

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer: **0 035 757**
B1

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45

Veröffentlichungstag der Patentschrift:
29.01.86

51

Int. Cl.4: **F 01 D 1/32**

21

Anmeldenummer: **81101580.9**

22

Anmeldetag: **05.03.81**

54

Dampfturbine.

30

Priorität: **08.03.80 DE 3008973**

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.09.81 Patentblatt 81/37

45

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.01.86 Patentblatt 86/5

84

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI NL SE

56

Entgegenhaltungen:
CH - A - 161 928
DE - A - 2 607 600
DE - A - 2 613 418
DE - A - 2 739 055
DE - B - 1 109 452
DE - C - 181 146
DE - C - 446 413
DE - C - 504 502
FR - A - 345 573
FR - A - 633 236
US - A - 3 032 988
US - A - 4 124 993
US - A - 4 178 125

73

Patentinhaber: **Morcov, Paul, Dipl.-Ing.,**
Georg-Büchner-Weg 12, D-6050 Offenbach a.M (DE)

72

Erfinder: **Morcov, Paul, Dipl.-Ing.,**
Georg-Büchner-Weg 12, D-6050 Offenbach a.M (DE)

74

Vertreter: **Katscher, Helmut, Dipl.-Ing.,**
Bismarckstrasse 29, D-6100 Darmstadt (DE)

EP 0 035 757 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine mehrstufige Dampfturbine mit geschlossenem Kreislauf, mit mindestens einem in einem geschlossenen Turbinengehäuse angeordneten Laufrad, das mehrere innenliegende Lavaldüsen aufweist, die mit mehreren am Laufradumfang angeordneten Lavaldüsen in Verbindung stehen.

Die Dampfturbine stellt seit etwa einem Jahrhundert die wichtigste Antriebsmaschine in Wärmekraftwerken dar; sie hat erhebliche Bedeutung erlangt als Schiffsantrieb, zum Antrieb von Pumpen, Kompressoren, Stromgeneratoren usw. Während in den ersten 50 Jahren dieses Zeitabschnitts eine rasche Entwicklung der Dampfturbine stattfand, zeigt die technische Literatur, dass in den vergangenen 50 Jahren die Entwicklung der Dampfturbine nicht mehr durch einschneidende Weiterentwicklungen gekennzeichnet ist.

Von vielen Autoren wird die folgende systematische Einteilung der Dampfturbinen gewählt:

a) Bei der Aktionsturbine wird das gesamte Wärmegefälle des Dampfes an den Düsen des gehäusefesten Leitrades umgesetzt;

b) bei der Reaktionsturbine erfolgt die Umsetzung des Wärmegefälles am Laufrad;

c) bei der Gegendruckturbine verlässt der Dampf die Turbine mit einem Druck, der über dem Atmosphärendruck liegt;

d) der Abdampf der Kondensationsturbine wird einem Kondensator zugeführt, in dem Unterdruck herrscht.

Es gibt auch Zwischenformen der Aktionsturbine und der Reaktionsturbine, wobei das Wärmegefälle teilweise im Laufrad und teilweise im Leitrade umgesetzt wird.

Die erfindungsgemässe Dampfturbine ist als Gegendruck-Reaktionsturbine einzuordnen, unterscheidet sich aber in wesentlichen Merkmalen von den herkömmlichen Turbinen dieser Gruppe.

Bei jeder Dampfturbinen-Bauart ist es ein wesentliches Ziel, die Verluste gering zu halten, um einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen. Einen wesentlichen Anteil der bei herkömmlichen Dampfturbinen auftretenden Verluste haben die sogenannten Spaltverluste, die im Spalt zwischen dem Laufrad und dem Leitrade bzw. am Umfang des Laufrades auftreten. Die Spaltverluste herkömmlicher Dampfturbinen können in der Grössenordnung von 7 bis 8% angenommen werden.

Weitere Verluste treten im Bereich von Dampfdichtungen auf, beispielsweise an den Wellendichtungen, an einem Schubausgleichskolben usw. Abhängig von der Grösse der Turbine müssen diese Verluste üblicherweise mit etwa 16 bis 22% angenommen werden.

Eine bekannte mehrstufige Dampfturbine der eingangs genannten Gattung (US-A-3 032 988) weist als Laufrad eine Trommel mit einem inneren und einem äusseren Mantel auf, in denen jeweils mehrere Lavaldüsen angeordnet sind, wobei die Lavaldüsen des innenliegenden Mantels eine erste Turbinenstufe und die Lavaldüsen des aussenliegenden Mantels eine zweite Turbinenstufe bilden. Alle Lavaldüsen stehen mit einem gemeinsa-

men Hohlraum zwischen den beiden Trommelmänteln in Verbindung.

Der Dampf fliesst daher bei dieser bekannten Turbine nicht kontinuierlich von einer Lavaldüse der ersten Stufe zu einer Lavaldüse der zweiten Stufe, sondern ein Teil des aus einer Lavaldüse der ersten Stufe austretenden Dampfes fliesst zwar durch die Lavaldüse der zweiten Stufe, jedoch fliesst ein anderer Teil des Dampfes in den Raum zwischen den beiden Trommelmänteln und verursacht dort nur Strömungsverluste. Der aus den Lavaldüsen der ersten Stufe austretende Dampf trifft auf den Mantel der nächsten Stufe, wobei der weitaus grösste Teil seiner kinetischen Energie verlorenggeht. Erst anschliessend fliesst der Dampf teilweise durch die äusseren Lavaldüsen und teilweise in den Raum zwischen den beiden Trommelmänteln. Der Wirkungsgrad wegen den aufgezeigten ungünstigen Strömungsverhältnissen und Spaltverlusten ist sehr gering.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine mehrstufige Dampfturbine der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 umrissenen Gattung so auszuführen, dass der Wirkungsgrad wesentlich verbessert wird, wobei insbesondere Spaltverluste zwischen den einzelnen Stufen eines Laufrades vermieden werden sollen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass jeweils ein bogenförmig gekrümmtes Rohr am Laufrad befestigt ist und unmittelbar anschliessend von einer der innenliegenden Lavaldüsen ggf. über eine oder mehrere weitere Lavaldüsen kontinuierlich zu einer der am Umfang angeordneten Lavaldüsen verläuft.

Durch die gekrümmten Rohre wird der Dampf kontinuierlich und ohne jegliche Spaltverluste von einer innenliegenden Lavaldüse zu einer aussenliegenden Lavaldüse geleitet. Ggf. können im Verlauf des Rohres weitere Lavaldüsen vorgesehen sein. Jegliche Spaltverluste zwischen den hintereinander geschalteten Lavaldüsen sind ausgeschlossen, ebenso Strömungsverluste durch scharfe Umlenkungen der Dampfströmung.

Der thermische Wirkungsgrad dieser Dampfturbine ist wesentlich höher als bei herkömmlichen Konstruktionen, weil Spaltverluste und Dichtungsverluste weitgehend vermieden oder zumindest stark herabgesetzt werden, so dass nur Reibungs-, Isolierungs- und Strömungsverluste zu berücksichtigen sind, die zusammen nicht mehr als 4 bis 5% bei einer Dampfturbine mittlerer Leistung betragen. Gegenüber einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 78% einer herkömmlichen Gegendruckturbine und von 80% einer herkömmlichen Kondensationsturbine bedeutet dies eine Wirkungsgradverbesserung um 12 bis 15%. Ausserdem ist die Konstruktion der erfindungsgemässen Dampfturbine durch den Wegfall des Leitrades und der Schaufeln des Laufrades einfacher und robuster als herkömmliche Konstruktionen, so dass nicht nur die Herstellung einfacher und billiger ist, sondern auch die Betriebssicherheit erhöht wird, weil Schäden infolge mechanischer Überbeanspruchung der Schaufeln ausgeschlossen sind.

Neben dem Einsatz in Wärmekraftwerken ist die erfindungsgemässe Dampfturbine auch für den Antrieb von Schiffen, Lokomotiven und anderen Fahrzeugen geeignet.

Die Verwendung von für überkritische Gefälle ausgelegten Düsen (sogenannten Lavaldüsen) ist im Dampfturbinenbau an sich bekannt. Diese Düsen, deren kleinster Querschnitt (sogenannter kritischer Querschnitt) im mittleren Düsenbereich liegt, ermöglicht die Umsetzung eines grossen Wärmegefälles, weil im engsten Querschnitt der Dampf mit der Schallgeschwindigkeit strömt, die den Zustandswerten an dieser Stelle zugeordnet ist.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, dass die Dampfturbine mit mehreren, auf einer gemeinsamen Läuferwelle angebrachten Laufrädern ausgeführt ist, und dass jeweils der Dampfaustritt einer Stufe mit einem Hohlraum im Laufrad der folgenden Stufe verbunden ist. Bei der erfindungsgemässen Dampfturbine kann diese mehrstufige Ausführung, die zur Ausnutzung des gesamten zur Verfügung stehenden Wärmegefälles erforderlich ist, in konstruktiv sehr einfacher Weise, nämlich ohne Leiträder verwirklicht werden.

Gemäss einer weiteren Ausgestaltung des Erfindungsgedankens sind die am Umfang des Laufrades aufeinanderfolgenden Lavaldüsen abwechselnd axial nach beiden Seiten aus der Laufradebene leicht abgewinkelt. Dadurch wird erreicht, dass der aus einer Düse austretende Dampfstrahl nicht auf die nachfolgende Düse aufprallt, sondern frei an dieser vorbeiströmt. Trotz dieser axialen Abwinkelung der einzelnen Düsen entsteht keine resultierende Axialkraft, die einen Axialkraftausgleich erforderlich machen würde, weil sich die von den abwechselnd nach beiden Seiten abgewinkelten Düsen erzeugten Axialkräfte am Laufrad gegenseitig aufheben.

In einer insbesondere für Fahrzeuge, wie Lokomotiven und Schiffe, geeigneten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass mindestens zwei Laufräder mit einander entgegengesetzten Austrittsrichtungen der am Umfang angeordneten Lavaldüsen angeordnet sind, und dass die beiden Laufräder wahlweise mit dem Hohlraum zur Dampfzufuhr verbindbar sind. Dadurch wird in konstruktiv sehr einfacher Weise ohne die Notwendigkeit eines Schaltgetriebes eine Drehrichtungsumkehr ermöglicht.

Zur Umsteuerung dieser Ausführungsform ist vorgesehen, dass zentral in den Laufrädern bzw. in einer die Laufräder tragenden Läuferwelle ein axial bewegbarer Schieber angeordnet ist, der wahlweise eines der beiden Laufräder gegenüber dem Hohlraum zur Dampfzufuhr absperrt.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der den Dampfaustritt der ggf. letzten Stufe verlassende Dampf im geschlossenen Kreislauf über einen Druckregenerator und wieder zum Laufrad der ggf. ersten Stufe geführt wird. Durch die Verwendung eines derartigen Druckregenerators, wie er beispielsweise aus der DE-A-2 613 418 bekannt

ist, wird ein besonders hoher Wirkungsgrad erreicht, weil der Dampf im geschlossenen Kreislauf nicht kondensiert und das Wasser wieder verdampft werden müsste. Stattdessen bleibt der Dampf in einer Dampfphase; durch Wärmezufuhr wird sein Druck auf den am Turbineneinlass erwünschten Wert erhöht.

Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in der Zeichnung dargestellt sind. Es zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemässe Dampfturbine,

Fig. 2 einen Schnitt längs der Linie II-II in Fig. 1,

Fig. 3 in einem senkrechten Schnitt eine abgewandelte Ausführungsform einer Dampfturbine,

Fig. 4 einen vereinfachten Schnitt längs der Linie IV-IV in Fig. 3 und

Fig. 5 eine Teil-Abwicklung des Laufradumfangs nach Fig. 4.

Bei der in den Fig. 1 und 2 gezeigten Dampfturbine ist in einem zweiteiligen Turbinengehäuse 1' eine Läuferwelle 2' in Lagern 3' gelagert, die beispielsweise als Gleitlager aus Weissmetall ausgeführt sind. Auf der Läuferwelle 2' sind nebeneinander zwei scheibenförmige Laufräder 6' und 6'' angeordnet, die jeweils an ihrem Umfang mehrere, tangential gerichtete Düsen 9' und 9'' tragen, die als sogenannte Lavaldüsen mit einem Querschnitt ausgeführt sind, der sich vom Düsen Eintritt bis zu einem engsten Querschnitt verringert und zum Düsenaustritt hin wieder erweitert. Die Austrittsrichtung der Düsen 9' des einen Laufrades 6' und der Düsen 9'' des anderen Laufrades 6'' sind tangential entgegengesetzt.

Die Laufräder 6' und 6'' sind in einer Gehäusenkammer 10' des Turbinengehäuses 1' frei drehbar angeordnet, die einen Dampfaustritt 11' aufweist.

An einem Ende des Turbinengehäuses 1' ist ein Deckel 24 angebracht, durch den zentral eine Dampfzufuhrleitung 15' in einen zentralen Hohlraum 5' der Läuferwelle 2' führt. Von dort gelangt der Dampf über tangential angeordnete Düsen 25, die ebenfalls als Lavaldüsen für überkritisches Gefälle ausgelegt sind, in bogenförmig gekrümmte Rohre 7', die nach aussen zu den Düsen 9' bzw. 9'' verlaufen.

In den auf dem Laufrad innenliegenden Düsen 25 erfolgt der Abbau des Wärmegefälles des Dampfes in einer ersten Stufe. Die aussenliegenden Düsen 9' bzw. 9'' bilden die zweite Stufe. Vom Dampfaustritt 11' fliesst der Dampf zu einem Druckregenerator (in Fig. 1 nicht dargestellt) und von dort im geschlossenen Kreislauf wieder in die Dampfzufuhrleitung 15'.

Abweichend von dem Ausführungsbeispiel, bei dem der Dampf nacheinander zwei Düsen 25 und 9' bzw. 9'' durchströmt, können abhängig von der Grösse des Wärmegefälles auch drei oder mehr Düsen hintereinandergeschaltet sein. Da die Düsen 9' des Laufrades 6' und die Düsen 9'' des Laufrades 6'' tangential entgegengesetzt sind, lässt sich die Drehrichtung der Läuferwelle 2' dadurch ändern, dass wahlweise das Laufrad 6' oder das Laufrad 6'' mit Dampf beaufschlagt wird. Hier-

zu ist im Hohlraum 5' der Läuferwelle 2' ein Schieber 26 axial verschiebbar angeordnet, der an seinem der Dampfzufuhrleitung 15' zugekehrten Ende eine Büchse 27 aufweist, die über Stege 28 mit einem kolbenförmigen Schieberteil 29 verbunden ist. Zwischen den Stegen 28 hindurch tritt der Dampf in den Innenraum jeweils eines der Laufräder 6' bzw. 6'' ein. Der Schieber 26 ist über eine Kolbenstange 30 mit einem Kolben 31 verbunden. Ein Ring 32 umgibt die Kolbenstange 30 dichtend und kann auf seinen beiden Seiten abwechselnd mit hydraulischem Druck über Hydraulikleitungen 33 beaufschlagt werden. Dadurch wird der Schieber 26 wahlweise in eine seiner beiden axialen Endstellungen bewegt, so dass wahlweise das Laufrad 6' oder das Laufrad 6'' mit Dampf beaufschlagt wird. Entsprechend kehrt sich die Drehrichtung der Läuferwelle 2' um.

In Fig. 2 ist nur das eine Laufrad 6'' dargestellt. Das andere Laufrad 6' ist vollständig spiegelbildlich zum Laufrad 6'' ausgeführt.

Wie man in Fig. 1 erkennt, besteht die Läuferwelle 2' aus zwei Hohlwellen 34 und 35, die zwischen sich die Laufräder 6' und 6'' aufnehmen, wobei zwischen diesen beiden Laufrädern noch ein Wellenzwischenstück 36 angeordnet ist. Die eine Hohlwelle 35 ist mit einem Wellenzapfen 37 verbunden.

Die in den Fig. 1 und 2 gezeigte Ausführungsform ist besonders für schwere Fahrzeuge geeignet, wie Lokomotiven, Schiffe usw. Die Maschine benötigt keinen Regler. Es versteht sich, dass die Dampfturbine mit hintereinandergeschalteten Düsen 25 und 6' nach den Fig. 1 und 2 auch ohne Einrichtung zur Drehrichtungsumkehr ausgeführt sein kann, beispielsweise mit mehreren nebeneinanderliegenden Laufrädern 6', die mit dem gemeinsamen Hohlraum 5' verbunden sind.

Die Fig. 3-5 zeigen eine abgewandelte Ausführung einer Dampfturbine zur Erläuterung einzelner Unteransprüche, wobei nicht alle Merkmale des Patentanspruchs 1 verwirklicht sind.

In einem Turbinengehäuse 1 ist eine Läuferwelle 2 an ihren Enden in Lagern 3, die vorzugsweise als Wälzlager ausgeführt sind, drehbar gelagert. Auf der Welle 2 ist eine Büchse 4 befestigt, die zwischen sich und der Welle 2 axial nebeneinander mehrere abgeteilte, als Ringräume ausgeführte Hohlräume 5 einschliesst.

Auf der Büchse 4 sind mehrere scheibenförmige Laufräder 6 angebracht, die jeweils mehrere radiale Rohre 7 aufweisen, die einerseits über Bohrungen 8 mit den Ringräumen 5 in Verbindung stehen und an ihrem äusseren Ende in Umfangsrichtung abgewinkelt und dort jeweils mit einer Düse 9 (Fig. 4) verbunden sind, die als Lavaldüsen ausgeführt sind.

Die Laufräder 6 sind jeweils in einer Gehäusenkammer 10 des Turbinengehäuses 1 frei drehbar angeordnet. Jede Gehäusenkammer 10 weist einen Dampfaustritt 11 auf, der jeweils über eine Zwischenkammer 12, mehrere radiale Gehäusebohrungen 13 und mehrere radiale Bohrungen 14 der Büchse 4 mit einem der ringförmigen Hohlräume 5 in Verbindung steht. Diese Öffnungen, durch die

der Dampf strömt, können auch in der Art von Lavaldüsen ausgeführt sein, wie in der Zeichnung dargestellt, um die Strömungsverluste gering zu halten.

In Fig. 3 ist eine mehrstufige Dampfturbine dargestellt. Der Dampf gelangt durch eine Dampfzufuhrleitung 15 durch eine Gehäusebohrung 16 und eine radiale Bohrung 17 der Büchse 4 in den Ringraum 5 der ersten Stufe. Nach dem Durchströmen der Düsen 9 des Laufrades 6 der ersten Stufe gelangt der Dampf durch den Dampfaustritt 11 in den Ringraum 5 der zweiten Stufe usw., bis der Dampf durch den Dampfaustritt 11 der letzten Stufe über eine Leitung 18 zu einem in Fig. 1 nur schematisch angedeuteten Druckregenerator 19 und von dort über eine Leitung 20 und einen Regler 21 im geschlossenen Kreislauf wieder in die Dampfzufuhrleitung 15 gelangt.

Aus Fig. 5 erkennt man, dass die einzelnen Düsen 9 jeweils in einem flachen Winkel zur Laufradebene angeordnet sind, so dass die aus den Düsen 9 austretenden Dampfstrahlen nicht auf die jeweils benachbarte Düse 9 treffen. Die Düsen 9 sind an Stegblechen 22 angeschraubt bzw. mit diesen verschweisst. Auch die Rohre 7 sind mit diesen Stegblechen 22 verschweisst, so dass die einzelnen Laufräder 6 jeweils ein scheibenförmiges Bauteil bilden. Die Abdichtung der einzelnen Turbinenstufen gegeneinander und gegen die Atmosphäre erfolgt durch in Fig. 3 nur schematisch angedeutete Stopfbuchsen 23 oder ähnliche Dichtungen.

Da sich der Dampf beim Durchströmen der einzelnen Stufen zunehmend ausdehnt, haben die Rohre 7 aufeinanderfolgender Turbinenstufen unter Berücksichtigung der Kontinuitätsgleichung zunehmend grössere Durchmesser.

Bezugszeichenliste
 Turbinengehäuse 1, 1'
 Läuferwelle 2, 2'
 Lager 3
 Büchse 4
 Ringraum 5, 5'
 Laufrad 6, 6', 6''
 Rohr 7, 7'
 Bohrung 8
 Düse 9, 9', 9''
 Gehäusenkammer 10, 10'
 Dampfaustritt 11, 11'
 Zwischenkammer 12
 Gehäusebohrung 13
 Bohrung 14
 Dampfzufuhrleitung 15, 15'
 Gehäusebohrung 16
 Bohrung 17
 Leitung 18
 Druckregenerator 19
 Leitung 20
 Regler 21
 Stegblech 22
 Stopfbuchse 23
 Deckel 24
 Düsen 25
 Schieber 26
 Büchse 27

Stege 28
 Schieberteil 29
 Kolbenstange 30
 Kolben 31
 Ring 32
 Hydraulikleitung 33
 Hohlwelle 34
 Hohlwelle 35
 Wellenzwischenstück 36
 Wellenzapfen 37

Patentansprüche

1. Mehrstufige Dampfturbine mit geschlossenem Kreislauf, mit mindestens einem in einem geschlossenen Turbinengehäuse (1, 1') angeordneten Laufrad (6, 6', 6''), das mehrere innenliegende Lavaldüsen (8, 25) aufweist, die mit mehreren am Laufradumfang angeordneten Lavaldüsen (9, 9', 9'') in Verbindung stehen, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils ein bogenförmig gekrümmtes Rohr (7, 7') am Laufrad (6, 6', 6'') befestigt ist und unmittelbar anschliessend von einer der innenliegenden Lavaldüsen (8, 25) ggf. über eine oder mehrere weitere Lavaldüsen kontinuierlich zu einer der am Umfang angeordneten Lavaldüsen (9, 9', 9'') verläuft.

2. Dampfturbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dampfturbine mit mehreren, auf einer gemeinsamen Läuferwelle (2) angebrachten Laufrädern (6) ausgeführt ist, und dass jeweils der Dampfaustritt (11) einer Stufe mit einem Hohlraum (5) im Laufrad (6) der folgenden Stufe verbunden ist.

3. Dampfturbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die am Umfang des Laufrades (6) aufeinanderfolgenden Lavaldüsen (9) abwechselnd axial nach beiden Seiten aus der Laufradenebene leicht abgewinkelt sind.

4. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Laufräder (6', 6'') mit einander entgegengesetzten Austrittsrichtungen der am Umfang angeordneten Lavaldüsen (9, 9') angeordnet sind, und dass die beiden Laufräder (6, 6') wahlweise mit dem Hohlraum (5) zur Dampfzufuhr zur Drehrichtungsumkehr verbindbar sind.

5. Dampfturbine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zentral in den Laufrädern (6', 6'') bzw. in einer die Laufräder tragenden Läuferwelle (2') ein axial bewegbarer Schieber (29) angeordnet ist, der wahlweise eines der beiden Laufräder (6' bzw. 6'') gegenüber dem Hohlraum (5) zur Dampfzufuhr absperrt.

6. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass der den Dampfaustritt (11, 11') der letzten Stufe verlassende Dampf im geschlossenen Kreislauf über einen Druckregenerator (19) und wieder zum Laufrad (6, 6', 6'') der ersten Stufe geführt wird.

Claims

1. Multiple-stage steam turbine with closed circuit, with at least one rotor (6, 6', 6''), arranged in

an enclosed turbine casing (1, 1'), which reveals several internal Laval nozzles (8, 25), which are connected to several Laval nozzles (9, 9', 9'') arranged at the rotor perimeter, characterised by the fact that in each case an arc-shaped curved pipe (7, 7') is attached to the rotor (6, 6', 6'') and runs directly consecutively from one of the internal Laval nozzles (8, 25), if the necessity arises via one or more further Laval nozzles, continuously to one of the Laval nozzles (9, 9', 9'') arranged at the perimeter.

2. Steam turbine according to Claim 1, characterised by the fact that the steam turbine is constructed with several rotors (6) fitted on a common rotor shaft (2), and that in each case the steam outlet (11) of one stage is connected with a hollow space (5) in the rotor (6) of the following stage.

3. Steam turbine according to Claim 1, characterised by the fact that the consecutive Laval nozzles (9) at the perimeter of the rotor (6) are slightly bent axially alternately to the two sides from the rotor plane.

4. Steam turbine according to one of Claims 1-3, characterised by the fact that at least two rotor wheels (6', 6'') are arranged with mutually opposed outlet directions of the Laval nozzles (9, 9') arranged at the perimeter, and that the two rotors (6, 6') may be connected optionally to the hollow space (5) for the steam supply for reversal of the direction of rotation.

5. Steam turbine according to Claim 4, characterised by the fact that an axially movable slide (29) is arranged centrally in the rotors (6', 6'') or, respectively, in a rotor shaft (2') carrying the rotors, the slide blocking off optionally one of the two rotors (6' or 6'') respectively) opposite the hollow space (5) for the steam supply.

6. Steam turbine according to one of Claims 1-5, characterised by the fact that the steam leaving the steam outlet (11, 11') of the last stage in the closed circuit is led through a pressure regenerator (19) and back to the rotor (6, 6', 6'') of the first stage.

Revendications

1. Turbine à vapeur à plusieurs étages comportant un circuit fermé, au moins une roue mobile (6, 6', 6'') disposée dans un carter de turbine fermé (1, 1') qui présente plusieurs tuyères de Laval intérieures (8, 25) qui sont reliées à plusieurs tuyères de Laval (9, 9', 9'') agencées à la périphérie de la roue mobile, caractérisée en ce qu'un tuyau courbé en forme d'arc (7, 7') est chaque fois fixé à la roue mobile (6, 6', 6'') et s'étend immédiatement de l'une des tuyères de Laval intérieures (8, 25), éventuellement via une ou plusieurs autres tuyères de Laval, en continu jusqu'à l'une des tuyères de Laval (9, 9', 9'') agencées à la périphérie.

2. Turbine à vapeur selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs roues mobiles (6) montées sur un arbre mobile commun (2) et en ce que l'ouverture de sortie de la vapeur (11) d'un étage est chaque fois reliée à

une chambre creuse (5) pratiquée dans la roue mobile (6) de l'étage suivant.

3. Turbine à vapeur selon la revendication 1, caractérisée en ce que les tuyères de Laval (9) qui se suivent sur la périphérie de la roue mobile (6) sont légèrement inclinées axialement, alternativement d'un côté et de l'autre du plan de la roue mobile.

4. Turbine à vapeur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'au moins deux roues mobiles (6', 6'') sont agencées avec des tuyères de Laval périphériques (9, 9') orientées selon des directions de sortie opposées l'une à l'autre et en ce que les deux roues mobiles (6, 6') sont reliables, au choix, à la chambre creuse (5')

pour l'adduction de la vapeur pour le renversement du sens de rotation.

5. Turbine à vapeur selon la revendication 4, caractérisée en ce qu'un tiroir (29) axialement mobile et agencé au centre des roues mobiles (6', 6'') ou dans un arbre (2') portant les roues mobiles, ledit tiroir séparant, au choix, l'une des deux roues mobiles (6' ou 6'') de la chambre creuse (5') pour l'alimentation en vapeur.

10 6. Turbine à vapeur selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que la vapeur quittant l'ouverture de sortie de vapeur (11, 11') du dernier étage est ramenée, en circuit fermé via un régénérateur de pression (19), à la roue mobile (6, 6', 6'') du premier étage.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

6

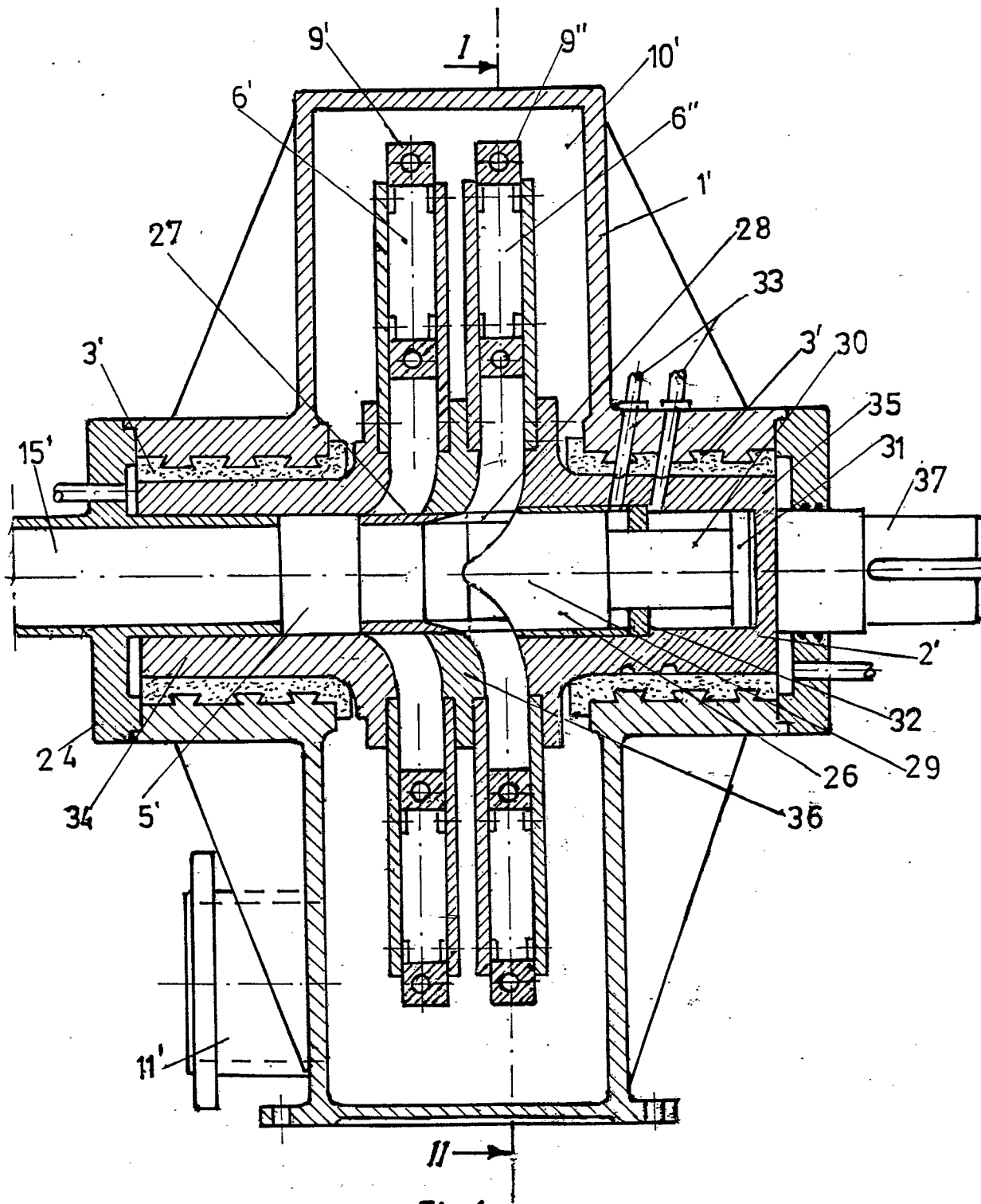
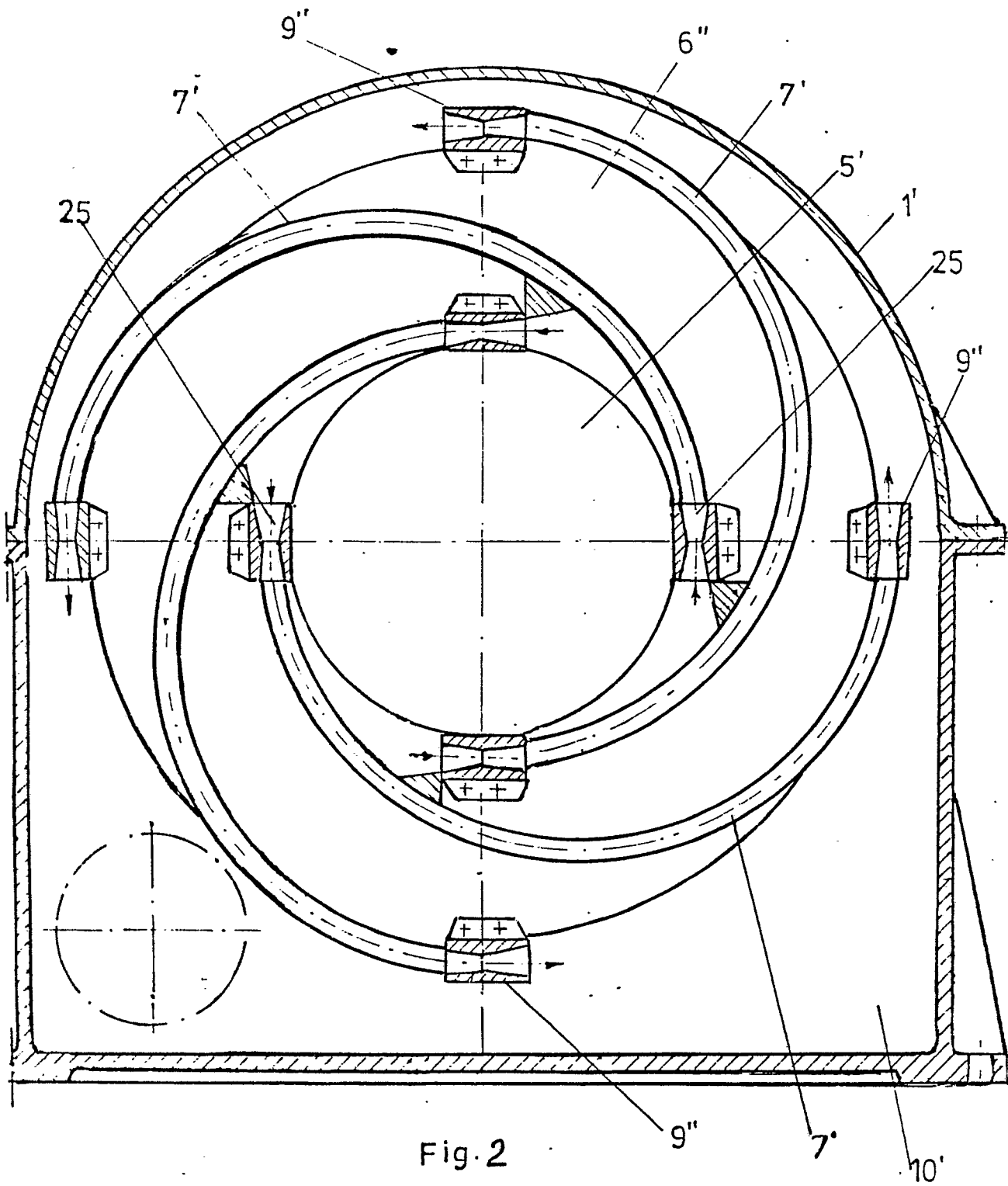


Fig. 1



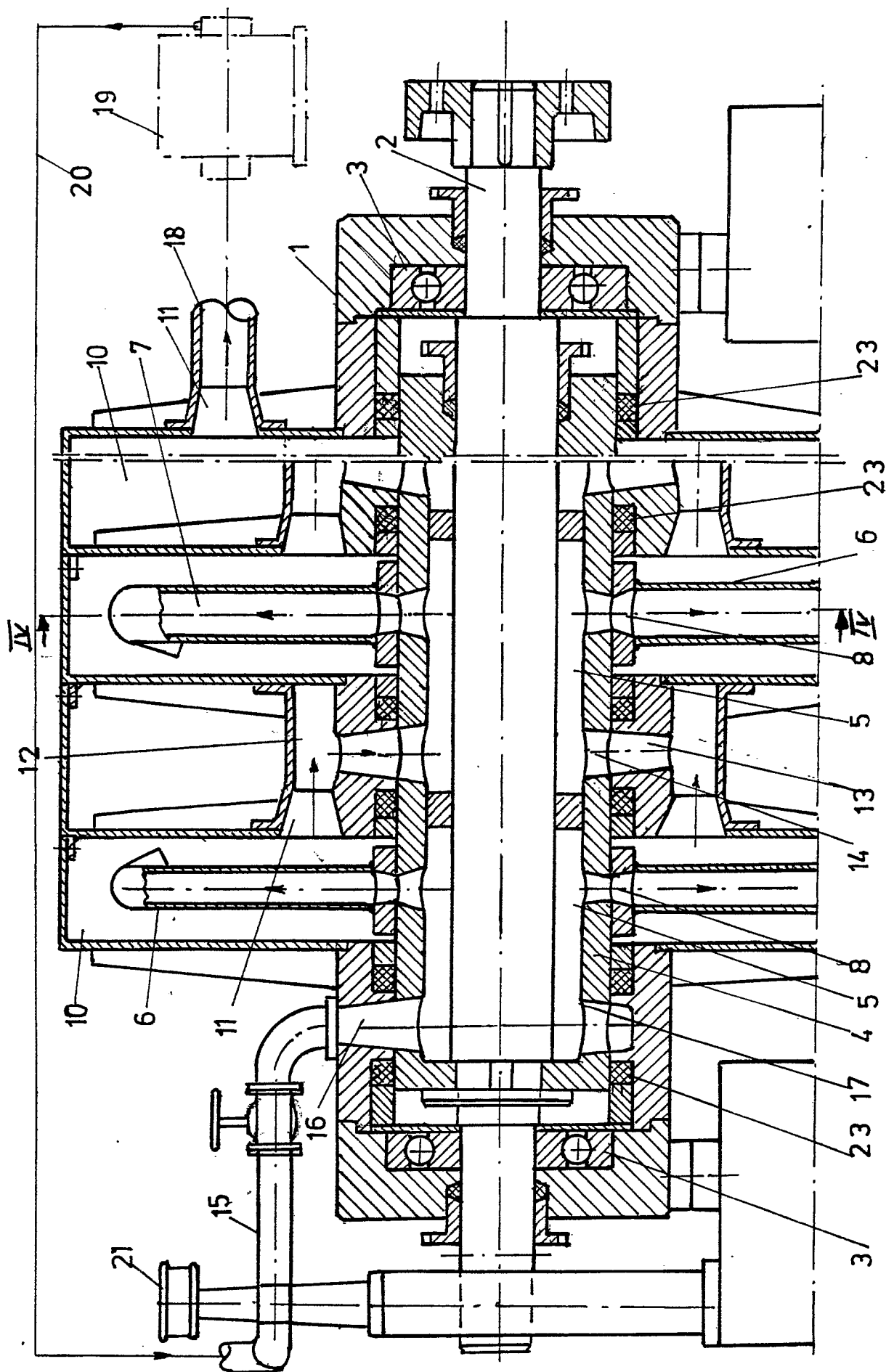


Fig. 3

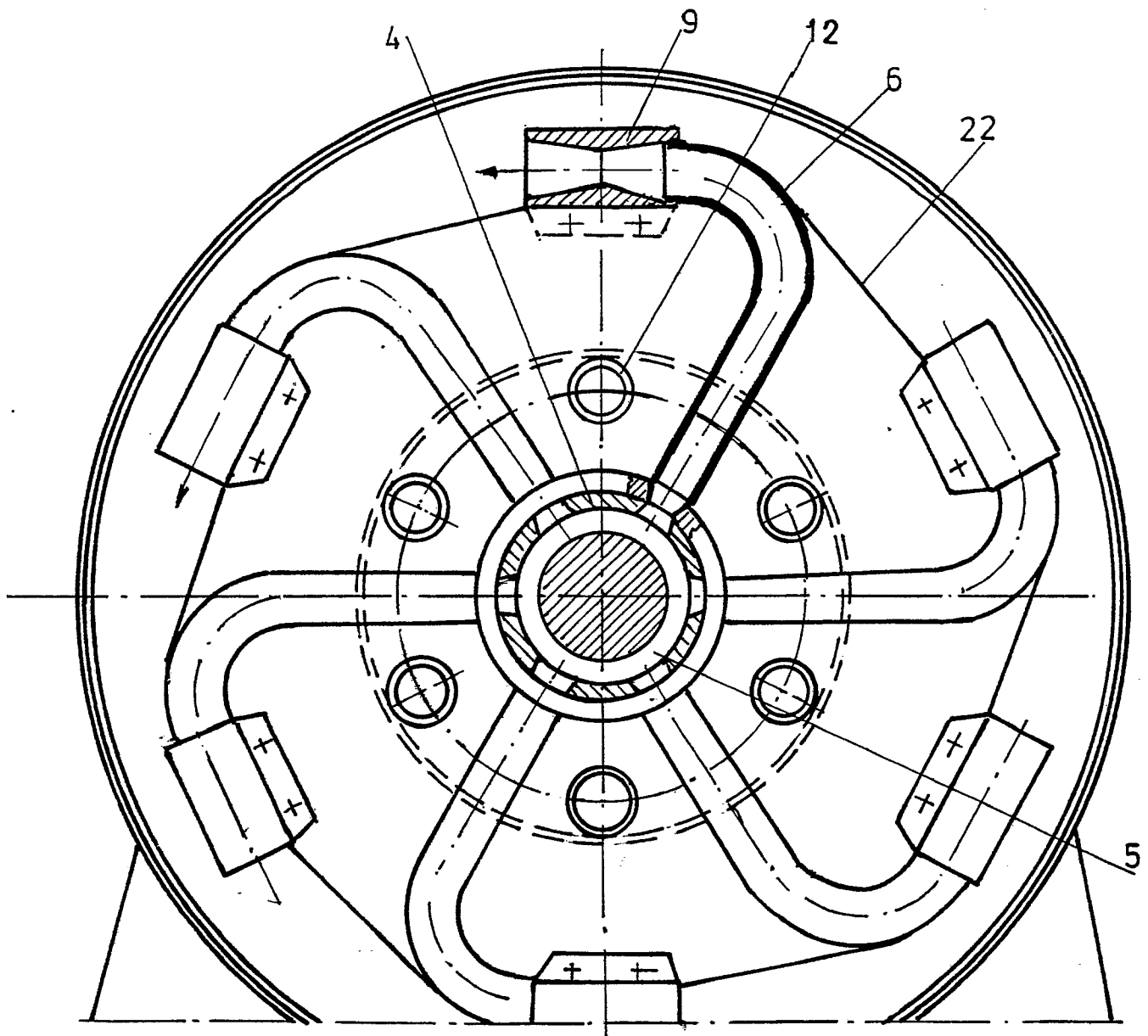


Fig. 4

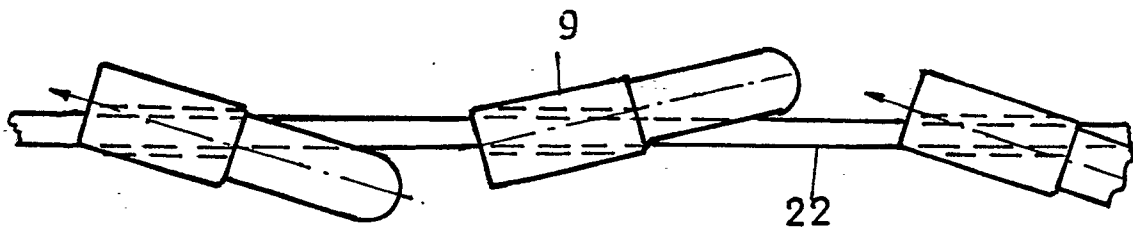


Fig. 5