



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 661 890 A5

⑤① Int. Cl. 4: B 24 B 49/02
B 23 P 15/24

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 5309/83

⑫② Anmeldungsdatum: 01.10.1983

⑫④ Patent erteilt: 31.08.1987

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.08.1987

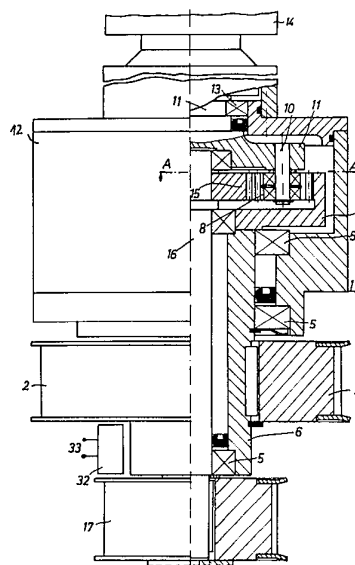
⑫③ Inhaber:
Dr. h.c. Werner Ullmann, Orselina

⑫⑦ Erfinder:
Ullmann, Werner, Dr., Muralto
Mathys, André, Dipl.-Ing., Ennetbürgen

⑫④ Vertreter:
Hannspeter Grieskamp Patentanwalt,
Ebmingen

⑫④ **Antrieb für eine Maschine zur Herstellung eines Werkstückes einer bestimmten Raumform mittels eines Formenschleif-Werkzeuges.**

⑫⑦ Der Antrieb ist für eine Maschine vorgesehen, die ein Werkstück, das später als Elektrode dienen soll, mittels eines Formenschleif-Werkzeuges herstellt. Das Werkzeug hat nur eine dem Werkstück ähnliche Raumform. Der Antrieb erzeugt zwischen Werkzeug und Werkstück eine für den Schleifprozess notwendige orbitale Bewegung mit veränderbarer Exzentrizität. Eine Vorrichtung, die als Getriebe (1) oder elektrische Steuerschaltung ausgebildet sein kann, verändert die Exzentrizität. Der Antrieb (2, 17) der Vorrichtung steht dauernd in Wirkverbindung mit der Antriebsseite einer oder mehrerer Einrichtungen, welche die orbitale Bewegung durchführen. Hierdurch erhält man während der orbitalen Bewegung eine kontinuierliche und stufenlose Einstellung bzw. Veränderung der Exzentrizität. Ferner kann die orbitale Bewegung eine Figur beschreiben, die nicht kreisförmig ist, so dass Lissajous-Figuren erzeugt werden können.



PATENTANSPRÜCHE

1. Antrieb für eine Maschine zur Herstellung eines Werkstückes einer bestimmten Raumform mittels eines Formenschleif-Werkzeuges von ähnlicher Raumform unter Einhaltung eines Schleifspaltes zwischen dem Formenschleif-Werkzeug und Werkstück sowie unter Mitwirkung eines Schleifmittels und eines Spülmediums, wobei während des Schleifens das Formenschleif-Werkzeug und/oder das Werkstück eine Vorschub- und/oder orbitale Bewegung ausführen und die Exzentrizität der orbitalen Bewegung vor dem Schleifen verändert wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein mechanisches oder elektrisches Stellorgan (1; 40–50) zur kontinuierlichen Einstellung der Exzentrizität während des Schleifens vorgesehen ist, deren Abtrieb (2, 17; 44, 50) mit der Antriebsseite (26, 31) mindestens einer Einrichtung (20, 35) zur Durchführung der orbitalen Bewegung immer in Wirkverbindung steht.

2. Antrieb nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb (2, 17; 44, 50) des mechanischen oder elektrischen Stellorgans (1; 40–50) zwei Abtriebsräder (2, 17; 44, 50) und die Antriebsseite jeder Einrichtung (20, 35) zwei Antriebsräder (26, 31) enthalten, wobei während der Änderung der Exzentrizität die Drehgeschwindigkeiten der Antriebsräder (2, 17; 44, 50) relativ zueinander und der Antriebsräder (26, 31) relativ zueinander unterschiedlich sind.

3. Antrieb nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellorgan zur kontinuierlichen Änderung, beziehungsweise Einstellung der Exzentrizität als Getriebe (1) ausgebildet ist, dessen Antriebszahnrad (7) über mindestens zwei Mitlauf-Zahnräder (8, 9) mit dem Abtriebszahnrad (15) in dauernder Wirkverbindung steht, wobei die Drehachsen (10) der Mitlauf-Zahnräder an einem Konstruktionsteil (11) befestigt sind, das in Richtung und/oder Gegenrichtung der Bewegung des Antriebszahnades (7) verschiebbar ist und durch seine Verschiebung die Drehgeschwindigkeit des Abtriebszahnades (15) gegenüber der Drehgeschwindigkeit des Antriebsrades (7) ändert. (Figuren 1, 2)

4. Antrieb nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellorgan zur kontinuierlichen Änderung der Exzentrizität als elektrische Schaltung mit folgenden Bauteilen ausgebildet ist:

– einen von einer Speisespannung (40) gespeisene ersten Frequenzumformer (41) mit Ausgängen, dessen einer Ausgang mit einer bestimmten Frequenz einen elektrischen Motor (43) mit einem Antriebsrad (44) ansteuert, das über eine Verbindung (4) die Hülse (24) der Einrichtung (20) in Drehbewegung versetzt und dessen anderer Ausgang (45) einen zweiten Frequenzumformer (46) mit einer bestimmten Frequenz versorgt;

– einen von dem zweiten Frequenzumformer (46) gespeisene elektrischen Motor (48) mit einem Antriebsrad (50), das über eine Verbindung (18) die Welle (25) der Einrichtung (20) in Drehbewegung versetzt; wobei der zweite Frequenzumformer (46) einen zweiten Steuereingang (47) besitzt zur kurzzeitigen Änderung der Frequenz und somit der Drehgeschwindigkeit des Motors (49) gegenüber der Drehgeschwindigkeit des zuerstgenannten Motors (43). (Figur 5)

5. Antrieb nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass drei Paare von Mitlaufzahnradern (8, 9) zwischen dem Antriebszahnrad (7) und dem Abtriebszahnrad (15) des Getriebes (1) vorgesehen sind, und diese Paare um 120° gegeneinander versetzt sind. (Figur 2)

6. Antrieb nach einem der Patentansprüche 1, 2, 3, 4, 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtriebsseite mindestens eine Einrichtung (20, 35) aus den folgenden Bauteilen enthält:

– eine in einer Hülse (24) drehbar gelagerte Welle (25) mit einem im Maschinentisch (21) gelagerten Kurbelzapfen (29) an ihrem einen Ende, wobei die Welle exzentrisch in der Hülse angeordnet ist;

– eine Drehverbindung (4) der Hülse (24) mit dem Antriebszahnrad (2) des Getriebes (1) und mit dem Antriebsmotor (3) des gesamten Antriebes;

– eine Drehverbindung der Welle (25) mit dem Antriebszahnrad (17) des Getriebes (1). (Figur 3)

7. Antrieb nach Patentansprüchen 3 oder 4 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Getriebe (1) und der auf der Antriebsseite angeordneten Einrichtung (20, 35) ein weiteres Organ (36, 37) vorgesehen ist, das die Drehverbindung (18) der Welle (25) mit dem Getriebe (1) zur Änderung der Drehzahl der Welle (25) relativ zur Hülse (24) beeinflusst. (Figur 4)

8. Antrieb nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Sensor-Mittel (32) vorgesehen sind zur Detektion der Änderung der Antriebsgeschwindigkeit des Abtriebsrades (10) und somit zur Erfassung des wirklichen Wertes der eingestellten Exzentrizität der orbitalen Bewegung des Maschinentisches (21).

9. Antrieb nach Patentanspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die auf der Abtriebsseite vorgesehene Einrichtung (20) Sensor-Mittel (32) enthält zur Detektion der Änderung der Drehgeschwindigkeit der Welle (25) gegenüber derjenigen der Hülse (24) und somit zur Erfassung des wirklichen Wertes der eingestellten Exzentrizität der orbitalen Bewegung des Maschinentisches (21). (Figur 3)

10. Antrieb nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kurbelzapfen (29) der Welle (25) hydrostatisch im Maschinentisch (21) gelagert ist, wobei die hydrostatischen Lager (30) mehrerer Einrichtungen (20) über einen Druck-Detektor enthaltende Leitungen miteinander verbunden sind, welcher Druck-Detektor bei unterschiedlichem Druck in den hydrostatischen Lagern (30) die Drehverbindung (18) der Wellen (25) mit dem weiteren Organ (36, 37) solange beeinflusst bis der Druckunterschied den Wert Null erreicht hat und somit der Betrag der eingestellten Exzentrizität in allen Einrichtungen (20) gleich ist. (Figuren 3 und 4).

Die Erfindung betrifft einen Antrieb für eine Maschine gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bekanntlich umfasst der Formenbau die Herstellung von Formen für die Druckguss, Spritzguss, das Stanzen, Warmpressen, Kaltpressen und Schmieden von Materialien aus Stahl, Metallen, Kunststoff, Gummi sowie deren Legierung bzw. Mischungen.

Diese Formen sind häufig kompliziert und weisen eine dreidimensionale Konstruktion auf. Besonders in der Flugzeug- und Automobilindustrie werden solch schwierig herstellbare Formen unter Einhaltung kleinster Toleranzen verlangt. Auf dieselbe Art und Weise werden Werkstücke oder Konstruktionsteile (z. B. im Triebwerksbau) aus schwer zerspannbaren Materialien (z. B. hoch wärmefeste Legierungen) hergestellt. Bekanntlich werden solche Formen oder Triebwerksteile durch funkenerosive bzw. elektrochemische Maschinen hergestellt. Die hierfür benutzten Elektroden haben die gleiche komplizierte Oberfläche wie die herzustellenden Formen bzw. Teile. Im Laufe der jüngsten Entwicklung werden solche Elektroden auf besonderen Maschinen hergestellt. Die Herstellung erfolgt in der Weise, dass die Elektroden aus dem vollen Material durch einen Schleifvorgang

oder Feilvorgang herausgearbeitet wird. Das Material kann z. B. Graphit sein. Das hierfür erforderliche Werkzeug hat bereits die Form der Elektrode mit einem Übermass. Durch eine Relativbewegung zwischen dem Werkzeug und der aus dem vollen Stück herauszuarbeitenden Elektrode erfolgt der Schleifvorgang oder Feilvorgang. Zur Unterstützung des Schleif- oder Feilvorgangs wird ein Schleifmittel in die Oberfläche des Werkzeugs eingebracht, oder die Oberfläche ist bereits rau (Stahl mit erodierter Oberfläche). Ferner wird eine Flüssigkeit in den Spalt zwischen Werkzeug und Werkstück getan. Die Relativbewegung setzt sich aus zwei Bewegungstypen zusammen. Der eine Typ ist die Vorschubbewegung des Schleif- oder Feilwerkzeugs zum oder vom Elektrodenwerkstück (senkrecht). Diese Vorschubbewegung kann auch kreisförmig (senkrecht) sein. Der andere Typ ist eine kreisende Bewegung des Elektrodenwerkstücks in der horizontalen Ebene. Die kreisende Bewegung wird auch als orbitale oder planetäre Bewegung bezeichnet, sie kann auch kugelförmig sein. Der Radius bzw. die Exzentrizität der kreisenden Bewegung kann verstellt werden. Der Schleifvorgang wird solange durchgeführt bis das Elektrodenwerkstück eine ähnliche Raumform des Werkzeugs angenommen hat. Dann wird die relative Bewegung beendet. Dies erfolgt durch ein an der Maschine eingestelltes Mass, das auch Tiefenendmass genannt wird. Die Raumform des Elektrodenwerkstücks kann gegenüber der Raumform des Werkzeugs verkleinert oder vergrössert werden. Dies wird durch Einstellen der gewünschten Exzentrizität der kreisenden Bewegung bewerkstelligt.

Aus der FR-A-2 305 269 ist eine Funkenerosionsmaschine bekannt geworden, deren als Werkzeug arbeitende Elektrode eine kreisende Bewegung relativ zum Werkstück ausführt. Mittels einer Mikrometerschraube kann die Exzentrizität der kreisenden Bewegung verstellt werden. Vor der Verstellung der Exzentrizität wird die am Funkenspalt anliegende Arbeitsspannung in einer elektronischen Schaltung mit einer Bezugsspannung verglichen. Nur dann, wenn die Arbeitsspannung während eines Bewegungsumlaufes der Elektrode höher ist als die Bezugsspannung, wird die Exzentrizität vergrössert. Hierdurch soll verhindert werden, dass die Elektrode und das Werkstück sich zu nahe kommen oder sich berühren, was einen Kurzschluss und somit eine ungewollte Beendigung der funkenerosiven Bearbeitung des Werkstückes bewirkt.

Die US-A-3 430 026 zeigt einen Schnellwechsel-Werkzeughalter für die funkenerosive Herstellung von Löchern in einem Werkstück. Die als Werkzeug arbeitende Elektrode ist zylinderförmig, dreht sich um ihre Längsachse und führt eine kreisende Bewegung aus. Die Exzentrizität der kreisenden Bewegung wird nur bei stillstehender Maschine mit Hand eingestellt. Die Drehbewegung der Elektrode dient dazu, dass immer andere Teile der Elektrodenoberfläche an der funkenerosiven Bearbeitung des Werkstücks teilnehmen, sodass der durch die Arbeitsfunken bedingte Verschleiss gleichmässig auf die gesamte Oberfläche der Elektrode verteilt wird.

In den US-A-3 988 863 und US-A-3 988 864 sind wie bei der Erfindung Formenschleifmaschinen beschrieben. Das Schleifwerkzeug und das Werkstück führen kreisende Bewegung gegenseitig aus, wozu zwei oder mehr Exzenterantriebe vorgesehen sind. Die Exzentrizität der kreisenden Bewegung wird bei jedem Exzenterantrieb nach Lösen von mehreren Schrauben, die zwei Konstruktionsteile miteinander fest verbinden, von Hand eingestellt. An jedem Exzenterantrieb wird von Hand der gleiche Betrag der Exzentrizität eingestellt. Anschliessend werden die Schrauben mittels eines Schraubenschlüssels angezogen. In Folge der komplizierten Massnahmen, die für die Einstellung der Exzentrizität not-

wendig sind, verändert sich ungewollt der Betrag der eingestellten Exzentrizität bei einem oder mehreren Exzenterantrieben. Antriebe mit unterschiedlichen Exzentrizitäts-Beträgen üben deformierende oder zerstörende Kräfte auf die Maschine, das Werkstück und auf sich selber aus.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die bekannten Formenschleifmaschinen folgende Nachteile haben:

– Die Exzentrizität der relativen Bewegung kann nicht während des Schleifvorgangs geändert werden. Zu diesem Zweck muss die Maschine stillgesetzt werden.

– Die Einstellung der Exzentrizität erfolgt ungenau. Das ist dadurch bedingt, dass an zwei Stellen der Werkstückauflage die Exzentrizität nacheinander und unabhängig voneinander eingestellt wird. Trotz grosser Sorgfalt der Bedienungsperson kann ein gewisses Spiel nicht vermieden werden, sodass an der zweiten Stelle der Betrag der eingestellten Exzentrizität von demjenigen der ersten Stelle etwas abweicht.

Die Erfindung hat die Aufgabe, die Nachteile der bekannten Maschinen zur Herstellung von Elektroden zu beseitigen. Durch einen besonderen Antrieb kann die Exzentrizität während des Bearbeitens und ausserdem kontinuierlich verstellt werden. Die Raumform des fertig bearbeiteten Elektrodenwerkstückes ist in jeder Weise komplementär zur Raumform des Werkzeugs. Mit einem einzigen Werkzeug können mehrere Werkstücke mit komplizierter Raumform hergestellt werden.

Die Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 definierten Erfindung gelöst.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 als erstes Ausführungsbeispiel ein Getriebe, das zwischen dem Antriebsmotor und der Einrichtung angeordnet ist, die die relative und orbitale Bewegung zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück erzeugt;

Figur 2 eine Draufsicht des Getriebes gemäss den Schnittlinien A–A der Figur 1;

Figur 3 die Einrichtung zur Durchführung der relativen, orbitalen Bewegung zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück;

Figur 4 eine Draufsicht auf den gesamten Antrieb mit einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 5 als weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung eine elektrische Steuerschaltung für die Einrichtung, die die relative, orbitale Bewegung zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück durchführt.

Die Figur 1 zeigt das Getriebe 1 in teilweiser Schnittdarstellung. Das Antriebsrad 2 wird durch den Elektromotor 3 (Figur 4) über den Treibriemen 4 angetrieben. Die in den Lagern 5 gelagerte Welle 6, die mit dem Antriebsrad 2 durch einen Keil befestigt ist, dreht das Zahnrad 7, welches die Mitlauf-Zahnräder 8, 9 in Drehung versetzt (Fig. 2). Die Mitlauf-Zahnräder drehen sich um ihre Achsen 10, die am Konstruktionsstück 11 befestigt sind. Das Konstruktionsstück und die Zahnräder 7, 8, 9, 15 sind im Gehäuse 12 des Getriebes 1 angeordnet. Das Konstruktionsstück 11 ist in den Lagern 13 drehbar gelagert und wird vom elektrischen Schrittmotor 14 schrittweise in Drehbewegung versetzt. Es sei nun angenommen, dass der Schrittmotor nicht in Betrieb ist. Die Drehachsen 10 der Mitlauf-Zahnräder 8, 9 befinden sich in der in Figur 2 gezeigten Position. Die Mitlauf-Zahnräder 9 versetzen das innere Zahnrad 15 in Drehung, das an seiner Welle 16 befestigt das Abtriebsrad 17 dreht. Dies ist gemäss Figur 4 über den Treibriemen 18 mit den Einrichtungen 20 verbunden, die den Tisch 21 der Schleifmaschine in eine orbitale Bewegung versetzen. Anstelle des Treibriemen 18 können auch Zahnräder die Verbindung zwischen dem Abtrieb-

rad 17 des Getriebes 1 und den Antriebsrädern 21 der Einrichtungen 20 herstellen. Auf dem Tisch ist entweder ein Werkstück oder ein Werkzeug befestigt. Werkzeug und Werkstück führen eine relative orbitale Bewegung aus. Dies wird später noch näher diskutiert.

Die Exzentrizität dieser Bewegung wird im Getriebe 1 oder Figuren 1 und 2 eingestellt. Zu diesem Zweck wird der Schrittmotor 14 durch elektrische Signale, die aus einer numerischen Steueranlage kommen oder von der Bedienungsperson gegeben werden, in Betrieb gesetzt und dreht das Konstruktionsstück 11 und die Achsen 10 der Mitlauf-Zahnräder 8, 9 um einen oder mehrere Schritte. Hierdurch verändert sich die relative Drehgeschwindigkeit des inneren Zahnrades 15 gegenüber dem äusseren Zahnrad 7. Das Abtriebsrad 17 erfährt die gleiche Änderung der relativen Drehgeschwindigkeit gegenüber dem Antriebsrad 2. Die Änderung der Drehgeschwindigkeit zwischen den beiden Rädern 2 und 17 erfolgt nur in der Zeit, in welcher der Schrittmotor 14 die Achsen 10 bewegt. In dieser Zeit wird der gewünschte Betrag der Exzentrizität der orbitalen Bewegung eingestellt. Bei einem Beispiel verursacht ein Schritt des Schrittmotors 14 eine Drehbewegung der Achsen 10. Dies bewirkt eine Änderung der orbitalen Bewegung in der Grössenordnung von weniger als 1 µm bezogen auf den Radius der gewählten Exzentrizität. Die Exzentrizität kann grösser oder kleiner eingestellt werden. Die Richtung der Drehbewegung der Achsen 10 gegenüber der Drehbewegung des Abtriebszahnrades 15 bestimmt die Einstellung der Exzentrizität in Richtung grössere oder kleinere Werte. In der Figur 1 ist ein Sensor-Mittel 32 zwischen den beiden Rädern 2, 17 gezeichnet. Solche Sensoren, welche die Drehgeschwindigkeiten der beiden Räder feststellen und diese IST-Werte über Leitungen 33 zu einer Steuerschaltung geben, sind im Handel erhältlich. Daher werden sie nur soweit beschrieben, wie für das Verständnis im vorliegenden Fall erforderlich ist. Diese Sensoren detektieren die Drehgeschwindigkeiten der beiden Räder 2, 17 magnetisch, kapazitiv, induktiv, oder optisch. Wenn nun wegen der Einstellung der Exzentrizität die Drehgeschwindigkeit des Abtriebrades 17 nicht mehr mit der Drehgeschwindigkeit des Antriebrades 2 übereinstimmt, meldet das Sensor-Mittel 32 die Änderung der Drehgeschwindigkeit über die Leitungen 33 an die nicht gezeichnete Steuerschaltung, in der der IST-Wert der Exzentrizität mit dem vorgegebenen SOLL-Wert verglichen wird. Bei Übereinstimmung beider Werte ist die gewünschte Exzentrizität eingestellt. Die Anordnung des Sensor-Mittels 32 am Getriebe 1 gemäss Figur 1 ergibt keine sehr präzisen IST-Werte, da die Treibriemen 4, 18 und die Einrichtungen 20, 35 die am Maschinentisch 21 wirksame Exzentrizität unerwünscht beeinflussen können. Daher ist es besser, wenn das Sensor-Mittel 32 an den Einrichtungen 20, 35 angebracht wird. Dies wird im Zusammenhang mit der Figur 3 noch näher diskutiert.

Die Figur 2 zeigt eine Anordnung von drei Paaren Mitlauf-Zahnrädern 8, 9. Jedes Paar ist um 120° gegenseitig versetzt. Eine Anordnung von zwei Paaren mit einer Versetzung von 180° ist ohne weiteres möglich. Es ist auch an einer Anordnung von drei Mitlauf-Zahnrädern zwischen den Zahnrädern 7 und 15 gedacht worden.

Die Figur 3 zeigt die Einrichtung 20, die den Maschinentisch 21 in die orbitale Bewegung mit Exzentrizität versetzt. Das Prinzip ist beschrieben im Buch «INGENIOUS MECHANISMS for Designers and Inventors», Band III, fünfte Auflage, 1959, Verlag The Industrial Press, New York, Figur 28, Seite 294. Die Einrichtung besteht aus einem Gehäuse 22, das im Maschinengestell 23 befestigt ist, einer im Gehäuse 22 drehbar gelagerten Hülse 24 und aus einer in der Hülse 24 drehbar gelagerten Welle 25. Die Hülse 24 wird durch das Antriebsrad 26 in Drehbewegung versetzt. Das

Antriebsrad 26 ist über dem Treibriemen 4 mit dem Antriebsrad 2 des Getriebes 1, mit dem Treibrad des Antriebsmotors 3 und gegebenenfalls mit den Antriebsrädern 26 der anderen Einrichtungen 20 verbunden. Die Welle 25 ist in der Hülse 24 asymmetrisch gelagert, was durch die versetzten Drehachsen 27, 28 der Hülse 24 und Welle 25 dargestellt ist. Am oberen Ende hat die Welle 25 einen Kurbelzapfen 29, der im Lager 30 des Maschinentisches 21 drehbar gelagert ist. Am unteren Ende der Welle 25 ist ein Antriebsrad 31 befestigt, das über den Treibriemen 18 mit dem Abtriebsrad 17 des Getriebes 1 und gegebenenfalls mit den Rädern 31 der anderen Einrichtungen 20 verbunden ist. Die Welle 25 wird vom Antriebsrad 17 des Getriebes 1 in Drehbewegung versetzt.

Solange der Schrittmotor 14 des Getriebes 1 nicht im Betrieb ist, haben Hülse 24 und Welle 25 die gleiche Drehgeschwindigkeiten. Es ändert sich nichts an diesem Zustand.

Wenn nun eine Exzentrizität der orbitalen Bewegung des Maschinentisches 21 eingestellt oder verändert werden soll, dann wird, die bereits im Zusammenhang mit Figur 1 beschrieben, der Schrittmotor 14 in Betrieb gesetzt. Die geänderte Drehgeschwindigkeit des Abtriebrades 17 des Getriebes 1 wird weiter geleitet zum Antriebsrad 31 der Einrichtung 20 der Figur 3, sodass die Welle 25 nicht mehr wie bisher die gleiche Drehgeschwindigkeit sondern einen Unterschied gegenüber der Hülse 24 aufweist. Die Welle 25 dreht sich relativ zur Hülse 24, sodass der Kurbeltrieb 29 eine neue Position einnimmt. Diese neue Position ist der Betrag der eingestellten Exzentrizität. Das Sensor-Mittel 32, das zwischen den Rädern 26, 31 angebracht ist, detektiert dies und gibt entsprechende elektrische Signale über die Leitungen 33 auf eine nichtgezeichnete Steuerschaltung, in der der IST-Wert der Exzentrizität mit ihrem SOLL-Wert verglichen wird. Bei Übereinstimmen der beiden Werte ist die gewünschte Exzentrizität eingestellt. Da das Sensor-Mittel 32 bereits im Zusammenhang mit der Figur 1 besprochen wurde, wird es jetzt in der Figur 3 nicht mehr diskutiert. Der Maschinentisch 21 vollführt nun eine orbitale Bewegung mit dem eingestellten Betrag der Exzentrizität. Die Einstellung oder Änderung der Exzentrizität erfolgt während des Betriebes stufenlos und beliebig oft nach grösseren und kleineren Werten. Die Exzentrizität wird nur von einer einzigen Stelle eingestellt bzw. geändert. Dieser Vorteil macht sich besonders in dem Fall bemerkbar, wenn mehrere Einrichtungen 20 den Maschinentisch 21 in eine orbitale Bewegung bringen sollen. Man muss nicht mehr wie bei den bekannten Ausführungen an jeder Einrichtung einzeln den gewünschten Betrag der Exzentrizität einstellen. Daher können bei der Erfindung keine Ungenauigkeiten mehr auftreten.

Anstelle der in der Figur 3 gezeichneten, mechanischen Lager 30 des Kurbelzapfens 29 im Maschinentisch 21 können auch die bekannten hydrostatischen Lager verwendet werden. Diese sind in der Figur 3 nicht eingezeichnet, damit die Übersichtlichkeit der Darstellung erhalten bleibt. Der Vorteil der hydrostatischen Lager liegt darin, dass ein automatischer Ausgleich stattfindet, wenn der Wert der eingestellten Exzentrizität bei der einen Einrichtung 20 einen Unterschied aufweist zu dem bei der anderen Einrichtung 20 eingestellten Wert. Diese Ungenauigkeit kann durch Alterung infolge langer Betriebsjahre entstehen. Infolge dieser unterschiedlichen Exzentrizitätswerte entstehen während der orbitalen Bewegung des Maschinentisches 21 an den Kurbeltrieben 29 und Lagern 30 grosse unterschiedliche Kräfte. Die hydrostatischen Lager 30 sind durch eine Leitung untereinander verbunden und gleichen diese Kräfte aus. Diese Verbindungsleitung kann eine Drossel mit einem Druckfühler enthalten, der die Druckunterschiede detektiert und zu einem nicht gezeichneten Steuerkreis leitet, der die Spannrol-

len 38, 39 solange in Richtung Treibriemen 18 oder von ihm weg bewegt bis die Druckunterschiede in der Verbindungsleitung der hydrostatischen Lager 30 verschwunden sind, und somit die Exzentrizität in den Einrichtungen identisch ist.

An dieser Stelle wird noch die Erklärung über die unterschiedlichen Durchmesser der Räder 2, 17 am Getriebe 1 und der Antriebsräder 26, 31 an der Einrichtung 20 gegeben. Weil im dargestellten Ausführungsbeispiel des Getriebes 1 die Drehgeschwindigkeit des Abtriebsrades 17 in Folge der gewählten Übersetzung doppelt so gross ist wie die Drehgeschwindigkeit des Antriebsrades 2 wird dieser Drehgeschwindigkeits-Unterschied durch verschiedene Durchmesser der Räder 2, 17, 26, 31 wieder aufgehoben.

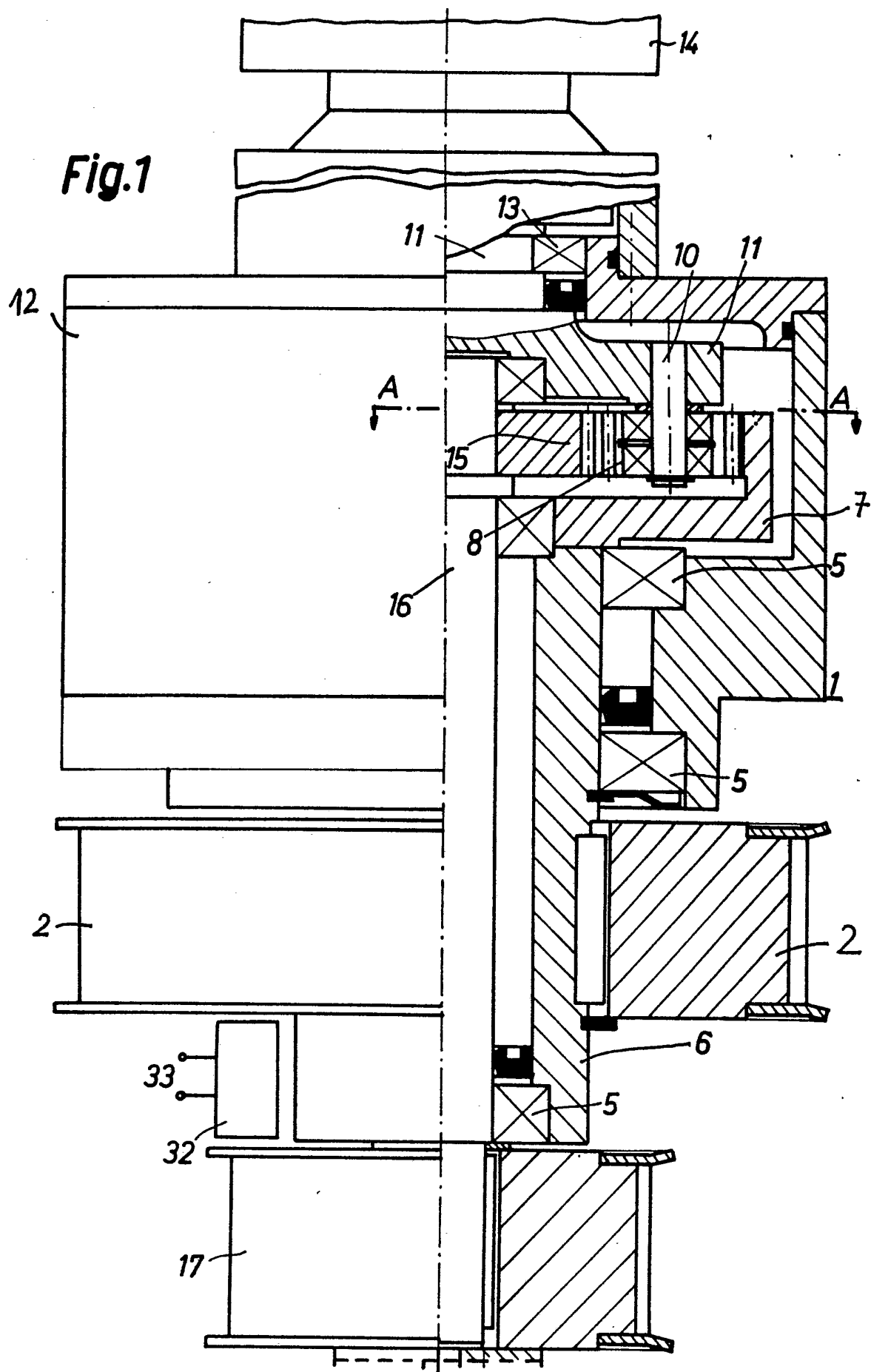
Die Figur 4 zeigt mehrere Merkmale. Einmal wird der gesamte Antrieb mit mehreren Einrichtungen 20 für die orbitale Bewegung des Maschinentisches 21 gezeigt. Hier erkennt man sehr gut die unterschiedlichen Durchmesser der Räder, deren Notwendigkeit oben schon besprochen wurde. Ferner wird eine Einrichtung 35 gezeigt, die gleich wie die Einrichtung 20 konstruiert aber mit ihrem Kurbelzapfen 29 nicht im Maschinentisch 21 sondern in ein Gegengewicht gelagert ist. Dies Gegengewicht, das unterhalb des Maschinentisches 21 angebracht ist, dient zum automatischen Massenausgleich bei der Bearbeitung schwerer und grosser Werkstücke, wenn der Radius der orbitalen Bewegung des Arbeitstisches 21 verändert wird. Ausserdem zeigt die Figur 4 freibewegliche und mitlaufende Rollen 36, 37, 38, 39. Die Rollen können zwei Aufgaben erfüllen. Erstens dienen sie als Spannrollen, die dafür sorgen, dass die beiden Treibriemen 4 und 18 immer gut gespannt sind. Diese Spannrollen können mit Gewichtstücken oder mittels Federkraft einen stetigen Druck gegen die beiden Treibriemen ausüben. Zweitens können diese Rollen zur Einstellung und Veränderung der Exzentrizität benutzt werden. In diesem Fall sind nur die Rollen 36 und 37 notwendig, die an einem Plunger befestigt sind. Der Plunger, der z. B. von einer numerischen Steueranlage getriggert werden kann und pneumatisch, elektromotorisch, magnetisch oder hydraulisch bewegt wird, schiebt die Räder 36, 37 in den Treibriemen 18, sodass die Drehgeschwindigkeit des Antriebsrades 31 und der Welle 25 sich ändert und zwar relativ zur Drehgeschwindigkeit der Hülse 24. Dies geschieht jedoch nur in den Einrichtungen 20, die den Rädern 36, 37 benachbart sind. Je nach Verschieberichtung der Räder (in Richtung zum Treibriemen 18 oder von dem Treibriemen fort) wird die Exzentrizität in Richtung grösserer oder kleinerer Beträge eingestellt. Die Einstellung der Exzentrizität erfolgt ebenfalls stufenlos und beliebig oft in Richtung grösserer oder kleinerer Beträge. Da mit dieser Methode nur kleine Beträge der Exzentrizität eingestellt werden können, ist auf das Getriebe 1 nicht ganz zu verzichten.

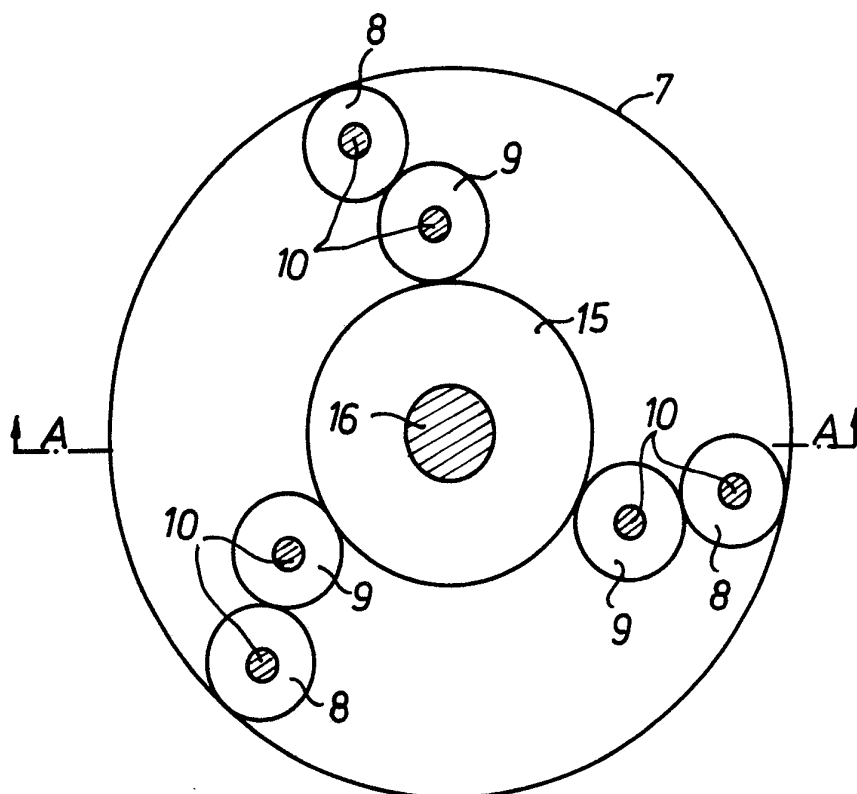
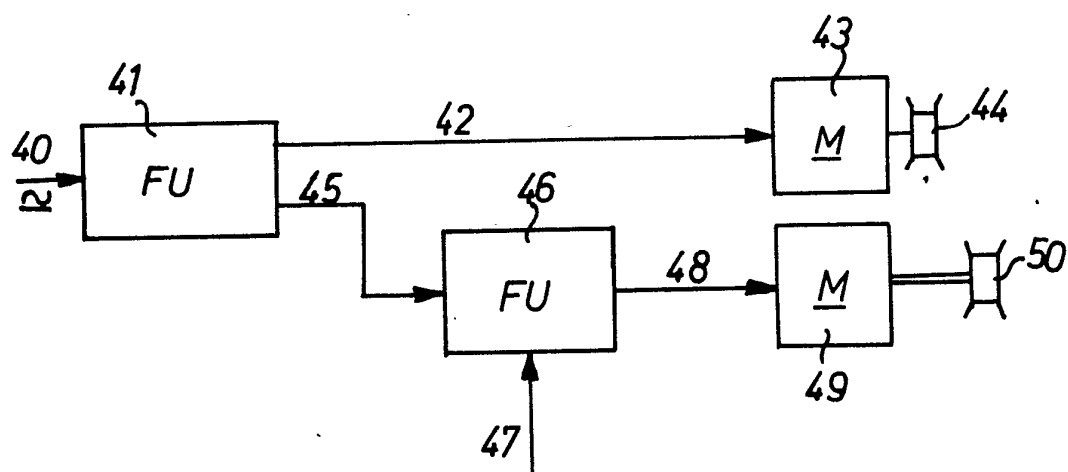
Die Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, das sich von den anderen Ausführungsbeispielen der Figuren 1 und 4 beträchtlich unterscheidet. In der Figur 5 wird kein Antriebsmotor 3 für den gesamten Antrieb und kein Getriebe 1 benötigt, sondern ein Frequenzumformer 41, der von der Speisespannung 40 gespeisen wird. Die Speisespannung kann die normale Stromversorgung mit einer Wechselspannung von 50 Hz oder 60 Hz oder eine Gleichspannung sein. Im letzteren Falle wird an Stelle des Frequenzumformers 41 ein Wechselrichter genommen. Frequenzumformer und Wechselrichter sind bekannt und werden von einschlägigen Herstellern im Handel angeboten. Daher werden sie an dieser Stelle nicht näher beschrieben. Beide geben an ihre Ausgänge eine bestimmte Leistung mit einer bestimmten Frequenz ab. Im Ausführungsbeispiel der Figur 5 ist ein Fre-

quenzumformer 41 vorgesehen. Dieser erzeugt eine Wechselspannung mit einer Leistung von 10–20 kW und einer bestimmten Frequenz von z. B. 100 Hz, und versorgt über Leitung 42 einen Synchronmotor 43, der über sein Abtriebsrad 44, den Treibriemen 4, die Antriebsräder 26 und Hülse 24 der Einrichtungen 20, 35 bewegt (Figuren 3 und 4). Die Drehgeschwindigkeit des Synchron-Motors 43 wird durch die Frequenz auf der Leitung 42 gesteuert. Der Frequenzumformer 41 gibt die gleiche Frequenz von z. B. 100 Hz mit einer kleineren Leistung auf die andere Leitung 45 zu einem zweiten Frequenzumformer 46. Wenn auf der Steuerleitung 47, die mit einem nicht gezeichneten Steuerkreis verbunden ist, keine Steuersignale vorliegen, gibt der zweite Frequenzumformer 46 die Frequenz ungeändert über Leitung 48 weiter an einen zweiten Synchron-Motor 49, der über sein Abtriebsrad 50, den Treibriemen 18, die Antriebsräder 31 und Wellen 25 der Einrichtungen 20, 35 in Drehung versetzt (Figuren 3 und 4). Die Hülse 24 und Wellen 25 der Einrichtungen 20, 35 haben die gleiche Drehgeschwindigkeit, weil die beiden Motoren 43, 49 mit der gleichen Frequenz gespeisen werden. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die Antriebsräder 26, 31 der in Figur 3 gezeigten Einrichtung 20 und die Abtriebsräder 44, 50 der in Figur 5 gezeigten Synchron-Motoren 43, 49 den gleichen Durchmesser haben. Die genannten Räder können Nuten haben in die die Zähne der Treibriemen 4, 18 eingreifen.

Zur Einstellung oder Veränderung der Exzentrizität der orbitalen Bewegung des Maschinentisches 21 erscheint auf der Steuerleitung 47 ein Steuersignal, das die Frequenz im zweiten Frequenzumformer 46 ändert. Eine Steuerschaltung, die ein Steuersignal erzeugt, ist z. B. in dem CH-Patentgesuch No. 7432/82–6 (82–110) beschrieben. Der zweite Synchronmotor 49 erhält über Leitung 48 die geänderte Frequenz und hat am Abtriebsrad 50 eine andere Drehgeschwindigkeit relativ zum Abtriebsrad 44 des ersten Synchron-Motors 43. Über den Treibriemen 18 haben die Wellen 25 der Einrichtungen 20, 35 eine andere Drehgeschwindigkeit relativ zu den Hülse 24, sodass die Kurbelzapfen 29 der Welle 25 eine andere Position einnehmen. Da die Exzentrizität nur während der Zeit der unterschiedlichen Drehgeschwindigkeit von Hülse 24 und Welle 25 eingestellt oder geändert wird, wird das Steuersignal über Steuerleitung 47 nur solange an den zweiten Frequenzumformer 46 gelegt, bis der gewünschte Betrag der Exzentrizität erreicht ist. Die Detektion dieses IST-Wertes erfolgt über die Sensoren 32 der Figur 3, die den IST-Wert in einen Komparator der nicht gezeichneten Steuerschaltung geben. Sobald die Übereinstimmung der SOLL- und IST-Werte der Exzentrizität erreicht ist, wird das Steuersignal auf Leitung 47 entfernt. Der zweite Frequenzumformer 46 versorgt nun den zweiten Synchron-Motor 49 mit der gleichen Frequenz, die der erste Synchron-Motor 43 vom ersten Frequenzumformer 41 erhält, sodass die Hülse 24 und Welle 25 der Einrichtungen wieder die gleiche Geschwindigkeit haben.

Mit der Schaltung der Figur 5 kann die Exzentrizität nach einem bestimmten Muster zyklisch geändert werden. Wenn z. B. das Werkstück auf der in der X-Achse des Maschinentisches 21 liegenden Seite weniger stark geschliffen werden soll als auf der in der Y-Achse liegenden Seite, so muss bei jedem Umgang die Exzentrizität in der Y-Achse einen grösseren Betrag haben als in der X-Achse. Der Maschinentisch 21 macht eine orbitale Bewegung in Form einer Ellipse. Bei jedem Umgang des Maschinentisches 21 werden zwei verschiedene Exzentrizitäts-Werte eingestellt. Die orbitale Bewegung kann auf diese Art und Weise die Kurven eines grossen Teiles der Lissajous-Figuren beschreiben.



**Fig. 2****Fig. 5**

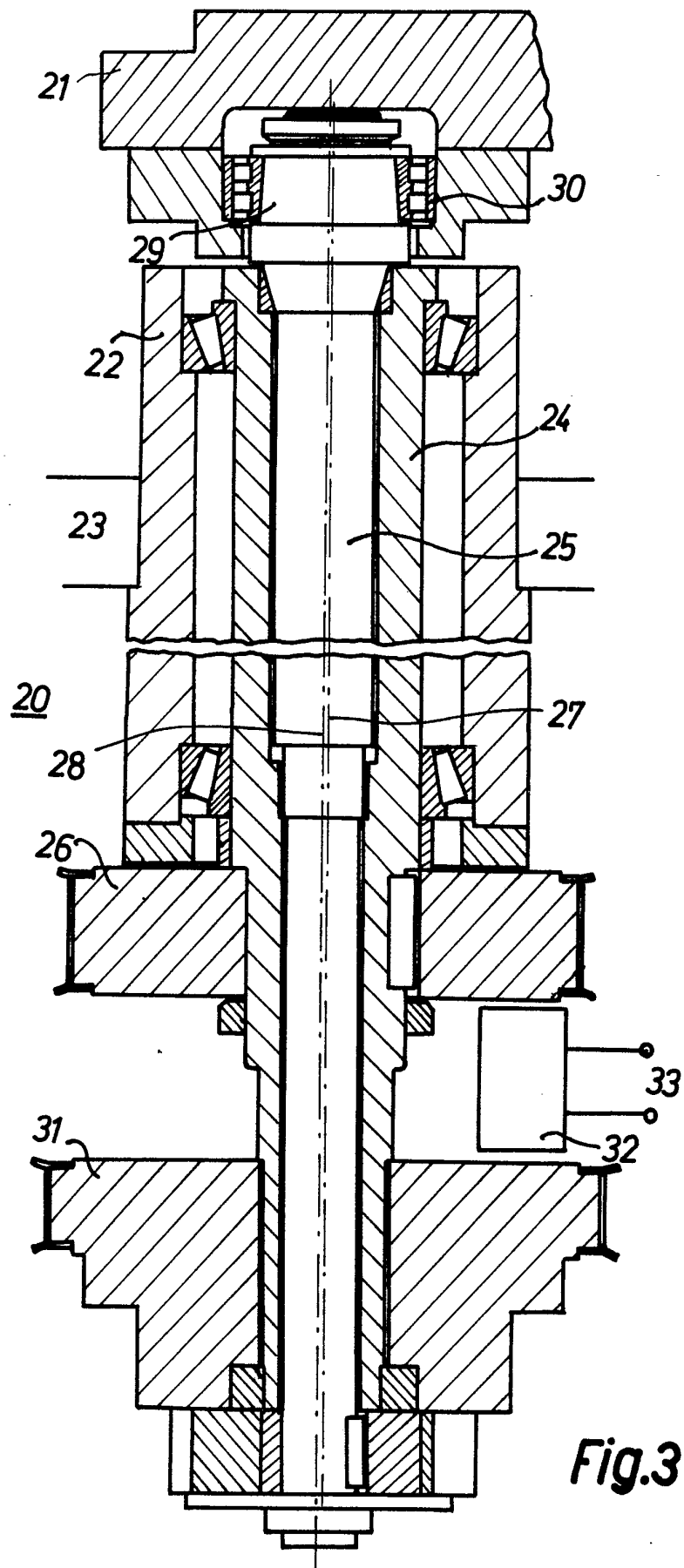


Fig.3

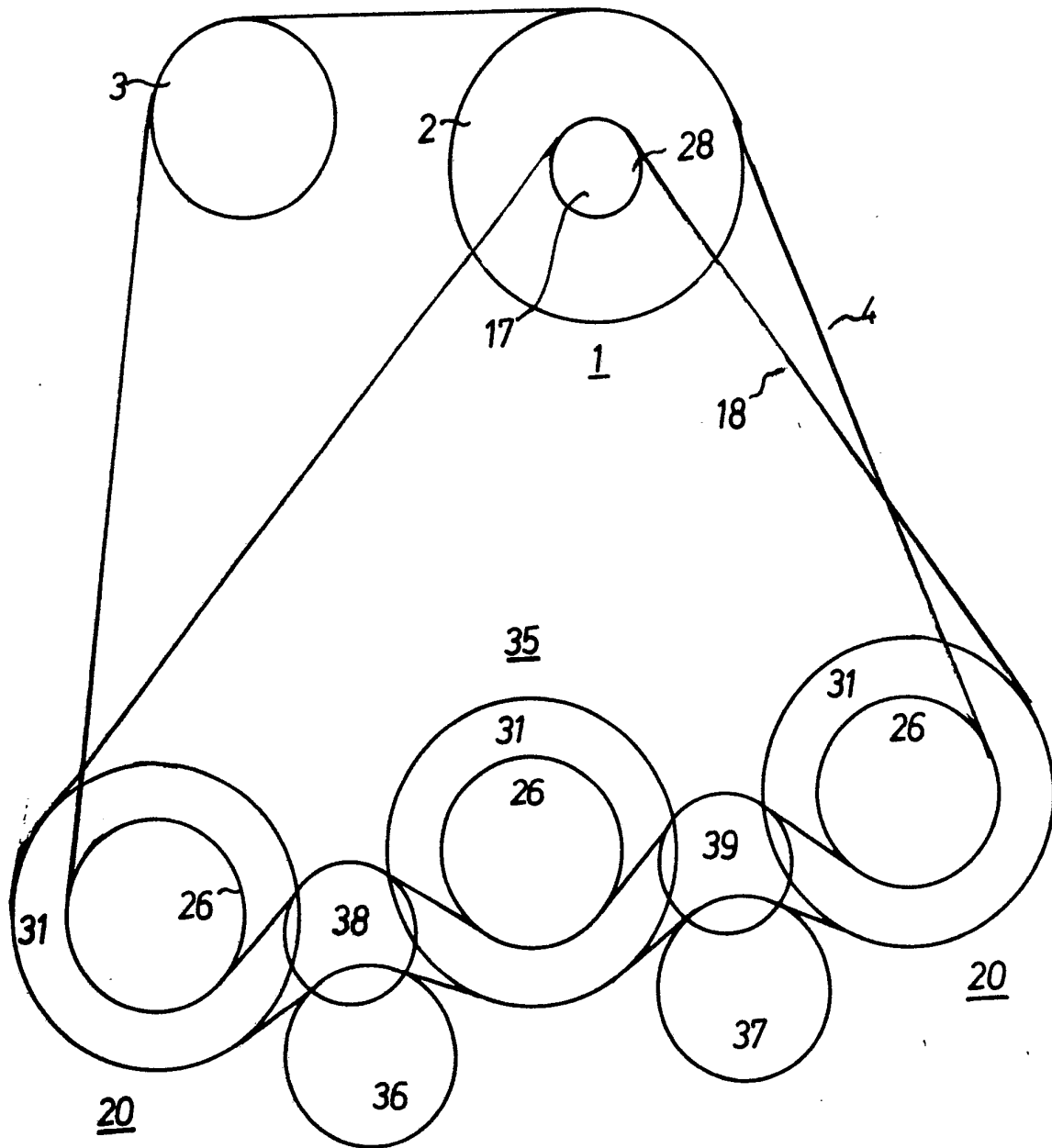


Fig.4