



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 05 663 T2** 2005.02.10

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 120 190 B1**

(51) Int Cl.7: **B23Q 17/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 05 663.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 400 203.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.01.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.08.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **22.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.02.2005**

(30) Unionspriorität:

0001154 28.01.2000 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:

Recoules S.A., Ozoir la Ferriere, FR

(72) Erfinder:

Desmoulins, Marcel, 77163 Mortcerf, FR

(74) Vertreter:

**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München**

(54) Bezeichnung: **Pneumatische Werkzeugmaschine**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine pneumatische Werkzeugmaschine, welche besonders für eine Benutzung in der Luftfahrtindustrie geeignet ist.

[0002] Pneumatische Maschinen sind weit verbreitet und werden aufgrund ihrer Leistung oft Maschinen mit elektrischem Antrieb vorgezogen.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist eine pneumatische Werkzeugmaschine bekannt, welche eine Werkzeughalterteleskopspindel aufweist, die eine Antriebswelle aufweist, die von einem pneumatischen Motor zu einer Rotationsbewegung angetrieben ist und auf der aufschiebbar eine Hohlwelle montiert ist, mit der ein Werkzeughalter verbunden ist, und die von einer Steuereinrichtung zu einer Translationsbewegung angetrieben ist, wobei die Steuereinrichtung einen Schlitten umfasst, der von einer Förderschraube über ein Gewindemutterelement, das von dem Schlitten getragen ist, zu einer Translationsbewegung angetrieben ist, wobei die Förderschraube von einem Elektromotor zu einer Rotationsbewegung angetrieben ist.

[0004] Derartige Maschinen sind oft mit einem Ring versehen, der eine Verriegelung der Maschine auf einem Bearbeitungsgitter erlaubt.

[0005] Nach der Montage der Maschine auf diesem Gitter betätigt eine Zentraleinheit, mit der die Maschine ausgestattet ist, den elektrischen Motor so, dass eine Phase schneller Annäherung des Werkzeugs gestartet wird bis dieses in Kontakt mit dem zu bearbeitenden Werkstück gelangt.

[0006] An diese Phase schließt sich eine Bearbeitungsphase im eigentlichen Sinn an. Nach der Bearbeitung ist der Zyklus schließlich abgeschlossen.

[0007] Es existieren heutzutage verschiedene Techniken, welche eine Erfassung des Bearbeitungsendes erlauben.

[0008] Insbesondere kann die Erfassung des Durchbohrens bewirkt werden, indem die Intensität des von dem elektrischen Motor verbrauchten Stroms gemessen wird. Diese Technik ist in bestimmten Fällen ineffektiv, insofern sie nicht angewandt werden kann, wenn der Elektromotor ein Schrittmotor ist.

[0009] Es ist ebenfalls möglich, das Ende des Durchbohrens des Werkstückes zu erfassen, indem man eine Erhöhung der Rotationsgeschwindigkeit der Antriebswelle der Maschine feststellt. Diese Technik weist gewisse Nachteile auf, insbesondere aufgrund der Tatsache, dass sie es nicht ermöglicht eine genaue Information zu liefern, sofern die Rotati-

onsgeschwindigkeit der Welle in Abhängigkeit einer großen Anzahl von Parametern variiert, zum Beispiel in Abhängigkeit der Menge von auf dem Werkstück angebrachtem Schmiermittel.

[0010] Die Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu beheben.

[0011] Sie betrifft daher eine pneumatische Werkzeugmaschine mit einer Teleskopspindel, die eine Antriebswelle aufweist, die von einem pneumatischen Motor zu einer Rotationsbewegung angetrieben ist und auf der aufschiebbar eine Hohlwelle montiert ist, mit der ein Werkzeughalter verbunden ist, und die von Steuermitteln zu einer Translationsbewegung angetrieben ist, wobei die Steuermittel einen Schlitten aufweisen, der von einer Förderschraube über ein Gewindemutterelement, das von dem Schlitten getragen ist, zu einer Translationsbewegung angetrieben ist, wobei die Förderschraube von einem Elektromotor zu einer Rotationsbewegung angetrieben ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Schlitten mit einem Kraftsensor ausgestattet ist, der zum Messen der auf den Werkzeugträger ausgeübten Schubkraft geeignet ist und an eine zentrale Verarbeitungseinheit angeschlossen ist, in der ein Algorithmus zur Verarbeitung des Signals, das von dem Sensor geliefert wird, und zur Überwachung des Vorschubs des von der Spindel getragenen Werkzeugs gespeichert ist.

[0012] Die Werkzeugmaschine kann des weiteren eines oder mehrere der folgenden Merkmale, jeweils für sich genommen oder in allen technisch möglichen Kombinationen, aufweisen:

- der Algorithmus zur Verarbeitung weist Softwaremittel auf zur Berechnung des Unterschieds zwischen dem von dem Sensor gelieferten Signal und einen Schubkraftschwellenwert, der einem Minimalwert der während der maschinellen Bearbeitung auf das Werkzeug ausgeübten Schubkraft entspricht,
- die Mittel zur Berechnung bilden Mittel zur Erfassung des Fortschritts des Durchbohrens eines Werkstückes während der maschinellen Bearbeitung,
- der Elektromotor ist ein Schrittmotor, und die Maschine weist zusätzlich einen Zähler zum Messen der axialen Verschiebung des Werkzeugs auf, wobei die zentrale Verarbeitungseinheit einen Bearbeitungszyklus in Ansprechen auf die Erfassung eines Endes des Durchbohrens anhält, sobald das Werkzeug nach dem Durchbohren um eine vorbestimmte Distanz vorgerückt ist,
- der Sensor ist zwischen einem Organ zum Blockieren des Gewindemutterelements auf dem Schlitten und dem Gewindemutterelement montiert,
- der Sensor ist in ein Halteorgan des Gewindemutterelements auf dem Schlitten integriert,

- der Sensor ist zwischen einem Halteorgan und dem Schlitten montiert,
- der Sensor ist von einem Dehnungsmessgerät gebildet,
- der Sensor ist von einem piezoelektrischen Sensor gebildet,
- der Sensor ist in eine Wheatstone-Brücke eingebaut.

[0013] Weitere Merkmale und Vorteile werden aus der folgenden rein beispielhaften Beschreibung hervorgehen, welche Bezug auf die beigefügten Zeichnungen nimmt, auf denen:

[0014] Fig. 1 eine Teilquerschnittansicht einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine ist;

[0015] Fig. 2 eine schematische Teilansicht einer Variante der Werkzeugmaschine aus Fig. 1 ist; und

[0016] Fig. 3 die Variation des von dem Kraftsensor gelieferten Signals in Abhängigkeit von der Zeit veranschaulicht.

[0017] In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße pneumatischen Werkzeugmaschine im Schnitt dargestellt, welche mit der allgemeinen Bezugsziffer **10** bezeichnet ist.

[0018] Die Maschine **10** umfasst im Inneren eines Gehäuses **12** einen pneumatischen Motor **14**, der mit Druckluft versorgt ist und mit einer geeigneten Versorgungsquelle verbunden ist, eine Werkzeugträgerteleskopspindel **18** und Steuermittel **24** für die axiale Erstreckung der Werkzeughalterspindel **18**.

[0019] Der pneumatische Motor **14** und die Steuermittel für die axiale Erstreckung der Spindel **18** sind mit einer zentralen (auf dieser Figur nicht sichtbaren) Verarbeitungseinheit verbunden, welche auf einer Karte mit integrierten Schaltkreisen **26** angeordnet ist und in der auf konventionelle Weise eine oder mehrere Steueralgorithmen der Maschine gespeichert sind.

[0020] Die Teleskopspindel **18** umfasst eine Antriebswelle **28**, welche in axialer Bewegungsrichtung feststeht und über einen Satz von Ritzeln **20** und **22** von dem pneumatischen Motor **14** zu einer Rotationsbewegung angetrieben ist, und eine Hohlwelle **36**, mit der ein Werkzeughalter **30** verbunden ist, der mit Mitteln ausgestattet ist, welche die Montage eines (nicht dargestellten) Werkzeugs erlauben und der sowohl drehbar als auch verschiebbar montiert ist.

[0021] Des weiteren ist die Maschine **10** auf konventionelle Weise mit einem Fühlerrohr **32** ausgestattet, welches mit einem Pneumatikzylinder verbunden ist, um eine genaue Information was die Position des Werkzeugs in Bezug auf das Werkstück betrifft, zu

übertragen, wobei diese Information von der Zentraleinheit so übertragen wird, dass der Maschine ermöglicht wird, die Verschiebung der Hohlwelle **36** und des Werkzeughalters **30** dementsprechend davon zu korrigieren.

[0022] Das Fühlerrohr **32** ist von einem Verriegelungsring **34** der Maschine auf einem Bearbeitungsgitter umgeben.

[0023] Die Steuermittel der axialen Erstreckung der Werkzeughalterspindel **18** umfassen die Hohlwelle **36** und einen Schlitten **38**, der mit einem Gewindemutterelement mit Rollenumlauf ausgestattet ist, das auf Fig. 2 zu sehen ist.

[0024] Die Welle **36** wird von dem Schlitten **38** zu einer Translationsbewegung angetrieben, wobei dessen Gewindemutterelement **40** von einer Förderschraube **42** gequert wird, die von einem Elektromotor **44**, wie beispielsweise einem Schrittmotor, über einen Riemen **46** und Riemenscheiben **48**, **50** zu einer Rotationsbewegung angetrieben wird. Der Elektromotor **44** wird von der Zentraleinheit gesteuert.

[0025] Wie man auf Fig. 1 sieht, ist das proximale Ende des Werkzeughalters **40** in Translationsrichtung mit der Welle **36** fest verbunden.

[0026] Somit verursacht, wie man versteht, die Rotation der Förderschraube **42** unter der Einwirkung des Gewindemutterelements **40** mit Rollenumlauf eine darauf folgende Translationsbewegung der Welle **36** und somit einen Vorschub des Werkzeughalters **30**.

[0027] Um den Vorschub des Werkzeughalters **30** der Werkzeughalterspindel **18** zu steuern, weist die Maschine **10** einen in den Schlitten **38** integrierten Kraftsensor auf, welcher geeignet ist, die auf die Teleskopspindel **18** und insbesondere auf den Werkzeughalter **30** ausgeübte Schubkraft zu messen.

[0028] Der Kraftsensor ist mit der zentralen Verarbeitungseinheit so verbunden, dass er letzterer ein Messsignal der ausgeübten Kraft liefert.

[0029] Der Kraftsensor ist vorzugsweise von einem Dehnungsmessgerät gebildet, so dass eine vergleichsweise genaue Angabe der ausgeübten Kraft bei reduzierten Kosten geliefert wird.

[0030] Man versteht allerdings, dass das Dehnungsmessgerät durch einen piezoelektrischen Sensor ersetzt werden kann, wenn man eine gesteigerte Genauigkeit erhalten möchte.

[0031] Wie man auf Fig. 1 sieht, ist ein Kraftsensor **52** beispielsweise zwischen einem Halteorgan **53** und dem Schlitten **38** montiert.

[0032] In dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 2** ist ein Kraftsensor **55** zwischen dem von dem Schlitten **38** getragenen Gewindemutterelement **40** und einem Blockierorgan **56** des Gewindemutterelements auf dem Schlitten **38** angeordnet.

[0033] Genauer ist der Kraftsensor **52** in eine nicht dargestellte Wheatstone-Brücke vom üblichen Typ eingebaut und liefert auf diese Weise der zentralen Verarbeitungseinheit eine Spannung, die repräsentativ für die auf die Teleskopspindel **18** und auf den Werkzeughalter **30** ausgeübte Kraft ist.

[0034] Der Elektromotor **44**, der die Förderschraube **42** (**Fig. 2**) zu einer Rotationsbewegung antreibt, besteht aus einem elektrischen Schrittmotor.

[0035] Er ist mit einem Zähler verbunden, der bei jeder Drehung der Förderschraube **42** inkrementiert wird und somit eine Angabe über die axiale Verschiebung des Werkzeugs gibt.

[0036] Beispielsweise ist für die Durchbohrung die Vorschubgeschwindigkeit des Werkzeugs linear und variiert zwischen 0 und 700 mm pro Minute.

[0037] Dies erlaubt es, eine genaue Angabe der Bohrungstiefe zu liefern und diese ununterbrochen zu überprüfen. Es ist auf diese Weise möglich, in einem gegebenen Material schneller oder langsamer vorzurücken, Reinigungszyklen durchzuführen, punktuelle Ausfahrvorgänge der Spindel ohne Rotation durchzuführen,...

[0038] Die in der vorstehend beschriebenen Maschine **10** angewandte Technik wird nun unter Bezugnahme auf **Fig. 3** für den Fall der Durchbohrung eines Werkstücks dargelegt.

[0039] Zunächst wird während einer ersten Phase I der elektrische Schrittmotor **44** so aktiviert, dass er eine Phase schneller Annäherung ohne Berührung des zu durchbohrenden Werkstücks durchläuft.

[0040] Während dieser Phase I ist das von dem Kraftsensor **52** oder **55** gelieferte Signal im Wesentlichen Null.

[0041] Am Ende dieser Anfangsphase I entspricht die spätere Phase II der Bearbeitung des Werkstücks im eigentlichen Sinn.

[0042] Man bemerkt, dass diese Phase beginnt, wenn das von dem Sensor **52** oder **55** gelieferte Signal S einen Schwellenwert S_{min} überschreitet, der einem Minimalwert der ausgeübten Schubkraft während der Bearbeitung eines Werkstücks entspricht.

[0043] Beispielsweise entspricht dieser Schwellenwert S_{min} einer Kraft von 20 kg für das Bohren einer

Bohrung mit einem Durchmesser von 7 mm.

[0044] Man bemerkt, dass sobald das Signal S diesen Schwellenwert S_{min} überschreitet, was bedeutet dass die Maschine im Arbeitsfortschrittsmodus ist, die Zentraleinheit die Verarbeitung des Signals S im eigentlichen Sinne so durchführt, dass sie eine Kontrolle des Vorschubs des Werkzeugs durchführt.

[0045] Insbesondere stellt die Zentraleinheit, um das Ende der Durchbohrung des Werkstücks festzustellen, den Moment fest, in dem das Signal S von Neuem unter diesen Schwellenwert S_{min} sinkt, was dem Ende des Durchbohrens des Werkstücks entspricht.

[0046] Sobald das Ende des Durchbohrens festgestellt worden ist, liest die Zentraleinheit den Zählwert des Zählers und verfährt dann weiter mit einem Anhalten des Bearbeitungszyklus, sobald das Werkzeug nach der Durchbohrung um eine vorbestimmte Distanz, beispielsweise um 10 mm, vorgerückt ist.

[0047] Man versteht, dass die vorstehend beschriebene Erfindung, welche zur Kontrolle des Vorschubs des Werkzeugs einen mit einem den Vorschub des Werkzeugs verursachenden Gewindemutterelement verbundenen Kraftsensor verwendet, es erlaubt, eine genaue Angabe des Endes des Bearbeitungsvorgangs eines Werkstücks zu liefern und somit einen Bearbeitungszyklus für einen Anfangswert der Verschiebung zu optimieren.

[0048] Man bemerke schließlich, dass die Erfindung nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel begrenzt ist.

[0049] In der unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschriebenen Werkzeugmaschine ist nämlich der Kraftsensor zwischen dem Halteorgan des Gewindemutterelements in dem Schlitten und dem Gewindemutterelement montiert.

[0050] Er könnte ebenso in einer Variante in das Halteorgan selbst integriert sein.

Patentansprüche

1. Pneumatische Werkzeugmaschine mit einer Teleskopspindel (**18**), die eine Antriebswelle (**28**) aufweist, die von einem pneumatischen Motor (**14**) zu einer Rotationsbewegung angetrieben ist und auf der aufschiebbar eine Hohlwelle (**36**) montiert ist, mit der ein Werkzeughalter (**30**) verbunden ist, und die von Steuermitteln (**24**) zu einer Translationsbewegung angetrieben ist, wobei die Steuermittel einen Schlitten (**38**) aufweisen, der von einer Förderschraube (**42**) über ein Gewindemutterelement (**40**), das von dem Schlitten (**38**) getragen ist, zu einer Translationsbewegung angetrieben ist, wobei die Förder-

schraube von einem Elektromotor zu einer Rotationsbewegung angetrieben ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schlitten mit einem Kraftsensor (**52; 55**) ausgestattet ist, der zum Messen der auf den Werkzeugträger (**30**) ausgeübten Schubkraft geeignet ist und an eine zentrale Verarbeitungseinheit angeschlossen ist, in der ein Algorithmus zur Verarbeitung des Signals, das von dem Sensor geliefert wird, und zur Überwachung des Vorschubs des von der Spindel getragenen Werkzeugs gespeichert ist.

10. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (**52; 55**) in eine Wheatstone-Brücke eingebaut ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Algorithmus zur Verarbeitung Softwaremittel aufweist zur Berechnung des Unterschieds zwischen dem von dem Sensor (**52; 55**) gelieferten Signal (S) und einem Schubkraft-Schwellenwert, der einem Minimalwert der während der maschinellen Bearbeitung auf das Werkstück ausgeübten Schubkraft entspricht.

3. Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Berechnung Mittel zur Erfassung des Fortschritts des Durchbohrens eines Werkstückes während der maschinellen Bearbeitung bilden.

4. Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor ein Schrittmotor ist, und dass sie zusätzlich einen Zähler zum Messen der axialen Verschiebung des Werkzeugs aufweist, wobei die zentrale Verarbeitungseinheit das Anhalten eines Bearbeitungszyklus als Antwort auf die Feststellung eines Endes des Durchbohrens steuert, sobald das Werkzeug nach dem Durchbohren um eine vorbestimmte Distanz vorgerückt ist.

5. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (**55**) zwischen einem Organ (**56**) zum Blockieren des Gewindemutterelements (**40**) auf dem Schlitten (**38**) und dem Gewindemutterelement (**40**) montiert ist.

6. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor in ein Halteorgan des Gewindemutterelements auf dem Schlitten integriert ist.

7. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (**52**) zwischen einem Halteorgan (**53**) und dem Schlitten (**38**) montiert ist.

8. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (**52; 55**) von einem Dehnungsmessgerät gebildet ist.

9. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (**52; 55**) von einem piezo-elektrischen Sensor gebildet ist.

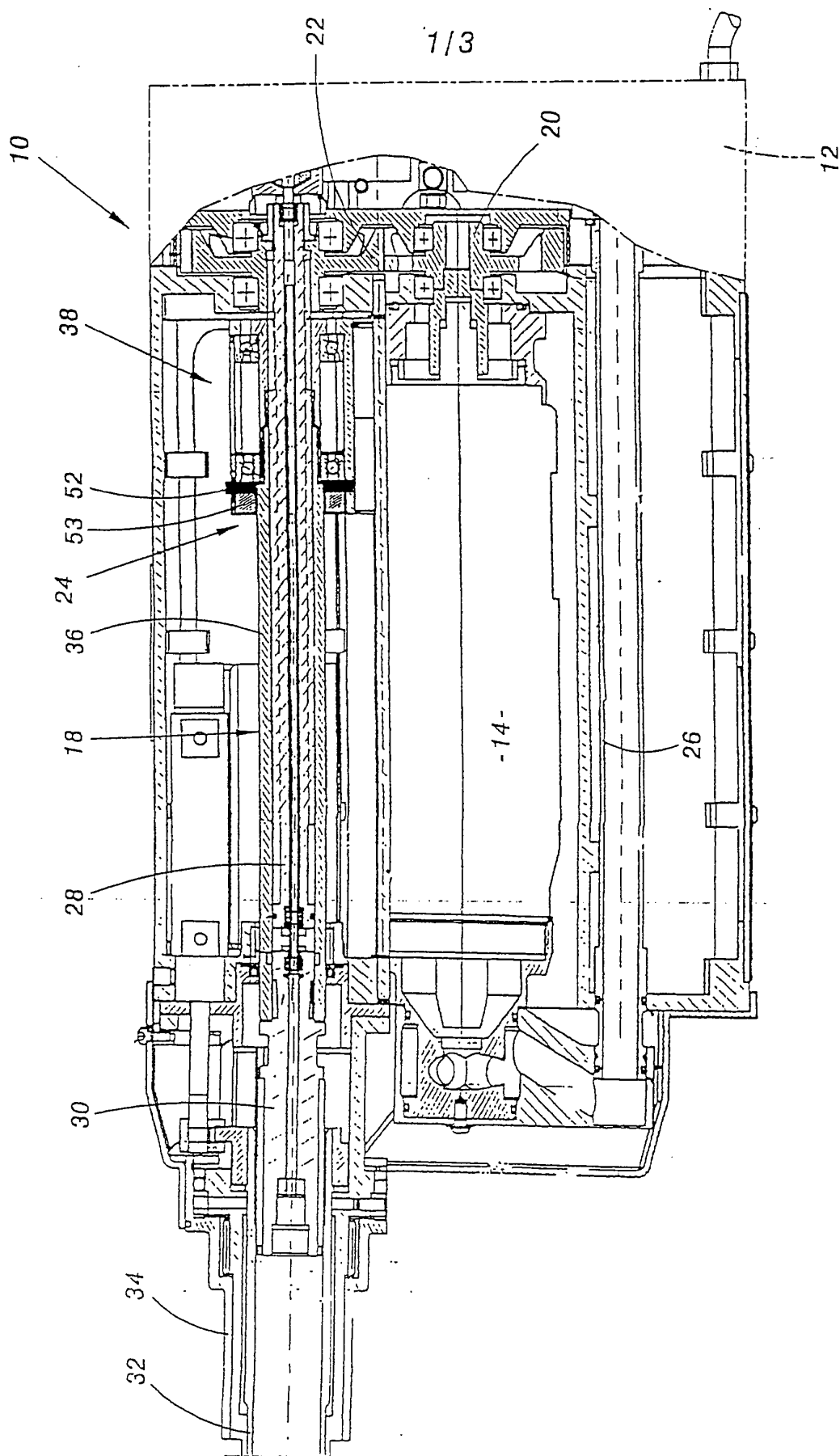


FIG. 1

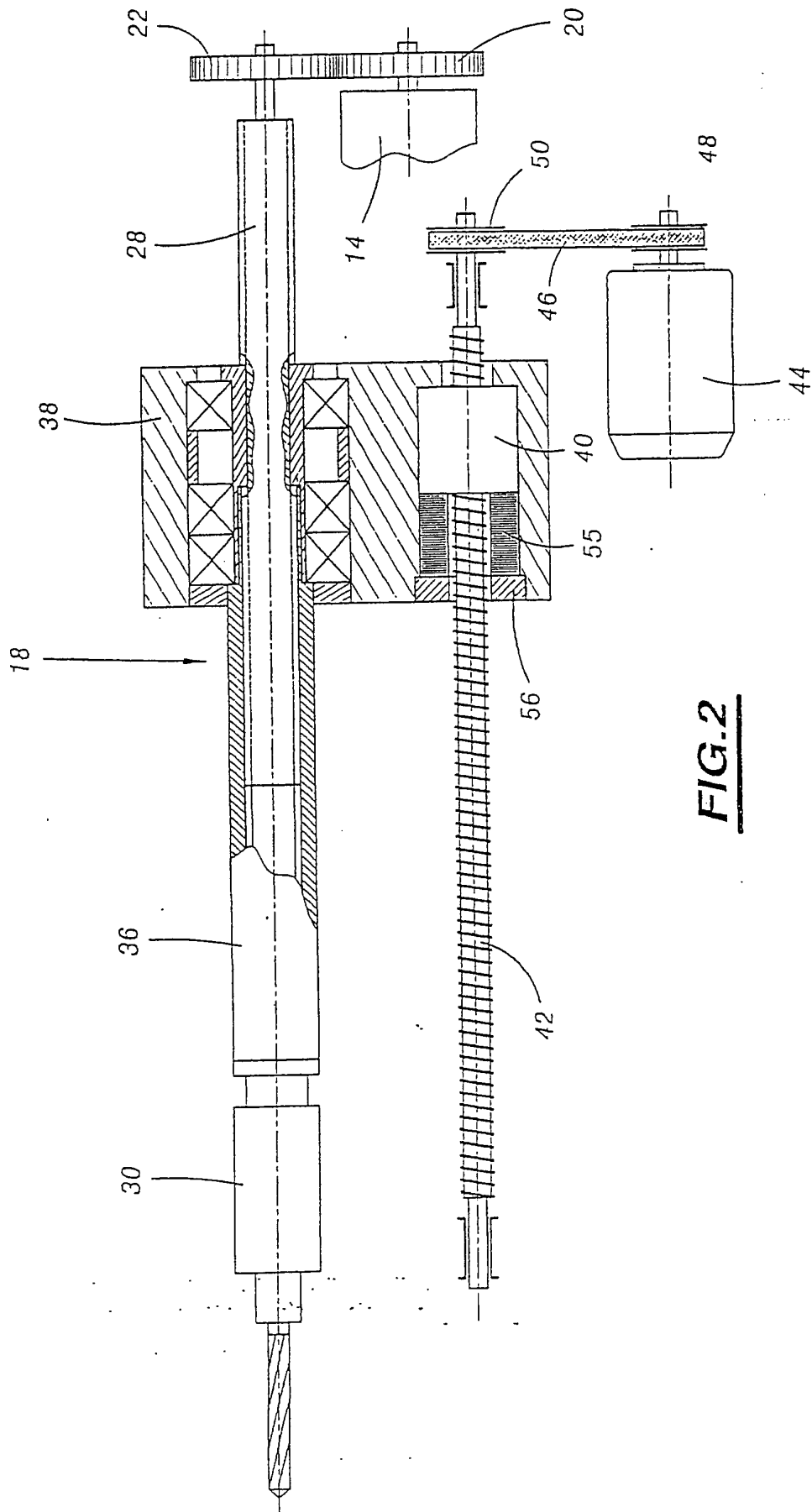


FIG. 2

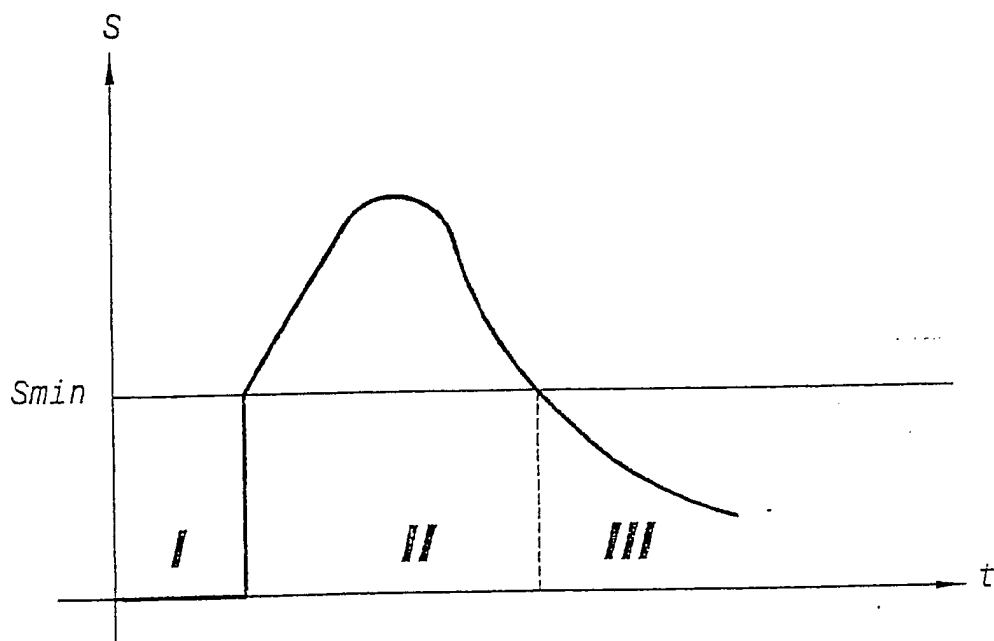


FIG.3