



CH 683975 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 683975 A5

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>: B 23 Q 5/06  
F 16 H 27/06

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 2180/91

㉒ Anmeldungsdatum: 22.07.1991

㉔ Patent erteilt: 30.06.1994

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.06.1994

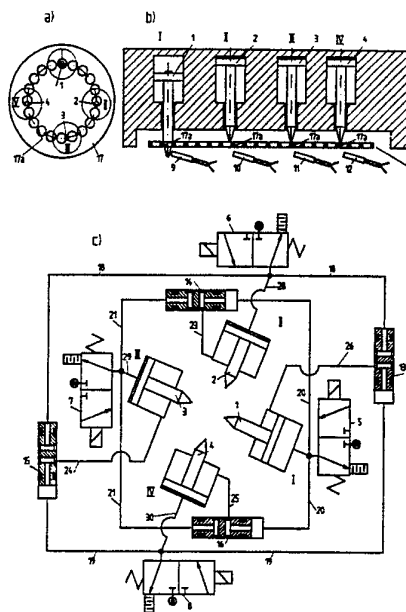
⑦③ Inhaber:  
Charles Richiger AG, Steffisburg 2 Station

⑦② Erfinder:  
Richiger, Jacques, Heimberg

⑦④ Vertreter:  
François W. Gasser, c/o Novator AG, Zürich

⑤④ **Schrittmotor, insbesondere als Stellglied für Maschinenkomponenten.**

⑤⑦ Elektro-mechanische Schrittmotoren weisen den Nachteil auf, dass ihre Konstruktion und Steuerung sehr aufwendig sind, sofern die Schrittmotoren in jedem Augenblick während eines Schrittes und dazwischen selbst ohne angelegte elektrische Versorgung blockiert sein sollen und ihre relative Drehlage auch nach einem Stromausfall ohne Zurückfahren des Motors in eine Eichlage jederzeit rekonstruierbar sein soll. Der erfindungsgemässe Schrittmotor beseitigt diese Nachteile und basiert auf elektro-pneumatischen und pneumatischen Elementen in Form von Arbeitszylindern (1-4) und Ventilen (5-8 und 13-16) zu deren Steuerung. Notwendigenfalls können elektrische oder elektronische Quittierschalter (9-12) die korrekte Ausführung jeder Hubbewegung der Arbeitszylinder (1-4) an die nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildende elektronische Steuerung zurückmelden. Ein abwechselungsweises Vorschieben und Zurückziehen der einzelnen Arbeitskolben (1-4) in Bohrungen (17a) eines Rotors (17) ermöglichen dessen schrittweise Verdrehung unter ständiger mechanischer Verriegelung während und zwischen den einzelnen Schritten.



CH 683975 A5

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schrittmotor, insbesondere als Stellglied für Maschinenkomponenten, gemäss dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Im Maschinenbau wird immer häufiger gefordert, dass sich Maschinen und Apparate auf ein externes Signal hin selbständig auf vorbestimmte Werte einstellen. Bis jetzt konnte diese Forderung nur mit elektrischen Stellantrieben, seien es Schritt- oder Gleichstrommotoren, erfüllt werden. Beide Antriebsarten benötigen eine relativ aufwendige Elektronik und der Gleichstromantrieb zusätzlich ein Messsystem. Dadurch entstehen, vor allem wenn mehrere einzustellende Achsen vorhanden sind, hohe Vorrichtungs- und Steuerungskosten, da es neben den elektronischen Steuerungen für die Motoren noch eine zusätzliche Elektronik braucht, die den Motorsystemen übergeordnet ist. Beide bekannten Antriebssysteme müssen nach einem Spannungsunterbruch in den meisten Fällen vor der Einstellung auf die vorbestimmten Werte in eine vorher definierte Ausgangsposition gebracht werden. Falls die elektrischen Antriebe nicht mit einer Haltebremse versehen sind, werden diese bei einem Spannungsunterbruch frei. Falls grosse Stellkräfte gefordert sind, benötigt es entsprechend grosse Motoren oder Untersetzungsgetriebe.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei Stellgliedern, bei denen die Geschwindigkeit der Einstelloperation vernachlässigbar ist, die Nachteile der bekannten elektrischen Stellglieder zu überwinden und einen Schrittmotor vorzuschlagen, dessen radiale Position gegenüber einer Eichlage auch nach einem Stromunterbruch definiert ist.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch einen pneumatischen Schrittmotor gelöst, wie er in Patentanspruch 1 definiert ist.

Gegenüber den bekannten elektrischen Antrieben und Stellgliedern in Form von Schrittmotoren hat der erfindungsgemässe pneumatische Schrittmotor im wesentlichen folgende Vorteile.

1. Der Motor ist ununterbrochen und in jeder Stellung blockiert. Dies gilt sowohl bei Spannungsunterbruch wie auch bei einem Zusammenbruch der Druckluft oder bei beidem zusammen. Dadurch ist eine separate Haltebremse nicht erforderlich. Der Motor kann ohne Energiezufuhr monatelang in der letzten Position verbleiben, ohne dass sich diese verändern lässt oder vergessen geht.

2. Falls die nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildende elektronische Motorsteuerung nicht vergisst, wo der Motor steht, ist es nicht nötig, nach einem Unterbruch der Energiezufuhr, den Motor in eine definierte Ausgangs- oder Eichlage zurückzuführen, bevor er wieder positioniert werden kann.

3. Durch eine positive Rückmeldung der Kolbenbewegungen kann der Motor in jeder Stellung blockiert werden, ohne dass er Schaden nimmt oder Bewegungsimpulse verliert.

4. Neben der speicherprogrammierbaren Steu-

5 rung (SPS), die im Normalfall sowieso zur Steuerung der Maschine benötigt wird, braucht der erfindungsgemässe pneumatische Schrittmotor keine zusätzliche Elektronik. Pro erfindungsgemässen Schrittmotor genügen je vier elektrische Aus- und Eingänge der Steuerelektronik. Für einen Programmierer von speicherprogrammierbaren Steuerungen ist die Steuerung eines erfindungsgemässen Schrittmotors unproblematisch. Die Drehrichtung des Schrittmotors wird durch die Folge der Ausgangssignale gegeben, z.B. Ausgang 1 – Ausgang 2 – Ausgang 3 – Ausgang 4 = rechtsdrehend und Ausgang 4 – Ausgang 3 – Ausgang 2 – Ausgang 1 = linksdrehend

15 5. Als Spannungsversorgung genügt eine übliche Versorgungsspannung für elektro-pneumatische Steuerelemente, d.h., die Spannung kann den jeweils gewünschten Verhältnissen angepasst werden.

20 6. Im Verhältnis zur Grösse gibt der erfindungsgemässe pneumatische Schrittmotor hohe Stellmomente ab.

25 7. Ein Explosionsschutz ist problemlos realisierbar.

8. Die Auflösung eines erfindungsgemässen pneumatischen Schrittmotors ist abhängig von der Ausführung von dessen Rotor und kann typischerweise 4,5° pro Schritt betragen. Andere Auflösungen, z.B. 1,8°, sind problemlos möglich.

30 9. In einer besonderen Ausführungsvariante kann der erfindungsgemässe Schrittmotor auch zur Ausführung von Linearbewegungen eingesetzt werden. In diesem Fall sind dann die Kolben in Linienform angeordnet und bewegen sich entlang einer Lochschiene. Die Auflösung dieser Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Schrittmotors entspricht dann der Teilung der Schiene dividiert durch die Anzahl der Kolben, wobei in allen Ausführungsvarianten immer mindestens drei Kolben benötigt werden.

40 10. Falls mehrere erfindungsgemässe pneumatische Schrittmotoren synchron laufen müssen, können diese von den gleichen Ausgängen der Steuerelektronik aus gesteuert werden. In diesem Fall sind die Quittierungselemente vorteilhafterweise in Serie zu schalten. Dies bedeutet, dass wenn die Ausgänge der Steuerung genügend stark sind, können beliebig viele erfindungsgemässe pneumatische Schrittmotoren von nur vier Aus- und vier Eingängen gesteuert werden.

50 Diese Vorteile werden erfindungsgemäss im wesentlichen dadurch erreicht, dass ein Rotor mit z.B. zwanzig konischen Bohrungen, die konzentrisch um das Rotorzentrum angebracht sind, durch mehrere auf dem gleichen Teilkreis wie die Bohrungen angebrachte Kolben in eine schrittweise Rotationsbewegung versetzt wird. Damit eine Rotationsbewegung entsteht, passt jeweils gleichzeitig nur ein Kolben in eine Bohrung im Rotor. Die anderen Kolben sind auf dem gegebenen Teilkreis um einen Winkel versetzt, der sich durch die Division der Teilung des Rotors durch die Anzahl der eingebauten Kolben ergibt. Die Auflösung des Schrittmotors ergibt sich durch die Multiplikation der Teilung des Rotors

mit der Anzahl der vorhandenen Kolben. Durch entsprechende Steuerung der Kolben wird garantiert, dass immer zuerst eine Achsialbewegung eines Kolbens bis zum sicheren Eingriff in eine Bohrung im Rotor erfolgt, bevor der sich im Eingriff mit einer anderen Bohrung befindliche Kolben, der durch eine mechanische Haltevorrichtung gesichert sein kann, freigegeben wird. Letztere ist nicht unbedingt erforderlich, da durch geeignete Wahl der Winkel an den Kolbenspitzen und den konischen Bohrungen diese bereits selbsthemmend gestaltet sein und somit durch eine externe Kraft nicht aus dem Eingriff gedrückt werden können. Die Endlagen der Kolben können von jeweils einem Sensor erfasst und an die elektronische Steuerung zurückgemeldet werden. Als Sensoren können Reedschalter, Initiatoren oder ähnliche Kontaktelemente benutzt werden.

Die Erfindung wird hiernach an einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. In letzterer zeigen die

Fig. 1a, 1b und 1c mögliche Ausgangsstellungen der funktionswesentlichen Komponenten eines erfindungsgemässen pneumatischen Schrittmotors ohne mechanische Verriegelung der Kolben in den Bohrungen des Rotors, ohne Strom oder Druckzufuhr, die

Fig. 2a, 2b und 2c die Stellungen derselben Komponenten nach einem ersten Schritt des Schrittmotors, die

Fig. 3a, 3b und 3c die Stellungen derselben Komponenten nach einem zweiten Schritt des Schrittmotors, die

Fig. 4a, 4b und 4c die Stellungen derselben Komponenten nach einem dritten Schritt des Schrittmotors, die

Fig. 5a, 5b und 5c die Stellungen derselben Komponenten nach einem vierten Schritt des Schrittmotors, die

Fig. 6a, 6b, 6c und 6d die Funktionsweise einer möglichen Ausführungsvariante einer mechanischen Verriegelung der Kolben in den Bohrungen des Rotors in unterschiedlichen Zeitpunkten.

In allen Figuren illustrieren die Bezugszeichen I-IV vier Kolbenstationen, 1-4 die vier Arbeitskolben der Kolbenstationen I bis IV, 5-8 vier 3/2 Wege-Ventile zur Steuerung der Arbeitskolben 1-4 in den Kolbenstationen I-IV, 9-12 vier Quittierschalter für das Quittieren der Erreichung der Endlage der Arbeitskolben 1-4 nach deren Hub, 13 und 15 zwei Wechselventile in ODER-Schaltung, die mit den Ventilen 6 und 8 verbunden sind und die Kolben 2 und 4 steuern, 14 und 16 zwei Wechselventile in ODER-Schaltung, die mit den 3/2 Wege-Ventilen 5 und 7 verbunden sind und die Arbeitskolben 1 und 3 steuern, 17 einen Rotor, 18 eine mechanische Verriegelungsplatte der Arbeitskolben 1 bis 4 in den Bohrungen 17a des Rotors 17 und 18-30 pneumatische Verbindungsleitungen zwi-

chen den einzelnen Komponenten des erfindungsgemässen Schrittmotors.

Auf weitere Einzelteile des Schrittmotors wird hiernach anhand der Figurenbeschreibungen direkt eingegangen.

In Fig. 1a und 1b sind schematisch die mechanischen Komponenten eines erfindungsgemässen pneumatischen Schrittmotors in einer zufälligen Ruhstellung dargestellt, wobei davon ausgegangen wird, dass er weder elektrisch noch pneumatisch Energie zugeführt erhält. In Fig. 1c sind die entsprechenden Stellungen der pneumatischen Komponenten des Schrittmotors schematisch dargestellt. Der Fachmann erkennt anhand der Fig. 1a und 1b, dass in dieser Stellung die vorteilhafterweise konische Kolbenspitze 1a eines ersten Arbeitskolbens 1 einer ersten Kolbenstation I in eine vorteilhafterweise entsprechend konische Bohrung 17a eines Rotors 17 eingreift und dadurch den vorteilhafterweise als kreisrunde um ihr Zentrum drehbare Scheibe ausgebildeten Rotor 17 blockiert. Vorteilhafterweise ist ein erster dem ersten Kolben 1 zugeordneter elektrischer oder elektronischer Quittierschalter 9 vorgesehen, der in der Zeichnung nicht dargestellten Steuerelektronik das Erreichen der Arbeitskolbenendstellung quittiert. Die Winkel der Kolbenspitze 1a und der Bohrungen 17a im Rotor 17 werden vorteilhafterweise so gewählt, dass der Arbeitskolben 1 nicht durch eine äussere auf den Rotor 17 einwirkende Kraft aus der dargestellten eingefahrenen Endstellung verschoben werden kann, selbst wenn der Arbeitskolben 1 nicht mit Druckluft beaufschlagt ist, d.h., dass eine Selbsthemmung des Arbeitskolbens 1 in dieser Arbeitskolbenendstellung erreicht wird.

Anhand der Stellungen der Wechselventile 13 und 15 in Fig. 1c erkennt der Fachmann, dass das 3/2 Wege-Ventil 8 als letztes der 3/2 Wege-Ventile 5 bis 8 gearbeitet hat, derart, dass der hier schematisch dargestellte erfindungsgemässe pneumatische Schrittmotor vor dem Erreichen der dargestellten Ruheposition durch das Verschieben des Arbeitskolbens 1 in eine Bohrung 17a des Rotors 17 und das Zurückziehen des Arbeitskolbens 3 aus einer anderen Bohrung 17a des Rotors 17 eine Rotationsbewegung im Gegenuhrzeigersinn gemacht hat. Aus dieser Figur erkennt der Fachmann weiter die pneumatischen Verbindungen der elektro-pneumatischen 3/2 Wege-Ventile 6 bis 8 mit den Wechselventilen 13 bis 16 in Form von Leitungen 18, 19, 20 und 21 und den Kolbenstationen I bis IV, resp. den Arbeitskolben 1 bis 4 über Leitungen 27, 28, 29 und 30 sowie die pneumatischen Verbindungen der Wechselventile 13 bis 16 mit den Kolbenstationen I bis IV über Leitungen 23, 24, 25 und 26.

Anhand der Fig. 2a, 2b und 2c wird ein erster Schritt des Schrittmotors im Gegenuhrzeigersinn aus der in den Fig. 1a, 1b und 1c dargestellten Ruhstellung heraus illustriert. Dies geschieht dadurch, dass als erstes das 3/2 Wege-Ventil 6 elektrisch durch die hier nicht dargestellte und nicht Bestandteil der Erfindung bildende Steuerelektronik erregt wird. Dadurch baut sich Druck auf der Rückseite des Arbeitskolbens 2 in der Kolbenstation II und der Wechselventile 13 und 15 auf, wie dies anhand

der Doppelpfeile veranschaulicht ist. Der Arbeitskolben 2 und die Wechselventile 13 und 15 werden dadurch gleichzeitig oder zumindest annähernd gleichzeitig in Bewegung gesetzt. Dadurch, dass die Wechselventile 13 und 15 als Kolben ausgebildet sind, werden die Leitungen 22 und 24 erst durch Druck beaufschlagt, nachdem die Wechselventile 13 und 15 ihre Bewegungen ausgeführt haben. Dies bewirkt eine leichte Zeitverzögerung bei der Beaufschlagung der Arbeitskolben 1 und 3 mit Druck, was anhand der Doppelpfeile veranschaulicht ist. Durch diese Zeitverzögerung und die kleinere vordere Kolbenfläche (Ringkolben) der Arbeitskolben 1 + 2 wird garantiert, dass der Arbeitskolben 2 früher mit einer Bohrung 17a des Rotors 17 im Eingriff steht als dass der Arbeitskolben 1 seine Rückzugsbewegung aus einer anderen Bohrung 17a des Rotors 17 ausgeführt hat. Dadurch ist sichergestellt, dass der Rotor 17 jederzeit mit einem der Arbeitskolben 1 oder 2 im Eingriff steht und sich nie unkontrolliert um sein Zentrum drehen kann. Sobald der Quitterschalter 9 das Erreichen der Endlage des Arbeitskolbens 2 quittiert, wird die Erregung des 3/2 Wege-Ventils 6 beendet und ein vollständiger Schritt des Schrittmotors in eine weitere Ruhestellung ist abgeschlossen.

Anhand der Fig. 3a, 3b und 3c wird ein zweiter Schritt des erfindungsgemässen Schrittmotors beschrieben. Dazu bedarf es einer elektrischen Erregung des 3/2 Wege-Ventils 7, derart, dass sich auf der Rückseite des Arbeitskolbens 3 und in den Wechselventilen 16 und 14 Druck aufbaut, wie dies anhand der Doppelpfeile veranschaulicht ist. Der Arbeitskolben 3 und die Wechselventile 14 und 16 bewegen sich zumindest ungefähr gleichzeitig. Dadurch, dass die Wechselventile 14 und 16 ebenfalls als Kolben ausgebildet sind, werden die Leitungen 23 und 25 erst unter Druck gesetzt, nachdem die Wechselventile 14 und 16 ihre Bewegungen ausgeführt haben. Dies ergibt somit eine leichte Zeitverzögerung. Durch diese Zeitverzögerung und die kleinere Kolbenfläche (Ringkolben) der Arbeitskolben 2 und 4 wird garantiert, dass der Arbeitskolben 3 früher mit einer Bohrung 17a des Rotors 17 im Eingriff steht als dass der Arbeitskolben 2 seine Rückzugsbewegung aus seiner Bohrung 17a abgeschlossen hat. Dies wiederum stellt sicher, dass der Rotor 17 ununterbrochen mit dem einen oder dem anderen der Arbeitskolben 2 oder 3 im Eingriff steht und in keinem Augenblick unkontrolliert verdreht werden kann. Auch das 3/2 Wege-Ventil 7 ist nur so lange erregt, bis der Quitterschalter 11 das Erreichen der Endlage des Arbeitskolbens 3 quittiert.

Anhand der Fig. 4a, 4b und 4c wird ein dritter Schritt des erfindungsgemässen Schrittmotors illustriert. Dazu wird als erstes das 3/2 Wege-Ventil 8 erregt. Dann baut sich auf der Rückseite des Kolbens 4 und in den Wechselventilen 13 und 15 ein Druck auf, wie dies anhand der Doppelpfeile dargestellt ist. Der Arbeitskolben 3 und die Wechselventile 13 und 15 bewegen sich dadurch zumindest annähernd gleichzeitig. Dadurch, dass die Wechselventile 13 und 15 auch als Kolben ausgebildet sind, werden die Leitungen 22 und 24 erst unter Druck gesetzt, nachdem die Wechselventile 13 und 15

ihre Bewegungen ausgeführt haben. Dies ergibt eine leichte Zeitverzögerung. Durch diese Zeitverzögerung und die kleinere vordere Kolbenfläche (Ringkolben) der Arbeitskolben 1 und 3 wird garantiert, dass der Arbeitskolben 4 früher mit einer Bohrung 17a des Rotors 17 im Eingriff steht, als dass der Arbeitskolben 3 seine Rückzugsbewegung aus einer anderen Bohrung 17a abgeschlossen hat. Auch während diesem Schritt des erfindungsgemässen Schrittmotors steht der Rotor 17 permanent mit dem einen oder dem anderen der beiden Arbeitskolben 3 oder 4 im Eingriff und ist dauernd vor ungewollter Verdrehung geschützt. Auch das 3/2 Wege-Ventil 7 ist nur so lange erregt, bis der Quitterschalter 12 quittiert hat, dass der Arbeitskolben 4 seine Endlage erreicht hat.

Anhand der Fig. 5a, 5b und 5c wird ein vierter Schritt des erfindungsgemässen Schrittmotors beschrieben. Dazu wird als erstes das 3/2 Wege-Ventil 5 erregt. Dadurch baut sich auf der Rückseite des Arbeitskolbens 1 und in den Wechselventilen 14 und 16 sofort ein Druck auf, wie dies anhand der Doppelpfeile veranschaulicht ist. Der Arbeitskolben 3 und die Wechselventile 14 und 16 bewegen sich zumindest annähernd gleichzeitig. Dadurch, dass die Wechselventile 14 und 16 auch als Kolben ausgebildet sind, werden die Leitungen 23 und 25 erst mit Druck beaufschlagt, nachdem die Wechselventile 14 und 16 ihre Bewegungen ausgeführt haben. Dies ergibt eine leichte Zeitverzögerung. Durch diese Zeitverzögerung und die kleinere vordere Kolbenfläche (Ringkolben) der Arbeitskolben 2 und 4 wird garantiert, dass der Arbeitskolben 1 früher mit einer Bohrung 17 a des Rotors 17 im Eingriff steht, als dass der Arbeitskolben 4 seine Rückzugsbewegung aus einer entsprechenden Bohrung 17 a abgeschlossen hat. Das 3/2 Wege-Ventil 5 ist auch nur so lange erregt, bis der Quitterschalter 9 das Erreichen der Endstellung des Arbeitskolbens 1 quittiert. Nach Abschluss dieses vierten Schrittes steht der erfindungsgemässe pneumatische Schrittmotor in der genau gleichen Ruhestellung wie zu Beginn anhand der Fig. 1a, 1b und 1c beschrieben, nur dass der Rotor 17 sich um eine Lochteilung im Gegenuhrzeigersinn gedreht hat.

Die Fig. 6 zeigt eine Möglichkeit der Ausführung einer zusätzlichen mechanischen Verriegelung der Arbeitskolben 1 bis 4 in ihren jeweiligen relativen Endlagen, wenn sie in Bohrungen 17a des Rotors engagiert sind. Selbstverständlich gibt es noch andere Möglichkeiten der Verriegelung, beispielsweise mechanisch mit pneumatischer Ansteuerung oder die Arbeitskolben 1 bis 4 als Schieberventil an der Kolbenstange auszubilden und damit eine Rückführung des Vorkolbens erst ab einer bestimmten Position zu ermöglichen. Es käme allenfalls auch eine Lösung mit bistabilen 4/2 Wege-Ventilen in Frage, die die Arbeitskolben einzeln ansteuern. Dies kann auch mit monostabilen 4/2 Wege-Ventilen erreicht werden, wobei aber in diesem Fall nach einem Spannungsunterbruch das Erkennen der Lage des Schrittmotors nicht mehr gewährleistet ist.

Aus den Fig. 6a, 6b, 6c und 6d erkennt man, dass bei Verwendung dieser Verriegelung die Arbeitskolben 1 bis 4 mit Kerben versehen sein müs-

sen, um die gewünschte Funktionsweise zu ermöglichen.

Die Fig. 6a zeigt eine beispielsweise Ausgangslage der beiden Arbeitskolben 1 und 2 vor einer beabsichtigten Verdrehung des Rotors 17 im Uhrzeigersinn, in welcher der Arbeitskolben 2 mit einer ersten Bohrung 17a des Rotors 17 im Eingriff steht und der Arbeitskolben 1 leicht versetzt zu der Achse einer weiteren Bohrung 17a zurückgezogen steht. In Fig. 6b wird die Startphase dieser Verdrehung gezeigt. Da die pneumatische Verbindung und Schaltung der einzelnen Schrittmotorkomponenten bei dieser Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Schrittmotors gleich wie bei der weiter oben beschriebenen Ausführungsvariante ohne mechanische Verriegelung der Arbeitskolben 1 bis 4 ist, bewegt sich zuerst der Arbeitskolben 1 nach unten. Sobald dieser eine Bewegung gemacht hat die genügt, dass er sicher mit der sich unterhalb von ihm befindlichen Bohrung 17a des Rotors 17 im Eingriff steht, schiebt er mit einer Konuskante 31 die Verriegelungsplatte 18, die von einer Feder 32 vorgespannt ist, auf die Seite und ermöglicht dem Arbeitskolben 2, der durch eine Bohrung 18a der Verriegelungsplatte 18 hindurchtritt und von deren Rand verriegelt worden ist, eine vollständige Rückwärtsbewegung. Sollte der Arbeitskolben 1 aus irgendeinem Grunde seine Hubbewegung nicht ausführen, bleibt der Arbeitskolben 2 mit seiner Kantenkante 33 an der Verriegelungsplatte 18 hängen. Dadurch wird der Rotor 17 weiterhin durch den Arbeitskolben 2 gegen ungewollte Verdrehung geschützt. In Fig. 6c ist der normale Arbeitsablauf der beiden Arbeitskolben 1 und 2 dargestellt. In Fig. 6d ist die Lage dieser Arbeitskolben 1 und 2 und der Verriegelungsplatte 18 sowie des Rotors 17 nach Abschluss dieses Schrittes des Schrittmotors gezeigt.

Der Fachmann erkennt anhand des Vorerwähnten und aus der Zeichnung leicht, dass der erfindungsgemässe Schrittmotor einfach von Rechts- auf Linksdrehung umgestellt werden kann, indem die Reihenfolge der Betätigung der Kolbenstationen I bis IV umgedreht wird. Er erkennt ferner, dass mit relativ kleinen pneumatischen Drücken hohe Drehmomente am Rotor 17 bewirkt werden können und dass letzterer gegen sehr hohe von aussen auf ihn einwirkende Verdrehungskräfte immun ist, derart, dass der erfindungsgemässe Schrittmotor nicht nur während der einzelnen Schritte, sondern auch dazwischen, wenn er weder elektrische noch pneumatische Energie zugeführt erhält, permanent gegen ungewollte Verdrehungen geschützt ist.

Es ist für den Fachmann weiter naheliegend, dass die hiervor schematisch dargestellte und in ihrer Funktion erläuterte rotative Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Schrittmotors auch mit linearer Anordnung der Kolbenstationen und einer linearen Lochstange anstelle des Rotors umgebaut werden kann, ohne dass es dazu besonderer erfinderscher Tätigkeiten bedürfte.

Für den Fachmann lassen sich Detailänderungen in der Konstruktion des beschriebenen erfindungsgemässen Schrittmotors ebenfalls ohne erfindersches Dazutun realisieren, sofern dies der vorgese-

hene Einsatz des Motors notwendig machen sollte. Insbesondere lässt sich die Zahl der im erfindungsgemässen Schrittmotor verwendeten Kolbenstationen problemlos verändern, unabhängig davon, ob es sich um einen linearen oder rotativen Schrittmotor handelt.

#### Patentansprüche

1. Schrittmotor enthaltend Steuerelemente (5-16) und von diesen gesteuerte Betätigungselemente (1-4) sowie einen durch die Betätigungselemente (1-4) schrittweise fortschaltbaren Läufer (17), dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerelemente (5-16) einerseits elektro-pneumatische Ventile (5-8) und Wechselventile (13-16) umfassen und die Betätigungselemente pneumatische Arbeitskolben (1-4) mit konisch zugespitzten Kolbenspitzen (1a, 2a, 3a, 4a) sind und der Rotor (17) konische Bohrungen (17a) aufweist, die für ein Zusammenwirken mit den Arbeitskolben (1-4) ausgelegt sind.

2. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Arbeitskolben (1-4) kolbenrückseitig mit einem der Ventile (5-8) und kolbenseitig mit einem der Wechselventile (13-18) wirkverbunden ist.

3. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile (5-8) 3/2 Wege-Ventile sind.

4. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass je zwei Wechselventile (13-18) als ODER-Schaltung zusammengeschlossen sind.

5. Schrittmotor nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass jedes 3/2 Wege-Ventil (5-8) gleichzeitig mit je einem Arbeitskolben (1-4) und zwei Wechselventilen (13-16) wirkverbunden ist.

6. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitskolben (1-4) und die Bohrungen (17a) des Rotors (17) auf identischen mit dem Rotorzentrum konzentrischen Kreisen angeordnet sind und die Teilung der Arbeitskolben (1-4) einem beliebigen Mehrfachen der Teilung der Bohrungen (17a) plus 1/4 einer Teilung der Bohrungen (17a) entspricht.

Fig. 1

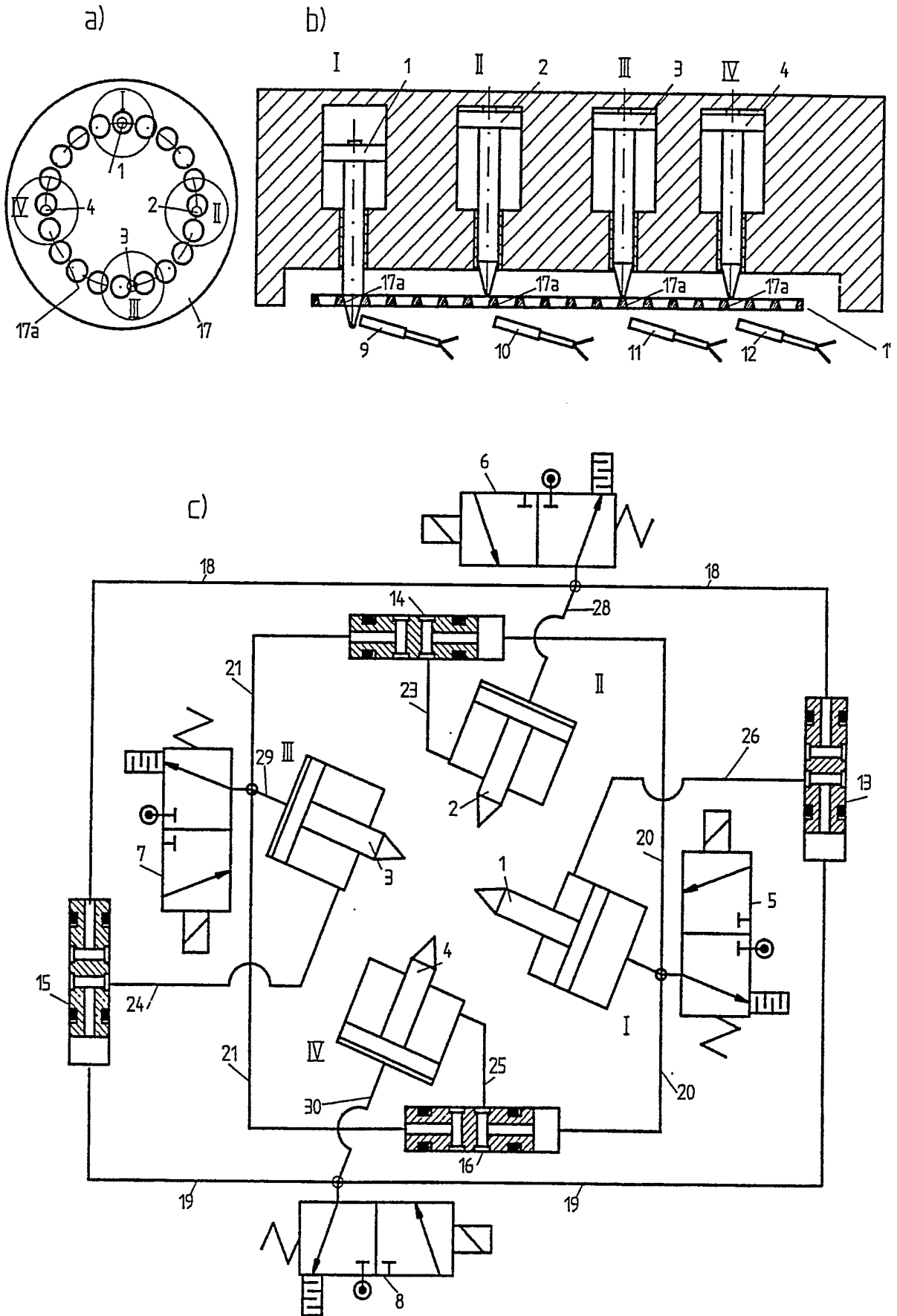


Fig. 2

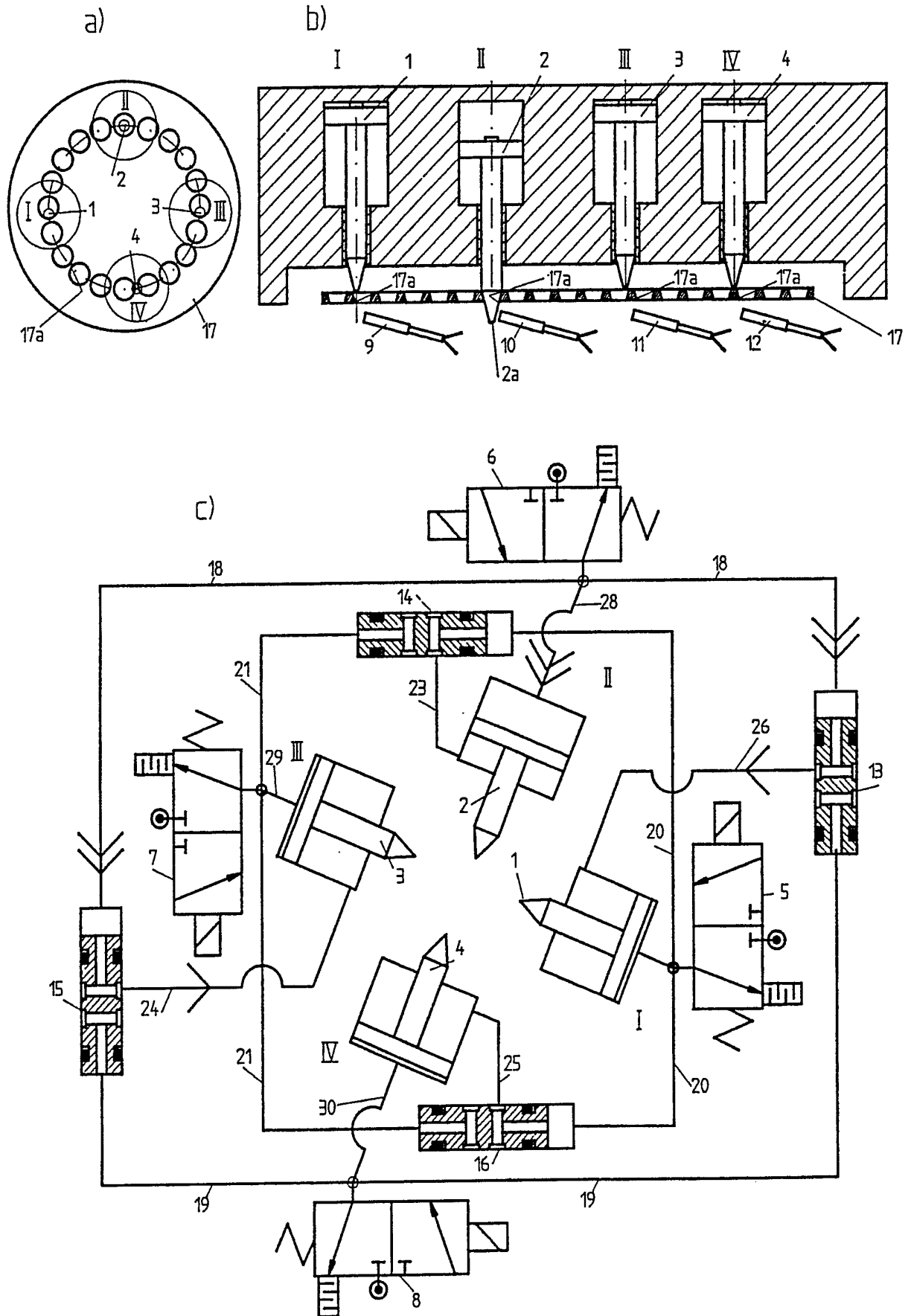




Fig. 4

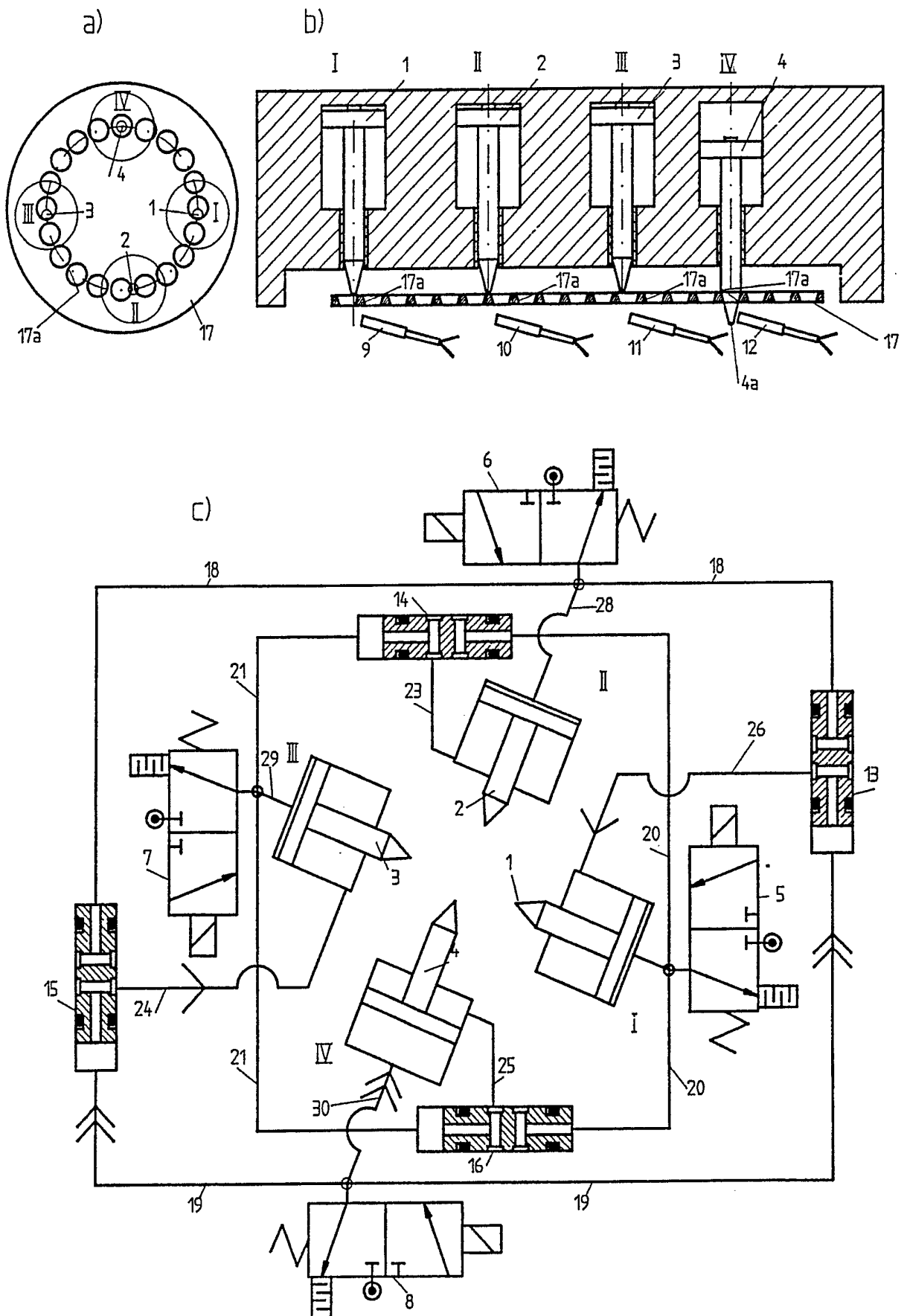


Fig. 5

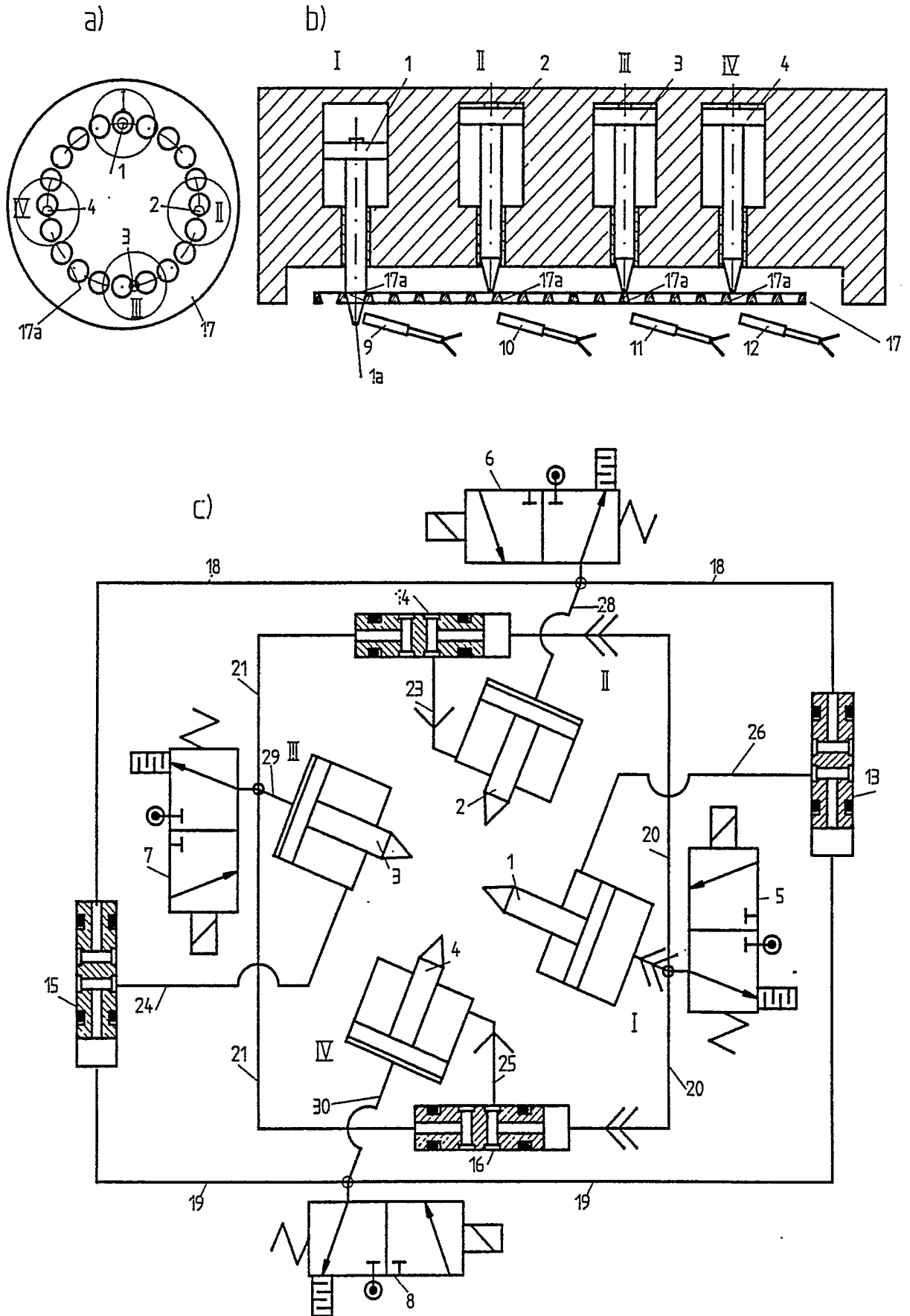


Fig. 6

