante von Figur 4 bis 7. Die Sensorik kann z.B. einen Abstandsmesser

aufweisen, der am Gestell (7) starr montiert ist und der den Abstand zu einem prozessseitigen Bezugspunkt, z. B. zum Werkstück (5), misst. Aus dem Abstand kann auf die Federlänge (L) der vom Aktor (18) komprimierten Feder (13) geschlossen und hieraus über die Federkennlinie die Kraft ermittelt werden. In einer anderen Ausführungsform kann die Federlänge bzw. ihre Veränderung direkt gemessen werden, z.B. über einen Hall-Sensor. Daneben sind weitere konstruktive und funktionelle Varianten der Sensorik (17) möglich.

[0041] Die Erfassungseinrichtung (14) kann außerdem mit einer Anzeige (27) verbunden sein gemäß Figur 4. Auf der Anzeige (27) können optisch oder in anderer geeigneter Weise die gemessenen oder erfassten Werte, insbesondere die Kraftwerte, angezeigt werden.

[0042] Die Erfassungseinrichtung (14) ist ferner mit der Stelleinrichtung (15) und insbesondere mit deren Regler (16) verbunden und speist dort den detektierten Istwert für die Andrückkraft (F) ein.

[0043] Der Regler (16) besitzt ferner eine feste oder veränderliche Sollwert-Eingabe. Die Stelleinrichtung (15), insbesondere der Regler (16) kann z.B. mit der Robotersteuerung (22) verbunden sein. Die Sollwert-Eingabe kann dabei über die Robotersteuerung (22) erfolgen.

[0044] Alternativ oder zusätzlich kann eine Sollwert-Eingabe auf andere Weise, z.B. manuell durch einen Bediener, erfolgen. Hierfür kann am Regler (16) ein in Figur 4 gezeigtes Eingabemittel (23) angeordnet sein, welches z.B. von einem Bediener betätigt werden kann, z.B. einem dreh- oder Schiebeschalter. Eine Anzeige (nicht dargestellt) erlaubt dabei eine Kontrolle der Eingabe. Alternativ ist eine Fern-Einstellung und Programmierung des Reglers (16), z.B. durch eine Computer oder ein anderes Einstellgerät vor oder über Distanz mit einer Leitungsverbindung, z.B. über ein Netzwerk, das Internet oder dgl. möglich.

[0045] Das Verhältnis und die gegenseitige Beeinflussung der Sollwert-Eingabe von der Robotersteuerung (22) und von anderer Stelle, insbesondere von Eingabemittel (23), können bedarfsweise ausgestaltet sein. Z.B. kann das Eingabemittel (23) führend sein und die Sollwert-Eingabe von der Robotersteuerung (22) überlagern oder ersetzen.

[0046] In einer anderen Ausführungsform kann eine Sollwert-Eingabe für die Andrückkraft (F) von der Robotersteuerung (22) entfallen. In einem solchen Fall wird der Sollwert nur über das Eingabemittel (23) eingestellt.

[0047] Ferner ist es möglich, von der Robotersteuerung (22) bahnbezogene Signale zur Lokalisierung des Prozess- oder Bahnorts an den Regler (16) zu übermitteln. Bei einer solchen Ausführung können in einem entsprechend komplex und ggf. mit eigener Intelligenz ausgerüsteten Regler (16) auf die Bahn oder einzelne Prozessorte (26) bezogene Sollwerte für die Andrückkraft (F) eingegeben und gespeichert werden.

[0048] In einer weiteren Variante kann der Regler (16) der Robotersteuerung (22) zugeordnet und insbesondere

re dort integriert sein.

[0049] Eine ortsbezogene Sollwert-Eingabe kann sinnvoll sein, um die Andrückkraft (F) an spezielle Prozessfordernisse anzupassen. Dies kann z.B. an Ecken oder Biegestellen bzw. Kurven eines Flanschverlaufs erfolgen. An solchen Stellen setzt der zu biegende Flansch dem Andrückelement (10) einen größeren Widerstand als an geraden Bereichen des Falzverlaufs entgegen. Mit einer entsprechenden Sollwert-Eingabe kann über die Stelleinrichtung (15) die Andrückkraft (F) erhöht werden, um den Widerstand zu überwinden. Ferner kann es andere Prozessstellen geben, an denen aus anderen Gründen eine erhöhte oder ggf. auch verringerte Andrückkraft (F) erforderlich ist.

[0050] Das Falzwerkzeug (2) kann ferner eine Einrichtung (25) zur Schlupfvermeidung zwischen einem angetriebenen Antriebselement (10), insbesondere einer angetriebenen Falzrolle, und dem beaufschlagten Werkstück (5) aufweisen. Der Antrieb (24) des Andrückelements (10) kann hierbei z.B. eine Geschwindigkeitsregelung aufweisen. Über die Sollwerteingabe am Regler (16) kann der Sollwert für die Andrückkraft F erhöht werden, wodurch auch der Widerstand für den Antrieb (24) und das bewegte Andrückmittel (10) erhöht wird. Dies führt zu einer Verlangsamung der Antriebsbewegung, welcher der Antrieb (24) mit einer Erhöhung des Antriebsmoments entgegenwirkt. Auf diese Weise kann Schlupf verhindert werden. Die beschriebene Maßnahme kann gezielt zur Behebung etwaig festgestellter Schlupfprobleme und hiervon verursachter Schädstellen am Werkstück (5) eingesetzt werden. Bei erhöhten Umform- und Falzwiderständen, z.B. an den vorerwähnten Eckbereichen oder Kurven im Falzverlauf, kann mit der zur Widerstandsüberwindung und zur Flanschbiegung ohnehin erhöhten Andrückkraft F das Antriebsmoment automatisch miterhöht werden.

[0051] Abwandlungen der gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind in verschiedener Weise möglich. Die Merkmale der Ausführungsbeispiele können untereinander vertauscht oder miteinander kombiniert werden, ohne jedoch den durch die Ansprüche definierten Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

[0052] Das Andrückmittel (10) kann variiert werden. Es kann z.B. als Druckstempel oder als Andrückfinger oder in anderer geeigneter Weise ausgebildet sein. Auch der Bearbeitungs- oder Andrückprozess kann eine andere Ausbildung haben. Das Falzwerkzeug kann als anderes Andrückwerkzeug, insbesondere als anderes Umform- oder Fügwerkzeug ausgebildet sein. Z.B. können mit stempelförmigen Andrückelementen (10) Werkstückteile aneinander punktwise oder streckenweise angedrückt und dabei gefügt werden, z.B. über eine Clipsverbindung, eine Klebeverbindung oder dgl. Ein Antrieb (24) für ein Andrückelement (10) kann alternativ am Gestell (7) angeordnet sein und eine der Verstellung des Andrückelements (10) folgende Antriebsverbindung haben.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0053]

- | | | |
|----|----|---|
| 5 | 1 | Bearbeitungseinrichtung, Falzeinrichtung |
| | 2 | Andrückwerkzeug, Umformwerkzeug, Falzwerkzeug |
| | 3 | Roboter, Feder |
| | 4 | Endglied, Hand |
| 10 | 5 | Werkstück |
| | 6 | Aufnahme, Bett |
| | 7 | Gestell |
| | 8 | Achse |
| | 9 | Roboteranschluss |
| 15 | 10 | Andrückelement, Falzrolle |
| | 11 | Halter |
| | 12 | Schaft |
| | 13 | Feder |
| | 14 | Erfassungseinrichtung |
| 20 | 15 | Stelleinrichtung |
| | 16 | Regler |
| | 17 | Sensorik, Wegsensor, Kraftsensor |
| | 18 | Aktor |
| | 19 | Hydraulikeinheit |
| 25 | 20 | Antrieb, Stellmotor, Servomotor |
| | 21 | Stellzylinder |
| | 22 | Robotersteuerung |
| | 23 | Eingabemittel |
| | 24 | Antrieb, Drehantrieb |
| 30 | 25 | Einrichtung zur Schlupfvermeidung |
| | 26 | Prozesspunkt, TCP |
| | 27 | Anzeige |
| | 28 | Untergrund |

Patentansprüche

- | | | |
|----|----|--|
| 40 | 1. | Robotergeführtes Umformwerkzeug zum Umformen, insbesondere Falzen von Werkstücken (5), wobei das Umformwerkzeug (2) einen Roboteranschluss (9) und ein Gestell (7) mit einem daran verstellbar geführten Andrückelement (10), insbesondere einer Falzrolle, aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Umformwerkzeug (2) eine Erfassungseinrichtung (14) für die Andrückkraft (F) und eine von der Erfassungseinrichtung (14) gesteuerte oder geregelte Stelleinrichtung (15) für die Verstellung des Andrückelements (10) aufweist. |
| 45 | 2. | Umformwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stelleinrichtung (15) das Andrückelement (10) in mindestens einer Richtung, vorzugsweise in Achsrichtung (8) des Umformwerkzeugs (2) verstellt, insbesondere linear verschiebt. |
| 50 | 3. | Umformwerkzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stelleinrichtung (15) darauf ausgelegt ist, variable Roboterelastizitäten zu |
| 55 | | |

kompensieren und/oder die Andrückkraft (F) zur eigenständigen Prozessbeeinflussung zu verstellen.

4. Umformwerkzeug nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (2) als Falzwerkzeug, insbesondere als Rollfalzkopf, ausgebildet ist. 5
5. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (2) eine auf das Andrückelement (10) wirkende Feder (13) aufweist. 10
6. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfassungseinrichtung (14) eine Sensorik (17) zur mittelbaren oder unmittelbaren Erfassung der am Andrückelement (10) wirkenden Andrückkraft (F) aufweist, wobei die Sensorik (17) einen Kraftsensor und/oder einen Wegsensor aufweist. 15
7. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stelleinrichtung (15) einen auf das Andrückelement (10) wirkenden Aktor (18) aufweist. 20
8. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stelleinrichtung (15) einen mit der Erfassungseinrichtung (14) und dem Aktor (18) verbundenen Regler (16) mit fester oder veränderlicher Sollwert-Eingabe aufweist, wobei der Regler (16) ein vom Bediener betätigbares Eingabemittel (23) für die Sollwert-Eingabe aufweist. 25
9. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (2) einen eigenen geregelten, insbesondere geschwindigkeitsgeregelten Antrieb (24), insbesondere einen Drehantrieb, für ein Andrückelement (10), insbesondere eine drehbare Falzrolle, aufweist. 30
10. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (2) eine Einrichtung (25) zur Schlupfvermeidung für ein angetriebenes Andrückelement (10), insbesondere eine drehbare Falzrolle, aufweist. 35
11. Bearbeitungseinrichtung, insbesondere Umform- oder Falzeinrichtung, mit einem programmierbaren mehrachsigen Roboter (3) mit einer Robotersteuerung (22), wobei der Roboter (3) ein Umformwerkzeug (2) führt, welches einen Roboteranschluss (9), ein Gestell (7) und ein daran verstellbar geführtes Andrückelement (10) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (2) nach min- 40

destens einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist.

12. Verfahren zum Umformen, insbesondere Falzen von Werkstücken (5) mit einem von einem Roboter (3) geführten Umformwerkzeug (2), welches einen Roboteranschluss (9) und ein Gestell (7) mit einem daran verstellbar geführten Andrückelement (10), insbesondere einer Falzrolle, aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit einer Erfassungseinrichtung (14) am Umformwerkzeug (2) die Andrückkraft (F) erfasst wird und das Andrückelement (10) gesteuert oder geregelt mittels einer Stelleinrichtung (15) des Umformwerkzeugs (2) verstellt wird. 5
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (2) von einem positionsgesteuerten Roboter (3) entlang einer programmierten Bahn geführt wird, wobei das Andrückelement (10) von der Stelleinrichtung (15) eigenständig und ohne Änderung der Bahnprogrammierung verstellt wird. 10
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstellung des Andrückelement (10) darauf ausgelegt ist, variable Roboterelastizitäten zu kompensieren und/oder die Andrückkraft (F) zur eigenständigen Prozessbeeinflussung zu verstellen. 15
15. Verfahren nach Anspruch 12, 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Falzen das Andrückelement (10) von einem eigenen Antrieb (24) drehend angetrieben wird, wobei durch Einstellung der Andrückkraft (F) Schlupf zwischen dem Andrückelement (10) und dem Werkstück (5) vermieden wird. 20

Claims

1. Robot-controlled shaping tool for shaping, in particular hemming, workpieces (5), wherein the shaping tool (2) has a robot connection (9) and a frame (7) with a pressing element (10), in particular a hemming roller, which is adjustably guided thereon, **characterized in that** the shaping tool (2) has a sensing device (14) for the pressing force (F) and an adjustment device (15) which is open-loop or closed-loop controlled by the sensing device (14) and has the purpose of adjusting the pressing element (10). 25
2. Shaping tool according to Claim 1, **characterized in that** the adjustment device (15) adjusts, in particular linearly slides, the pressing element (10) in at least one direction, preferably in the axial direction (8) of the shaping tool (2). 30

3. Shaping tool according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the adjustment device (15) is configured to compensate variable robot elasticities and/or to adjust the pressing force (F) in order to influence processes autonomously. 5
4. Shaping tool according to Claim 1, 2 or 3, **characterized in that** the shaping tool (2) is embodied as a hemming tool, in particular as a roller hemming head. 10
5. Shaping tool according to one of the preceding claims, **characterized in that** the shaping tool (2) has a spring (13) which acts on the pressing element (10). 15
6. Shaping tool according to one of the preceding claims, **characterized in that** the sensing device (14) has a sensor system (17) for indirectly or directly sensing the pressing force (F) which acts upon the pressing element (10), wherein the sensor system (17) has a force sensor and/or a travel sensor. 20
7. Shaping tool according to one of the preceding claims, **characterized in that** the adjustment device (15) has an actuator (18) which acts on the pressing element (10). 25
8. Shaping tool according to one of the preceding claims, **characterized in that** the adjustment device (15) has a regulator (16) which is connected to the sensing device (14) and the actuator (18) and has fixed or variable inputting of setpoint values, wherein the regulator (16) has an input means (23), which can be activated by the operator, for inputting the setpoint values. 30
9. Shaping tool according to one of the preceding claims, **characterized in that** the shaping tool (2) has a separate, regulated, in particular speed-regulated, drive (24), in particular a rotary drive, or a pressing element (10), in particular a rotatable hemming roller. 35
10. Shaping tool according to one of the preceding claims, **characterized in that** the shaping tool (2) has a device (25) for avoiding the slip for a driven pressing element (10), in particular a rotatable hemming roller. 40
11. Processing device, in particular a shaping or hemming device, having a programmable, multi-axis robot (3) with a robot controller (22), wherein the robot (3) guides a shaping tool (2) which has a robot connection (9), a frame (7) and a pressing element (10) which is adjustably guided thereon, **characterized in that** the shaping tool (2) is embodied according to at least one of Claims 1 to 10. 45
12. Method for shaping, in particular hemming, workpieces (5) with a shaping tool (2) which is guided by a robot (3) and has a robot connection (9) and a frame (7) with a pressing element (10), in particular a hemming roller, which is adjustably guided thereon, **characterized in that** the pressing force (F) is sensed with a sensing device (14) on the shaping tool (2), and the pressing element (10) is adjusted in an open-loop or closed-loop controlled manner by means of an adjustment device (15) of the shaping tool (2). 50
13. Method according to Claim 12, **characterized in that** the shaping tool (2) is guided by a position-controlled robot (3) along a programmed path, wherein the pressing element (10) is adjusted by the adjustment device (15) autonomously and without changing the path programming. 55
14. Method according to Claim 12 or 13, **characterized in that** the adjustment of the pressing element (10) is configured to compensate variable robot elasticities and/or to adjust the pressing force (F) in order to influence processes autonomously.
15. Method according to Claim 12, 13 or 14, **characterized in that**, when hemming is carried out, the pressing element (10) is driven in rotation by a separate drive (24), wherein the slip between the pressing element (10) and the workpiece (5) is avoided by adjusting the pressing force (F).

Revendications

1. Outil de façonnage guidé par robot permettant de façonner, en particulier de plier, des pièces à travailler (5), l'outil de façonnage (2) présentant un raccord pour robot (9) et un bâti (7) doté d'un élément de pression (10), en particulier un rouleau de pliage, guidé de manière réglable sur celui-ci, **caractérisé en ce que** l'outil de façonnage (2) présente un dispositif de détection (14) pour la force de pression (F) et un dispositif de réglage (15) commandé ou régulé par le dispositif de détection (14) pour le réglage de l'élément de pression (10).
2. Outil de façonnage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (15) déplace, en particulier décale de manière linéaire, l'élément de pression (10) dans au moins une direction, de préférence dans la direction axiale (8) de l'outil de façonnage (2).
3. Outil de façonnage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (15) est conçu pour compenser des élasticités variables du robot et/ou pour ajuster la force de pression (F)

en vue d'une influence autonome sur le processus.

4. Outil de façonnage selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'outil de façonnage (2) est réalisé sous la forme d'un outil de pliage, en particulier d'une tête de pliage à rouleaux. 5
5. Outil de façonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil de façonnage (2) présente un ressort (13) agissant sur l'élément de pression (10). 10
6. Outil de façonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de détection (14) présente un ensemble de capteurs (17) pour la détection indirecte ou directe de la force de pression (F) agissant au niveau de l'élément de pression (10), l'ensemble de capteurs (17) présentant un capteur de force et/ou un capteur de déplacement. 15 20
7. Outil de façonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (15) présente un actionneur (18) agissant sur l'élément de pression (10). 25
8. Outil de façonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (15) présente un régulateur (16) à entrée de valeur de consigne fixe ou variable, relié au dispositif de détection (14) et à l'actionneur (18), le régulateur (16) présentant un moyen de saisie (23) pouvant être actionné par l'utilisateur pour la saisie des valeurs de consigne. 30
9. Outil de façonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil de façonnage (2) présente son propre dispositif d'entraînement régulé (24), en particulier régulé en vitesse, en particulier un dispositif d'entraînement rotatif, pour un élément de pression (10), en particulier un rouleau de pliage rotatif. 35 40
10. Outil de façonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil de façonnage (2) présente un dispositif (25) d'évitement de patinage pour un élément de pression entraîné (10), en particulier un rouleau de pliage rotatif. 45 50
11. Dispositif d'usinage, en particulier dispositif de façonnage ou de pliage, comprenant un robot multi-axial (3) programmable doté d'une commande de robot (22), le robot (3) guidant un outil de façonnage (2) qui présente un raccord pour robot (9), un bâti (7) et un élément de pression (10) guidé de manière réglable sur celui-ci, **caractérisé en ce que** l'outil de façonnage (2) est réalisé selon au moins l'une 55

des revendications 1 à 10.

12. Procédé permettant de façonner, en particulier de plier, des pièces à travailler (5) avec un outil de façonnage (2) guidé par un robot (3) qui présente un raccord pour robot (9) et un bâti (7) doté d'un élément de pression (10), en particulier un rouleau de pliage, guidé de manière réglable sur celui-ci, **caractérisé en ce qu'un** dispositif de détection (14) sur l'outil de façonnage (2) détecte la force de pression (F) et l'élément de pression (10) est déplacé de manière commandée ou régulée au moyen d'un dispositif de réglage (15) de l'outil de façonnage (2).
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** l'outil de façonnage (2) est guidé par un robot (3) commandé en position le long d'une trajectoire programmée, l'élément de pression (10) étant déplacé par le dispositif de réglage (15) de manière autonome et sans modification de la programmation de la trajectoire.
14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que** le déplacement de l'élément de pression (10) est conçu pour compenser des élasticités variables du robot et/ou pour ajuster la force de pression (F) en vue d'une influence autonome sur le processus.
15. Procédé selon la revendication 12, 13 ou 14, **caractérisé en ce que** lors d'un pliage, l'élément de pression (10) est entraîné en rotation par son propre dispositif d'entraînement (24), le réglage de la force de pression (F) permettant d'éviter tout patinage entre l'élément de pression (10) et la pièce à travailler (5) .

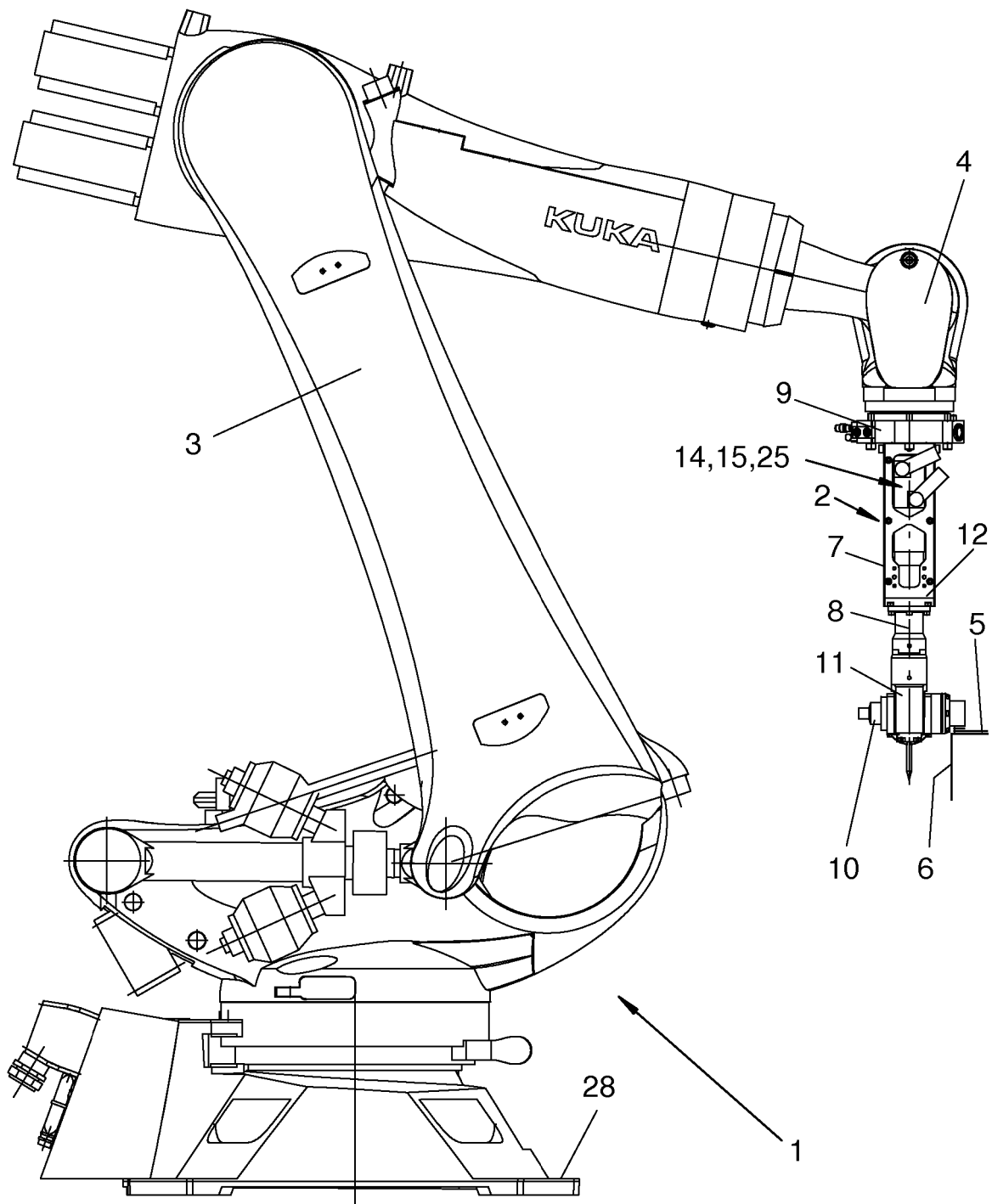


Fig. 1

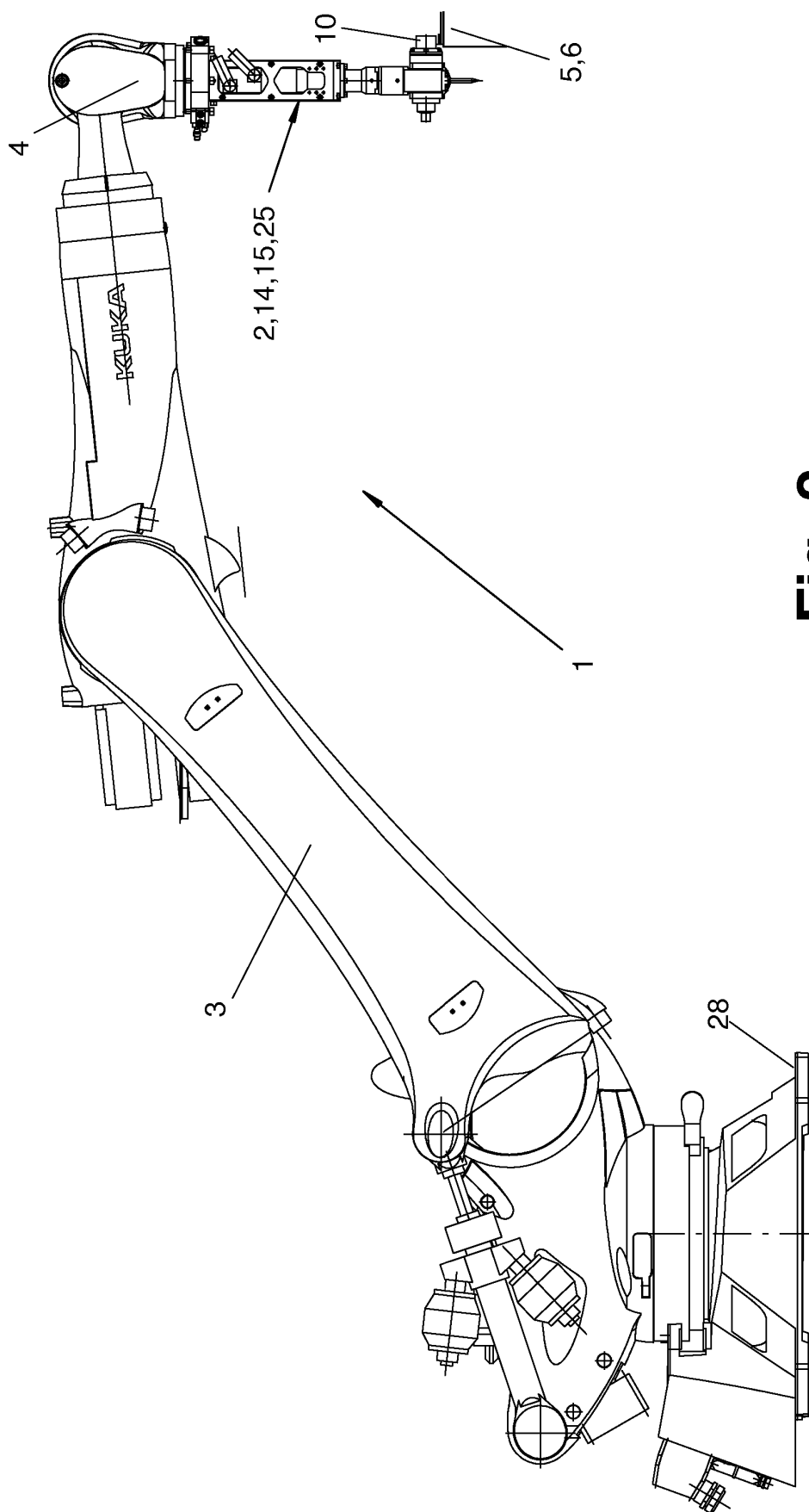


Fig. 2

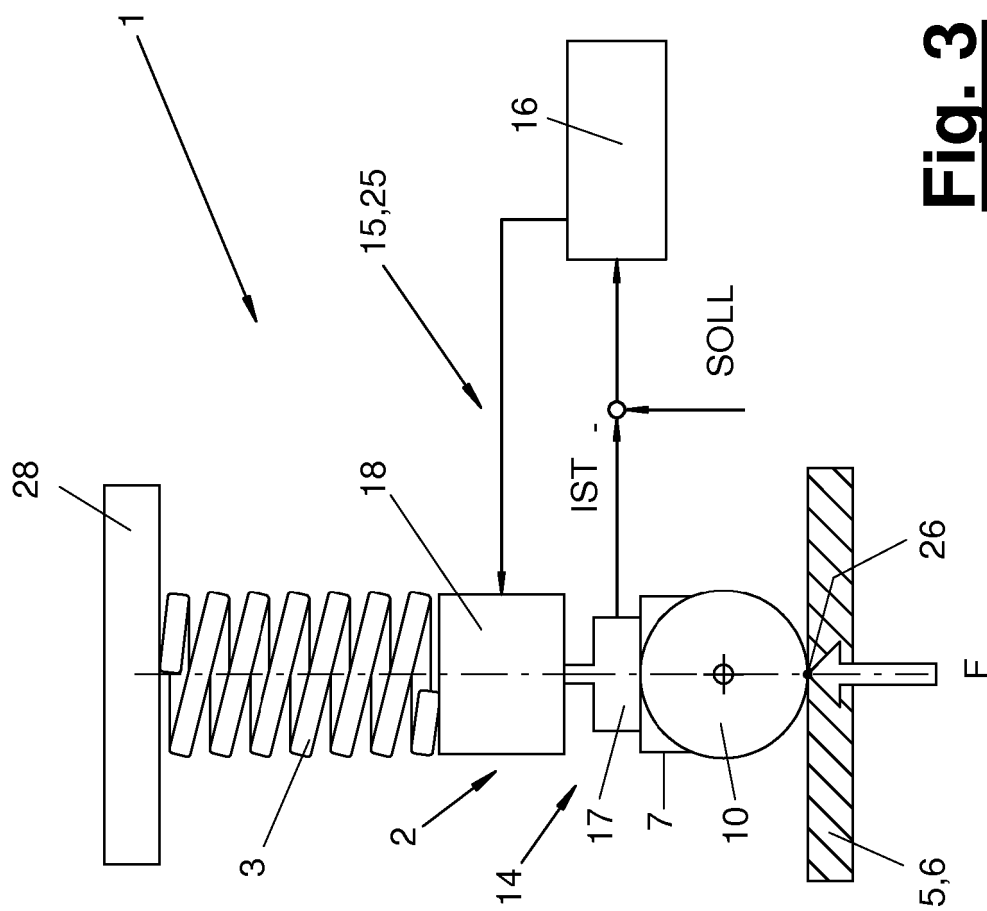


Fig. 3

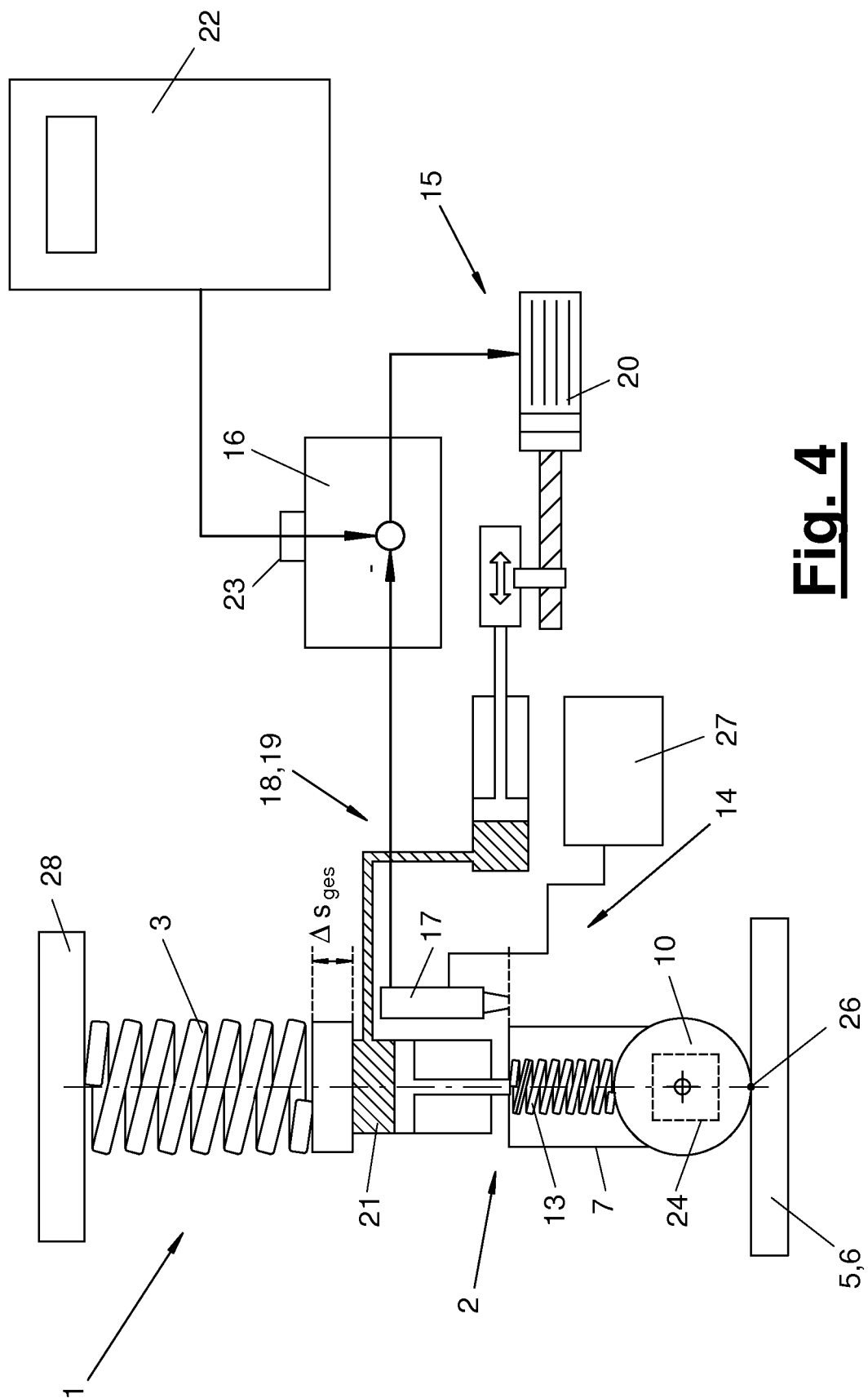
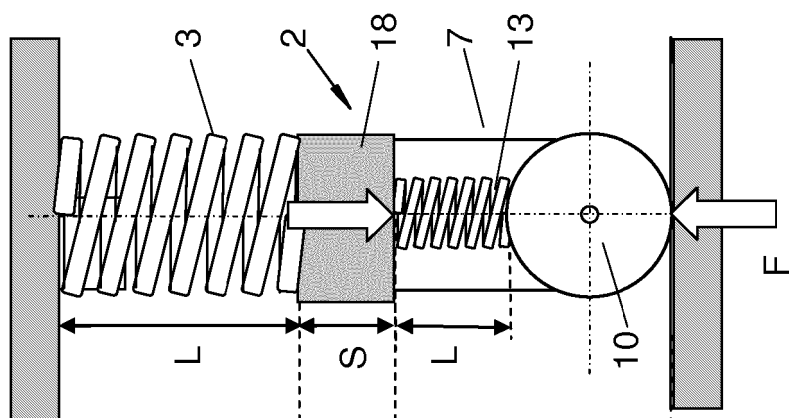
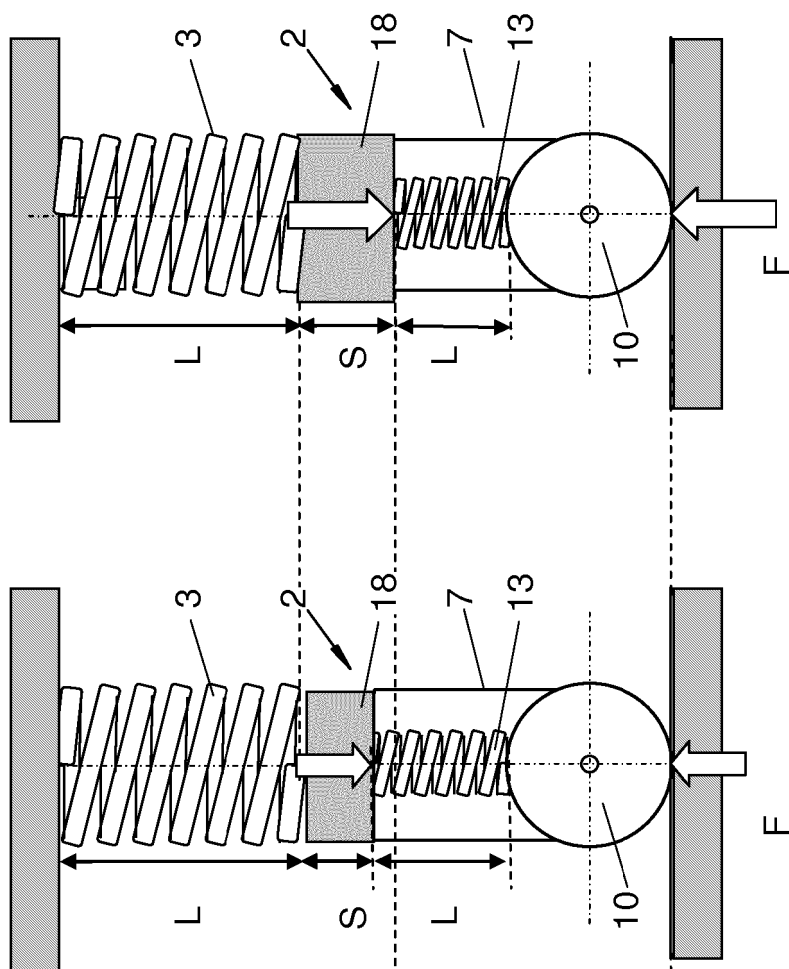
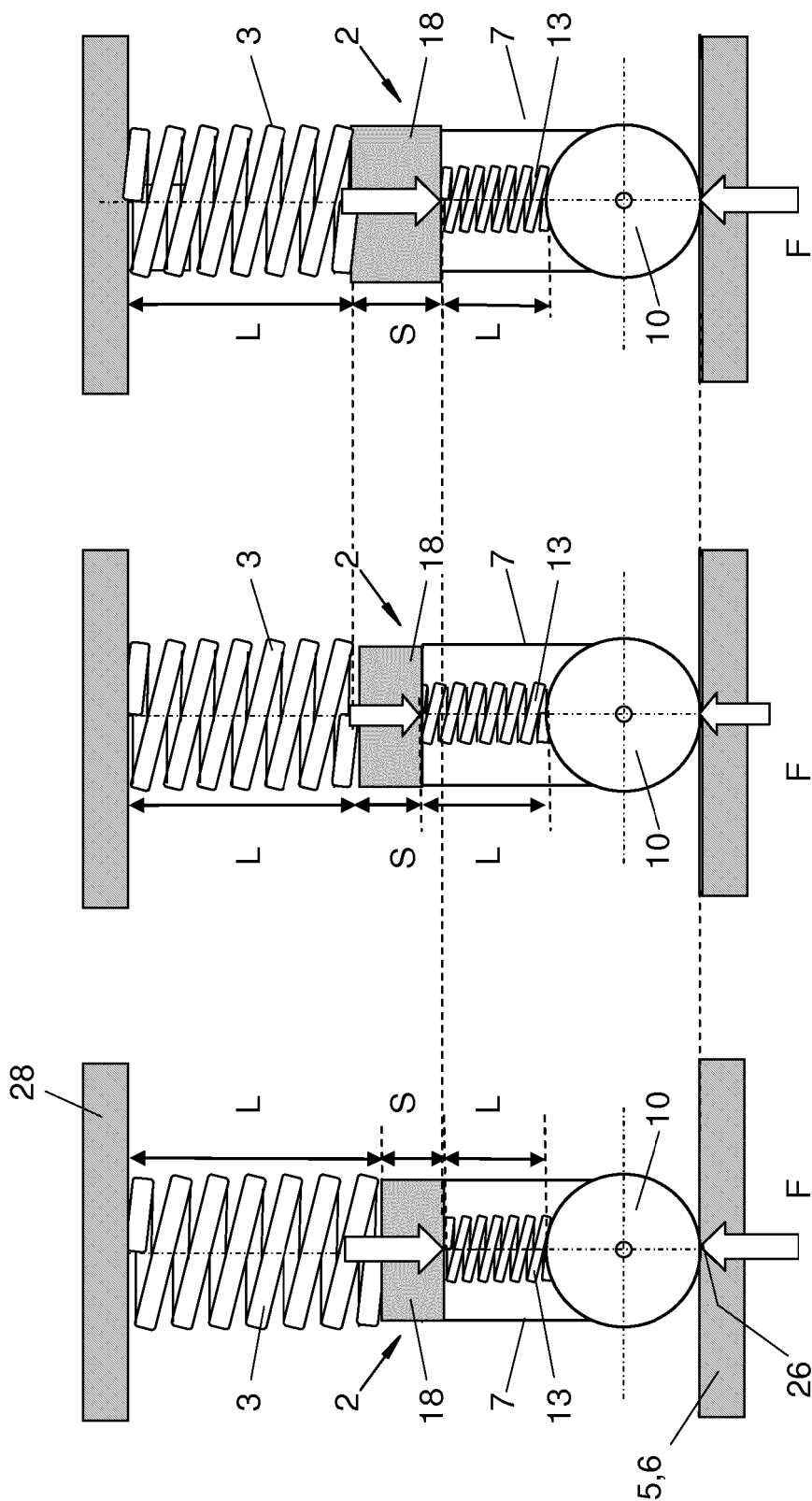


Fig. 4



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 202009005111 U1 [0001]