



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.06.2019 Patentblatt 2019/26

(51) Int Cl.:
B25B 21/02 (2006.01) **B25B 23/147** (2006.01)
B25B 31/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17208763.7**

(22) Anmeldetag: **20.12.2017**

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

(71) Anmelder: **HILTI Aktiengesellschaft**
9494 Schaan (LI)

(72) Erfinder:
• **Alberding, Matthaeus**
88131 Lindau (DE)
• **Bralla, Dario**
9470 Buchs (CH)
• **Orvieto, Antonio**
6840 Götzis (AT)

(54) **SETZVERFAHREN FÜR SCHRAUBVERBINDUNG MITTELS SCHLAGSCHRAUBER**

(57) Ein Steuerungsverfahren eines Schlagschraubers (1) zum Anziehen einer Schraubverbindung (52) führt ansprechend auf ein Betätigen eines Tasters (9) eine Sequenz mit den aufeinanderfolgenden Phasen aus. In einer ersten Phase (S1) übt ein Schlagwerk des Schlagschraubers wiederholt Drehschläge auf die Schraubverbindung (52) aus, wobei die erste Phase (S1) beendet wird, wenn das geschätzte übertragene Drehmoment (M) einen für den Spreizanker (35) vorgegebenen

nen Schwellwert (M0) überschreitet. In einer zweiten Phase (S2) wird eine für den Spreizanker (35) vorgegebene Anzahl (N8) von Drehschlägen auf die Schraubverbindung ausgeübt. Eine Schätzroutine schätzt einen Verlauf (59) eines Drehwinkel Φ über die Zeit (t). Ein Muster (60) wird an den Verlauf (59) angepasst und die vorgegebene Anzahl (N8) wird basierend auf dem angepassten Muster (60) festgelegt.

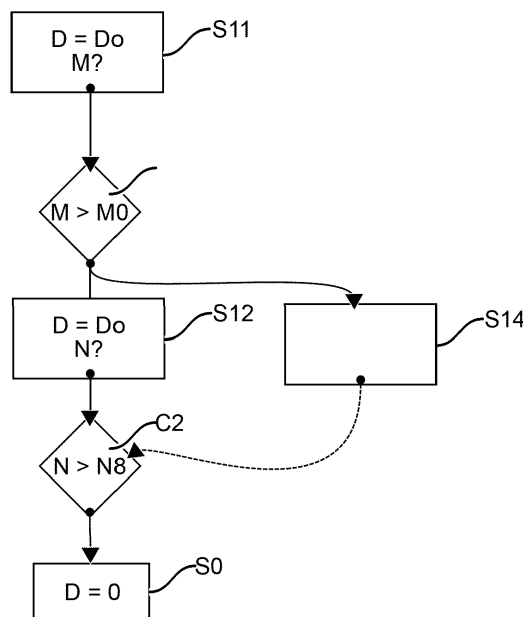


Fig. 11

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Setzverfahren für Schraubverbindung, welches als Steuerungsverfahren für einen Schlagschrauber implementiert ist.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0002] Im Stahlbau werden plattenförmige Bauelemente mit einer Schraubverbindung verbunden. Die Bauelemente liegen nur bedingt plan aufeinander, wodurch eine normierte Befestigung erschwert wird. Es ist daher vorgesehen, dass per Hand die Schraubverbindung mit einem Drehmomentschlüssel angezogen wird. Allerdings kann der Anwender das händische Anziehen vergessen oder unsachgemäß ausführt haben.

[0003] Eine Ausgestaltung eines Steuerungsverfahrens für einen Schlagschrauber zum Anziehen einer Schraubverbindung führt ansprechend auf ein Betätigen eines Tasters eine Sequenz mit den aufeinanderfolgenden Phasen aus. In einer ersten Phase übt ein Schlagwerk des Schlagschraubers wiederholt Drehschläge auf die Schraubverbindung aus und eine Schätzeinrichtung schätzt ein von dem Drehschlag auf die Schraubverbindung übertragenes Drehmoments. Die erste Phase wird beendet, wenn das geschätzte übertragene Drehmoment einen für den Spreizanker vorgegebenen Schwellwert überschreitet. In einer zweiten Phase wird eine für den Spreizanker vorgegebene Anzahl von Drehschlägen auf die Schraubverbindung ausgeübt. Während der ersten Phase wird eine Prüfroutine ausgeführt, welche einen Drehwinkel Φ schätzt und die Sequenz abbricht, wenn der Drehwinkel Φ eine Obergrenze überschreitet.

[0004] Eine Ausgestaltung eines Steuerungsverfahrens eines Schlagschraubers zum Anziehen einer Schraubverbindung führt ansprechend auf ein Betätigen eines Tasters eine Sequenz mit den aufeinanderfolgenden Phasen aus. In einer ersten Phase übt ein Schlagwerk des Schlagschraubers wiederholt Drehschläge auf die Schraubverbindung aus, wobei die erste Phase beendet wird, wenn das geschätzte übertragene Drehmoment einen für den Spreizanker vorgegebenen Schwellwert überschreitet. In einer zweiten Phase wird eine für den Spreizanker vorgegebene Anzahl von Drehschlägen auf die Schraubverbindung ausgeübt. Eine Schätzroutine schätzt einen Verlauf eines Drehwinkel Φ über die Zeit. Ein Muster wird an den Verlauf angepasst und die vorgegebene Anzahl wird basierend auf dem angepassten Muster festgelegt.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0005] Die nachfolgende Beschreibung erläutert die Erfindung anhand von exemplarischen Ausführungsformen und Figuren. In den Figuren zeigen:

- Fig. 1 einen Schlagschrauber
- Fig. 2 ein Eingabeelement
- Fig. 3 einen Spreizanker
- Fig. 4 ein Ablaufdiagramm zu dem Betriebsmodus "Spreizanker"
- Fig. 5 einen Verlauf des geschätzten Drehmoments
- Fig. 6 eine Schraubverbindung von zwei Stahlplatten
- Fig. 7 eine Schraubverbindung von zwei Stahlplatten
- Fig. 8 einen Verlauf eines Drehwinkels
- Fig. 9 ein Ablaufdiagramm zu dem Betriebsmodus "Stahlbau"
- Fig. 10 einen Verlauf eines Drehwinkels
- Fig. 11 ein Ablaufdiagramm zu dem Betriebsmodus "Stahlbau"

[0006] Gleiche oder funktionsgleiche Elemente werden durch gleiche Bezugszeichen in den Figuren indiziert, soweit nicht anders angegeben.

AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

Schlagschrauber

[0007] Fig. 1 illustriert schematisch den Schlagschrauber 1. Der Schlagschrauber 1 hat einen Elektromotor 2, ein Schlagwerk 3 und eine Abtriebsspindel 4. Das Schlagwerk 3 wird von dem Elektromotor 2 kontinuierlich angetrieben. Sobald ein rückwirkendes Drehmoment der Abtriebsspindel 4 einen Schwellwert überschreitet, übt das Schlagwerk 3 wiederholt Drehimpulse (Drehschläge) mit einem zwar kurzzeitigen aber dafür mit einem sehr hohen Drehmoment auf die Abtriebsspindel 4 aus. Die Abtriebsspindel 4 dreht sich entsprechend kontinuierlich oder schrittweise um eine Arbeitsachse 5. Der Elektromotor 2 kann über eine Batterie 6 gespeist oder netzgespeist sein.

[0008] Der Schlagschrauber 1 hat einen Handgriff 7, mittels welchem der Anwender den Schlagschrauber 1 während des Betriebs halten und führen kann. Der Handgriff 7 kann steif oder mittels Dämpfungselementen an einem Maschinengehäuse 8 befestigt sein. Der Elektromotor 2 und das Schlagwerk 3 sind in dem Maschinengehäuse 8 angeordnet. Der Elektromotor 2 ist mittels eines Tasters 9 ein- und ausschaltbar. Der Taster 9 ist beispielsweise unmittelbar an dem Handgriff 7 angeordnet und durch die den Handgriff umschließende Hand betätigbar.

[0009] Das beispielhafte Schlagwerk 3 hat einen Hammer 10 und einen Amboss 11. Der Hammer 10 hat Klauen 12, welche in Drehrichtung an Klauen 13 des Amboss 11 anliegen. Der Hammer 10 kann über die Klauen 12 ein kontinuierliches Drehmoment oder kurzzeitige Drehimpulse auf den Amboss 11 übertragen. Eine Schraubenfeder 14 spannt den Hammer 10 in Richtung zu dem Amboss 11 vor, wodurch der Hammer 10 mit dem Amboss 11 in Eingriff gehalten wird. Falls das Drehmoment

den Schwellwert überschreitet, verschiebt sich der Hammer **10** soweit gegen die Kraft der Schraubenfeder, bis die Klauen **12** nicht mehr in Eingriff mit dem Amboss **11** sind. Der Elektromotor **2** kann den Hammer **10** in Drehrichtung beschleunigen, bis der Hammer **10** durch die Schraubenfeder **14** erneut in Eingriff mit dem Amboss **11** gezwungen wird. Die zwischenzeitlich gewonnene kinetische Energie überträgt der Hammer **10** in einem kurzen Impuls auf den Amboss **11**. Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der Hammer **10** auf einer Antriebsspindel **15** entlang einer spiralförmigen Bahn **16** zwangsgeführt ist. Die Zwangsführung kann beispielsweise als spiralförmige Vertiefung in der Antriebsspindel **15** und einen in die Vertiefung eingreifenden Zapfen des Hammers **10** realisiert sein. Die Antriebsspindel **15** ist durch den Elektromotor **2** angetrieben.

[0010] Die Abtriebsspindel **4** steht aus dem Maschinengehäuse **8** hervor. Das herausstehende Ende bildet einen Werkzeughalter **17**. Der beispielhafte Werkzeughalter **17** hat einen quadratischen Querschnitt. Eine Stecknuss **18** oder ähnliches Werkzeug kann auf den Werkzeughalter **17** aufgesteckt werden. Die Stecknuss **18** hat eine Buchse mit einem quadratischen hohlen Querschnitt, der in seinen Maßen im Wesentlichen dem Werkzeughalter **17** entspricht. Der Buchse gegenüberliegend hat die Stecknuss **18** ein Maul **20** zum Aufnehmen des Schraubkopfs **21**, d.h. der sechskantigen Mutter **22** oder einer analogen Schraube. Die Stecknuss **18** kann mittels einer Werkzeugverriegelung **23** an der Abtriebsspindel **4** gesichert sein. Die Werkzeugverriegelung **23** basiert beispielsweise auf einem Stift, welcher sowohl durch eine Bohrung in der Abtriebsspindel **4** als auch in der Stecknuss **18** gesteckt wird.

[0011] Der Schlagschrauber **1** hat eine Steuerungseinheit **24**. Die Steuerungseinheit **24** kann beispielsweise durch einen Mikroprozessor und einen externen oder integrierten Speicher **25** realisiert sein. Anstelle eines Mikroprozessors kann die Steuerungseinheit aus äquivalenten diskreten Bauelementen, einen ASIC, ein ASSP, etc. realisiert sein.

[0012] Der Schlagschrauber **1** hat ein Eingabeelement **26**, über welches der Anwender einen Betriebsmodus auswählen kann. Die Steuerungseinheit **24** steuert daraufhin den Schlagschrauber **1** entsprechend dem gewählten Betriebsmodus an. Die Steuerungssequenzen der verschiedenen Betriebsmodi können in dem Speicher **25** hinterlegt sein. Die Betriebsmodi umfassen unter anderem ein Setzverfahren für Spreizanker und Setzverfahren für Schraubverbindungen im Stahlbau.

[0013] Das Eingabeelement **26** kann beispielsweise eine Anzeige **27** und ein oder mehrere Eingabetaster **28** beinhalten. Die Steuerungseinheit **24** kann die verschiedenen in dem Speicher **25** hinterlegten Betriebsmodi und ggf. damit assoziierten Verbindungstypen anzeigen. Der Anwender kann mittels der Eingabetaster **28** den Betriebsmodus auswählen. Zudem kann der Anwender Spezifikationen, wie Größe, Durchmesser, Länge, Soll-Drehmoment, Belastbarkeit oder Herstellerbezeichnung

eines Verbindungstyps eingegeben. In einer alternativen Ausgestaltung hat der Schlagschrauber **1** eine Kommunikationsschnittstelle **29**, welche mit einem externen Eingabeelement **30** kommuniziert. Das externe Eingabeelement **30** kann beispielsweise ein Mobiltelefon, ein Laptop oder analoges Mobilgerät sein. Ferner kann das Eingabeelement ein Zusatzmodul sein, welches sich als Adapter zwischen Schlagschrauber **1** und Batterie **6** anordnen lässt. In einer auf dem Eingabeelement **30** ausgeführten Applikation sind mehrere Verbindungstypen hinterlegt oder die Applikation kann diese über eine Mobilfunkschnittstelle von einem Server abfragen. Das externe Eingabeelement **30** kann die Spreizanker oder relevante Informationen des Verbindungstyps auf einer Anzeige **31** darstellen. Der Anwender wählt einen Verbindungstyp über einen Eingabetaster **32** oder eine berührungsempfindliche Anzeige **31** aus. Das externe Eingabeelement **30** übermittelt die Typenbezeichnung oder für das Steuerungsverfahren relevanten Parameter des ausgewählten Verbindungstyps an den Schlagschrauber **1** via einer Kommunikationsschnittstelle **33** an die Kommunikationsschnittstelle **29** des Schlagschraubers **1**. Die Kommunikationsschnittstelle **29** ist vorzugsweise funkbasiert, z.B. unter Verwendung eines Bluetooth Standards. In einer Ergänzung oder Alternative kann das interne Eingabeelement **28** oder das externe Eingabeelement **30** mit einer Kamera **34** versehen sein, welche einen Strichcode auf einer Verpackung des Verbindungstyps erfassen kann. Das Eingabeelement **28** ermittelt den Verbindungstyp basierend auf dem erfassten Strichcode und den in dem Speicher **25** hinterlegten Strichcodes. Anstelle einer Kamera **34** kann ein Laserbasierter Strichcode-Leser, ein RFID-Lesegerät, etc. verwendet werden, um ein Label an der Verpackung oder an dem Verbindungstyp zu erfassen. In einer weiteren Ausgestaltung kann eine Bildverarbeitung in dem Eingabeelement **28** den Verbindungstyp anhand eines von der Kamera **34** aufgenommenen Bildes erkennen, oder zumindest eine dem Anwender präsentierte Auswahl an Verbindungstypen basierend auf dem Bild eingrenzen.

Spreizanker

[0014] Fig. 3 zeigt einen Spreizanker **35**, welcher in einer Wand **36** verankert ein Anbauteil **37** an der Wand **36** befestigt. Der Spreizanker **35** hat eine Ankerstange **38**. An einem Ende der Ankerstange **38** ist ein Schraubkopf **21**. An einem dem Schraubkopf **21** abgewandten Ende ist ein Spreizmechanismus **39** vorgesehen. Der Spreizmechanismus **39** ist in ein Bohrloch in der Wand **36** eingesetzt. Eine von dem Schraubkopf **21** auf den Spreizmechanismus **39** wirkende Zugspannung setzt der Spreizmechanismus **39** in eine radiale Klemmkraft gegen die Innenwand des Bohrlochs um. Der Spreizanker **35** wirkt selbsthemmend, da eine zunehmende Zugbelastung an dem Spreizanker **35** durch das Anbauteil **37** zu einer höheren Klemmkraft führt. Damit bei einem gesetzten Spreizanker **35** seine spezifizierten Belas-

tungswerte gewährleistet sind, wird der Spreizanker **35** beim Setzen mittels des Schraubkopfs **21** vorgespannt. Der Spreizanker **35** ist mit einem Soll-Drehmoment spezifiziert, mit welchem der Schraubkopf **21** beim Setzen angezogen werden soll.

[0015] Ein manueller Setzvorgang des Spreizankers **35** sieht folgendes vor. In einem vorbereitenden Schritt wird ein Bohrloch entsprechend den Spezifikationen des Spreizankers **35** in die Wand **36** gebohrt. Die Spezifikation gibt unter Anderem den Durchmesser des Bohrlochs vor, welcher gleich dem Außendurchmesser des Spreizmechanismus **39** ist. Der Spreizmechanismus **39** wird, typischerweise mit Drehschlägen eines Hammers, in das Bohrloch eingetrieben. Das Anbauteil **37** wird auf dem Schraubkopf **21** positioniert. Anschließend wird der Schraubkopf **21** händisch mittels eines Drehmomentschlüssels angezogen. Beim Anziehen stützt sich der Schraubkopf **21** mittelbar über das Anbauteil **37** an der Wand **36** längs der Ankerstange **38** ab, wodurch die Zugspannung erzeugt wird. Der Anwender beendet, das Anziehen, wenn der Drehmomentschlüssel signalisiert, dass das spezifizierte Soll-Drehmoment des Spreizankers **35** erreicht ist. In manchen Anwendungen wird der Schraubkopf **21** anschließend nochmals gelöst, beispielsweise um das Anbauteil **37** auszurichten. Der Anwender zieht den Schraubkopf **21** danach nochmals mit dem Drehmomentschlüssel und dem gleichen spezifizierten Soll-Drehmoment an. In anderen Anwendungen sind mehrere Spreizanker **35** notwendig, um das Anbauteil **37** zu befestigen. Der Anwender kann zunächst jeden der Spreizanker **35** etwas vorspannen, bevor die Spreizanker **35** dem Soll-Drehmoment entsprechend angezogen werden. Ferner kann der Anwender beim Anziehen eines Spreizankers **35** unterbrochen werden, worauf der Anwender hoffentlich den Vorgang später mit dem Drehmomentschlüssel fortsetzt.

[0016] Der Spreizmechanismus **39** basiert beispielsweise auf einer Hülse **40** und einem Konus **41** an der Ankerstange **38**. Die Hülse **40** ist gegenüber dem Konus **41** längs der Ankerstange **38** beweglich. In der beispielhaften Darstellung hat die Ankerstange **38** einen dünneren zylindrischen Hals **42**, welchen die Hülse **40** umschließt. Ein Innendurchmesser der Hülse **40** ist größer als der Außendurchmesser des Halses **42**. Angrenzend an die Hülse **40**, auf der von dem Schraubkopf **21** abgewandte Seite der Hülse **40** ist der Konus **41** angeordnet. Die Mantelfläche des Konus **41** verjüngt sich in Richtung zu der Hülse **40**. Der Außendurchmesser der Mantelfläche verringert sich von einem Wert größer als der Innendurchmesser der Hülse **40** auf einen Wert geringer als der Innendurchmesser der Hülse **40**. Der spezifizierte Durchmesser des Bohrlochs entspricht dem Außendurchmesser der Hülse **40**, weshalb diese an der Innenwand des Bohrlochs haftet oder reibt. Beim Anziehen an der Ankerstange **38** und damit an dem Konus **41**, bleibt die Hülse **40** stehen, während der Konus **41** in die Hülse **40** hineingezogen wird. Der Konus **41** weitet die Hülse **40** auf. Hülse **40** und Konus **41** können vielfältig ausge-

staltet sein. Beispielsweise kann die Hülse **40** mit mehreren dem Konus **41** zugewandten Laschen versehen sein. Die Hülse **40** kann umlaufend geschlossen oder geschlitzt sein. Ferner kann der Konus **41** kegelförmig, gewellt, pyramidenförmig geformt sein. Ein wesentlicher Aspekt für die Funktionsweise ist der Reibwert der Hülse **40** an der Innenwand. Die Hülse **40** ist typischerweise aus einem Stahl oder ein anderen eisenbasierten Material. Die Wand **36** ist aus einem mineralischen Bauwerkstoff, z.B. Beton oder Naturstein.

[0017] Der Schraubkopf **21** kann beispielhaft aus einem Außengewinde **43** an der Ankerstange **38** und einer auf dem Außengewinde **38** aufgesetzten Mutter **22** bestehen. Die Mutter hat vorzugsweise einen sechseckigen Umfang. Alternativ kann die Ankerstange **38** ein Innengewinde aufweisen, in welches eine Schraube eingesetzt ist. Die Schraube hat einen Kopf, der radial über die Ankerstange **38** hinaussteht. Der Kopf der Schraube hat beispielsweise einen sechseckigen Umfang.

Steuerungsverfahren "Spreizanker"

[0018] Der Schlagschrauber **1** implementiert ein Setzverfahren für den Spreizanker **35**; Betriebsmodus "Spreizanker" (Fig. 4). Das Setzverfahren ist geeignet mit dem Spreizanker **35** ein Anbauteil **37** an einer Wand **36** zu befestigen. In einem vorbereitenden Schritt bohrt der Anwender das Bohrloch in die Wand **36** und schiebt den Spreizanker **35** in das Bohrloch. Das Anziehen des Schraubkopfs **21** erfolgt mittels des Schlagschraubers **1**. Gegenüber einem kontinuierlich drehenden Elektroschrauber zeichnet sich der Schlagschrauber **1** durch das Erzeugen eines sich wiederholenden Drehschlags mit kurzzeitigen und dafür hohem Drehmoment aus. Ferner besteht zwischen einer Abtriebsspindel **4** und einem Handgriff **7** des Schlagschraubers **1** keine starre Ankopplung, weshalb ein auf den Anwender rückwirkendes Gegenmoment typischerweise deutlich geringer als der ausgeübte Drehschlag ist. Der Anwender wählt mittels des Eingabeelements **28** den Betriebsmodus "Spreizanker" und gibt den Typ des Spreizankers **35** an.

[0019] Jedem Typus von Spreizanker sind mehrere Steuerungsparameter zugeordnet, welche für den nachfolgenden ordnungsgemäßen Ablauf des Setzverfahrens notwendig sind. Die Steuerungsparameter sind in dem Speicher **25** zu dem Typus des Spreizankers hinterlegt. Ansprechend auf die Eingabe oder Auswahl des Spreizankers **35** liest die Steuerungseinheit **24** die entsprechenden Steuerungsparameter aus. Die Steuerungsparameter werden vorzugsweise solange beibehalten, bis der Anwender einen anderen Typus von Spreizanker **35** auswählt. Ein Auswählen des Spreizankers **35** vor jedem einzelnen Setzen ist nicht notwendig.

[0020] Bei einem unbetätigten Taster **9** ist der Elektromotor **2** von der Stromversorgung, z.B. der Batterie **6**, getrennt. Eine Drehzahl **D** des Elektromotors **2** ist Null beziehungsweise fällt auf Null ab. Die Trennung kann elektromechanisch durch den Taster **9** selbst oder durch

ein elektrisches Schaltelement in dem Strompfad zwischen Elektromotor **2** und der Stromversorgung erfolgen. Der Taster **9** muss von dem Anwender während des gesamten Setzvorgangs durchgehend gedrückt gehalten werden. Falls der Anwender den Taster **9** loslässt, wird der Elektromotor **2** sofort von der Stromversorgung getrennt und in Folge das Setzverfahren unterbrochen. Der Schlagschrauber **1** fällt vorzugsweise beim Lösen des Tasters **9** in einen Bereitschaftsmodus (Standby). In dem Bereitschaftsmodus reduziert der Schlagschrauber **1** seine Energieaufnahme, insbesondere für einen Batterie-gespeisten Schlagschrauber **1**. Beispielsweise kann die Steuerungseinheit **24** deaktiviert; seine Funktionalität auf die reine Überprüfung des Tasters **9** und des Eingabeelements **28** reduzieren et cetera.

[0021] Mit Betätigen des Tasters **9** beginnt das Setzverfahren. Gegebenenfalls wird der Schlagschrauber **1** aus dem Bereitschaftsmodus geweckt. In einer vorbereitenden Phase kann geprüft werden, ob der Anwender zuvor einen Spreizanker **35** mittels eines der Eingabeelemente **28** ausgewählt hat. Falls eine entsprechende Auswahl bisher nicht vorgenommen wurde und die Steuerungsparameter nicht gesetzt sind, wird der Anwender dazu angehalten und der Schlagschrauber **1** bleibt inaktiv. Andernfalls wird der Elektromotor **2** mit der Stromversorgung verbunden.

[0022] Während bei einem kontinuierlich drehenden Schrauber das abgegebene Drehmoment recht einfach über die Leistungsaufnahme des Elektromotors und die Drehzahl der Abtriebsspindel gemessen werden kann, ist dies aufgrund der mechanischen Entkopplung zwischen der Abtriebsspindel **4** und dem Elektromotor **2** bei dem Schlagschrauber **1** nicht möglich. Eine unmittelbare Messung des abgegebenen Drehmoments mittels eines Sensors an der Abtriebsspindel ist aufgrund der hohen mechanischen Belastungen technisch sehr anspruchsvoll und nicht für den Schlagschrauber geeignet. Das Setzverfahren behilft sich mit einer groben Schätzung des ausgeübten Drehmoments **M** in einer ersten Phase **S1** und einer nachfolgenden Korrektur in einer zweiten Phase **S2**. Das zweiphasige Verfahren ist robuster gegenüber a priori unbekannten Einflüssen auf das Setzverhalten, insbesondere den Einfluss der Beschaffenheit der Wand **36** auf den Setzvorgang.

[0023] Mit Betätigen des Tasters **9** beginnt typischerweise eine Vor-Phase, welche in der nachfolgenden Beschreibung nicht weiter erläutert wird. Während der Vor-Phase **S1** ist das von dem Schlagschrauber **1** ausgeübte Drehmoment **M** so gering sein, dass der Schlagmechanismus nicht ausgelöst und der Schlagschrauber **1** kontinuierlich ein typischerweise ansteigendes Drehmoment ausübt. Die erste Phase **S1** des Setzverfahrens beginnt mit dem ersten Schlag des Schlagschraubers **1** (Zeitpunkt **t0**). Ein stark schematisierter Verlauf **44** des Drehmoments **M** ist in Fig. 5 dargestellt. Während der ersten Phase **S1** wird das von der Abtriebsspindel **4** ausgeübte Drehmoment **M** geschätzt. Die erste Phase **S1** wird standardmäßig beendet, wenn das geschätzte Drehmoment

M einen Schwellwert **M0** überschreitet (**C1**). Der Schwellwert **M0** ist typischerweise geringer als das Soll-Drehmoment **M9** für den Spreizanker **35**.

[0024] Während der ersten Phase (**S1**) dreht der Elektromotor **2** die Antriebsspindel **15** vorzugsweise mit einer vorgegebenen ersten Drehzahl **D1**. Die Steuerungseinheit **24** kann beispielsweise die Drehzahl **D** der Antriebsspindel **15** unmittelbar mit einem Drehsensor **45** an der Antriebsspindel **15** oder mittelbar über einen Drehsensor an dem Elektromotor **2** bestimmen. Die erste Drehzahl **D1** ist einer der dem Spreizanker **35** zugeordneten Steuerungsparameter. Die Drehzahl hat einen Einfluss auf das von dem Schlagschrauber **1** abgegebenen Drehmoment. Der Hammer **10** löst sich nach einem Drehschlag von dem Amboss **11** und wird durch die Antriebsspindel **15** bis zu dem nächsten Drehschlag auf den Amboss **11** beschleunigt. Der nächste Drehschlag erfolgt, wenn Hammer **10** wieder entsprechend zu dem Amboss **11** ausgerichtet ist. Bedingt durch die weitgehend vorgegebene Beschleunigungsstrecke resultiert eine höhere Drehzahl der Antriebsspindel **15** in einer höheren Winkelgeschwindigkeit und einem höheren Drehimpuls des Hammers **10** im Drehschlag. In einer groben Näherung wird angenommen, dass ein Großteil des Drehimpulses bei einem Drehschlag auf den Amboss **11** und die Abtriebsspindel **4** übertragen wird. In Versuchsreihen kann für verschiedene Drehzahlen der Drehimpuls oder eine den Drehimpuls beschreibende Größe ermittelt und in einem Kennlinienfeld abgelegt werden.

[0025] Während der ersten Phase **S1** wird der Drehwinkel $\delta\Phi$, um welchen sich die Abtriebsspindel **4** aufgrund des Drehschlags dreht ermittelt. Das abgegebene Drehmoment **M** entspricht dem übertragenen Drehimpuls und dem Drehwinkel $\delta\Phi$, um welchen sich die Abtriebsspindel **4** aufgrund des Drehschlags dreht. Basierend auf dem ermittelten Drehwinkel $\delta\Phi$ und der näherungsweisen Korrelation von Drehimpuls und Drehzahl **D** wird das abgegebene Drehmoment **M** geschätzt. In dem Speicher **25** kann beispielsweise ein Kennlinienfeld hinterlegt sein, welches einer Paarung aus Drehzahl **D** und Drehwinkel $\delta\Phi$ ein Drehmoment **M** oder eine das Drehmoment beschreibende Größe zuordnet.

[0026] Der Drehwinkel $\delta\Phi$ wird durch eine Sensorik **46** in dem Schlagschrauber **1** ermittelt. Die Sensorik **46** kann beispielsweise unmittelbar die Drehbewegung des Abtriebsspindel **4** mit einem Drehsensor **47** erfassen. Der Drehsensor **47** kann Markierungen an der Abtriebsspindel **4** induktiv oder optisch abtasten. Alternativ oder ergänzend kann die Sensorik **46** den Drehwinkel $\delta\Phi$ der Abtriebsspindel **4** basierend auf der Drehbewegung der Antriebsspindel **15** zwischen zwei aufeinanderfolgenden Drehschlägen schätzen. Die Antriebsspindel **15** dreht sich zwischen den zwei Drehschlägen um den Winkelabstand der Klauen **12**, z.B. 180 Grad, und sofern sich der Amboss **11** gedreht hat, zusätzlich um den Drehwinkel $\delta\Phi$ der Abtriebsspindel **4**. Die Drehschläge werden durch einen Drehschlagsensor **48** erfasst. Die Sensorik **46** erfasst dazu den Drehwinkel der Antriebsspindel **15** in der

Zeitspanne zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Drehschlägen. Der Anfang und das Ende der Zeitspanne wird durch das Erfassen der Drehschläge mittels eines Drehschlagsensors **48** erfasst. Der Drehschlagsensor **48** kann beispielsweise die mit dem Drehschlag einhergehende erhöhte kurzzeitige Vibration in dem Schlagschrauber **1** erfassen. Die Vibration wird beispielsweise mit einem Schwellwert verglichen, der Anfang bzw. das Ende entspricht dem Zeitpunkt des Überschreitens des Schwellwerts. Der Drehschlagsensor **48** kann ebenso auf einem akustischen Mikrophon oder Infrasschall-Mikrophon basieren, das eine Spitze in der Lautstärke erfasst. Eine weitere Variante eines Drehschlagsensors **48** erfasst die Leistungsaufnahme oder eine Drehzahlschwankung des Elektromotors **2**. Die Leistungsaufnahme steigt kurzzeitig während des Drehschlages an. Der Drehwinkel der Antriebsspindel **15** kann beispielsweise aus der Drehzahl **D** oder den Signalen des Drehsensors **45** und der Zeitspanne errechnet werden. Der Drehwinkel $\delta\Phi$ der Abtriebsspindel **4** wird als der Drehwinkel der Antriebsspindel **15** abzüglich dem Winkelabstand der Klauen **12** bestimmt.

[0027] Der Schlagschrauber **1** vergleicht während der ersten Phase **S1** fortlaufend das geschätzte Drehmoment **M** mit dem Schwellwert **M0**. Die erste Phase **S1** wird unmittelbar beendet, wenn der Schwellwert **M0** überschritten ist (**C1**). In einer Ausgestaltung mit der konstanten Drehzahl **D1** ist der Vergleich des Drehmoments **M** mit dem Schwellwert **M0** äquivalent zu einem Vergleich des Drehwinkels pro Drehschlag $\delta\Phi$ mit einem Schwellwert pro Drehschlag $\delta\Phi_0$. In dem Speicher **25** kann zu einem Spreizanker **35** eine Paarung aus einer Drehzahl **D1** und einem zu unterschreitenden Drehwinkel $\delta\Phi_0$ hinterlegt sein. Die erste Phase **S1** wird beendet, wenn der Schraubkopf **21** sich nur noch wenig dreht. Die Erfassung des Drehwinkels $\delta\Phi$ wird zunehmend ungenau. Ebenso nimmt die Korrelation zwischen Drehzahl und Drehimpuls ab.

[0028] An die erste Phase **S1** schließt sich unmittelbar die zweite Phase **S2**. Die Drehzahl **D** der Antriebsspindel **15** kann weiterhin auf die erste Drehzahl **D1** geregelt sein. Während der zweiten Phase wird eine vorgegebene Anzahl **N1** von Drehschlägen ausgeübt. Die Anzahl **N1** der Drehschläge ist ein weiterer für den Spreizanker spezifischer Steuerungsparameter. Mit der Anzahl **N1** der Drehschläge wird das Soll-Drehmoment **M9** des Spreizankers **35** näherungsweise erreicht. Nach der ersten Phase **S1** ist der Drehwinkel $\delta\Phi$ für jeden weiteren Drehschlag näherungsweise gleich. Die Anzahl **N1** der Drehschläge entspricht somit einem Drehen um einen vorgegebenen Drehwinkel $\Delta\Phi_1$. Unter Annahme eines elastischen Verhaltens des Spreizankers **35** ist die zusätzliche Zugspannung des Spreizankers **35** weitgehend proportional zu dem Drehwinkel $\Delta\Phi_1$. Die Zugspannung kann somit dosiert über die Anzahl **N1** der Drehschläge eingestellt werden. Die notwendige Anzahl **N1** von Drehschlägen bzw. der Drehwinkel $\delta\Phi$ lassen sich in Versuchsreihen für den Spreizanker **35** und den Schlag-

schrauber **1** und die vorgegebene Drehzahl **D1** der zweiten Phase **S2** ermitteln und in dem Speicher **25** hinterlegen. Während der zweiten Phase **S2** wird die Anzahl **N** der ausgeübten Drehschläge gezählt. Das Erkennen der Drehschläge kann wie oben ausgeführt beispielsweise mittels eines Drehschlagsensors **48** erfolgen. Die zweite Phase **S2** wird unmittelbar beendet, wenn die Anzahl **N** von Drehschlägen die Sollzahl **N1** erreicht (**C2**).

[0029] An die zweite Phase **S2** schließt sich vorzugsweise eine Relaxationsphase **S3** an. Die Wiederholungsrate der Drehschläge wird gegenüber der zweiten Phase **S2** reduziert. Die Drehzahl **D** wird auf eine zweite Drehzahl **D2** abgesenkt. Die zweite Drehzahl **D2** ist geringer als die erste Drehzahl **D1**. Insbesondere liegt die zweite Drehzahl **D2** unterhalb der kritischen Drehzahl, welche der Schlagschrauber **1** zum Erreichen des Soll-Drehmoments benötigt. Die zweite Drehzahl **D2** liegt beispielsweise zwischen 50 % und 80 % der ersten Drehzahl **D1**. Die Relaxationsphase **S3** ist vorzugsweise zeitgesteuert. Eine Dauer **T1** der Relaxationsphase **S3** liegt beispielsweise im Bereich zwischen 0,5 Sekunden [s] und 5 s.

[0030] Das zuvor beschriebene zwei-phasige oder drei-phasige Setzverfahren ist geeignet einen Spreizanker **35** anzuziehen, unmittelbar nachdem dieser in das Bohrloch eingesetzt wurde. Es kann vorkommen, dass für das nachträgliche Ausrichten des Anbauteils **37** der Anwender den verspannten Spreizanker **35** lösen und nachträglich nochmals anziehen wird. Ein nochmaliges Durchlaufen der zwei Phasen bzw. drei Phasen könnte allerdings den Spreizanker **35** oder sogar den Untergrund schädigen.

[0031] Daher hat das Setzverfahren in dem Betriebsmodus "Spreizanker" eine Prüfroutine, welche zumindest während der ersten Phase **S1** ermittelt, ob der Spreizanker **35** bereits einmal angezogen war. Die beispielhafte Prüfroutine ermittelt eine Änderungsrate **w** des geschätzten Drehmoments **M**. Wie bereits beschrieben nimmt das Drehmoment **M** von Drehschlag zu Drehschlag zu. Die Änderungsrate **w**, d.h. die Zunahme des Drehmoments **M** zwischen aufeinanderfolgenden Drehschlägen oder gemittelt über mehrere Drehschläge, erweist sich als robustes Kennzeichen, welches zwischen einem noch nie angezogenen Spreizanker **35** und einem nochmals gelösten Spreizanker **35** diskriminiert. Ein Verlauf **49** des geschätzten Drehmoments **M** für einen zuvor gelösten Spreizanker **35** ist in Fig. 5 gezeigt. Die Änderungsrate **w** ist bei dem nochmals gelösten Spreizanker **35** (Verlauf **49**) charakteristisch größer als in dem anderen Fall **44**. Der Schlagschrauber **1** ermittelt während der ersten Phase **S1** die Änderungsrate **w** und vergleicht die Änderungsrate **w** mit einem Grenzwert **w0**. Die Änderungsrate **w** wird vorzugsweise über mehrere Drehschläge oder ein Zeitfenster δT , das sich typischerweise über mehrere Drehschläge erstreckt, gemittelt. Wird der Grenzwert **w0** überschritten, beendet der Schlagschrauber **1** die erste Phase **S1**. Der Grenzwert **w0** ist ein weiterer der Steuerungsparameter, welche dem Spreizanker **35** zugeordnet sind. Der Grenzwert **w0** kann als Än-

derungsrate hinterlegt sein. Die Änderungsrate **w** kann auch mittels eines vorgegebenen Zeitfensters ΔT und einem innerhalb des Zeitfensters ΔT zu erreichenden vorgegebenen Schwellwert **M2** des Drehmoments **M** erfasst werden. Das Zeitfenster ΔT beginnt mit dem ersten Schlag **t0**. Übersteigt das Drehmoment **M** den Schwellwert **M2** noch innerhalb des Zeitfensters ΔT wird die erste Phase **S1** mit Überschreiten des Schwellwerts **M2** beendet. Entsprechend ist das Zeitfenster ΔT und der Schwellwert **M2** hinterlegt.

[0032] An die derart vorzeitig beendete erste Phase **S1** schließt sich eine modifizierte Phase **S2b** an. Die modifizierte Phase **S2b** ist im Wesentlichen gleich zu der zweiten Phase **S2**. Der Schlagschrauber **1** übt eine vorgegebene Anzahl **N2** von Drehschlägen aus. Die Anzahl **N2** ist deutlich geringer als in der zweiten Phase **S2**. Die Anzahl **N2** ist geringer als die Hälfte der Anzahl **N1**, z.B. geringer als ein Drittel der Anzahl **N1**. Durch die modifizierte zweite Phase **S2b** wird ein deutlich geringeres zusätzliches Drehmoment auf den Spreizanker **35** ausgeübt, als dies bei der standardmäßigen zweiten Phase **S2** der Fall ist. Die modifizierte zweite Phase **S2** ist dadurch deutlich kürzer als die standardmäßige zweite Phase **S2**. Soweit eine Relaxationsphase **S3** vorgesehen ist, schließt sich diese an die modifizierte zweite Phase **S2b** an.

[0033] In einer Ausgestaltung kann auch während der zweiten Phase **S2** die Änderungsrate **w** überwacht werden. Falls die Änderungsrate **w** den vorgegebenen Schwellwert **w0** überschreitet, wird die zweite Phase **S2** vorzeitig beendet und das Verfahren setzt mit der modifizierten zweiten Phase **S2b** fort.

[0034] Der Anwender kann den Taster **9** während des Setzvorgangs absichtlich oder versehentlich loslassen. Der Elektromotor **2** sofort gestoppt oder zumindest von der Stromversorgung getrennt. Das Setzverfahren ist somit abgebrochen. Das Steuerungsverfahren protokolliert in dem Speicher **25** den erreichten Setzzustand. Insbesondere wird in dem Speicher **25** festgehalten, welche der drei Phasen des Setzvorgangs erreicht ist. Danach kann der Schlagschrauber **1** in den Bereitschaftsmodus **S0** übergehen.

[0035] Das Steuerungsverfahren ermöglicht dem Anwender den Setzvorgang abzuschließen. In einer Ausführung wird der Anwender beispielsweise über die Anzeige **27** aufgefordert den Setzvorgang abzuschließen. Der Anwender kann mittels des Eingabeelements **28** auswählen, ob der Setzvorgang mit dem nächsten Betätigen des Tasters **9** fortgesetzt werden soll oder alternativ ein standardmäßiger neuer Setzvorgang erfolgen soll. Die Aufforderung kann beispielsweise erscheinen, wenn der Anwender den Taster **9** erneut andrückt. Alternativ kann die Anzeige **27** die Aufforderung dem Anwender permanent signalisieren. Der Anwender kann die Aufforderung mittels des Eingabeelements **28** beantworten. Alternativ kann dem Modus "Setzvorgang fortsetzen" dem Taster **9** ein Betätigungsmuster zugeordnet sein. Beispielsweise entspricht ein zweimaliges Antippen

vor dem vollständigen Durchdrücken des Tasters **9** der Auswahl "Setzvorgang fortsetzen", während das sofortige Durchdrücken des Tasters **9** der Auswahl "standardmäßiger neuer Setzvorgang" entspricht. Falls der Anwender nicht innerhalb einer Wartedauer auf die Aufforderung reagiert, z.B. innerhalb von 30 s, kehrt das Steuerungsverfahren in seinen standardmäßigen Betrieb und wird den nächsten Setzvorgang entsprechend einem standardmäßigen neuen Setzvorgang durchführen.

[0036] Der standardmäßige neue Setzvorgang erfolgt nach den oben beschriebenen zwei oder drei Phase. Falls der Anwender ein Fortsetzen des Setzvorgangs anfordert, wird das obige Setzverfahren in Abhängigkeit des bereits erreichten Setzzustands modifiziert.

[0037] Falls Setzvorgang während der ersten Phase **S1** abgebrochen wurde, beginnt das Setzverfahren von neu, d.h. mit der ersten Phase **S1**. Das Drehmoment **M** wird geschätzt bzw. der Drehwinkels $\delta\Delta$ jeden Drehschlags ermittelt, bis die Abbruchbedingung für die erste Phase **S1** erreicht ist und worauf sich die nachfolgenden Phasen anschließen.

[0038] Falls der Setzvorgang während der zweiten Phase **S2** abgebrochen wurde, werden nur noch die fehlenden Drehschläge ausgeführt. Das Steuerungsverfahren legt dazu in dem Protokoll die Anzahl der bereits ausgeführten Drehschläge ab. Bei dem Fortsetzen wird die vorgegebene Anzahl **N** Drehschläge um die in dem Protokoll hinterlegte Anzahl von Drehschlägen reduziert. Die Relaxationsphase **S3** schließt sich gegebenenfalls an.

[0039] Falls der Setzvorgang während der Relaxationsphase **S3** unterbrochen wurde, kann diese um die bereits ausgeführte Dauer vor dem Abbruch gekürzt werden. Das Steuerungsverfahren legt dazu in dem Protokoll die bereits ausgeführte Dauer der Relaxationsphase **S3** bei einem Abbruch ab. Bei dem Fortsetzen wird die bereits ausgeführte Dauer aus dem Speicher **25** ausgelesen und von der vorgegebenen Dauer abgezogen.

Stahlbau

[0040] Fig. 6 zeigt schematisch eine Schraubverbindung von zwei Konstruktionselementen **50**, **51** für den Stahlbau im Bauingenieurwesen. Die beiden Konstruktionselemente **50**, **51** sollen belastbar mittels ein oder mehreren Schraubverbindungen **52** verbunden werden. Die Konstruktionselemente **50**, **51** können beispielsweise Träger, Platten, Rohre, Flansche, etc. umfassen. Die Konstruktionselemente sind aus Stahl oder anderen metallischen Materialien. Die Konstruktionselemente **50**, **51** sind in der Darstellung auf ihre sich berührenden plattenförmigen Abschnitte reduziert. In den Abschnitten sind ein oder mehrere Augen **53** vorgesehen. Die Augen **53** der beiden Konstruktionselemente werden durch den Anwender aneinander ausgerichtet.

[0041] Die Schraubverbindungen **52** können einen typischen Aufbau mit einem Schraubenkopf **54** an einer Gewindestange **55** und einer Schraubenmutter **56** aufweisen. Während die Gewindestange **55** einen geringe-

ren Durchmesser als die Augen **53** aufweist, haben der Schraubenkopf **54** und die Schraubenmutter **56** einen größeren Durchmesser als das Auge **53**. Die Gewindestangen können bei anderen Schraubverbindungen bereits mit dem ersten Konstruktionselement **50** verbunden sein.

[0042] Der Anwender steckt die Gewindestangen **55** durch die ausgerichteten Augen **53**. Anschließend wird die Schraubenmutter **56** aufgesetzt. Bei einer manuellen Befestigung zieht der Anwender die Schraubenmutter **56** mit einem Drehmomentschlüssel an, bis ein für die Schraubverbindung spezifiziertes Soll-Drehmoment erreicht ist. Die Spezifikation wird von dem Hersteller der Schraubverbindung angegeben oder ist in einschlägigen Normen für das Stahlbauwesen spezifiziert. Das Soll-Drehmoment gewährleistet, dass sich die Schraubverbindung unter Belastung, insbesondere Vibrationen, nicht lösen kann. Andererseits soll die Gewindestange **55** nicht unnötig belastet werden, oder im schlimmsten Fall während des Anziehens der Schraubenmutter **56** dauerhaft beschädigt werden.

[0043] Ein Anziehen der Schraubverbindungen **52** mit einem Drehmomentschlüssel ist verlässliches und robustes Verfahren, allerdings ist das Verfahren arbeitsintensiv. Zumal häufig die Schraubverbindung **52** typischerweise viele Schrauben beinhaltet. Die Schraubverbindungen **52** könnten grundsätzlich mit einem klassischen Elektroschrauber und einer entsprechenden Abschaltung bis Erreichen des Soll-Drehmoments angezogen werden. Allerdings kann der Anwender die notwendige Haltekraft für das Soll-Drehmoment nicht aufbringen und es besteht ein erhebliches Verletzungsrisiko für den Anwender.

Steuerungsverfahren "Stahlbau"

[0044] Der Schlagschrauber **1** implementiert ein robustes Setzverfahren für die Schraubverbindung **52**. Der Anwender richtet die Konstruktionselemente **51** aneinander aus, steckt die Gewindestangen **55** durch das zweite Konstruktionselemente **51** und setzt die Schraubenmutter **56** auf. Die Konstruktionselemente **50**, **51** liegen gelegentlich nicht plan aufeinander, wie beispielhaft in Fig. 7 illustriert. Der Anwender hat in einem vorbereitenden Schritt dafür Sorge zu tragen, dass die Konstruktionselemente **50**, **51** im Bereich der Schraubverbindung **52** plan aufeinanderliegen. Dazu kann der Anwender eine oder mehrere der Schraubenmutter **56** per Hand anziehen. Das Anzugsmoment kann geringer als das Soll-Drehmoment **M** der Schraubverbindung **52** bleiben. Eine Verwendung eines Drehmomentschlüssels ist optional. Anschließend zieht der Anwender die Schraubverbindungen **52** mit dem Schlagschrauber **1** an, welcher die Schraubverbindungen **52** bis zu dem Soll-Drehmoment **M** anzieht. Sofern anfangs die Konstruktionselemente **50**, **51** nicht plan aufeinanderliegen, bricht der Schlagschrauber **1** den Setzvorgang ab und weist den Anwender auf den fehlenden oder unvollständig durch-

geführten vorbereitenden Schritt hin. Der Anwender wählt hierzu den Betriebsmodus "Stahlbau" aus und spezifiziert den Typ der Schraubverbindungen **52**.

[0045] Jedem Typus von Schraubverbindung **52** sind mehrere Steuerungsparameter zugeordnet, welche für den nachfolgenden ordnungsgemäßen Ablauf des Setzverfahrens notwendig sind. Die Steuerungsparameter sind in dem Speicher **25** zu dem Typus hinterlegt. Ansprechend auf die Eingabe oder Auswahl der Schraubverbindung **52** liest die Steuerungseinheit **24** die entsprechenden Steuerungsparameter aus. Die Steuerungsparameter werden vorzugsweise solange beibehalten, bis der Anwender einen anderen Typus von Schraubverbindung **52** auswählt. Ein Auswählen der Schraubverbindung **52** vor jedem einzelnen Setzen ist nicht notwendig.

[0046] Bei einem unbetätigten Taster **9** ist der Elektromotor **2** von der Stromversorgung, z.B. der Batterie **6**, getrennt und dreht nicht. Der Schlagschrauber **1** fällt vorzugsweise beim Lösen des Tasters **9** in einen Bereitschaftsmodus. Mit Betätigen des Tasters **9** beginnt das Setzverfahren. In einer vorbereitenden Phase kann geprüft werden, ob der Anwender zuvor den Typ der Schraubverbindung **52** mittels eines der Eingabeelemente **28** ausgewählt hat. Falls eine entsprechende Auswahl bisher nicht vorgenommen wurde und die Steuerungsparameter nicht gesetzt sind, wird der Anwender dazu angehalten und der Schlagschrauber **1** bleibt inaktiv. Andernfalls wird der Elektromotor **2** mit der Stromversorgung verbunden.

[0047] Ansprechend auf ein Betätigen des Tasters **9** wird die Antriebsspindel **15** beschleunigt. Die Spindel wird auf eine Soll-Drehzahl **Do** beschleunigt. Anfangs kann das rückwirkende Drehmoment der Schraubverbindung **52** so gering sein, dass das Schlagwerk **3** nicht aktiviert wird. Diese Vor-Phase wird nachfolgend nicht weiter beschrieben. Die erste Phase **S11** des Setzverfahrens beginnt dem ersten Schlag des Schlagwerks **3**. Während der ersten Phase **S11** wird das von der Antriebsspindel **4** ausgeübte Drehmoment **M** geschätzt. Die erste Phase **S11** wird standardmäßig beendet, wenn das geschätzte Drehmoment **M** einen Schwellwert **M0** überschreitet. Der Schwellwert **M0** ist typischerweise geringer als das Soll-Drehmoment **M9** für die Schraubverbindung **52**. Die Schätzung des Drehmoments **M** erfolgt wie im Zusammenhang mit der Phase **S1** dem Anziehen eines Spreizankers beschrieben. Die hierfür notwendigen Steuerungsparameter sind in dem Speicher **25** für die Schraubverbindung **52** hinterlegt.

[0048] An die erste Phase **S11** schließt sich unmittelbar die zweite Phase **S12** an. Die Drehzahl **D** der Antriebsspindel **15** kann weiterhin auf die Soll-Drehzahl **Do** geregelt werden. Während der zweiten Phase wird eine vorgegebene Anzahl **N3** von Drehschlägen ausgeübt. Die Anzahl **N3** der Drehschläge ist ein weiterer für den Spreizanker spezifischer Steuerungsparameter. Mit der Anzahl **N3** der Drehschläge wird das Soll-Drehmoment der Schraubverbindung **52** näherungsweise erreicht. Die zweite Phase **S12** entspricht weitgehend der zweiten

Phase **S2** beim Setzen eines Spreizankers **35**.

[0049] Das beschriebene zwei-phasige Setzverfahren "Stahlbau" ist geeignet eine Schraubverbindung **52** zum Verbinden von zwei Stahl-Konstruktionselemente **50**, **51** anzuziehen, sofern diese plan aufeinander liegen. Während der ersten Phase **S11** ist eine Prüfroutine **C1** aktiv, welche schätzt, ob die Stahl-Konstruktionselemente **50**, **51** plan aufeinanderliegen. Falls die Prüfroutine **C1** ein planes-Aufeinanderliegen ermittelt, wird das Setzverfahren mit den oben beschriebenen Phasen bis zum Ende durchgeführt. Falls die Prüfroutine ein planes Aufeinanderliegen verneint, wird eine Schutzroutine **S13** ausgeführt. Die Schutzroutine **S13** kann in einer einfachen Umsetzung das Setzverfahren unmittelbar abbrechen. Die Anzeige **27** des Schlagschraubers **1** kann einen entsprechenden Hinweis ausgeben, weshalb das Setzverfahren abgebrochen wurde.

[0050] Die Prüfroutine **C11** schätzt den Drehwinkel Φ der Schraubverbindung beginnend ab dem ersten Schlag (Zeitpunkt **t0**). Ein Verlauf **57** des Drehwinkels Φ über die Zeit wird mit hinterlegten Steuerparametern zu der Schraubverbindung **52** verglichen. Der Drehwinkel Φ wird vorzugsweise aus mehreren Messpunkten gemittelt. Fig. 8 illustriert den Verlauf **57** des Drehwinkels Φ . Der im Wesentlichen stufenweise zunehmende Drehwinkel Φ lässt sich in der Praxis nur mit einem starken Rauschen behaftet erfassen. Die Anstiegsrate des Drehwinkels Φ kann für jeden Typ der Schraubverbindung **52** aus Versuchsreihen gemessen werden. Der Verlauf ist im Wesentlichen durch das elastische Verhalten der Schraubverbindung **52** bestimmt. Die Konstruktionselemente **50**, **51** - soweit plan aufeinanderliegend - haben nur einen geringen Einfluss auf den Verlauf. Hingegen bei nicht plan aufeinanderliegenden Konstruktionselementen **50**, **51** dominieren deren Steifigkeit und ein Spalt zwischen den Konstruktionselementen **50**, **51** die Steifigkeit des Gesamtsystems. Die Steifigkeit ist typischerweise verringert. Bei gleicher Schlagleistung wird ein größerer Fortschritt des Drehwinkels Φ pro Zeit beobachtet. Die Steuerparameter beschreiben eine Obergrenze **58**, welche der Drehwinkel Φ während des Anziehens nicht überschreiten darf. Ein Überschreiten der Obergrenze **58** wird als ein nicht planes Aufeinanderliegen erkannt. Die Prüfroutine veranlasst ein Abbrechen **S13** des Setzvorgangs. Die Obergrenze **58** ist vorzugsweise kein fester Wert, sondern ein mit der Zeit oder mit der Anzahl der Schläge zunehmender Wert. Die Prüfroutine wird vorzugsweise mit dem ersten Schlag zum Zeitpunkt **t0** aktiviert. Die Prüfroutine wird vorzugsweise nach einer vorgegebenen Zeitspanne ΔT beendet, beispielsweise wird die Prüfroutine mit Ende der ersten Phase **S11** beendet. Die Obergrenze **58** kann für verschiedene Schraubverbindungen **52**, insbesondere verschiedene Durchmesser der Schrauben, mittels Versuchsreihen ermittelt werden.

Stahlbau II

[0051] Ein alternatives Setzverfahren "Stahlbau II" durchläuft wie zuvor beschrieben die erste Phase **S11** und die zweite Phase **S12**. Allerdings ist die Anzahl **N8** der Drehschläge für die zweite Phase **S12** nicht vorab festgelegt, sondern wird aus dem Verlauf **59** des Drehwinkels Φ während des bisherigen Setzvorgangs abgeleitet. Eine Schätzroutine **S14** vergleicht den Verlauf **59** des Drehwinkels Φ über die Zeit t mit einer Schaar von Mustern **60** (Fig. 10). Die Muster **60** sind aus Versuchsreihen ermittelte typische Verläufe des Drehwinkels Φ beim Anziehen von Schraubverbindungen **52** im Stahlbau. Die Schätzroutine **S14** ermittelt das dem aktuellen Verlauf **59** nächstkommende Muster **60**. Zu dem Muster **60** ist die Anzahl **N8** der Drehschläge für die zweite Phase **S12** in einer Nachlagetabelle zugeordnet.

[0052] Fig. 10 zeigt beispielhaft einen Verlauf **59** bei welchem die Konstruktionselemente **51** plan aufeinanderliegen. Die beispielhaften Muster **60** haben drei Abschnitte: einen Anfang **61**, eine Mitte **62** und ein Ende **63**. Der Anfang hat einen linearen Verlauf mit einer ersten Steigung. Das Ende hat einen linearen Verlauf mit einer zweiten Steigung, welche geringer als die erste Steigung ist. Die Mitte **62** wird beispielsweise durch eine Exponentialfunktion mit monoton abnehmender Steigung beschrieben. Alternativ kann die Mitte durch andere Funktionen mit durchgehend monoton abnehmender Steigung beschrieben werden, z.B. Exponentialfunktion, Hyperbel. Die Übergänge zwischen den Abschnitten sind vorzugsweise glatt. Das Muster hat vier bis sechs Freiheitsgrade. Die Freiheitsgrade sind oder beschreiben unter anderem die Steigung des Anfangs, die Steigung des Endes, die Dauer des Anfangs und die Dauer der Mitte. Der Vergleich des Verlaufs mit dem Muster kann mit einer Ausgleichsrechnung (Fit) erfolgen, in welcher die Zahlenwerte für die Freiheitsgrade variiert werden, z.B. unter Verwendung der Methode kleinster Quadrate. Die Muster **60** werden zweckmäßigerweise für unterschiedliche Typen von Schraubverbindungen **52** in einem Speicher **25** bereitgestellt. Der Anwender gibt vorzugsweise vor dem Anziehen der Schraubverbindung **52** den Typ über das Eingabeelement **28** ein. Die Schätzroutine **S14** begrenzt die Anpassung auf die zu dem ausgewählten Typ zugehörigen Muster **60** ein.

[0053] Die Schätzroutine **S14** zeichnet vorzugsweise beginnend mit dem ersten Schlag **t0** den Drehwinkel Φ über die Zeit t auf, um Messpunkte für den Vergleich zu erhalten. Ein Messpunkt beinhaltet den gemessenen Drehwinkel Φ und den zugehörigen Zeitpunkt t . Der Drehwinkel Φ kann basierend auf dem Drehwinkel der Antriebsspindel **15** zwischen aufeinanderfolgenden Drehschlägen geschätzt werden. Eine Zeiterfassung kann durch eine chronologische Aufzeichnung der Drehwinkel Φ approximiert werden. Die Messpunkte können in einem Zwischenspeicher abgelegt werden.

[0054] Die Schätzroutine **S14** passt das Muster **60** an die Messpunkte an. Für ein aussagekräftiges Ergebnis

der Anpassung wird diese vorzugsweise nach einer Mindestanzahl von Drehschlägen durchgeführt. Es erweist sich ebenfalls als vorteilhaft, die Anpassung mit Beginn der zweiten Phase **S12** durchzuführen, d.h. wenn das geschätzte Drehmoment **M** einen Schwellwert **M0** übersteigt. Die Anpassung kann wiederholt ausgeführt werden, sofern dies die Rechenleistung des Schlagschraubers 1 ermöglicht. Alternativ wird die Schätzroutine **S14** nur einmalig ausgeführt.

[0055] Die Schätzroutine **S14** wird abgeschlossen, wenn eine Abweichung des Musters **60** von den Messpunkten innerhalb einer vorgegebenen Toleranz liegt. Falls nach einer vorgegebenen Anzahl von Drehschlägen bzw. vorgegebenen Dauer eine Abweichung des Musters außerhalb einer Toleranz liegt oder die Mindestzahl von Messpunkten für das Ende des Musters unterschritten ist, wird eine Fehlermeldung ausgegeben und das Setzverfahren wird abgebrochen.

[0056] Das ermittelte Muster **60** gibt einen Aufschluss über das elastische Verhalten der Schraubverbindung **52**. Basierend auf dem elastischen Verhalten lässt sich die Anzahl **N8** notwendiger Drehschläge für die zweite Phase **S12** ableiten. In einer Ausgestaltung sind zu den Mustern **60** zugehörige Werte für **N8** hinterlegt. Anstelle einer Nachschlagetabelle kann ein Algorithmus aus den Zahlenwerten die Sollzahl **N8** bestimmen. Sobald die Schätzroutine **S14** die Sollzahl **N8** der Drehschläge für die zweite Phase **S12** ermittelt hat, wird die Sollzahl **N8** für die zweite Phase **S12** festgelegt. Das Setzverfahren zählt ab dem Wechsel von der ersten Phase **S11** zu der zweiten Phase **S12** die Anzahl ausgeübter Drehschläge. Sobald die Anzahl **N8** erreicht ist, wird das Setzverfahren beendet. Der Beginn der zweiten Phase **S12** liegt vorzugsweise vor dem Festlegen der Sollzahl **N8**.

[0057] Der Wechsel von der ersten Phase **S11** zu der zweiten Phase **S12** erfolgt basierend auf einer Schätzung des rückwirkenden Drehmoments **M**. Diese Schätzung ist mit einem signifikanten Messfehler beaufschlagt. Eine Ausgestaltung ermittelt basierend auf der Muster **60**, mit welchem Drehschlag **64** der Schwellwert **M0** überschritten wurde. Der zuvor vorgenommene Wechsel von der ersten Phase **S11** in die zweite Phase **S12** kann zu einem anderen Drehschlag als dem Drehschlag **64** erfolgt sein. Die Schätzroutine **S14** kann die Sollzahl **N8** entsprechend der Abweichung anpassen.

ausübt, wobei die erste Phase (**S11**) beendet wird, wenn das geschätzte übertragene Drehmoment (**M**) einen für den Spreizanker (35) vorgegebenen Schwellwert (**M0**) überschreitet; eine zweite Phase (**S12**), in welcher eine für den Spreizanker (35) vorgegebene Anzahl (**N8**) von Drehschlägen auf die Schraubverbindung (52) ausgeübt wird;

dadurch kennzeichnet, dass

eine Schätzroutine (**S14**) einen Verlauf (59) eines Drehwinkel Φ über die Zeit (**t**) schätzt und ein Muster (60) an den Verlauf (59) anpasst, und die vorgegebene Anzahl (**N8**) basierend auf dem angepassten Muster (60) festgelegt wird.

2. Steuerungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch kennzeichnet, dass** der Verlauf (59) des Drehwinkels Φ einen Zeitabschnitt in der ersten Phase (**S11**) und einen Zeitabschnitt in der zweiten Phase (**S12**) abdeckt.
3. Steuerungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch kennzeichnet, dass** das Muster (60) einen ersten Abschnitt (61) mit einer ersten Steigung und einen dem ersten Abschnitt (61) nachfolgenden zweiten Abschnitt (63) mit einer zweiten Steigung hat, wobei die zweite Steigung geringer als die erste Steigung ist.
4. Steuerungsverfahren nach Anspruch 3, **dadurch kennzeichnet, dass** das Muster (60) einen dritten Abschnitt (62) mit einer kontinuierlich abnehmenden Steigung aufweist, wobei der dritte Abschnitt (62) zwischen dem ersten Abschnitt (61) und dem zweiten Abschnitt (63) angeordnet ist.

Patentansprüche

1. Steuerungsverfahren eines Schlagschraubers (1) zum Anziehen einer Schraubverbindung (52), welches ansprechend auf ein Betätigen eines Tasters (9) eine Sequenz mit den aufeinanderfolgenden Phasen ausführt:

eine erste Phase (**S11**), in welcher ein Schlagwerk (3) des Schlagschraubers (1) wiederholt Drehschläge auf die Schraubverbindung (52)

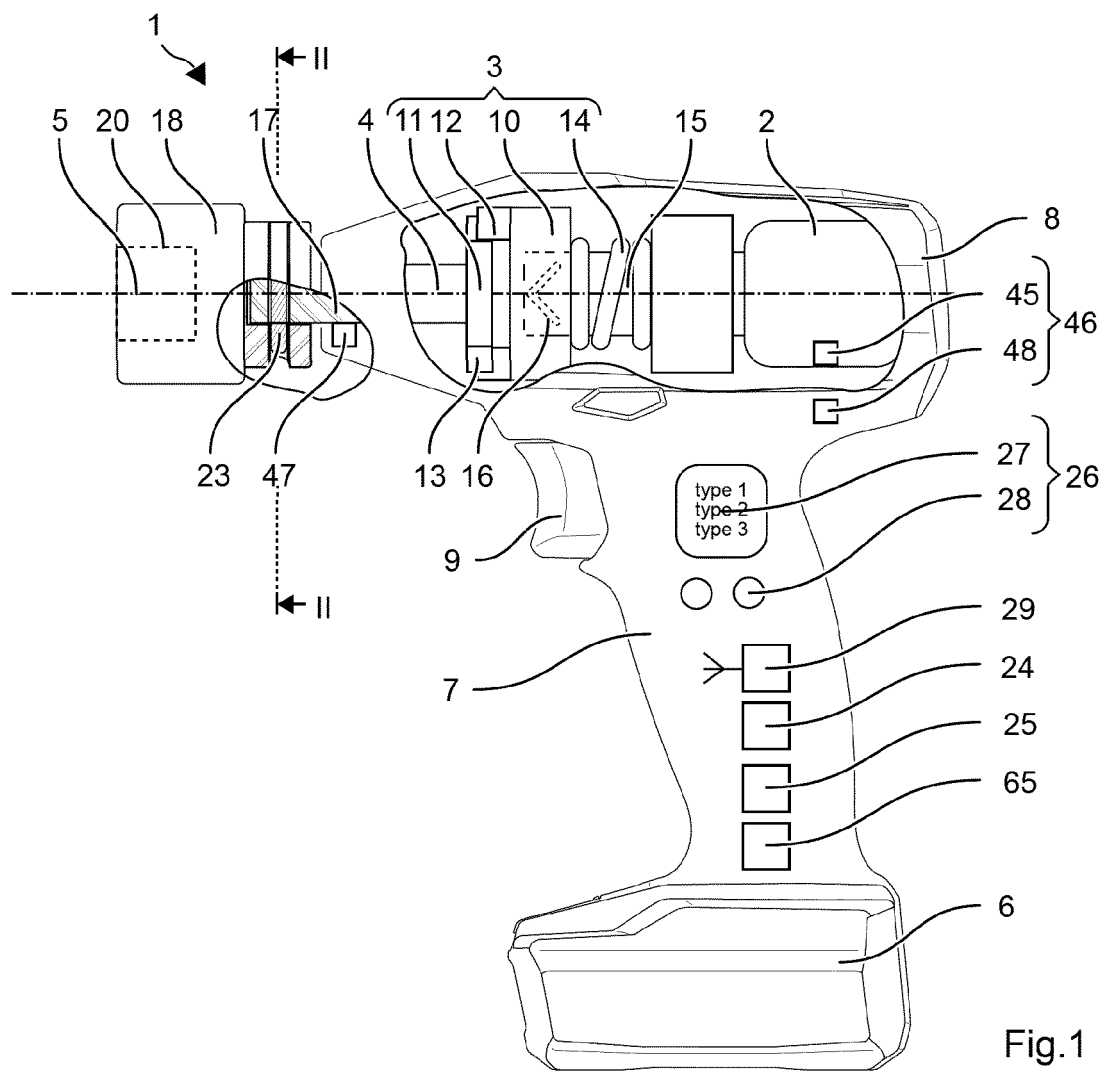


Fig.1

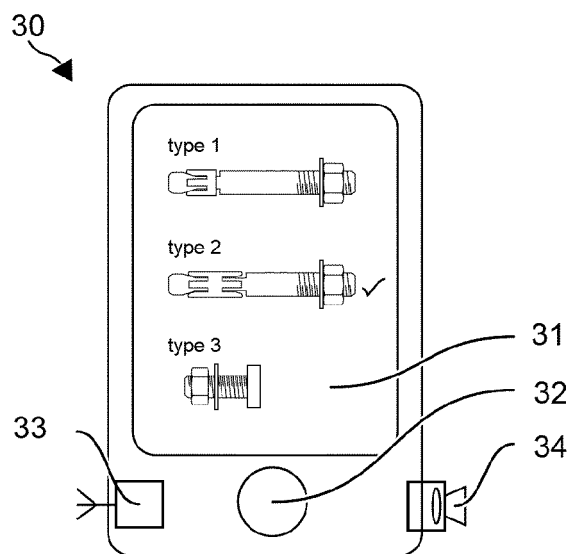


Fig.2

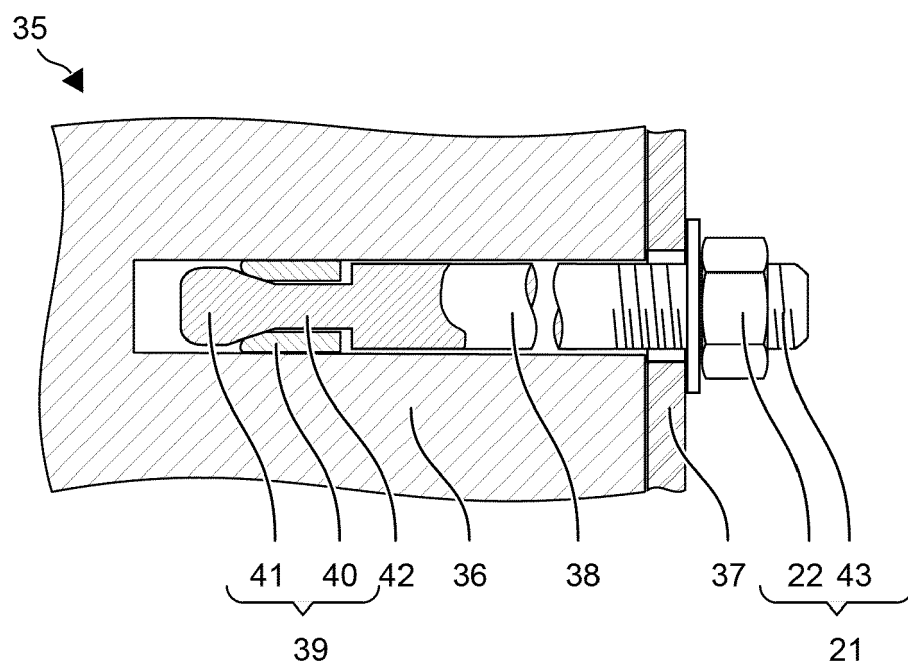


Fig. 3

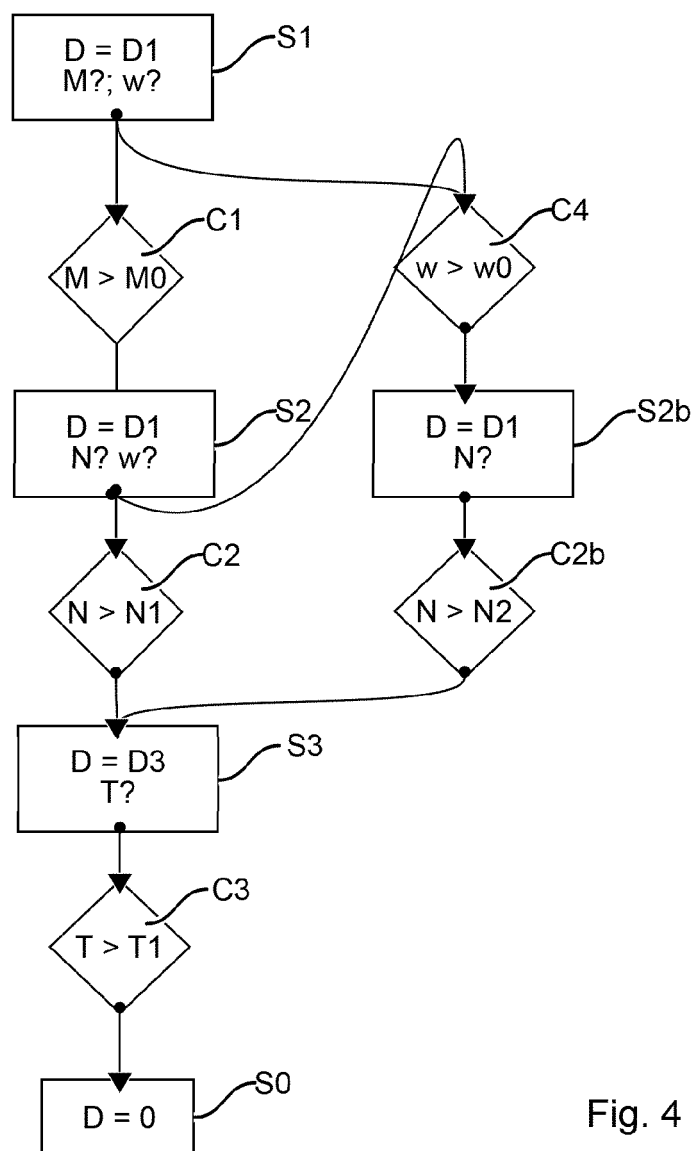


Fig. 4

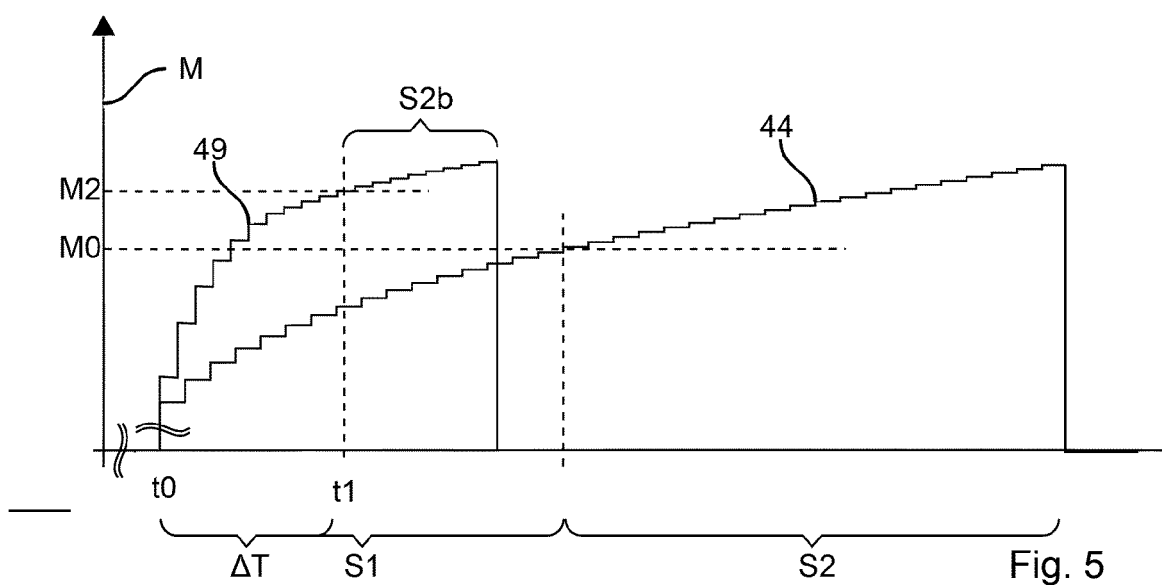


Fig. 5

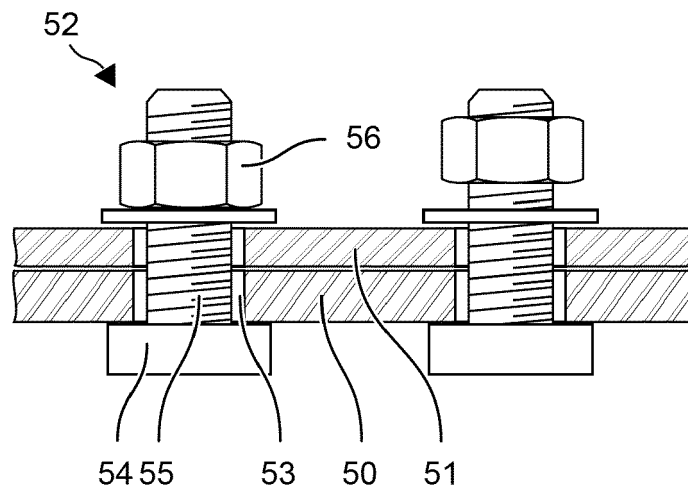


Fig. 6

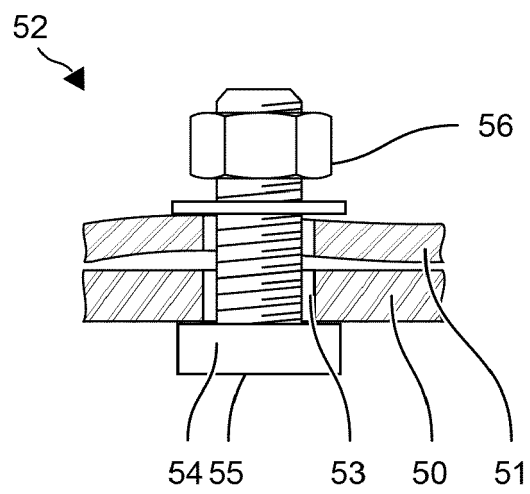


Fig. 7

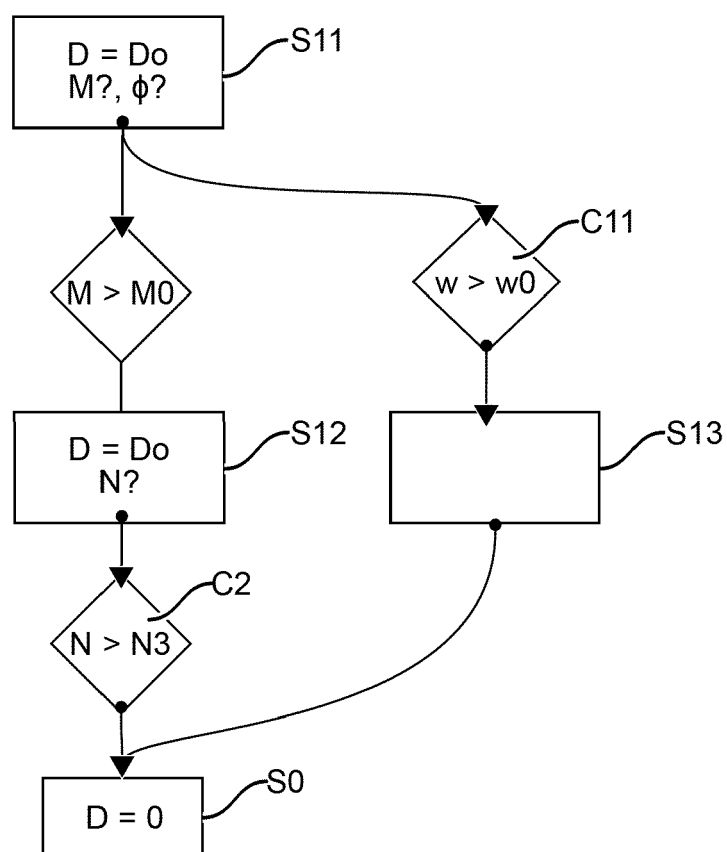
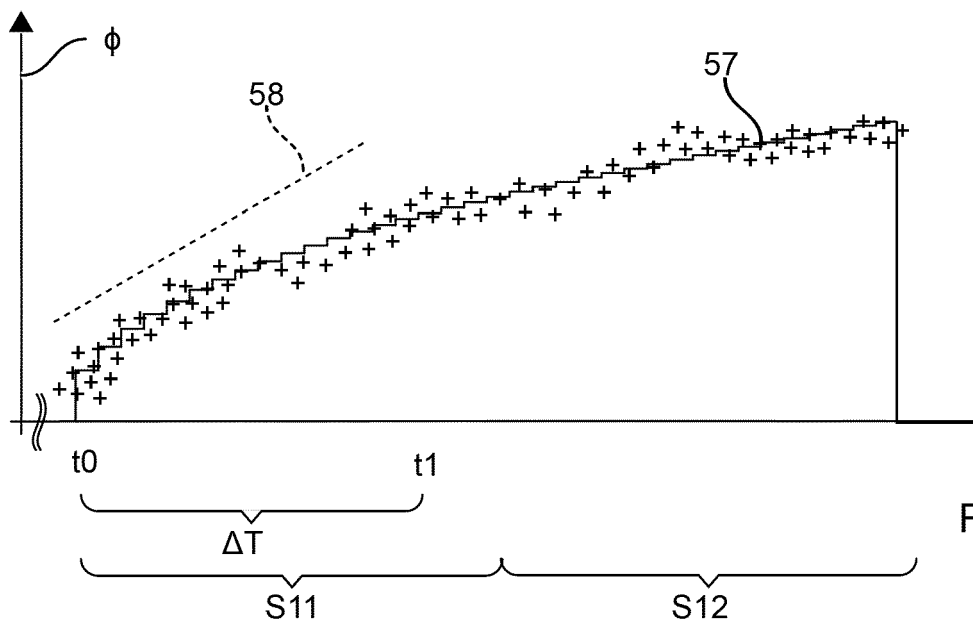


Fig. 9

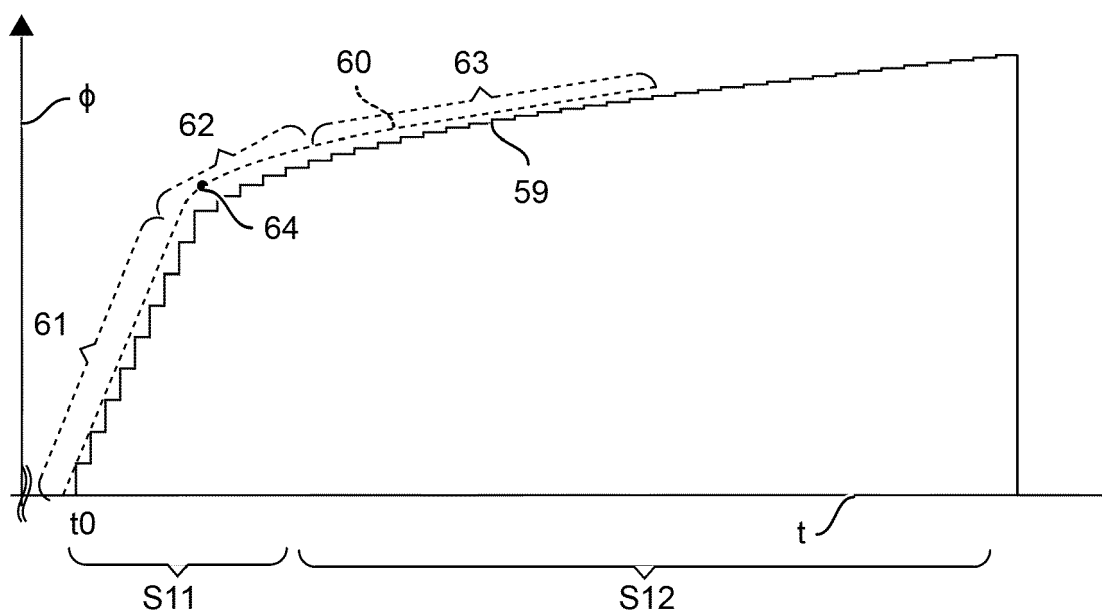


Fig. 10

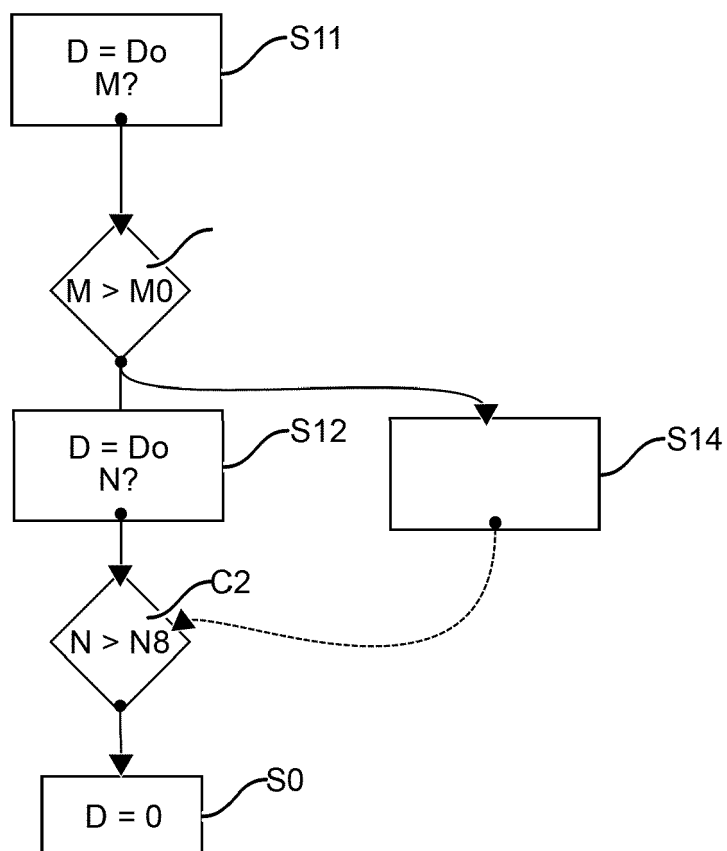


Fig. 11



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 20 8763

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 2 985 118 A1 (HILTI AG [LI]) 17. Februar 2016 (2016-02-17) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * -----	1	INV. B25B21/02 B25B23/147 B25B31/00
A	DE 10 2005 015900 A1 (MARQUARDT GMBH [DE]) 16. Februar 2006 (2006-02-16) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B25B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 21. Juni 2018	
		Prüfer Pothmann, Johannes	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 17 20 8763

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-06-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 2985118	A1	17-02-2016	CN	106457533 A	22-02-2017
				EP	2985118 A1	17-02-2016
				EP	3180166 A1	21-06-2017
15				JP	2017526541 A	14-09-2017
				US	2017232597 A1	17-08-2017
				WO	2016023886 A1	18-02-2016

	DE 102005015900	A1	16-02-2006	KEINE		
20	-----					
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

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