

(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 275 632 A1

4(51) B 23 F 5/02
B 23 Q 15/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 23 F / 320 134 8 (22) 26.09.88 (44) 31.01.90

(71) VEB WMK „7. Oktober“ Berlin – Stammbetrieb, Gehringstraße 39, Berlin, 1120, DD
(72) Borchardt, Folker, Dr. sc. techn.; Kreller, Harry, Dipl.-Ing.; Thiede, Josef; Ulrich, Hans-Joachim, Dipl.-Ing.; DD

(54) Einrichtung zum automatischen Positionieren einer Zahnücke eines Zahnrades

(55) Positionieren, Doppelkegelschleifkörper, Zahnücke, Einlücksensor, Steuereinheit, Zahnrad, Kollision, Antriebe, Lageregelung, Polarität

(57) Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Positionieren einer Zahnücke eines Zahnrades zu einem Schleifkörper zu automatisieren, um eine Kollision zwischen Schleifkörper und Zahnrad beim Einrichten zu vermeiden. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß zwischen dem Zahnrad 2 und dem Doppelkegelschleifkörper 5 ein Einlücksensor 6 angeordnet ist, der mit einer gegensinnigen Polarität ausgestattet ist. Die Achsen C, X, V und Y besitzen lagegeregelter Antriebe 3; 4; 13; 14 und werden von der Steuereinheit 15 entsprechend der Anstellung des Einlücksensors 6 zur Zahnücke gesteuert. Fig. 1

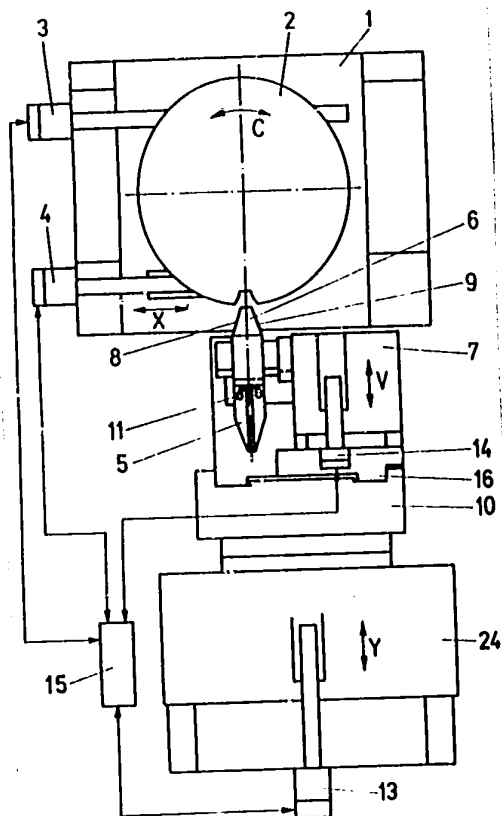


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Einrichtung zum automatischen Positionieren einer Zahnücke eines Zahnrades zu einem Bearbeitungswerkzeug einer Zahnradbearbeitungsmaschine, vorzugsweise einer im Teilwälzverfahren arbeitenden Zahnradschleifmaschine mit einem doppelkegelförmigen Schleifkörper, wobei das Zahnrad auf einem mit einem Rundtisch versehenen Schlitten aufgespannt ist und die rotatorische und translatorische Bewegung des Zahnrades sowie die radiale Zustellbewegung des Bearbeitungswerkzeuges zum Zahnrad lagegerechte elektronische Antriebe aufweisen, gekennzeichnet dadurch,
 - daß ein zum Doppelkegelschleifkörper (5) zentrierter und zum Zahnrad (2) gerichteter Einlücksensor (6) mit zwei Ausgangsspannungen (U_{LF} ; U_{RF}) einem Differenzverstärker (17) vorgeschaltet ist, dessen Differenzspannung (ΔU) an einem Gleichrichter (31), einem Speicher (35) und einem Mittenregler (30) anliegt,
 - daß am Ausgang des Gleichrichters (31) in paralleler Anordnung ein Trigger (32) und ein Trigger (33) nachgeordnet sind, wobei der Trigger (32) eingangsseitig und der Trigger (33) eingangs- und ausgangsseitig mit der Steuereinheit (15) verbunden sind,
 - daß an dem Speicher (35) eingangsseitig ein Meßsystem (27) und die Steuereinheit (15) anliegt und am Ausgang des Speichers (35) eine Auswerteeinheit (34) anliegt, die eingangs- und ausgangsseitig mit der Steuereinheit (15) verbunden ist,
 - daß der Ausgang des Mittenreglers (30) an einem mit dem Ausgang eines Sollwertgenerators (18) verbundenen Addierer (37) anliegt und der Mittenregler (30) einen Eingang der Steuereinheit (15) aufweist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Addierer (37) zwischen dem Sollwertgenerator (18) und dem Regler (21) angeordnet ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Steuereinheit (15) eingangs- und ausgangsseitig mit den Sollwertgeneratoren (18; 19; 20; 25) verbunden ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Ausgang des Einlücksensors (6) eine gegensinnige Polarität aufweist.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist anwendbar zum automatischen Positionieren einer Zahnücke zu einem Bearbeitungswerkzeug bzw. zu einem Meßmittel, vorzugsweise auf einer im Teilwälzverfahren arbeitenden Zahnradschleifmaschine mit einem doppelkegelförmigen Schleifkörper.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Das manuelle Einlücken eines Schleifkörpers in die Zahnücke eines Zahnrades ist personalintensiv und erfordert eine große Aufmerksamkeit, um eine Kollision zwischen Schleifkörper und Zahnflanke zu vermeiden. Mit größer werdendem Durchmesser des Zahnrades wird der Sichtkontakt zur Anstellung Schleifkörper-Zahnflanke immer unsicherer und die Gefahr einer Kollision steigt an.

Bekannt sind mechanische Fixiereinrichtungen, die im Bereich des Werkstückträgers oder des Werkzeugträgers angeordnet sind, um die Lage der Zahnücke dem Schleifkörper zuzuordnen. Diese Einrichtungen sind nicht geeignet bei einem wechselnden Werkstückprogramm, bei dem die Fixiereinrichtung dem Durchmesser, dem Modul und der Zähnezahl angepaßt werden muß. Nach einer bekannten Ausführung (DD-WP 247796) erfolgt das Einlücken des Schleifkörpers durch die Kombination einer langsamen radialen Schleifkörperzustellung und einer tangentialen Werkstückzustellung durch Drehung desselben, bei gleichzeitiger Analyse der aufgenommenen Schleifkörperantriebsleistung. Nach entsprechender signifikanter Änderung der benötigten Schleifmotorantriebsleistung wird über einen definierten Bewegungsalgorithmus versucht, die Stellung des Schleifkörpers zum Werkstück durch die Analyse bezüglich Schleifleistungserhöhung/Schleifleistungsverminderung zu detektieren. Ein Soll-/Istwertvergleich der Radialposition des Werkzeuges zum Formkreis des Werkstückes ermöglicht, im Zusammenhang mit der Analyse der benötigten Schleifmotorantriebsleistung, die Bestimmung der Spielauslage/Drehwinkelstellung für die Bestimmung der Anfunkeposition des Werkzeuges.

Nachteilig an der o. g. Lösung ist die sehr geringe Empfindlichkeit des Meßverfahrens, sowie die hohe Gefährdung von Werkzeug und Werkstück im Falle einer technischen Instabilität. Des weiteren sind hohe Reaktionsgeschwindigkeiten zur Steuerung der Maschine mit einer Reihe von Maßnahmen zur Kompensation der durch die Bewegungsänderungen entstehenden Massenkkräfte notwendig.

In einer anderen bekannten Ausführung (DD-WP 153 196) wird über Sensoren die Berührung des Schleifkörpers flankenbezogen erkannt; hierbei erfolgt eine langsame, wiederholbare Wälzvorschubbewegung und eine kontinuierliche Zustellbewegung des Schleifkörpers.

Diese Lösung hat den Nachteil, daß wiederum eine hohe Gefährdung von Werkzeug und Werkstück vorhanden ist, wenn Fehlfunktionen innerhalb des Funktionsablaufes auftreten. Außerdem ist ein hoher Zeitaufwand für den Einrichtvorgang notwendig.

Eine weitere bekannte Ausführung (DE-PS 36 5365) beinhaltet, daß das erste zu fertigende Werkstück von Hand zum Werkzeug ausgerichtet wird und nach Betätigung der Wälzkopplung durch einen Sensor die Lage der Zahnköpfe in Abhängigkeit von den geometrischen und kinematischen Verhältnissen in einem Lernvorgang gespeichert wird. Bei den nachfolgenden Werkstücken wird die Phasenlage der am Sensor vorbei bewegten Zahnköpfe ermittelt und mit den im Lernvorgang gespeicherten Werten verglichen. Nach automatischer Herstellung einer Bewegungskoinzidenz wird das Werkzeug eingespurt und die Bearbeitung begonnen.

Diese Vorgehensweise ist für eine Losstückzahl = 1 nicht geeignet, da das erste Werkstück von Hand einzurichten ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist, die Einrichtzeiten zum Anstellen der Zahnflanke an den Schleifkörper zu verkürzen und die Sicherheit des Einrichtvorganges zu gewährleisten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Einlücken eines Schleifkörpers in eine Zahnücke zu automatisieren und eine Kollision zwischen Werkzeug und Zahnrad beim Einrichtvorgang zu vermeiden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein zum Doppelkegelschleifkörper zentrierter und zum Zahnrad gerichteter Einlückensensor mit zwei Ausgangsspannungen einem Differenzverstärker vorgeschaltet ist, dessen Differenzspannung an einem Gleichrichter, einem Speicher und einem Mittenregler anliegt. Am Ausgang des Gleichrichters sind in paralleler Anordnung ein Berührungstrigger und ein Entfernungstrigger nachgeordnet, wobei der Berührungstrigger eingangsseitig und der Entfernungstrigger eingangs- und ausgangsseitig mit der Steuereinheit verbunden sind.

An dem Speicher liegt eingangsseitig ein Meßsystem und die Steuereinheit an. Am Ausgang des Speichers ist eine Auswerteeinheit angeordnet, die eingangs- und ausgangsseitig mit der Steuereinheit verbunden ist. Des weiteren sieht die Einrichtung vor, daß der Ausgang des Mittenreglers an einem mit dem Ausgang eines Sollwertgenerators verbundenen Addierer anliegt und der Mittenregler einen Eingang der Steuereinheit aufweist. Der Addierer ist zwischen dem Sollwertgenerator und dem Regler angeordnet.

Die Steuereinheit ist eingangs- und ausgangsseitig mit den Sollwertgeneratoren verbunden, diesen sind Regler der Lagerregelkreise der Achsen nachgeordnet.

Der Einlückensensor besitzt an seinen Meßflächen zur Zahnücke eine gegensinnige Polarität, die mit zwei Ausgängen auf einen Differenzverstärker gegeben wird.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: Darstellung der Einrichtung in der Draufsicht

Fig. 2: Seitliche Darstellung zu Fig. 1 mit der Einschwenkeinheit für den Einlückensensor

Fig. 3: Anordnung zur Steuerung der Achsen der Einrichtung

Auf dem Rundtisch eines Bettschlittens 1 einer Teilwälzschleifmaschine ist ein Zahnrad 2 aufgespannt und wird durch einen Antrieb 3 rotatorisch und durch Antrieb 4 translatorisch bewegt.

An einem radial zum Zahnrad 2 durch den Antrieb 13 zustellbaren Ständer 24 ist ein Drehteil 10 angeordnet, das in seinen Führungen einen Stößel 16 aufnimmt, der in Richtung der Flankenlinie des Zahnrades 2 eine Arbeitsbewegung ausführt. In einer unteren Position des Stößels 16 ist ein Schleifschlitten 7 mit einer Schleifspindel und dem Doppelkegelschleifkörper 5 angeordnet. Die Zustellung des Schleifschlittens 7 erfolgt radial zum Zahnrad 2 durch den Antrieb 14. Fluchtend zum Doppelkegelschleifkörper 5 ist ein Einlückensensor 6 angeordnet, der durch eine Einschwenkeinheit 12 positioniert wird und sich zwischen dem Zahnrad 2 und dem Doppelkegelschleifkörper 5 befindet. Die Position zum Doppelkegelschleifkörper 5 wird durch eine Zentriereinheit 11 erreicht, die vorzugsweise mit berührenden Elementen die Kegelmantelfläche des Doppelkegelschleifkörpers 5 formschlüssig kontaktiert.

Zur Steuerung der Bewegungsabläufe der Baueinheiten ist eine Steuereinheit 15 vorgesehen. Durch die Antriebe 13 und 14 erfolgt eine radiale Zustellung des Einlückensensors 6 zum Zahnrad 2. Außerdem wird durch die Steuereinheit 15 das Zahnrad 2 über den Antrieb 4 in eine fluchtende Mittenposition zum eingeschwenkten Einlückensensor 6 gefahren und durch den Antrieb 3 in eine Dauerdrehbewegung versetzt. Die horizontale Lage des Einlückensensors 6 zum Zahnrad 2 erfolgt durch eine Einstellung der Hublage des Stößels 16.

Der mit einer gegensinnigen Polarität (tangentiale Meßeinheiten 8; 9) ausgestattete Einlückensensor 6 ist an einem Differenzverstärker 17 angeschlossen. Dieser wiederum ist mit einem Gleichrichter 31, dem Speicher 35 und dem Mittenregler 30 verbunden.

Die Lageregelkreise für die Drehbewegung des Zahnrades 2, des Schleifschlittens 7, bzw. des Ständers 24 und des Bettschlittens 1 werden gebildet durch Regler 21; 22; 36; 23, Antriebe 3; 14; 13; 4 und Meßsysteme 27; 28; 26; 29. Den Reglern 21; 22; 36; 23 sind die Sollwertgeneratoren 18; 19; 25; 20 vorgeschaltet, die eingangs- und ausgangsseitig mit der Steuereinheit 15 verbunden sind. Der Sollwertgenerator 13 und der Mittenregler 30 werden durch den Addierer 37 verknüpft und auf den Regler 21 geschaltet. Am Gleichrichter 31 sind der Berührungstrigger 32 und der Entfernungstrigger 33 angeschlossen und weiter an die Steuereinheit 15 geführt, wobei der Trigger 33 auch eingangsseitig an der Steuereinheit 15 anliegt. Dem Speicher 35 nachgeschaltet ist die Auswerteeinheit 34, die eingangs- und ausgangsseitig mit der Steuereinheit 15 verbunden ist.

Von der Steuereinheit 15 bestehen Verbindungen zum Mittenregler 30 und zum Speicher 35. Der Speicher 35 ist eingangsseitig mit dem Meßsystem 27 verbunden.

Funktionsablauf

Die Einrichtung zum automatischen Positionieren setzt lagegeregelter Achsen für die Drehbewegung des Zahnrades 2 (C), des Schleifschlittens 7 (V), des Ständers 24 (Y) und des Bettschlittens 1 (X) voraus. Die Lageregelkreise bestehen aus den Reglern 21; 22; 36; 23, den Antrieben 3; 14; 13; 4 und den Meßsystemen 27; 28; 26; 29. Die Sollwerte für die Regler 21; 22; 36; 23 werden durch die Sollwertgeneratoren 18; 19; 25; 20, die die Steuereinheit 15 manipuliert, vorgegeben. Beim Positionieren des Einlücksensors 6 in eine Zahnücke wird die Stellgröße des Mittenreglers 30 mit dem Wert des Sollwertgenerators 18 durch den Addierer 37 verknüpft und dem Regler 21 als Sollwert vorgegeben.

Der Mittenregler 30 hat integrales Verhalten und beeinflußt, in Abhängigkeit der Differenzspannung Δu , die Drehbewegung des Zahnrades 2 zum Einführen des Einlücksensors 6 in eine Zahnücke. Die Differenzspannung Δu wird gebildet in Abhängigkeit von den Abständen der tangentialen Meßeinheiten 8; 9 zu den Flanken des Zahnrades 2 und im Differenzverstärker 17 aufbereitet.

Der Mittenregler 30 kann über die Steuereinheit 15 zu- oder abgeschaltet werden.

Im Speicher 35 wird die Differenzspannung Δu in Abhängigkeit von der Drehposition des Zahnrades 2 gespeichert und durch die Auswerteeinheit 34 in Werkstückparameter gewandelt, die bei Bedarf ausgelesen werden können. Beide Komponenten werden durch die Steuereinheit 15 manipuliert.

Ein zu starkes Annähern des Einlücksensors 6 an das Zahnrad 2 bis zur Berührung führt zu einer hohen Differenzspannung Δu und wird über Trigger 32 signalisiert. Da die Annäherung an eine linke bzw. rechte Flanke gegenläufig Polarität der Differenzspannung Δu hervorruft, ist ein Gleichrichter 31 notwendig. Die gleichgerichtete Differenzspannung Δu wird weiterhin auf einen programmierbaren Trigger 33 geführt, mit dem ein Annähern des Einlücksensors 6 auf eine vorgegebene radiale Distanz zum Zahnrad 2 signalisiert wird. Die Steuereinheit 15 hat die Aufgabe, den Steuerungsablauf für die einzelnen Betriebsarten zu realisieren bzw. zu verknüpfen. Mit der Einrichtung lassen sich 3 Betriebsarten realisieren:

- BA 1

Annähern des Einlücksensors 6 an das Zahnrad 2 auf eine vorgegebene radiale Distanz zum Zahnkopf

- BA 2

Aufnahme des Verlaufes der Differenzspannung Δu des Einlücksensors 6 über den Weg der Drehbewegung des Zahnrades 2

- BA 3

Einführen des Einlücksensors 6 innerhalb des Kopfkreises des Zahnrades 2

Alle 3 Betriebsarten bedingen ein Ausrichten des Zahnrades 2 zum Einlücksensor 6 derart, daß die Zahnradmitte auf der verlängerten Mittellinie des Einlücksensors 6 liegt. Dies realisiert die Steuereinheit 15 über den Sollwertgenerator 20 durch Ausgabe einer festgelegten Position des Bettchlittens 1. Bei schrägverzahnten Rädern wird der Einlücksensor 6 mit dem Drehteil 10 entsprechend dem Schrägungswinkel des Zahnrades 2 geschwenkt.

BA 1

In der Betriebsart 1 wird ein definiertes radiales Annähern des Einlücksensors 6 an den Kopfkreis des Zahnrades 2, und damit ein radialer Bezug zwischen Schleifschlittenachse und Zahnrad 2, realisiert. Die vorgegebene Entfernung zwischen Einlücksensor 6 und Kopfkreis muß im Wirkungsbereich des Einlücksensors 6 liegen.

Ausgangszustand:

- Mittenregler 30 abgeschaltet
- Ständer 24 bzw. Schleifschlitten 7 mit Einlücksensor 8 zurückgefahren (außerhalb des Wirkungsbereiches zum Zahnrad 2)
- Zahnrad 2 über Bettchlitten 1 zum Einlücksensor 6 ausgerichtet

Ablauf:

Die Steuereinheit 15 gibt dem programmierbaren Trigger 33 einen Spannungswert vor, der der gewünschten Annäherung an den Kopfkreis des Zahnrades 2 entspricht.

Über den Sollwertgenerator 18 wird am Zahnrad 2 ein Dauerdrehen bzw. ein Pendeln über mindestens eine Teilung erzeugt. Anschließend erfolgt die radiale Zusetzung des Ständers 24 bzw. Schleifschlittens 7 zum Zahnrad 2 über den Sollwertgenerator 25 bzw. 19. Sobald der Einlücksensor 6 in den programmierten Entfernungsbereich eintaucht, wird dieses über den programmierbaren Trigger 33 der Steuereinheit 15 signalisiert und der Antrieb 14 bzw. der Antrieb 13 gestoppt.

BA 2

In der Betriebsart 2 wird die Differenzspannung Δu über den Weg der Drehbewegung des Zahnrades 2 aufgenommen und in der Auswerteeinheit 34 in Zahnradparameter wie Lückenmitte, Zähnezah und Rundlauffehler gewandelt.

Ausgangszustand:

- Ausführung BA 1
- Mittenregler 30 abgeschaltet

Ablauf:

Die Steuereinheit 15 erzeugt über den Sollwertgenerator 18 ein Drehen des Zahnrades 2 über eine volle Drehung. Gleichzeitig wird im Speicher 35 die alternierende Funktion $\Delta u = f(c)$ abgespeichert. Anschließend ermittelt die Auswerteeinheit 34 Lückenmitte, Zähnezah und Rundlauffehler. Die Lückenmitte ergibt sich aus den Nulldurchgängen der Differenzspannung Δu mit vorgegebenem Polaritätswechsel. Der Nulldurchgang mit entgegengesetztem Polaritätswechsel entspricht der Zahnkopfmitte.

Die Zähnezah ergibt sich aus der Anzahl der Zyklen (Lückenmitte–Zahnkopf–Lückenmitte von benachbarter Lücke). Der Rundlauffehler läßt sich aus der Amplitudendifferenz der Zyklen der Differenzspannung Δu ermitteln.

BA 3

In dieser Betriebsart läßt sich die Lückenmitte innerhalb des Kopfkreises ermitteln. Diese kann von der BA 2 ermittelten abweichen, aufgrund der unterschiedlichen Geometrie von linker und rechter Flanke.

Ausgangszustand:

- Aufnahme des Bezugs zwischen Schleifschlitten 7, bzw. Ständer 24 und Zahnrad 2 durch BA 1
- Ermitteln einer Lückenmitte durch BA 2

Ablauf:

Positionieren des Einlücksensors 6 im Wirkungsbereich außerhalb des Kopfkreises des Zahnrades 2 über den Sollwertgenerator 19 bzw. 25. Stellen des Zahnrades 2 auf eine nach BA 2 berechnete Lücke des Zahnrades 2 über den Sollwertgenerator 18. Anschließendes Einschalten des Mittenreglers 30.

Der Mittenregler 30 hat integrales Verhalten. Die durch den Mittenregler 30 integrierte Differenzspannung Δu wird additiv mit dem Wert des Sollwertgenerators 18 durch den Addierer 37 verknüpft und auf den Regler 21 des Zahnrades 2 geschaltet. Damit korrigiert der Mittenregler 30 den Sollwert c , für die Drehbewegung des Zahnrades 2, und damit die Drehbewegung des Zahnrades 2, solange, bis die Differenzspannung Δu gleich Null ist. Damit ist im Mittel die Entfernung der linken Flanke 8 des Einlücksensors 6 zur linken Flanke der Zahnücke gleich der Entfernung der rechten Flanke 9 des Einlücksensors 6 zur rechten Flanke der Zahnücke.

Nun kann der Einlücksensor 6 mittels Ständer 24 bzw. Schleifschlitten 7 bis maximal zum Fußkreis in die Lücke eingefahren werden. Der Mittenregler 30 sorgt dabei ständig für die Zentrierung des Einlücksensors 6 durch Drehung des Zahnrades 2. Nach Abschluß der radialen Zustellung kann die Zahnradposition als Bezugsposition für eine Lückenmitte innerhalb des Kopfkreises abgespeichert werden.

Bei allen Betriebsarten ist über Berührungstrigger 32 eine Schutzwirkung gewährleistet. Bei zu starker Annäherung bzw. bei Berührung des Einlücksensors 6 mit dem Zahnrad 2 ergibt sich eine sehr hohe Differenzspannung Δu , die über den Berührungstrigger 32 der Steuereinheit 15 signalisiert wird. Die Steuereinheit 15 stoppt sofort jegliche Achsbewegungen und bricht den Positioniervorgang ab.

Mit der erfindungsgemäßen Einrichtung wird erreicht, daß das Positionieren einer Zahnücke zum Schleifkörper in einer kurzen Zeit und einer hohen Präzision durchgeführt werden kann. Die Einrichtung ist besonders bei relativ großen Zahnrädern von Vorteil, da bei größer werdenden Zahnraddurchmessern der Sichtkontakt vom Bediener zur Zahnücke abnimmt. Weitere Vorteile ergeben sich dadurch, daß mit der Einrichtung die Zähnezah und der Rundlauf des Zahnrades nach dem Aufspannen auf dem Rundtisch überprüft werden können.

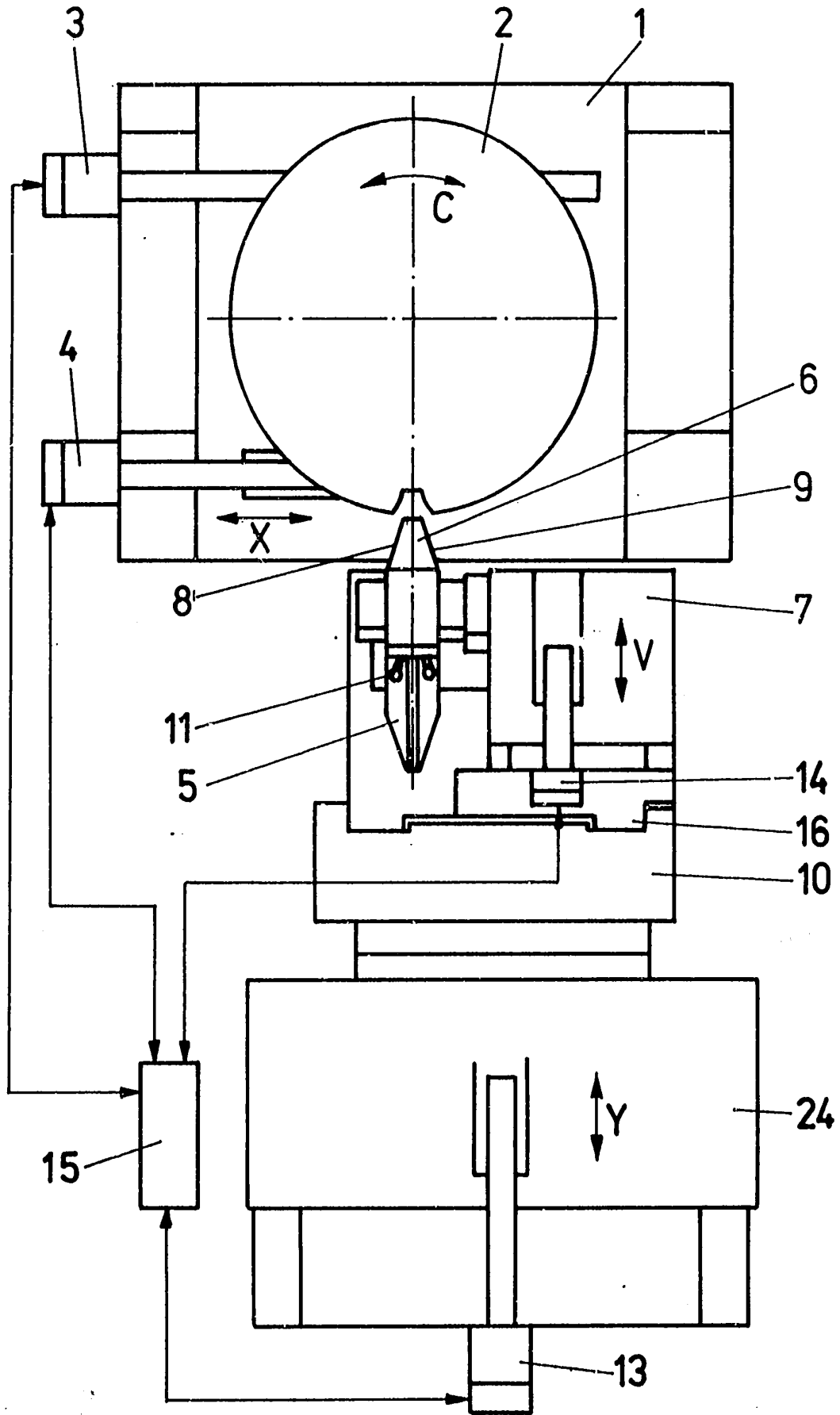


Fig.1

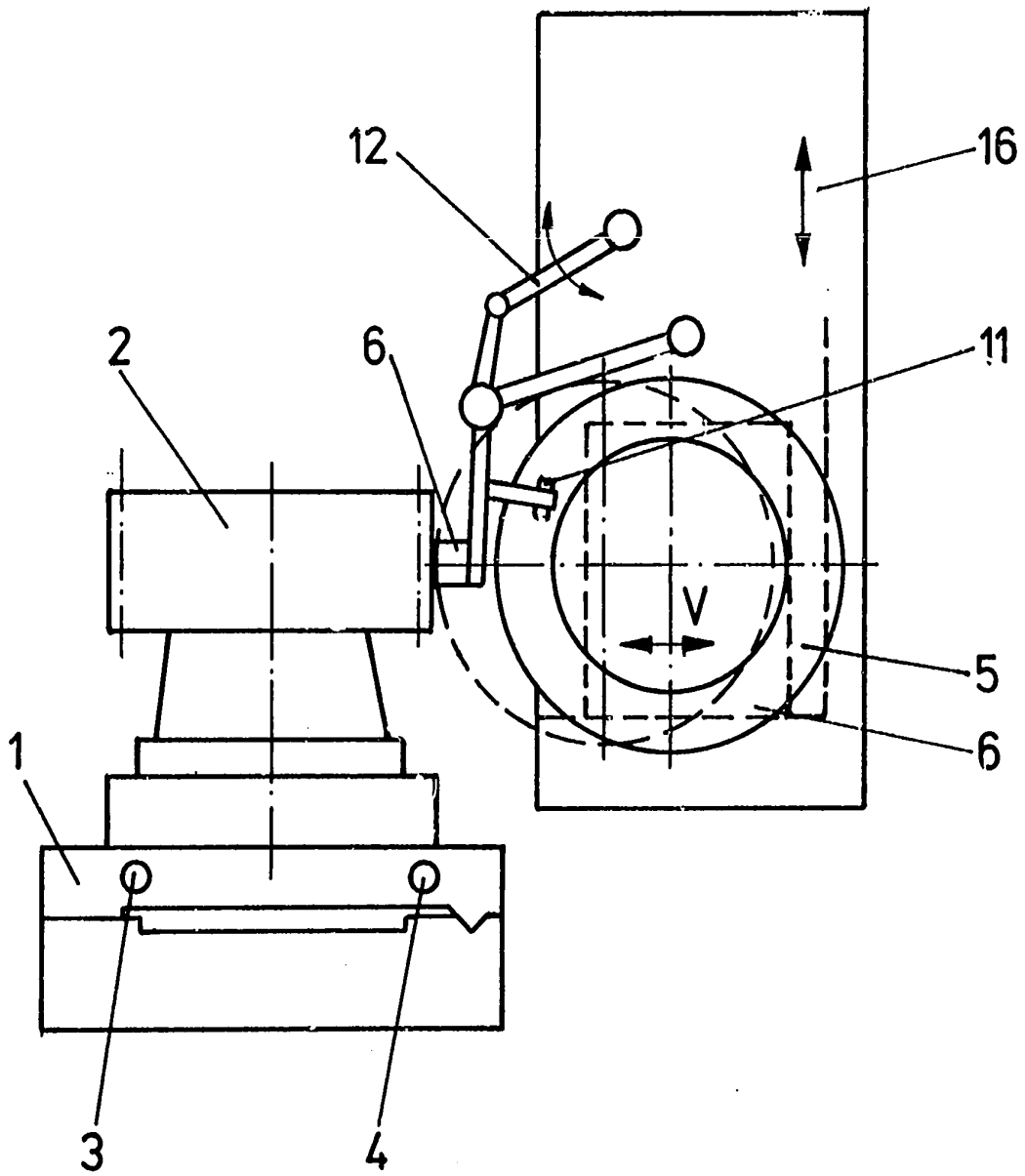


Fig. 2

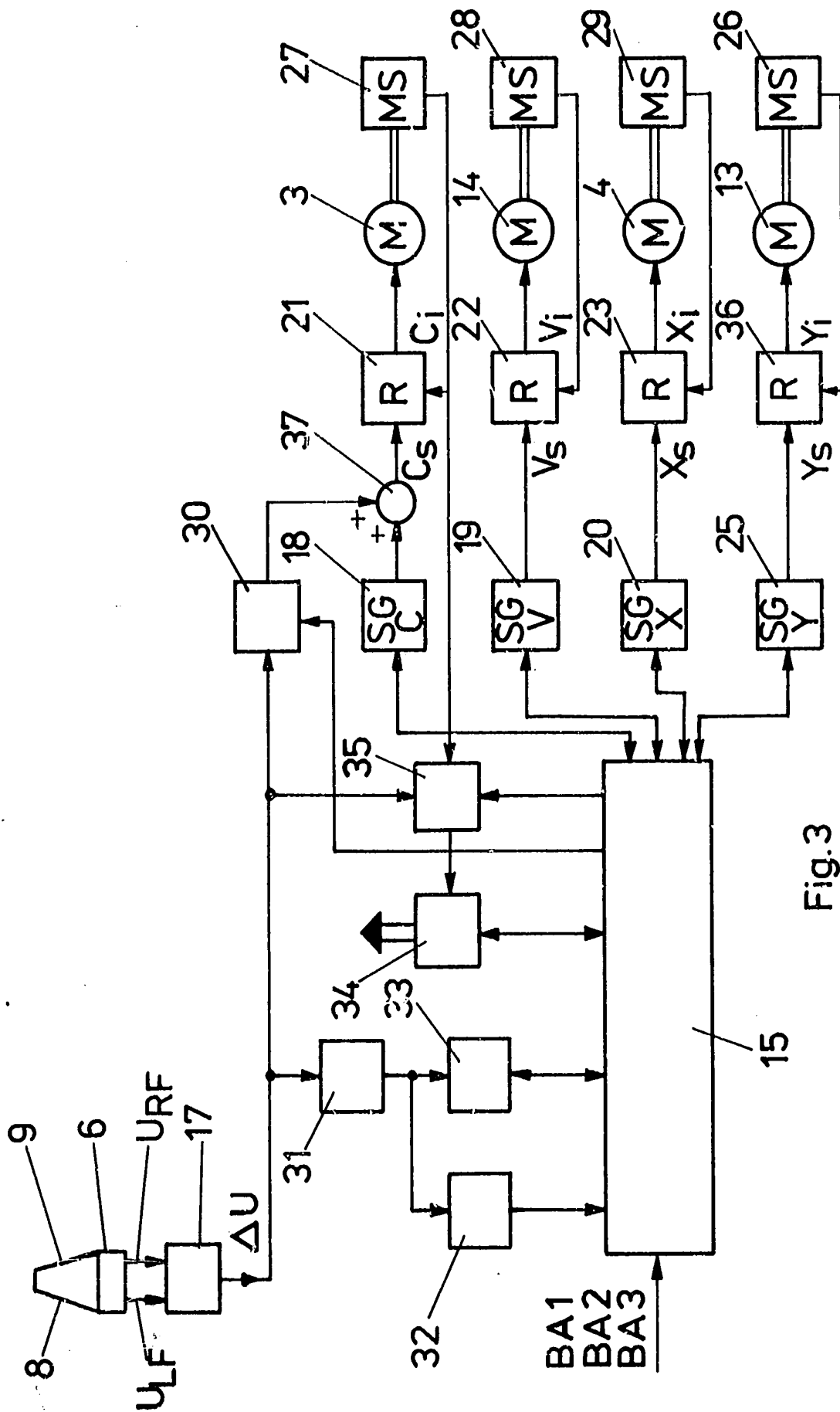


Fig.3