



(11) **EP 1 771 663 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**13.11.2013 Patentblatt 2013/46**

(51) Int Cl.:  
**F04D 27/02<sup>(2006.01)</sup> F04D 29/32<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **05776213.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/053378**

(22) Anmeldetag: **14.07.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/010712 (02.02.2006 Gazette 2006/05)**

(54) **VERFAHREN ZUR MODIFIKATION EINES TURBOKOMPRESSORS**

METHOD FOR MODIFYING A TURBOCOMPRESSOR

PROCEDE DE MODIFICATION D'UN TURBOCOMPRESSEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **26.07.2004 DE 102004036238**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**11.04.2007 Patentblatt 2007/15**

(73) Patentinhaber: **Alstom Technology Ltd**  
**5400 Baden (CH)**

(72) Erfinder:  
• **GLESTI, Daniel**  
**CH-8172 Niederglatt (CH)**

- **MICHELI, Marco**  
**CH-5430 Wettingen (CH)**
- **PALKOVICH, Thomas**  
**CH-5300 Turgi (CH)**
- **RICK, Wilfried**  
**79787 Lauchringen (DE)**
- **SAVIC, Sasha**  
**CH-5430 Wettingen (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**GB-A- 777 955 US-A- 3 031 132**  
**US-A- 5 520 512 US-B1- 6 379 112**

**EP 1 771 663 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Modifikation eines Turbokompressors gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft weiterhin einen gemäss diesem Verfahren modifizierten Turbokompressor, sowie Verwendungen des erfindungsgemäss modifizierten Turbokompressors.

Stand der Technik

**[0002]** Beim Anfahren eines Turbokompressors ist der Kompressor aufgrund der Stufenkinematik bei niedrigen Drehzahlen nicht in der Lage, den gesamten geförderten Einlassvolumenstrom gegen den vom Verbraucher aufgeprägten Druck zu fördern. Problematisch bei Unterdrehzahl eines Turbokompressors ist auch, dass der Volumenstrom in den hinteren Verdichterstufen deutlich geringer abfällt als dies der Auslegung der Durchströmungsquerschnitte entspricht. Damit wird einerseits der Enthalpieaufbau in die vorderen Verdichterstufen verschoben, welche somit eine verstärkte Ablöse neigung der Verdichterströmung aufweisen. Zum anderen kommt es in den hinteren Verdichterstufen potenziell zu einer Verstopfung der Durchströmungsquerschnitte, was den Druckaufbau in den vorderen Verdichterstufen weiter erhöht. Es ist daher bekannt, an Zwischenstufen von Turboverdichtern absperrbare Abblaseleitungen anzuordnen. Beim Beschleunigen des Turboverdichters werden diese Abblaseleitungen geöffnet. Damit wird ein Teil des in den vorderen Verdichterstufen geförderten Massenstroms abgeleitet, und die hinteren Verdichterstufen werden nur mit einem Teilmassenstrom beaufschlagt. Es wird gewährleistet, dass die Axialgeschwindigkeit der Strömung in den vorderen Verdichterstufen gross genug ist, um einen Strömungsabriss zu verhindern, während die Axialgeschwindigkeit in den hinteren Verdichterstufen keine kritischen Werte erreicht.

**[0003]** Im Laufe der mehrjährigen Nutzungsdauer von Turbokompressoren ermöglicht der Fortschritt auf den Gebieten der Aerodynamik und der Fertigungstechnik Leistungsverbesserungen durch den Einsatz moderner Schaufeln. Von diesen Möglichkeiten wird Gebrauch gemacht, indem bestehende Turbokompressoren, beispielsweise von Gasturbogruppen, mit verbesserten Schaufeln nachgerüstet werden. Der Effekt einer solchen Nachrüstung mit verbesserten Schaufeln ist ein erhöhter Ansaugvolumenstrom und damit Nennmassenstrom des Kompressors, woraus bei einem unveränderten dem Kompressor nachgeordneten Verbraucher, beispielsweise einer Turbine, auch ein höheres Druckverhältnis resultiert.

Darstellung der Erfindung

**[0004]** Der in den Ansprüchen gekennzeichneten Er-

findung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so anzugeben, dass auch ein modifizierter Verdichter, welcher einen erhöhten Nennmassenstrom aufweist, problemlos angefahren werden kann.

**[0005]** Diese Aufgabe wird mit dem in Anspruch 1 gekennzeichneten Verfahren gelöst.

**[0006]** Gemäss der Erfindung wird also die Kapazität zum Abblasen von verdichtetem oder teilverdichtetem Fluid erhöht. Die Kapazität wird beispielsweise im selben Verhältnis erhöht, wie sich durch die Modifikation der Kompressorschaufeln der Ansaugvolumenstrom erhöht. Gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Erhöhung der Abblasekapazität indem der kritische Durchströmquerschnitt wenigstens einer an den Kompressor angeschlossenen Abblaseleitung vergrössert wird. Hierbei muss im Allgemeinen der engste Querschnitt der Strömungsleitung vergrössert werden. Dieser liegt häufig im Absperrorgan vor, welches dem Schliessen und Freigeben der Abblaseleitung dient. Die Erfindung kann daher sehr einfach realisiert werden, indem das Absperrorgan, auch Abblaseventil genannt, durch ein Absperrorgan mit einem vergrösserten freien Querschnitt ersetzt wird.

**[0007]** Gemäss einer zweiten Ausführungsform werden zusätzliche Abblaseleitungen angeordnet. Dies kann erfolgen, indem vorhandene, durch Flanschdeckel verschlossene Öffnungen des Kompressorgehäuses geöffnet und zusätzliche Abblaseleitungen an den dadurch entstehenden Gehäuseöffnungen angeschlossen werden. Alternativ können auch zusätzliche neue Gehäuseöffnungen in das Kompressorgehäuse eingearbeitet werden. Die zusätzlichen Abblaseleitungen können dabei einerseits an einer Druckstufe des Kompressors angeordnet werden, an der bereits eine vorhandene Abblaseleitung vorliegt. Es wird dann die Abblasekapazität an der entsprechenden Druckstufe des Kompressors erhöht. Es ist aber auch durchaus möglich, die zusätzliche Abblaseleitung an einer Stelle anzuordnen, an der vor der Modifikation keine Abblaseleitung angeschlossen ist. Es wird dann an einer zusätzlichen Druckstufe eine Abblasemöglichkeit geschaffen.

**[0008]** Abblaseleitungen sind beziehungsweise werden im Allgemeinen derart am Verdichter angeordnet, dass teilverdichtetes Fluid abgeblasen wird. Beispielsweise zweigt die Abblaseleitung zwischen zwei Verdichterstufen ab. Dies stellt sicher, dass, wie einleitend erwähnt, bei geöffneter Abblaseleitung der Massenstrom in den vorderen Verdichterstufen grösser ist als in den hinteren Verdichterstufen. Wenn der Kompressor mit einem Verbraucher für verdichtetes Fluid in Verbindung steht, wobei der Kompressor stromauf des Verbrauchers, beispielsweise einer Turbine, angeordnet ist, kann weiterhin in einer Ausführungsform eine Abblaseleitung stromab des Kompressors und stromauf des Verbrauchers angeordnet werden. Beispielsweise wird eine Abblaseleitung eines Verdichters einer Gasturbogruppe stromab des Verdichters und stromauf einer ersten

Brennkammer der Gasturbogruppe angeordnet. Durch Öffnen einer derart angeordneten Abblaseleitung wird während des Anfahrens des Verdichters der Gegen- druck, gegen den der Verdichter arbeiten muss, reduziert und damit die Ablösegefahr vermindert.

**[0009]** Die genannten Ausführungsformen können beliebig untereinander kombiniert und einander ergänzend verwendet werden.

**[0010]** Die Erfindung eignet sich zur Umrüstung und Leistungssteigerung eines Turbokompressors, der beispielsweise der Kompressor einer Gasturbogruppe ist. Die Gasturbogruppe wiederum ist in einer Ausführungs- form der Erfindung Bestandteil einer Kraftwerksanlage, beispielsweise einer Kombianlage.

**[0011]** Weitere Ausführungsformen der Erfindung er- schliessen sich dem Fachmann im Lichte der nachfol- genden Ausführungsbeispiele.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0012]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung illustrierten Ausführungsbeispiels nä- her erläutert. Die einzige Figur zeigt eine Gasturbogrup- pe vor und nach einer erfindungsgemässen Modifikation des Verdichters. Die Zeichnung und das Ausführungs- beispiel sind dabei rein beispielhaft zu verstehen; zum Verständnis der Erfindung nicht notwendige Elemente sind weggelassen worden.

#### Weg zur Ausführung der Erfindung

**[0013]** Die Figur 1a zeigt eine Gasturbogruppe, um- fassend einen Verdichter 1, eine Brennkammer 2, und eine Turbine 3, wie sie dem Fachmann ohne Weiteres geläufig ist. Im Betrieb der Gasturbogruppe saugt der Verdichter 1 einen Ansaugvolumenstrom respektive einen Nennmassenstrom  $m_1$  an. Dieser Luftmassenstrom wird im Verdichter 1 verdichtet. In der verdichteten Ver- brennungsluft wird in der Brennkammer 2 ein Brennstoff- massenstrom verbrannt, und das entstehende heisse Rauchgas wird in der Turbine 3 arbeitsleistend ent- spannt. Am Verdichter 1 sind Abblaseleitungen 11 und 12 mit Absperrorganen 21 und 22 angeordnet. Wie ein- leitend dargestellt, dienen diese Abblaseleitungen dazu, während des Anfahrens des Verdichters bei Drehzahlen deutlich unterhalb der Nenndrehzahl teilverdichtete Luft aus dem Verdichter abzublasen.

**[0014]** In der Figur 1b ist die Gasturbogruppe nach ei- ner erfindungsgemässen Modifikation des Verdichters 1 dargestellt. Durch eine Ausstattung mit verbesserten Verdichterschaukeln steigt der Ansaugvolumenstrom des Verdichters 1, und entsprechend fördert der Verdich- ter einen Nennmassenstrom  $m_2$ , der grösser ist als der Nennmassenstrom  $m_1$  vor dem Umbau. Die Vergrösse- rung des Nennmassenstroms führt dazu, dass der wäh- rend des Anfahrens abgeblasene Luftmassenstrom an- teilmässig geringer ist als vor dem Umbau auf neue Schaukeln. Dies resultiert potenziell darin, dass trotz des

Abblasens von Verdichterluft Strömungsabriss in den vorderen Verdichterstufen und/oder ein Verstopfen der hinteren Verdichterstufen auftreten. Erfindungsgemäss sind nun die Abblasekapazitäten des Verdichters ver- grössert worden. Das Abblaseventil 21 der Abblaselei- tung 11 ist durch ein Abblaseventil 21a mit vergrössertem Durchtrittsquerschnitt ersetzt. Weiterhin ist eine neue Ab- blaseleitung 13 mit einem Abblaseventil 23 neu ange- ordnet worden. Die Abblaseleitung 13 kann an einer Druckstufe des Verdichters abzweigen, an der bereits eine andere Abblaseleitung angeordnet ist, wie dies in der Figur dargestellt ist. Die Abblaseleitung 13 kann aber ohne weiteres auch an einer Stelle des Verdichters an- geordnet sein, an welcher vorher keine Abblaseleitung angeordnet war. Weiterhin kann die Abblaseleitung 13 einerseits an einer bereits vorhandenen, vorher aber durch einen Flanschdeckel verschlossenen Öffnung des Gehäuses des Kompressors 1 anschliessen; gegebe- nenfalls kann aber auch eine neue Öffnung in das Ge- häuse eingearbeitet worden sein, an welchen sich dann die neue Abblaseleitung 13 anschliesst. Zusätzlich schliesst sich stromab des Verdichters 1 und stromauf der Brennkammer 2 eine weitere Abblaseleitung 14 mit einem Abblaseventil 24 an. Durch Abblasen an dieser Stelle wird das Gesamtdruckverhältnis der Verdichters vermindert, was die Ablösegefahr weiter verringert. Durch diese Modifikation kann insgesamt ein wesentlich grösserer Massenstrom durch die Abblaseleitungen 11, 12, 13 und 14 durchgesetzt werden.

#### Bezugszeichenliste

|               |   |
|---------------|---|
| <b>[0015]</b> | 1 Verdichter, Kompressor, Turbokompressor     |
| <b>[0016]</b> | 2 Brennkammer                                 |
| <b>[0017]</b> | 3 Turbine                                     |
| <b>[0018]</b> | 11 Abblaseleitung                             |
| <b>[0019]</b> | 12 Abblaseleitung                             |
| <b>[0020]</b> | 13 Abblaseleitung                             |
| <b>[0021]</b> | 14 Abblaseleitung                             |
| <b>[0022]</b> | 21 Absperrorgan, Abblaseventil                |
| <b>[0023]</b> | 21a Absperrorgan, Abblaseventil               |
| <b>[0024]</b> | 22 Absperrorgan, Abblaseventil                |
| <b>[0025]</b> | 23 Absperrorgan, Abblaseventil                |
| <b>[0026]</b> | 24 Absperrorgan, Abblaseventil                |
| <b>[0027]</b> | $m_1$ Ansaugmassenstrom vor der Modifikation  |
| <b>[0028]</b> | $m_2$ Ansaugmassenstrom nach der Modifikation |

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Modifikation eines Turbokompressors (1), umfassend, erste Schaukeln eines Kompressors auszubauen und durch zweite Schaukeln zu erset- zen, wodurch der Ansaugvolumenstrom des Ver- dichters bei gleicher Drehzahl und gleichem Druck- verhältnis gesteigert wird, **gekennzeichnet da- durch**, die Kapazität zum Abblasen von verdichte- tem oder teilverdichtetem Fluid zu erhöhen.

2. Verfahren gemäss Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, die Abblasekapazität im selben Verhältnis zu erhöhen wie den Ansaugvolumenstrom.
3. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 oder 2, **gekennzeichnet dadurch**, den Durchströmungsquerschnitt wenigstens einer an den Kompressor angeschlossen Abblaseleitung (11) zu vergrössern.
4. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch**, wenigstens einen vorhandenen Gehäuseflansch des Kompressorgehäuses zu öffnen und eine zusätzliche Abblaseleitung (13) an der dadurch entstandenen Gehäuseöffnung anzuschliessen.
5. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch**, wenigstens eine zusätzliche Öffnung in das Kompressorgehäuse einzuarbeiten, und eine zusätzliche Abblaseleitung (13) an dieser Öffnung anzuordnen.
6. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Kompressor stromauf eines Verbrauchers (2, 3) angeordnet ist, **gekennzeichnet dadurch**, eine Abblaseleitung (14) stromab des Kompressors und stromauf des Verbrauchers anzuordnen.
7. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Kompressor ein Kompressor einer Gasturbogruppe ist, **gekennzeichnet dadurch**, eine Abblaseleitung (14) stromab des Kompressors (1) und stromauf einer ersten Brennkammer (2) der Gasturbogruppe anzuordnen.
8. Turbokompressor, welcher mit einem Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche modifiziert ist.
9. Gasturbogruppe, umfassend einen Kompressor gemäss Anspruch 8.
10. Kraftwerksanlage, umfassend eine Gasturbogruppe gemäss Anspruch 9.
2. Method according to Claim 1, **characterized by** increasing the blow-off capacity in the same ratio as the volumetric intake flow.
3. Method according to either of Claims 1 and 2, **characterized by** increasing the cross section of flow of at least one blow-off line (11) connected to the compressor.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized by** opening at least one existing casing flange of the compressor casing and by connecting an additional blow-off line (13) to the casing opening produced as a result.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized by** incorporating at least one additional opening in the compressor casing and by arranging an additional blow-off line (13) at this opening.
6. Method according to one of the preceding claims, the compressor being arranged upstream of a load (2, 3), **characterized by** arranging a blow-off line (14) downstream of the compressor and upstream of the load.
7. Method according to one of the preceding claims, the compressor being a compressor of a gas turboset, **characterized by** arranging a blow-off line (14) downstream of the compressor (1) and upstream of a first combustion chamber (2) of the gas turboset.
8. Turbocompressor which is modified by a method according to one of the preceding claims.
9. Gas turboset comprising a compressor according to Claim 8.
10. Power plant comprising a gas turboset according to Claim 9.

## Claims

1. Method of modifying a turbocompressor (1), comprising the removal of first blades of a compressor and the replacement of said first blades by second blades, as a result of which the volumetric intake flow of the compressor is increased at the same speed and the same pressure ratio, **characterized by** increasing the capacity for blowing off compressed or partly compressed fluid.
1. Procédé de modification d'un turbocompresseur (1), comprenant le démontage de premières pales d'un compresseur et leur remplacement par des deuxièmes pales, de sorte que le débit volumique d'admission du compresseur soit accru pour une même vitesse de rotation et le même rapport de pression, **caractérisé par** l'augmentation de la capacité de soufflage de fluide comprimé ou partiellement comprimé.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par** l'augmentation de la capacité de soufflage dans le

même rapport que le débit volumique d'admission.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé par** l'augmentation de la section transversale d'écoulement d'au moins une conduite de soufflage (11) raccordée au compresseur. 5
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** l'ouverture d'au moins une bride de boîtier existante du boîtier de compresseur et le raccordement d'une conduite de soufflage supplémentaire (13) à l'ouverture de boîtier ainsi formée. 10
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** la réalisation d'au moins une ouverture supplémentaire dans le boîtier de compresseur, et la disposition d'une conduite de soufflage supplémentaire (13) au niveau de cette ouverture. 15  
20
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le compresseur est disposé en amont d'un consommateur (2, 3), **caractérisé par** la disposition d'une conduite de soufflage (14) en aval du compresseur et en amont du consommateur. 25
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le compresseur est un compresseur d'un groupe générateur à turbine à gaz, **caractérisé par** la disposition d'une conduite de soufflage (14) en aval du compresseur (1) et en amont d'une première chambre de combustion (2) du groupe générateur à turbine à gaz. 30  
35
8. Turbocompresseur modifié par un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.
9. Groupe générateur à turbine à gaz comprenant un compresseur selon la revendication 8. 40
10. Centrale comprenant un groupe générateur à turbine à gaz selon la revendication 9. 45

50

55

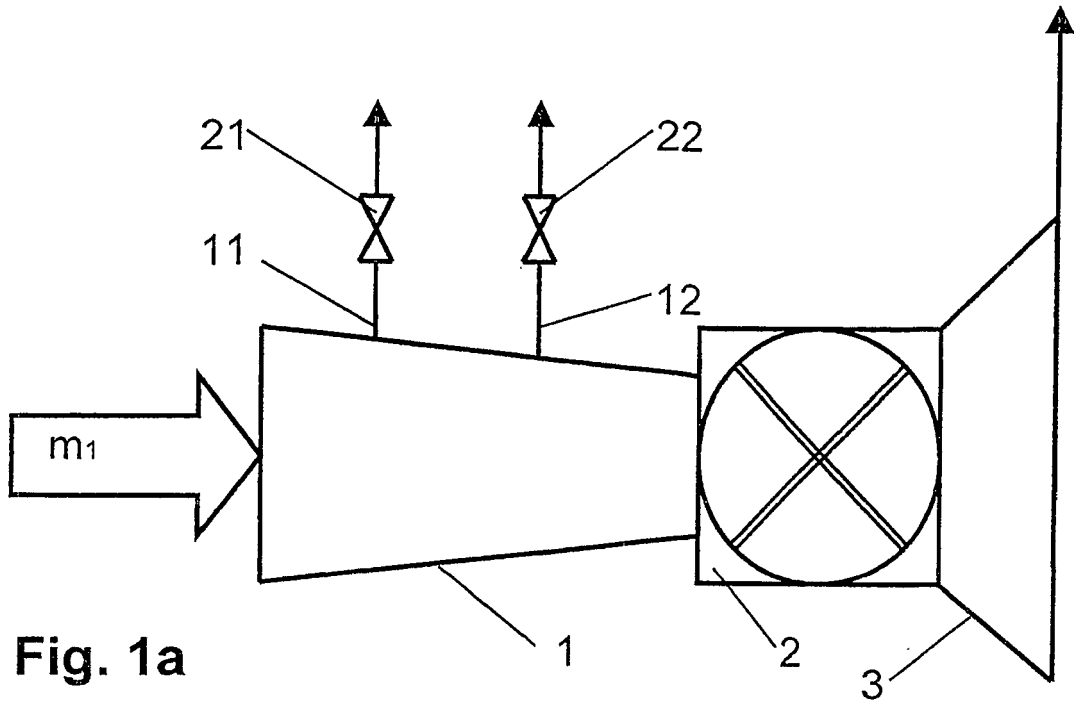


Fig. 1a

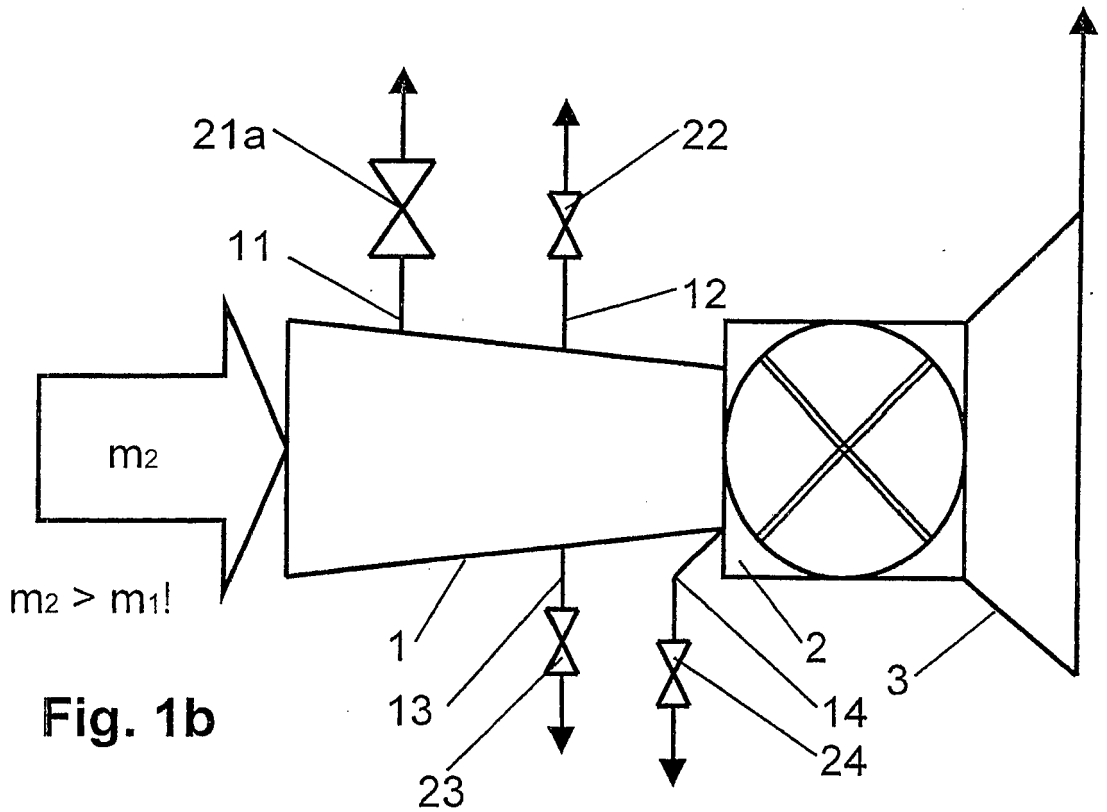


Fig. 1b