

2 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 88103325.2

51 Int. Cl.4: **B25B 21/00 , B25B 23/147**

22 Anmeldetag: 04.03.88

30 Priorität: 30.03.87 DE 3710512

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.10.88 Patentblatt 88/41

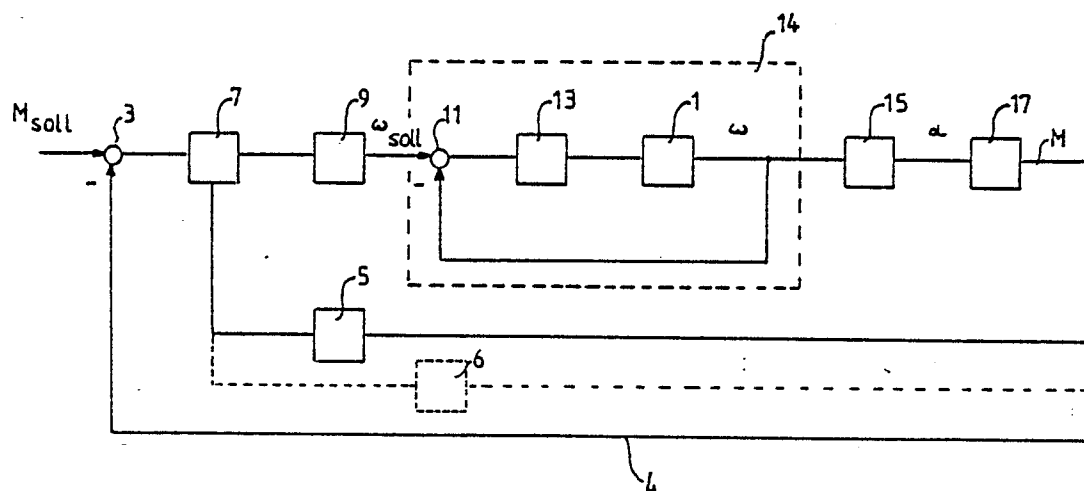
94 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR IT SE

71 Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
Postfach 50
D-7000 Stuttgart 1(DE)

72 Erfinder: **Layer, August, Dr.**
Driedrichsruher Strasse 53
D-7110 Öhringen(DE)
Erfinder: **Krebs, Rudolf**
Rehhaldenweg 27
D-7060 Schorndorf(DE)

54 **Schraubverfahren und Schrauber zum automatischen Anziehen von Schrauben und/oder Muttern.**

57 Es wird ein Schrauber zum automatischen Anziehen von Schrauben und/oder Muttern mit einer Antriebseinheit, einer Steuereinheit zur Bestimmung der Drehzahl für die Antriebseinheit und mit Mitteln zur Erfassung des Drehmoments und/oder des Drehwinkels und/oder der Schraubtiefe vorgeschlagen, wobei die Steuereinheit eine Vergleichsstelle (3) zur Bildung der Differenz zwischen dem gewünschten Anzugsmoment (M_{soll}) und dem gemessenen Drehmoment (M), ein Differenzglied (5) zur Ableitung des Drehmoments nach der Zeit (dM/dt), ein erstes Multiplikationsglied (7) zur Multiplikation der Differenz ($M_{soll} - M$) mit dem Kehrwert der Ableitung des Drehmoments und ein zweites Multiplikationsglied (9) zur Multiplikation des Produkts mit einem Parameter zur Bildung der Soll Drehzahl für die Antriebseinheit (1,13) aufweist.



Figur 1

EP 0 285 815 A1

Schraubverfahren und Schrauber zum automatischen Anziehen von Schrauben und/oder Muttern

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Schraubverfahren nach der Gattung des Hauptanspruchs und einem Schrauber nach der Gattung des Anspruchs 9. Bekannte Schrauber dieser Art weisen eine Schraubspindel mit einer - eventuell integrierten - Sensoreinheit, eine Antriebseinheit mit einem Motor und mit einem Leistungsteil sowie eine Steuereinheit auf. Die von der Sensoreinheit bezüglich des Drehmoments, der Drehzahl und/oder der Schraubtiefe gelieferten Informationen werden in der Steuereinheit verarbeitet, welche das für das vorgegebene Schraubverfahren nötige Sollsignal, etwa die Solldrehzahl, liefert. Es ist auch aus dem sogenannten Zweistufen-Schraubverfahren bekannt, die Drehzahl der Schraubspindel bei Erreichen des Anlegemoments, bei dem der Schraubenkopf bzw. die Mutter die Unterlage berührt, von einem hohen Wert auf einen niedrigen Wert zu reduzieren, um den Schrauber bei Erreichen des Sollmoments schnell abbremsen zu können.

Die Genauigkeit der bei der Verschraubung erreichten Anzugsmomente wird durch die Abbremszeit des Schraubers nach Erreichen des Sollmoments bestimmt. Daher muß die Drehzahl rechtzeitig nach Erreichen des Anlegemoments reduziert werden. Allerdings darf die Drehzahl nicht zu früh zurückgenommen werden, damit die Taktzeiten nicht unnötig verlängert werden. Nachteil dieser Schrauber ist, daß der Umschaltzeitpunkt von Fall zu Fall bestimmt und von einer Bedienungsperson eingestellt werden muß, wobei bei einem harten Schraubfall mit steilem Momentenanstieg für das als Umschaltzeitpunkt dienende Anlegemoment ein kleiner Wert gewählt wird.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Schraubverfahren mit den im Hauptanspruch gekennzeichneten Merkmalen hat demgegenüber den Vorteil, daß die Anpassung an den jeweiligen Schraubfall automatisch erfolgt. Dies geschieht dadurch, daß der Schrauber einen Regelkreis aufweist, der die Schraubdrehzahl kontinuierlich regelt. Störgrößen wie etwa die beim Schraubvorgang auftretende, drehzahlabhängige Reibung werden dadurch in die Regelung des Schraubvorgangs mit einbezogen. Besonders vorteilhaft ist es, daß als Regelparameter sowohl gemessene Größen wie Drehmoment, Drehwinkel oder Schraubtiefe als auch abgeleitete Größen wie z.B. den Gradienten einer Schraube gewählt werden können.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Schraubverfahrens möglich. Besonders vorteilhaft ist, daß in den Regelkreis Parameter, wie z.B. die Abbremszeit des Schraubers eingegeben werden können, durch welche die Regelcharakteristik geändert werden kann.

Zur Durchführung des Schraubverfahrens werden Schrauber vorgeschlagen, deren Steuereinheit das Drehmoment, den Drehwinkel und/oder die Schraubtiefe bzw. Ableitungen dieser Größen nach der Zeit bzw. dem Winkel als Regelparameter verwenden.

Zeichnung

Drei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 das Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels des Regelkreises eines Schraubers;
- Figur 2 den Verlauf des Drehmoments über der Zeit beim Festschrauben einer Schraube bzw. einer Mutter;
- Figur 3 den Verlauf der Drehzahl des Schraubers während der Abbremsphase;
- Figur 4 eine Kurvenschar von verschiedenen Drehmomentskurven;
- Figur 5 das Schaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Regelkreises und
- Figur 6 das Schaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels eines Regelkreises.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt als erstes Ausführungsbeispiel einen Regelkreis, bei dem als Regelparameter das Solldrehmoment M_{sol} gewählt wurde, mit dem eine Schraube oder eine Mutter angezogen werden soll. Das momentane vom Antrieb 1 des hier nicht gezeigten Schraubers abgegebene Drehmoment ist mit M bezeichnet.

An einer ersten Vergleichs-oder Additionsstelle 3 wird die Differenz zwischen dem Solldrehmoment M_{sol} und dem Istdrehmoment, also dem momentan abgegebenen Drehmoment M gebildet, wobei das Drehmoment M der Vergleichsstelle 3 über die Verbindung 4 zugeführt wird.

In einem Differentiationsglied 5 wird aus dem Istmoment M die Ableitung nach der Zeit also $dM/dt = \dot{M}$ gewonnen. Der reziproke Wert dieser Ableitung wird in einem ersten Multiplikationsglied 7 mit der Differenz $M_{\text{sol}} - M$ multipliziert. Hierbei kann auch eine Gewichtung vorgenommen werden. Das Ergebnis dieser Multiplikation wird in einem zweiten Multiplikationsglied 9 mit dem Faktor k multipliziert und damit die Solldrehzahl ω_{sol} gewonnen. Auf den Faktor k wird unten noch eingegangen.

Statt der Ableitung nach der Zeit kann alternativ in einem Differentiationsglied 6 die Ableitung des Moments M nach dem Winkel also $dM/d\alpha$ gewonnen werden und der Kehrwert dieser Ableitung dem Multiplikationsglied 7 zugeführt werden. Dies ist in Figur 1 gestrichelt dargestellt.

Sowohl der Wert der Solldrehzahl ω_{sol} als auch die momentan vom Antrieb 1 des Schraubers abgegebene Drehzahl ω werden einer zweiten Vergleichs-oder Additionsstelle 11 zugeführt, wobei der Wert von ω invertiert wird. Es wird also die Differenz zwischen ω_{sol} und ω gebildet und dieser Wert einem Regler 13 des Antriebs 1 zugeführt. Die Vergleichsstelle 11, der Regler 13 sowie der Antrieb 1 bilden die in Figur 1 gestrichelt eingezeichnete Antriebseinheit 14 des Schraubers.

Mit 15 wird die Regelstrecke bezeichnet, die das Verhalten der mechanischen Komponenten des Schraubers nach bildet. Mit dem Drehwinkel α wird eine Schraube angezogen. Das winkelabhängige, von der jeweiligen Schraube abhängige Lastmoment geht mit dem Faktor k_s , auf den unten noch eingegangen wird, multiplikativ in den Regelvorgang ein. Dies wird durch das Multiplikationsglied 17 dargestellt.

Anhand des Regelkreises in Figur 1 soll ein drehmomentgeregeltes Schraubverfahren erläutert werden.

Die Drehzahl ω des Schraubers wird aus dem Anstieg des Drehmoments bezogen auf die Zeit, also aus dM/dt , bzw. aus dem Anstieg des Drehmoments bezogen auf den Drehwinkel, also aus $dM/d\alpha$, und aus der Differenz zwischen dem vorgegebenen Solldrehmoment M_{sol} und dem Istdrehmoment M abgeleitet. Zusätzliche Parameter wirken sich ebenfalls auf die Drehzahl ω aus, so daß sich folgende allgemeine Formel für ω angeben läßt:

$$\omega = f\left(\frac{dM}{dt}, (M_{\text{sol}} - M), \text{Parameter}\right). \quad (1a)$$

Hier wird als Parameter der Faktor k verwendet, der als Abbremszeitkonstante bezeichnet und anhand des Diagramms in Figur 3 erläutert wird: Aus dem Diagramm ergibt sich, daß die Drehzahl ω des Schraubers nach dem Abschalten nicht unmittelbar auf Null absinken kann. Vielmehr wird dieser Wert aufgrund der Trägheit des Schraubers erst nach einer Abbremszeit T_B erreicht. Man kann davon ausgehen, daß die Abnahme der Drehzahl bezogen auf die Zeit bei jedem einzelnen Schrauber in etwa konstant ist und sich anhand eines Abschalt-bzw. Abbremsversuches feststellen läßt. Dabei gilt die folgende Beziehung für die Abbremszeit

$$T_B = \frac{\omega}{k} \quad (1b)$$

mit

$$k = \frac{d\omega}{dt} = \text{konstant} \quad (2).$$

Es ist ohne weiteres erkennbar, daß die Abbremszeit T_B mit steigender Drehzahl zunimmt.

Während also die Konstante bzw. der Faktor k von Größe und Aufbau des Schraubers abhängt, wird der Faktor k_s von der Fließgrenze der zu befestigenden Schraube bestimmt. Es wird hier vorausgesetzt, daß die folgende Gleichung gilt:

$$k_s = \frac{dM}{d\alpha} = \text{konstant} \quad (3).$$

Während also beim Anziehen einer Schraube vor der Fließgrenze das zum Festziehen der Schraube nötige Drehmoment pro Winkелеinheit zunimmt, ist bei Erreichen der Fließgrenze festzustellen, daß das

Drehmoment auch dann nicht mehr wächst, wenn man die Schraube weiter dreht. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird also in Gleichung (3) davon ausgegangen, daß die Drehmomentänderung pro Winkereinheit konstant ist und noch nicht den Wert Null angenommen hat. D.h. also, das vorgegebene Anzugsmoment M_{soll} der Schrauben ist nicht so groß, daß die Fließgrenze erreicht wird.

5 Allgemein wird der Drehmomentenanstieg mit

$$\dot{M} = \frac{dM}{dt} = \frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (4)$$

bezeichnet. Aus dieser Gleichung ergibt sich die Zeit T_M , die verstreicht, um bei momentan konstanter Drehzahl ausgehend vom Istdrehmoment M_{ist} den Wert des Soll Drehmoments M_{soll} zu erreichen. Bei linearisierter Auswertung ergibt sich die folgende Gleichung:

$$15 \quad T_M = \frac{(M_{\text{soll}} - M_{\text{ist}})}{\dot{M}} \quad (5).$$

Da wegen der Trägheit des Schraubers ein Stillstand nach Abschaltung des Antriebs 1 erst nach Ablauf der Abbremszeit T_B erreichbar ist, muß die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$20 \quad T_B \leq T_M \quad (6).$$

Um sicherzustellen, daß das vorgegebene Anzugsdrehmoment M_{soll} der Schraube bzw. der Mutter nicht überschritten wird, muß der Schrauber so rechtzeitig abgeschaltet werden, daß er nicht während der Abbremszeit also nach Abschaltung des Antriebs 1 die Schraube zu fest anzieht.

25 Die in Gleichung (6) aufgestellte Bedingung wird dann erfüllt, wenn für die Drehzahl des Schraubers folgende Gleichung gilt:

$$30 \quad \omega \leq k \frac{M_{\text{soll}} - M_{\text{ist}}}{M} \quad (7).$$

Um eine Division durch Null in Gleichung (7) zu vermeiden, darf M einen vorgegebenen Wert nicht unterschreiten. Es gilt also:

$$35 \quad \dot{M} = \frac{dM}{dt} \geq \dot{M}_{\text{min}} \quad (8).$$

Es wird im folgenden davon ausgegangen, daß die mit dem Regelkreis gem. Figur 1 erzielbare Drehzahlregelung gegenüber der Dynamik des Schraubers als Proportionalglied aufgefaßt werden kann.

40 Unter der Bedingung

$$\omega = \omega_{\text{soll}} \quad (9)$$

und unter der Voraussetzung gem. Gleichung (3) ergibt sich für den geschlossenen Kreis in Figur 1 die folgende Gleichung für das vom Schrauber bzw. vom Antrieb 1 auf die festzuziehende Schraube bzw. Mutter wirkende Drehmoment M :

$$50 \quad M = \int_0^t \left[(M_{\text{soll}} - M) \cdot \frac{k \cdot k_s}{\dot{M}} \right] dt \quad (10).$$

Auch hier gilt die in Gleichung (8) aufgestellte Bedingung.

55 Zur Vermeidung numerischer Probleme wird in der Endphase der Verschraubung anstelle eines variablen Wertes für $\dot{M}$ ein fester Wert $\dot{M}_{\text{min}}$ vorgegeben.

Im übrigen gilt für $\dot{M}$ die folgende Gleichung:

$$\dot{M} = (M_{\text{soll}} - M) \cdot \frac{c}{M} \quad (11),$$

wobei für c Gleichung (12) gilt:

$$c = k \cdot k_s \quad (12).$$

$\dot{M}$ ergibt sich daraus zu

$$\dot{M} = \sqrt{c} \cdot \sqrt{M_{\text{soll}} - M} \quad (13).$$

10 Durch Separation der Variablen, Substitution und anschließende Integration erhält man folgende Gleichung:

$$M = M_{\text{soll}} - k_0^2 + 2k_0 \sqrt{c} t - ct^2 \quad (14).$$

15 Im folgenden wird k_0 unter folgenden Voraussetzungen bestimmt: $t = 0$; $M = M_0$, wobei M_0 das Anzugsmoment ist, bei dem der geregelte Schraubvorgang einsetzt. Gleichung (14) ergibt sich damit zu

$$M = M_0 + 2 \sqrt{(M_{\text{soll}} - M_0)c} t - ct^2 \quad (15),$$

20 wobei für c wiederum Gleichung (12) gilt. Es ergibt sich daraus, daß mit Hilfe der Abbremszeitkonstanten k , die anhand von Figur 3 hergeleitet wurde, die Regelcharakteristik des Regelkreises in Figur 1 verändert werden kann. Durch eine Änderung des Faktors k ergibt sich die in Figur 4 dargestellte Kurvenschar der verschiedenen Drehmomentskurven.

Nach allem ist also ersichtlich, daß der Anwender durch Änderung der Abbremszeitkonstanten bzw. des Faktors k im zweiten Multiplizierglied 9 der Regelschaltung in Figur 1 einen steileren oder flacheren Momentenverlauf nach Erreichen des Anlegemoments M_0 wählen kann. Auf jeden Fall ist aber gewährleistet, daß die Abstimmung des Schraubfalls auf das als Umschaltpunkt dienende Anlegemoment M_0 automatisch gewährleistet ist.

Das in Figur 1 gezeigte Ausführungsbeispiel wurde anhand der von dem Abbremsverhalten des Schraubers bestimmten Konstanten k und anhand der von der Fließgrenze der festzuziehenden Schrauben bestimmten Konstanten k_s beschrieben. Es können dem Regelkreis aber auch ohne weiteres zusätzliche Parameter wie etwa Minimaloder Maximaldrehzahlen eingegeben werden, um beispielsweise bei harten Schraubfällen ein rechtzeitiges Abbremsen zu gewährleisten bzw. um das notwendige Drehmoment aufzubringen. Auch für die Meßwerte können Grenzwerte vorgegeben werden, bei deren Erreichen eine Abschaltung erfolgt. Steigt etwa das Drehmoment zu rasch, wird daraus auf ein Fressen der Schraube geschlossen und der Schrauber abgeschaltet.

Wenn in der Drehmomentenkurve z.B. aufgrund mechanischer Fehler im Getriebe bzw. im Antriebsmotor Schwankungen auftreten, so sind zwei verschiedene Regelungsmöglichkeiten zu unterscheiden:

Bei der Momentanwertregelung wird versucht, das Momentanmoment, das Istmoment M_{ist} beizubehalten bzw. wieder einzustellen.

Bei der Spitzenwertregelung wird das abgegebene Drehmoment auf den bei Schwankungen auftretenden Spitzenwert M_{sp} des momentanen Drehmoments eingeregelt, so daß sich die folgende Beziehung ergibt:

$$45 \quad M_{\text{sp}} = \max(M_{\text{ist}}) \quad (16).$$

Bei dem in Figur 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel wird als Regelparameter die Ableitung des Drehmoments nach der Zeit $\dot{M}$ verwendet. Es können jedoch auch die zweite und höhere Ableitungen nach der Zeit als Regelparameter verwendet werden. Überdies können neben der ersten Ableitung des Moments nach dem Winkel auch höhere Ableitungen verwendet werden. Die bei der Ableitung gewonnenen Werte, insbesondere die Werte höherer Ableitungen werden vorzugsweise geglättet.

Figur 5 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines Schraubers, dessen Steuereinheit als Regelparameter den Drehwinkel α der Schraube oder Mutter bzw. die Ableitung des Drehwinkels α nach der Zeit verwendet. In den Figuren 1 und 5 übereinstimmende Teile sind mit identischen Bezugszeichen versehen. Auf deren Beschreibung wird hier verzichtet.

Die Winkelzählung beginnt bei einem vorwählbaren Startpunkt, z.B. bei Erreichen des Anlegemoments M_0 bzw. bei Erreichen einer bestimmten Schraubtiefe L_0 . Bei dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel wird der Startpunkt durch das Anlegemoment M_0 bestimmt. Zur Erfassung des

Drehmoments bzw. des Anlegemoments M_0 dient ein Sensor 19, der bei Erreichen des Anlegemoments M_0 ein Startsignal an einen Zähler 21 abgibt. Dieser zählt nach Auftreten eines Startsignals den Drehwinkel α , mit dem eine Schraube bzw. eine Mutter gedreht wird. Der von dem Zähler ermittelte Drehwinkel wird zum einen an die Vergleichsstelle 3 weitergegeben, an der die Differenz zwischen einem vorgegebenen Drehwinkel α_{sol} und dem ermittelten Drehwinkel gebildet wird, und zum anderen an ein Differentiationsglied 5, das die Ableitung des Winkels nach der Zeit $d\alpha/dt = \dot{\alpha}$ bildet. Diese Ableitung wird dem Multiplikationsglied 7 zugeleitet, das die an der Vergleichsstelle 3 gewonnene Differenz mit dem reziproken Wert der Ableitung des Winkels nach der Zeit, also mit $1/\dot{\alpha}$ multipliziert. Dasselbe Ergebnis kann mit einem Divisionsglied erzielt werden, das diese Differenz durch die Ableitung des Winkels teilt.

Sowohl bei der Multiplikation als auch bei einer Division kann ein Gewichtungsfaktor berücksichtigt werden.

Das Ergebnis der ersten Multiplikation wird wie beim ersten Ausführungsbeispiel in einem weiteren Multiplikationsglied 9 mit dem Faktor k multipliziert und so die Solldrehzahl ω_{sol} gewonnen. Die Antriebseinheit 14, die Regelstrecke 15 und das Multiplikationsglied 17 entsprechen denen des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 1, so daß auf deren Beschreibung hier verzichtet werden kann.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird also von einem bestimmten Startpunkt an, der hier durch das Anlegemoment M_0 bestimmt wird, der Drehwinkel α der Schraube bzw. Mutter ausgehend von dem Wert $\alpha = 0$ gezählt und mit dem Sollwert α_{sol} verglichen. Die Solldrehzahl ω_{sol} wird kontinuierlich geregelt und schließlich auf den Wert 0 gesenkt, wenn der gewünschte Drehwinkel α_{sol} erreicht ist. Zur Vermeidung numerischer Probleme wird unterstellt, daß bei der Multiplikation mit dem Faktor $1/\dot{\alpha}$ der Wert von $\dot{\alpha}$ einen Mindestwert nicht unterschreitet.

Figur 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel für ein schraubtiefengeregeltes Schraubverfahren. In den Figuren 1 5 und 6 übereinstimmende Elemente sind mit identischen Bezugszeichen versehen, auf ihre Beschreibung wird hier verzichtet.

In Figur 6 ist eine Additions- oder Vergleichsstelle 3 dargestellt, an der die Differenz zwischen einer von einem Tiefensensor 23 ermittelten Schraubtiefe L und einer vorgegebenen Schraubtiefe L_{sol} gebildet wird. Aus der Schraubtiefe L wird in einem Differentiationsglied 5 die Ableitung nach der Zeit dL/dt gebildet. Statt dessen kann auch in einem Differentiationsglied 6 die Ableitung der Schraubtiefe nach dem Drehwinkel $dL/d\alpha$ gebildet werden, was in Figur 6 gestrichelt dargestellt ist.

Die an der Vergleichsstelle 3 gewonnene Differenz wird in dem Multiplikationsglied 7 mit dem Kehrwert der Ableitung der Schraubtiefe nach der Zeit multipliziert. Durch eine weitere Multiplikation in dem Multiplikationsglied 9 mit dem Faktor k , der Abbremszeitkonstanten, wird die Solldrehzahl ω_{sol} gewonnen, die der Antriebseinheit 14 eingegeben wird. Für die Antriebseinheit 14, die Regelstrecke 15 und das Multiplikationsglied 17 gilt das oben zu Figur 1 Gesagte.

Aus Figur 6 ergibt sich, daß die Solldrehzahl kontinuierlich geregelt und auf den Wert 0 abgesenkt wird, wenn die gemessene Schraubtiefe den Wert L_{sol} erreicht. Auch hier wird zur Vermeidung numerischer Probleme unterstellt, daß die Ableitung der Schraubtiefe nach der Zeit einen Mindestwert nicht unterschreitet.

Es zeigt sich also, daß verschiedene Schraubverfahren durch Verwendung von Regelkreisen mit Störgrößenaufschaltung ausführbar sind. Neben dem drehmomentgeregelten Schraubverfahren, bei dem das gewünschte Solldrehmoment M_{sol} vorgegeben wird, sind auch drehwinkel- und tiefengeregelte Schraubverfahren realisierbar, bei denen der gewünschte Drehwinkel α_{sol} bzw. eine bestimmte Schraubtiefe L_{sol} vorgegeben wird. In jedem Fall wird die Drehzahl ω der Antriebseinheit kontinuierlich an die momentan gemessenen Werte des Drehmoments, des Drehwinkels bzw. der Schraubtiefe angepaßt.

Ansprüche

1. Schraubverfahren zum automatischen Anziehen von Schrauben und/oder Muttern, dadurch gekennzeichnet, daß aus einem vorbestimmten oder vorbestimmbaren und einem erfaßten Wert ein Differenzsignal gebildet und als Maß für die Drehzahl herangezogen wird.

2. Schraubverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Differenzsignal durch abgeleitete Größen des Meßwerts beeinflußt wird.

3. Schraubverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als abgeleitete Größen die Änderung der Meßgröße nach der Zeit oder nach dem Drehwinkel verwendet wird.

4. Schraubverfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß als abgeleitete Größen die zweite Ableitung und/oder Ableitungen höheren Grades verwendet werden.

5. Schraubverfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß abgeleitete Größen gemittelt werden.

6. Schraubverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die obere Drehzahl in Abhängigkeit vom Schraubfall vorgegeben wird.

5 7. Schraubverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuereinheit Parameter zur Gestaltung des Schraubvorgangs eingegeben werden.

8. Schraubverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die Meßwerte Grenzwerte vorgegeben sind, bei denen das Schraubverfahren unterbrochen wird.

9. Schrauber zum automatischen Anziehen von Schrauben und/oder Muttern mit einer Antriebseinheit, einer Steuereinheit zur Bestimmung der Drehzahl für die Antriebseinheit und mit Mitteln zur Erfassung des Drehmoments und/oder des Drehwinkels und/oder der Schraubtiefe zur Durchführung des Schraubverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit eine Vergleichsstelle (3) zur Bildung der Differenz zwischen dem gewünschten Anzugsmoment (M_{soll}) und dem gemessenen Drehmoment (M), ein Differenzierglied (5) zur Ableitung des Drehmoments nach der Zeit (dM/dt), ein
10 erstes Multiplikationsglied (7) zur Multiplikation der Differenz ($M_{\text{soll}} - M$), mit dem Kehrwert der Ableitung des Drehmoments und ein zweites Multiplikationsglied (9) zur Multiplikation des Produkts mit einem Parameter zur Bildung der Solldrehzahl für die Antriebseinheit (1,13) aufweist.
15

10. Schrauber zum automatischen Anziehen von Schrauben und/oder Muttern mit einer Antriebseinheit, einer Steuereinheit zur Bestimmung der Drehzahl für die Antriebseinheit und mit Mitteln zur Erfassung des Drehmoments und/oder des Drehwinkels und/oder der Schraubtiefe, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit folgende Elemente aufweist: Eine Vergleichsstelle (3) zur Bildung der Differenz zwischen dem gewünschten Drehwinkel und dem ermittelten Drehwinkel, ein Differenzierglied (5) zur Ableitung des Drehwinkels nach der Zeit, ein erstes Multiplikationsglied (7) zur Multiplikation der Differenz durch den Kehrwert der Ableitung des Drehwinkels nach der Zeit und ein zweites Multiplikationsglied (9) zur
20 Multiplikation des Produkts mit einem Parameter zur Bildung der Solldrehzahl für die Antriebseinheit (1,13).
25

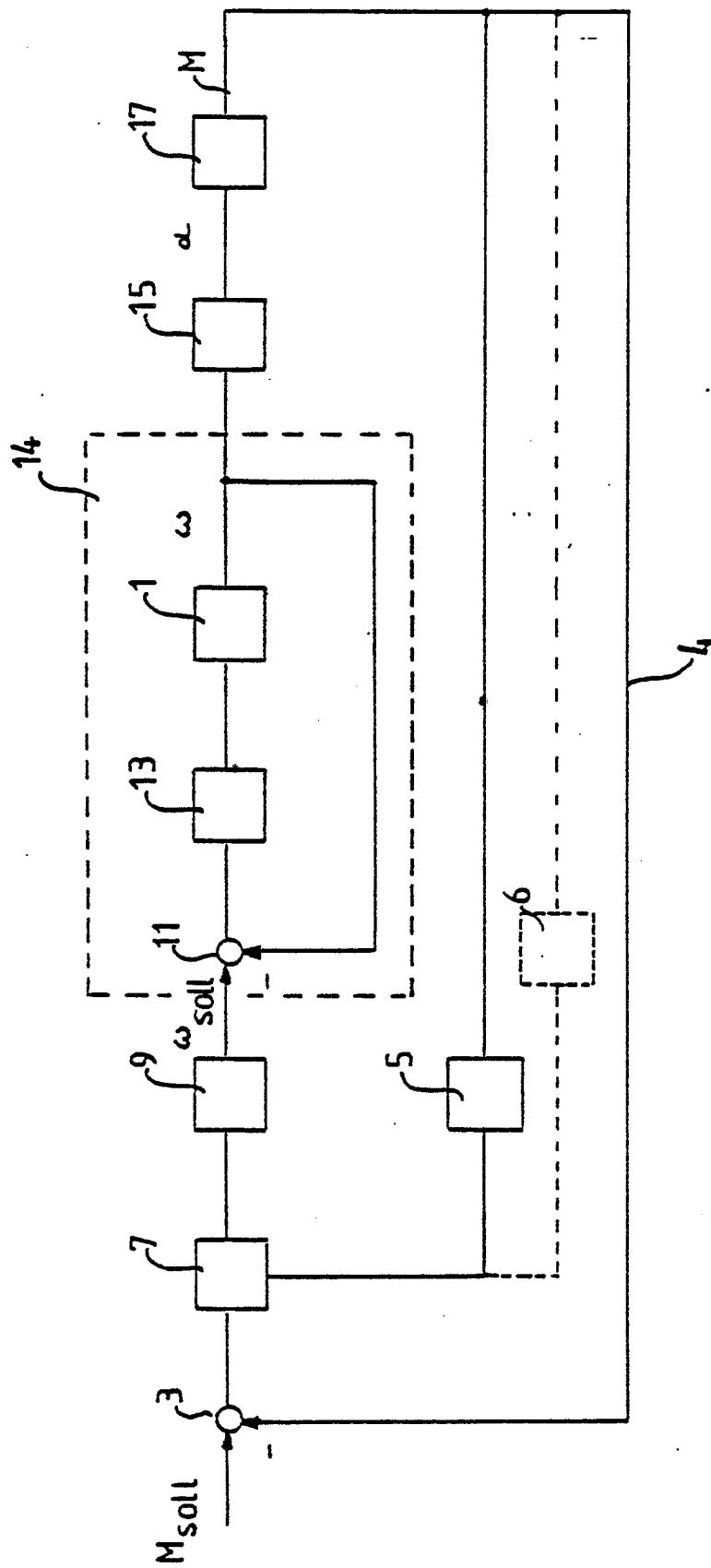
11. Schrauber zum automatischen Anziehen von Schrauben und/oder Muttern mit einer Antriebseinheit, einer Steuereinheit zur Bestimmung der Drehzahl für die Antriebseinheit und mit Mitteln zur Erfassung des Drehmoments und/oder des Drehwinkels und/oder der Schraubtiefe zur Durchführung des Schraubverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit eine Vergleichsstelle (3) zur Bildung der Differenz zwischen der gewünschten Schraubtiefe und der mittels eines Tiefensensors (23) gemessenen Schraubtiefe, ein Differenzierglied (5) zur Ableitung der Schraubtiefe nach der Zeit, ein erstes Multiplikationsglied (7) zur Multiplikation der Differenz durch die Ableitung der gemessenen Schraubtiefe nach der Zeit und ein zweites Multiplikationsglied (9) zur Multiplikation des Produkts mit einem Parameter zur Bildung der Solldrehzahl für die Antriebseinheit (1,13).
30
35

40

45

50

55



Figur 1

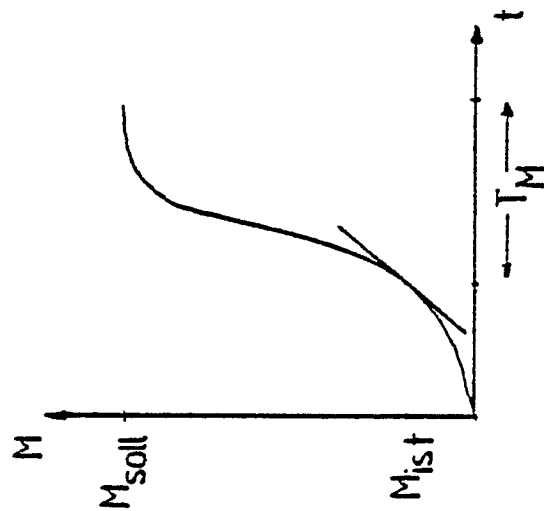


Figure 2

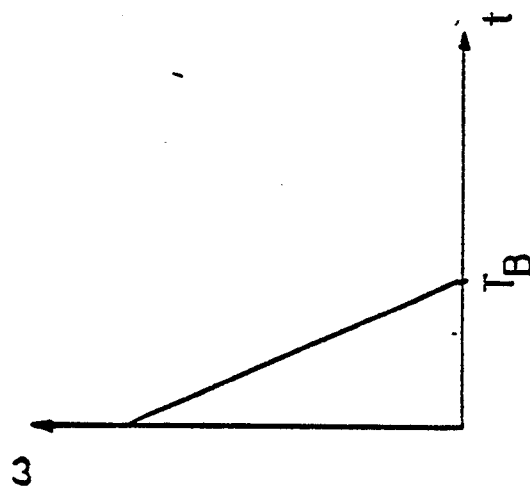


Figure 3

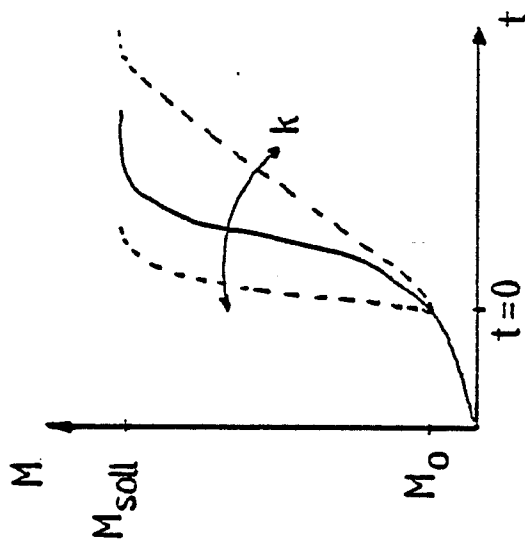


Figure 4

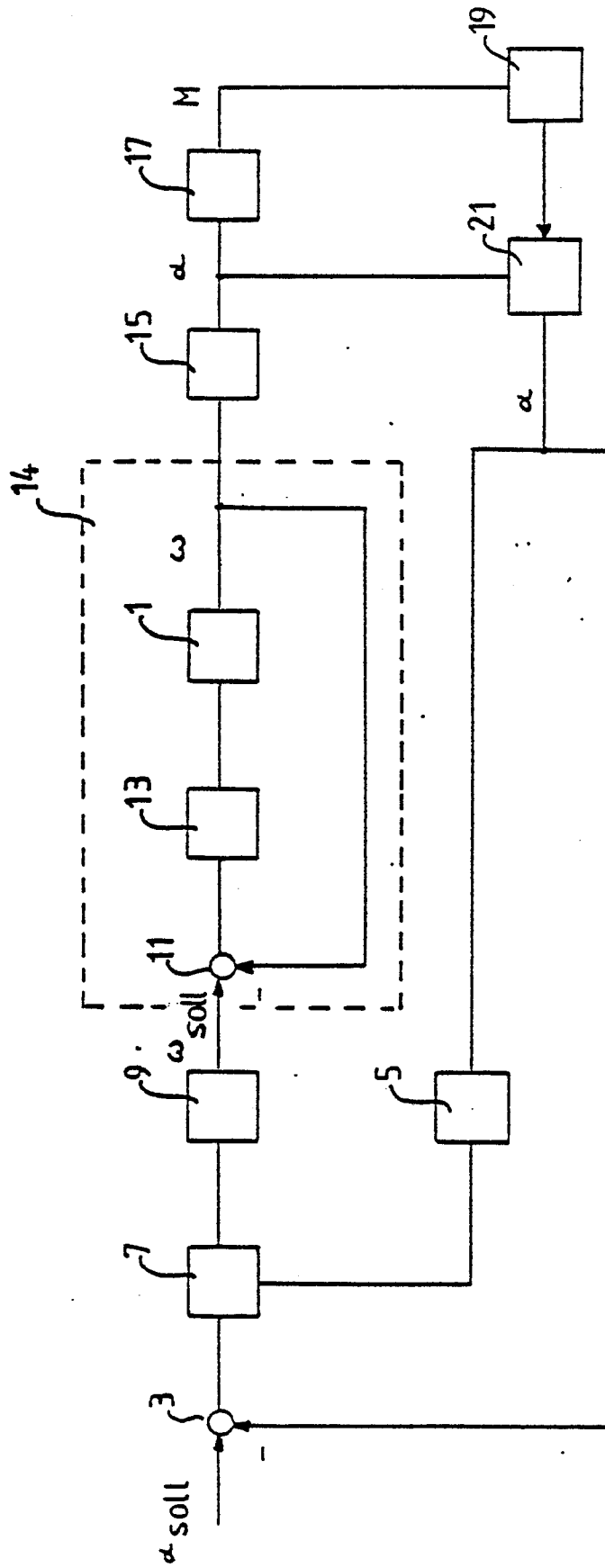


Figure 5

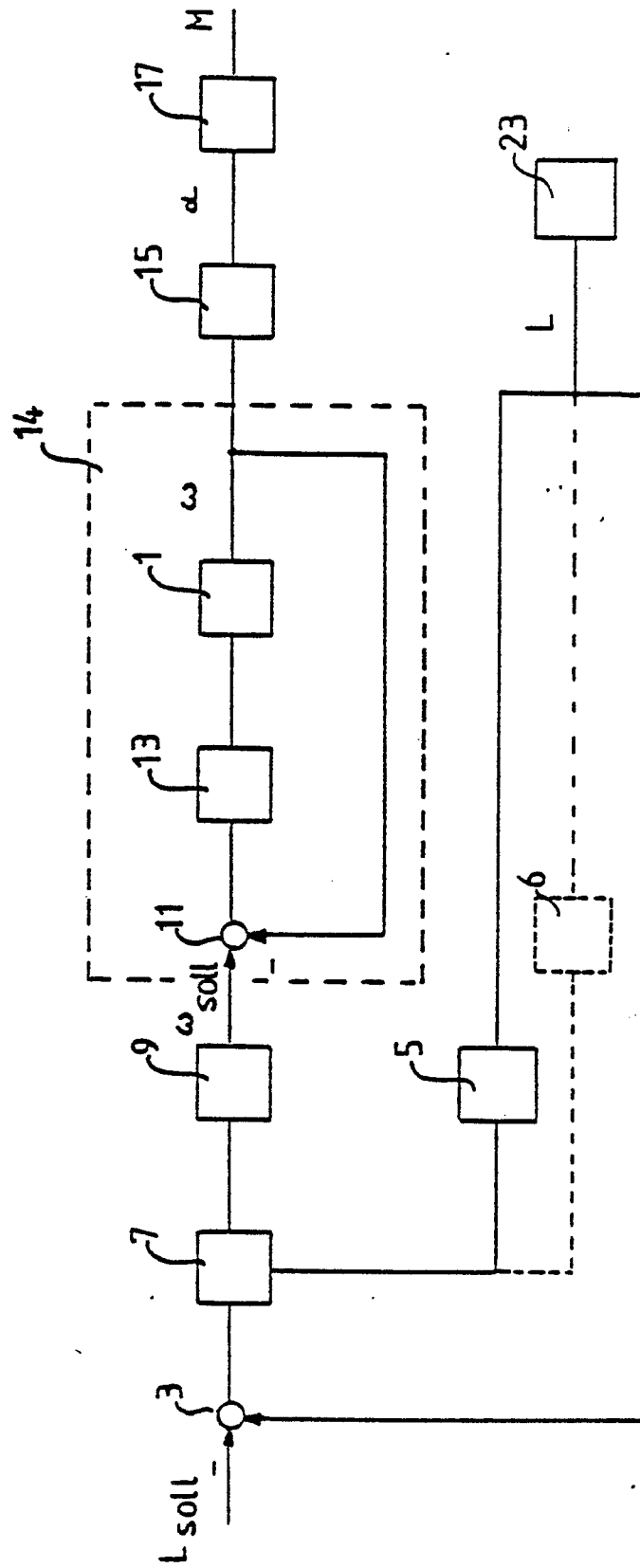


Figure 6



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 88103325.2																
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)																
Y	DE - A1 - 3 024 973 (CHICAGO PNEUMATIC TOOL CO.) * Seite 17, letzter Absatz *	1,2,3	B 25 B 21/00 B 25 B 23/147																
Y	FR - A1 - 2 543 041 (BAUDET) * Seite 16, 2. Absatz *	1,2,3																	
X	DE - B2 - 2 541 928 (STANDARD PRESSED STEEL CO.) * Fig. 2; Spalte 7, letzter Absatz *	4																	
A	DD - A1 - 237 631 (VEB FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND RATIONALISIERUNG) * Seite 2, 5. Absatz *	1,6,9																	
A	EP - A1 - 0 203 370 (ROBERT BOSCH GMBH) * Seite 5, Zeilen 24-34; Fig. 4 *	11																	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.																			
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 13-06-1988	Prüfer BENCZE																
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</td><td>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td></tr><tr><td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td><td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td><td>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>A : technologischer Hintergrund</td><td></td></tr><tr><td>O : nichtschriftliche Offenbarung</td><td></td></tr><tr><td>P : Zwischenliteratur</td><td></td></tr><tr><td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td></td></tr><tr><td></td><td>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	A : technologischer Hintergrund		O : nichtschriftliche Offenbarung		P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																		
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument																		
A : technologischer Hintergrund																			
O : nichtschriftliche Offenbarung																			
P : Zwischenliteratur																			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze																			
	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument																		