(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 836 401 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.09.2014 Patentblatt 2014/39

(21) Anmeldenummer: **06707706.5**

(22) Anmeldetag: **12.01.2006**

(51) Int Cl.:
F04D 19/02 *(2006.01)* ***F04D 29/32*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/050172

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/075014 (20.07.2006 Gazette 2006/29)

(54) **VERFAHREN ZUR MODIFIKATION EINES MEHRSTUFIGEN VERDICHTERS**

METHOD FOR RETROFITTING A COMPRESSOR

MÉTHODE POUR MODIFIER UN COMPRESSEUR MULTI-ÉTAGES

(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: **14.01.2005 EP 05100201**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.09.2007 Patentblatt 2007/39

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

(72) Erfinder: **MICHELI, Marco**
CH-5430 Wettingen (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
GB-A- 1 080 026 **US-A- 3 428 244**

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).

EP 1 836 401 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Modifikation eines mehrstufigen Verdichters gemäss dem Patentanspruch 1. Weiterhin betrifft sie einen gemäss dem angegebenen Verfahren modifizierten Verdichter sowie eine Gasturbogruppe, welche einen so modifizierten Verdichter umfasst.

Stand der Technik

[0002] Eine Modifikation von Turboverdichtern kann erfolgen, indem der Schaufelwinkel von Schaufelreihen bei konstantem Profil der Schaufelblätter verändert wird. Der Schaufelwinkel wird dabei üblicherweise als der Winkel definiert, den die Sehne des Profils mit der Umfangsrichtung des Verdichters einschliesst. Durch diese Möglichkeit der Veränderung der Geometrie eines Schaufelgitters kann beispielsweise der Massenstrom erhöht werden, ohne eine Neukonstruktion des Schaufelblattes zu erfordern. Dies wird beispielsweise bei verstellbaren Verdichterleitreihen und insbesondere bei einer verstellbaren Vorleitreihe eines Verdichters realisiert. Die Implementation einer Mehrzahl verstellbar Verdichterleitreihen ist jedoch vergleichsweise aufwendig.

Darstellung der Erfindung

[0003] Gemäss einem Aspekt der Erfindung soll nunmehr ein Verfahren zur Modifikation eines mehrstufigen Verdichters durch Umstaffelung von Schaufeln, also der Veränderung des Schaufelwinkels, angegebenen werden. Das Profil des Schaufelblattes bleibt erhalten. Gemäss einem spezifischeren Aspekt der Erfindung soll diese Möglichkeit angegeben werden, ohne verstellbare Schaufelreihen zu verwenden. Ein anderer Aspekt der Erfindung besteht darin, den Massenstrom des Verdichters zu erhöhen, in einer beispielhaften Ausführungsform um bis zu sechs Prozent gegenüber dem Verdichter vor der Modifikation. In einer spezielleren Ausführungsform soll die Erhöhung des Massenstroms erzielt werden, ohne die Strömungsstabilität im Verdichter zu vermindern oder aufgrund des erhöhten Massenstroms Strömungsblockierungen in Schaufelkanälen zu provozieren.

[0004] Das in Anspruch 1 beschriebene Verfahren vermag, neben anderen vorteilhaften Wirkungen, die oben aufgestellten Forderungen zu erfüllen.

[0005] Das Verfahren umfasst, die Laufschaufeln der ersten Verdichterlaufreihe gegen veränderte Laufschaufeln auszutauschen, welche gegenüber den ursprünglich eingebauten Laufschaufeln ein identisches Schaufelblattprofil und einen demgegenüber verschiedenen Schaufelwinkel aufweisen. Derart kann das Schluckvermögen der ersten Verdichterlaufreihe vergrössert und insbesondere in Verbindung mit einer verstellbaren Vorleitreihe der Verdichtermassenstrom erhöht werden. Einer mit der veränderten Geometrie des Schaufelgitters einhergehenden potenziell verschlechterten Strömungsstabilität wird entgegengewirkt, indem weiterhin der Schaufelwinkel wenigstens einer weiter stromab und insbesondere stromab der zweiten Verdichterstufe angeordneten Schaufelreihe verändert wird. Dazu werden die Schaufeln der wenigstens einen weiteren Schaufelreihe gegen veränderte Schaufeln ausgetauscht, welche ein identisches Schaufelblattprofil aufweisen wie die ursprünglichen Schaufeln, und deren Schaufelwinkel von dem der ursprünglichen Schaufeln verschieden ist. In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Veränderung des Schaufelwinkels in der weiteren Schaufelreihe gleichsinnig wie die Veränderung des Schaufelwinkels in der ersten Verdichterlaufreihe, das heisst, wenn der Schaufelwinkel der ersten Verdichterlaufreihe vergrössert wird, wird auch der Schaufelwinkel der weiteren Schaufelreihe vergrössert, und, wenn der Schaufelwinkel der ersten Verdichterlaufreihe verkleinert wird, wird auch der Schaufelwinkel der weiteren Schaufelreihe verkleinert. Eine Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Schaufelgeometrie der Leitreihe der ersten Verdichterstufe unverändert beibehalten wird, dass also weder das Schaufelblattprofil noch der Schaufelwinkel verändert werden.

[0006] Unter einer Verdichterstufe ist dabei die Anordnung einer Verdichterlaufreihe und einer stromab folgenden Verdichterleitreihe zu verstehen. Dies ist im Gegensatz zu einer Turbinenstufe zu verstehen, welche eine Leitreihe mit einer stromab davon angeordneten Laufreihe umfasst. Eine Laufreihe umfasst einen Schaufelkranz oder ein Schaufelgitter, welches eine Mehrzahl von Laufschaufeln umfasst. Diese werden auch als Rotorkomponenten, beispielsweise Rotorbeschaufelung, Rotorschaufelkranz, oder Rotorschaufelgitter und dergleichen bezeichnet. Eine Leitreihe umfasst einen Schaufelkranz oder ein Schaufelgitter, welches eine Mehrzahl von Leitschaufeln umfasst. Diese werden auch als Statorkomponenten, beispielsweise Statorbeschaufelung, Statorschaufelkranz, oder Statorschaufelgitter und dergleichen bezeichnet.

[0007] Eine Weiterbildung des hier angegebenen Verfahrens umfasst, die Laufschaufeln der zweiten Verdichterlaufreihe gegen veränderte Laufschaufeln auszutauschen, welche ein identisches Schaufelblattprofil aufweisen wie die ursprünglichen Laufschaufeln, und deren Schaufelwinkel von dem der ursprünglichen Laufschaufeln verschieden ist. Eine Ausführungsform dieser Weiterbildung umfasst, die Schaufelgeometrie der Leitreihe der zweiten Verdichterstufe unverändert beizubehalten.

[0008] Weiterbildungen des hier beschriebenen Verfahrens umfassen, in wenigstens einer stromab der zweiten Verdichterstufe angeordneten Verdichterstufe sowohl die Schaufeln der Laufreihe als auch die Schaufeln der Leitreihe gegen veränderte Schaufeln auszutauschen, welche ein identisches Schaufelblattprofil aufweisen wie die ursprünglichen Schaufeln, und deren Schaufelwinkel von dem der ursprünglichen Schaufeln ver-

schieden ist, und/oder die Schaufeln wenigstens einer Schaufelreihe jeder stromab der zweiten Verdichterstufe angeordneten Verdichterstufe gegen veränderte Schaufeln auszutauschen, welche ein identisches Schaufelblattprofil aufweisen wie die ursprünglichen Schaufeln, und deren Schaufelwinkel von dem der ursprünglichen Schaufeln verschieden ist.

[0009] In einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Schaufelwinkel in den Schaufelreihen, deren Schaufeln gegen veränderte Schaufeln ausgetauscht werden, derart aufeinander angepasst, dass der relative Enthalpieaufbau, bezogen auf den gesamten Enthalpieaufbau im Verdichter, in den einzelnen Verdichterstufen und/oder in den einzelnen Schaufelreihen gegenüber dem nicht modifizierten Verdichter im Wesentlichen konstant gehalten wird. Damit ist es möglich, den Massenstrom des Verdichters zu verändern, und dabei die Stabilitätsreserve gegen einen Strömungsabriss im Wesentlichen unverändert beizubehalten.

[0010] Eine Vergrösserung des Schaufelwinkels, der als der Winkel definiert ist, den die Sehne des Schaufelblattprofils mit der Umfangsrichtung des Verdichters einschliesst, resultiert im Allgemeinen in einer Vergrösserung des Massenstroms. Eine Anwendung des hier beschriebenen Verfahrens, bei dem ursprünglich eingebaute Schaufeln gegen veränderte Schaufeln ausgetauscht werden, bei denen die Sehnen der Schaufelblattprofile stärker in Richtung der Verdichterachse orientiert sind als bei den ursprünglich eingebauten Schaufeln, resultiert demnach in einer Anwendung des Verfahrens zur Erhöhung des Verdichtermassenstroms. Mit einer beispielhaften Ausführungsform des Verfahrens lässt sich eine Erhöhung des Verdichtermassenstroms um bis zu sechs Prozent erreichen, ohne dass die Stabilitätsreserve des Verdichters wesentlich verändert wird.

[0011] Die oben beschriebenen Ausgestaltungen des Verfahrens können selbstverständlich untereinander kombiniert werden.

[0012] Die Erfindung umfasst weiterhin einen Verdichter, welcher mittels dem oben beschriebenen Verfahren modifiziert ist. Ein solcher Verdichter umfasst insbesondere wenigstens zwei axiale Verdichterstufen, und in einer spezifischeren Ausführungsform handelt es sich um einen rein axialen mehrstufigen Verdichter. Mehrstufige rein axiale Turboverdichter finden beispielsweise als Verdichter von Gasturbogruppen Verwendung; insofern umfasst die Erfindung auch eine Gasturbogruppe, welche einen mit einem oben beschriebenen Verfahren modifizierten Verdichter aufweist.

[0013] Weitere vorteilhafte und zweckmässige Weiterbildungen der Erfindung erschliessen sich dem Fachmann im Lichte der Unteransprüche und des nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiels.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0014] Das oben angegebene Verfahren wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung illustrierten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Im Einzelnen zeigen

Figur 1 eine Gasturbogruppe;
Figur 2 Details eines mehrstufigen Axialverdichters; und
Figur 3 Details eines modifizierten mehrstufigen Axialverdichters.

[0015] Für das Verständnis der Erfindung nicht wesentliche Einzelheiten sind weggelassen worden. Das Ausführungsbeispiel und die Zeichnung sollen dem besseren Verständnis des oben beschriebenen Verfahrens dienen, und sollen nicht zur Einschränkung der in den Ansprüchen gekennzeichneten Erfindung herangezogen werden.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0016] In der Figur 1 ist eine Gasturbogruppe 100 dargestellt Diese umfasst einen mehrstufigen axialen Turboverdichter 101, eine Brennkammer 102 und eine Turbine 103. Die Welle 111 der Gasturbogruppe ist mit einem Generator 104 antriebsverbunden. Der Verdichter 101 umfasst ein Gehäuse, in welchem die statischen Bauteile des Verdichters angeordnet sind, sowie die Welle 111, auf welcher die Rotorkomponenten angeordnet sind. Der beispielhaft und vereinfacht dargestellte Verdichter umfasst eine Vorleitreihe IGV, welche mit verstellbaren Leitschaufeln ausgestattet sein kann, sowie zehn Verdichterstufen 1 bis 10. Die Anzahl der Verdichterstufen stellt hierbei keine Einschränkung dar; die Turboverdichter moderner Gasturbogruppen weisen üblicherweise eine höhere Stufenzahl von beispielsweise 10 bis 22 auf. Für eine Illustration der Erfindung ist die Darstellung mit zehn Verdichterstufen jedoch ausreichend und übersichtlicher. Die Durchströmungsrichtung des Verdichters ist in der Zeichnung von links nach rechts. Die erste Verdichterstufe umfasst eine auf der Welle angeordnete Laufschaufelreihe LA1 und eine stromab davon im Gehäuse angeordnete Leitschaufelreihe LE1. Alle weiteren Verdichterstufen umfassen ebenfalls jeweils eine Laufschaufelreihe mit einer stromab davon angeordneten Leitschaüfelreihe. Auf an sich bekannte Weise umfasst jede Schaufelreihe eine Mehrzahl von Schaufeln, von denen jede auf ebenfalls an sich bekannte Weise einen Schaufelfuss und ein Schaufelblatt aufweist.

[0017] Die Figur 2 zeigt Details eines beispielhaften Verdichters, wie er beispielsweise in der Gasturbogruppe aus Figur 1 Verwendung findet, im ursprünglichen Zustand, das heisst vor einer Modifikation mit dem angegebenen Verfahren. Dargestellt sind die ersten beiden Verdichterstufen, umfassend die Laufreihe LA1 und die Leitreihe LE1 sowie die Laufreihe LA2 und die Leitreihe LE2. Weiterhin dargestellt ist eine beliebige stromab der zweiten Verdichterstufe angeordnete Verdichterstufe N mit der Laufreihe LAN und der Leitreihe LEN. Die Schaufelblätter sind mit 121, 122, 123, 124, 125, und 126 bezeichnet. In einer Ansicht von radial aussen sind die

Schaufelbtattprofile zu erkennen, sowie der Schaufelwinkel, welcher als der Winkel definiert ist, welche die Sehne des Schaufelblattprofils mit der Umfangsrichtung des Verdichters einschliesst. Der Schaufelwinkel der Schaufeln 121 der ersten Laufreihe LA1 ist mit B'_{10} bezeichnet. Der Schaufelwinkel der Schaufeln 122 der ersten Leitreihe LE1 ist mit B''_{10} bezeichnet. Der Schaufelwinkel der Schaufeln 123 der zweiten Laufreihe LA2 ist mit B'_{20} bezeichnet. Der Schaufelwinkel der Schaufeln 124 der zweiten Leitreihe LE2 ist mit B''_{20} bezeichnet. Der Schaufelwinkel der Schaufeln 125 der Laufreihe LAN ist mit B'_{N0} bezeichnet. Der Schaufelwinkel der Schaufeln 126 der Leitreihe LEN ist mit B''_{N0} bezeichnet.

[0018] In der Figur 3 ist der Verdichter aus Figur 2 dargestellt, welcher mit dem beschriebenen Verfahren modifiziert wurde. Die Schaufelblattprofile der Schaufeln in den dargestellten Schaufelreihen sind identisch. Ebenso ist der Schaufelwinkel in den Leitreihen LE1 der ersten und LE2 der zweiten Verdichterstufe beibehalten worden. Hingegen wurde der Schaufelwinkel in der ersten Laufreihe LA1 von B'_{10} auf B'_{11} vergrössert. Der Schaufelwinkel der zweiten Laufreihe LA2 wurde von B'_{20} auf B'_{21} vergrössert. Die Profilsehnen sind in diesen beiden Laufreihen nunmehr stärker in Richtung der Achse des Verdichters orientiert. Damit wird der Versperrungsgrad der jeweiligen Schaufelgitter vermindert, woraus eine Erhöhung des Verdichtermassenstroms resultiert. In der Laufreihe LAN und der Leitreihe LEN sind die Schaufelwinkel ebenfalls von B'_{N0} und B''_{N0} auf B'_{N1} und B''_{N1} vergrössert; die Schaufelblattprofile sind jeweils identisch beibehalten. Diese Modifikation kann auch in anderen, nicht dargestellten Schaufelreihen des Verdichters vorgenommen sein. Es ist dabei nicht notwendig, immer die Schaufelwinkel der Laufreihe und der Leitreihe einer Stufe zu verändern; ebenso kann in einer Stufe nur der Schaufelwinkel entweder der Laufreihe oder der Leitreihe verändert sein. Die Modifikation von stromab der zweiten Verdichterstufe angeordneten Schaufelreihen bewirkt, dass einerseits keine Strömungsblockierung in diesen Schaufelreihen aufgrund des vergrösserten Massenstroms auftritt, und andererseits, dass der Enthalpieaufbau des Verdichters nicht überproportional in die erste und zweite Laufreihe verschoben wird, was andernfalls die Stabilitätsreserve gegen einen Strömungsabriss in den Schaufelgittern der ersten und der zweiten Laufreihe vermindern würde.

[0019] Obschon nicht explizit erwähnt, ist für den Fachmann offensichtlich, dass die oben gemachten Darstellungen analog für Verdichterbeschaufelungen anwendbar sind, bei denen die Schaufelblattprofile über der Schaufelhöhe veränderlich sind und insbesondere auch für den Fachmann geläufige verwundene Schaufeln; die Darstellungen in den Figuren 2 und 3 beziehen sich dann auf einen Umfangsschnitt.

Bezugszeichenliste

[0020]

0	Vorleitreihe
1	erste Verdichterstufe
2	zweite Verdichterstufe
3	dritte Verdichterstufe
4	vierte Verdichterstufe
5	fünfte Verdichterstufe
6	sechste Verdichterstufe
7	siebte Verdichterstufe
8	achte Verdichterstufe
9	neunte Verdichterstufe
10	zehnte Verdichterstufe
100	Gasturbogruppe
101	Verdichter
102	Brennkammer
103	Turbine
104	Generator
111	Welle
112	Gehäuse
121	Schaufelblatt der ersten Laufreihe
122	Schaufelblatt der ersten Leitreihe
123	Schaufelblatt der zweiten Laufreihe
124	Schaufelblatt der zweiten Leitreihe
125	Schaufelblatt der Laufreihe N
126	Schaufelblatt der Leitreihe N
IGV	Vorleitreihe
LA1	Laufreihe der ersten Verdichterstufe
LE1	Leitreihe der ersten Verdichterstufe
LA2	Laufreihe der zweiten Verdichterstufe
LE2	Leitreihe der zweiten Verdichterstufe
LA3	Laufreihe der dritten Verdichterstufe
LE3	Leitreihe der dritten Verdichterstufe
LA4	Laufreihe der vierten Verdichterstufe
LE4	Leitreihe der vierten Verdichterstufe
LA5	Laufreihe der fünften Verdichterstufe
LE5	Leitreihe der fünften Verdichterstufe
LA6	Laufreihe der sechsten Verdichterstufe
LE6	Leitreihe der sechsten Verdichterstufe
LA7	Laufreihe der siebten Verdichterstufe
LE7	Leitreihe der siebten Verdichterstufe
LA8	Laufreihe der achten Verdichterstufe
LE8	Leitreihe der achten Verdichterstufe
LA9	Laufreihe der neunten Verdichterstufe
LE9	Leitreihe der neunten Verdichterstufe
LA10	Laufreihe der zehnten Verdichterstufe
LE10	Leitreihe der zehnten Verdichterstufe
LAN	Laufreihe der Verdichterstufe N
LEN	Leitreihe der Verdichterstufe N
B'_{10}	ursprünglicher Schaufelwinkel in der ersten Laufreihe
B'_{11}	geänderter Schaufelwinkel in der ersten Laüfreihe
B''_{10}	ursprünglicher Schaufelwinkel in der ersten Leitreihe
B'_{20}	ursprünglicher Schaufelwinkel in der zweiten Laufreihe
B'_{21}	geänderter Schaufelwinkel in der zweiten Laufreihe
B''_{20}	ursprünglicher Schaufelwinkel in der zweiten

Leitreihe

B'_{N0} ursprünglicher Schaufelwinkel in der Laufreihe der Stufe N

B'_{N1} geänderter Schaufelwinkel in der Laufreihe der Stufe N

B''_{N0} ursprünglicher Schaufelwinkel in der Leitreihe der Stufe N

B''_{N1} geänderter Schaufelwinkel in der Leitreihe der Stufe N

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung des Schluckvermögens bei einem mehrstufigen Verdichter (101), wobei der Verdichter Laufschaufeln einer ersten Verdichterlaufreihe (LA1) mit einem bestimmten Schaufelblattprofil (121) umfasst, und diese Laufschaufeln in Anströmungsrichtung einen vorgegebenen Schaufelwinkel (B'_{10}) aufweisen, und wobei die Schaufeln mindestens einer stromab der zweiten Verdichterstufe angeordneten weiteren Schaufelreihe (LAN, LEN) ein bestimmtes Schaufelblattprofil (125, 126) und in Anströmungsrichtung einen vorgegebenen Schaufelwinkel (B'_{NO}, B''_{NO}) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichterlaufreihe (LA1) und mindestens einer der stromab der zweiten Verdichterstufe angeordneten weiteren Schaufelreihe (LAN, LEN) bei unveränderten Schaufelblattprofilen (121, 125, 126) mit einem unterschiedlichen Schaufelwinkel (B'_{11}, B'_{N1}, B''_{N1}) gegenüber den vorgegebenen Schaufelwinkeln (B'_{10}, B'_{NO}, B''_{NO}) ausgeführt sind, und dass die Schaufelwinkel (B'_{N1}, B''_{N1}) der weiteren Schaufelreihen (LAN, LEN) in Abhängigkeit des zu einem grösseren Schluckvermögens veränderten Schaufelwinkel (B'_{11}) der ersten Verdichterlaufreihe (LA1) angepasst werden.

2. Verfahren gemäss Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, die Schaufelgeometrie der Leitreihe (LE1) der ersten Verdichterstufe unverändert beizubehalten.

3. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 oder 2, **gekennzeichnet dadurch**, die Laufschaufeln der zweiten Verdichterlaufreihe (LA2) gegen veränderte Laufschaufeln auszutauschen, welche ein identisches Schaufelblattprofil (122) aufweisen wie die ursprünglichen Laufschaufeln, und deren Schaufelwinkel (B'_{21}) von dem Schaufelwinkel (B'_{20}) der ursprünglichen Laufschaufeln verschieden ist.

4. Verfahren gemäss Anspruch 3, **gekennzeichnet dadurch**, die Schaufelgeometrie der Leitreihe (LE2) der zweiten Verdichterstufe unverändert beizubehalten

5. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die weitere Schaufelreihe eine Laufschaufelreihe (LAN) ist.

6. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die weitere Schaufelreihe eine Leitschaufelreihe (LEN) ist.

7. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch**, in wenigstens einer stromab der zweiten Verdichterstufe angeordneten Verdichterstufe sowohl die Schaufeln der Laufreihe als auch die Schaufeln der Leitreihe gegen veränderte Schaufeln auszutauschen, welche ein identisches Schaufelblattprofil aufweisen wie die ursprünglichen Schaufeln, und deren Schaufelwinkel von dem der ursprünglichen Schaufeln verschieden ist.

8. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch**, die Schaufeln wenigstens einer Schaufelreihe jeder stromab der zweiten Verdichterstufe angeordneten Verdichterstufen gegen veränderte Schaufeln auszutauschen, welche ein identisches Schaufelblattprofil aufweisen wie die ursprünglichen Schaufeln, und deren Schaufelwinkel von dem der ursprünglichen Schaufeln verschieden ist

9. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch**, die Schaufelwinkel in den Schaufelreihen, deren Schaufeln gegen veränderte Schaufeln ausgetauscht werden, derart aufeinander abzustimmen, dass der relative Enthalpieaufbau in den einzelnen Verdichterstufen im Wesentlichen konstant gehalten wird.

10. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** der Schaufelwinkel der veränderten Schaufeln grösser ist als der Schaufelwinkel der ursprünglichen Schaufeln, derart, dass die Sehnen der Schaufelblattprofile der veränderten Schaufeln in Abhängigkeit des erhöhten Massenstromes stärker in Richtung der Verdichterachse orientiert sind.

11. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche zur Erhöhung des Verdichtermassenstroms.

Claims

1. Method for increasing the absorption capacity in a multistage compressor (101), the compressor comprising moving blades of a first compressor moving blade row (LA1) with a defined blade leaf profile (121), and these moving blades having a predetermined blade angle (B'_{10}) in the flow-on direction, and the blades of at least one further blade row (LAN,

LEN) arranged downstream of the second compressor stage having a defined blade leaf profile (125, 126) and, in the flow-on direction, a predetermined blade angle (B'_{NO}, B''_{NO}), **characterized in that** the compressor moving blade row (LA1) and at least one of the further blade rows (LAN, LEN) arranged downstream of the second compressor stage are realized, in the case of unchanged blade leaf profiles (121, 125, 126), with a different blade angle (B'11, B'_{N1}. B''_{N11}), as compared with the predetermined blade angles (B'_{10}, B'_{NO}, B''_{NO}), and **in that** the blade angles (B'_{N1}, B''_{N1}) of the further blade rows (LAN, LEN) are adapted as a function of the blade angle (B'_{11}), modified for a greater absorption capacity, of the first compressor moving blade row (LA1).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the blade geometry of the guide blade row (LE1) of the first compressor stage is maintained unchanged.

3. Method according to either one of Claims 1 or 2, **characterized in that** the moving blades of the second compressor moving blade row (LA2) are exchanged for modified moving blades which have an identical blade leaf profile (122) to the original moving blades and the blade angle (B'_{21}) of which is different from the blade angle (B'_{20}) of the original moving blades.

4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the blade geometry of the guide blade row (LE2) of the second compressor stage is maintained unchanged.

5. Method according to one of the preceding claims, the further blade row being a moving blade row (LAN).

6. Method according to one of the preceding claims, the further blade row being a guide blade row (LEN).

7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, in at least one compressor stage arranged downstream of the second compressor stage, both the blades of the moving blade row and the blades of the guide blade row are exchanged for modified blades which have an identical blade leaf profile to the original blades and the blade angle of which is different from that of the original blades.

8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the blades of at least one blade row of each compressor stage arranged downstream of the second compressor stage are exchanged for modified blades which have an identical blade leaf profile to the original blades and the blade angle of which is different from that of the original blades.

9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the blade angles in the blade rows, the blades of which are exchanged for modified blades, are coordinated with one another in such a way that the relative enthalpy build-up in the individual compressor stages is kept essentially constant.

10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the blade angle of the modified blades is greater than the blade angle of the original blades, in such a way that the chords of the blade leaf profiles of the modified blades are oriented to a greater extent in the direction of the compressor axis as a function of the increased mass flow.

11. Method according to one of the preceding claims for increasing the compressor mass flow.

Revendications

1. Procédé pour l'augmentation de la capacité d'absorption d'un compresseur à plusieurs étages (101), le compresseur comprenant des aubes mobiles d'une première rangée mobile de compresseur (LA1) présentant un profil de pale d'aube déterminé (121), et ces aubes mobiles présentant un angle d'aube prédéfini (B'_{10}) dans la direction d'arrivée d'écoulement, et les aubes d'au moins une rangée d'aubes supplémentaire (LAN, LEN) disposée en aval du deuxième étage de compresseur présentant un profil de pale d'aube déterminé (125, 126) et présentant un angle d'aube prédéfini (B'_{NO}, B''_{NO}) dans la direction d'arrivée d'écoulement, **caractérisé en ce que** la rangée mobile de compresseur (LA1) et au moins l'une des rangées d'aubes supplémentaires (LAN, LEN) disposée en aval du deuxième étage de compresseur sont réalisées de manière à présenter un angle d'aube différent (B'_{11}, B'_{N1}, B''_{N1}) par rapport aux angles d'aube prédéfinis (B'_{10}, B'_{NO}, B''_{NO}) en cas de profils de pale d'aube inchangés (121, 125, 126), et **en ce que** les angles d'aube (B'_{N1}, B''_{N1}) des rangées d'aubes supplémentaires (LAN, LEN) sont ajustés en fonction de l'angle d'aube (B'_{11}), modifié pour obtenir une plus grande capacité d'absorption, de la première rangée mobile (LA1).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par** le fait de maintenir inchangée la géométrie d'aube de la rangée directrice (LE1) du premier étage de compresseur.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé par** le remplacement des aubes mobiles de la deuxième rangée mobile de compresseur (LA2) par des aubes mobiles modifiées, lesquelles présentent un profil de pale d'aube identique (122) à celui des aubes mobiles d'origine, et dont l'angle d'aube (B'_{21})

est différent de l'angle d'aube (B'_{20}) des aubes mobiles d'origine.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé par** le fait de maintenir inchangée la géométrie d'aube de la rangée directrice (LE2) du deuxième étage de compresseur.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la rangée d'aubes supplémentaire est une rangée d'aubes mobiles (LAN).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la rangée d'aubes supplémentaire est une rangée d'aubes directrices (LEN).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** le remplacement, dans au moins un étage de compresseur disposé en aval du deuxième étage de compresseur, à la fois des aubes de la rangée mobile et des aubes de la rangée directrice par des aubes modifiées, lesquelles présentent un profil de pale d'aube identique à celui des aubes d'origine, et dont l'angle d'aube est différent de celui des aubes d'origine.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** le remplacement des aubes d'au moins une rangée d'aubes de chaque étage de compresseur disposé en aval du deuxième étage de compresseur par des aubes modifiées, lesquelles présentent un profil de pale d'aube identique à celui des aubes d'origine, et dont l'angle d'aube est différent de celui des aubes d'origine.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** l'adaptation les uns aux autres des angles d'aube dans les rangées d'aubes dont les aubes sont remplacées par des aubes modifiées, de telle sorte que l'augmentation d'enthalpie relative dans les étages de compresseur individuels soit maintenue essentiellement constante.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'angle d'aube des aubes modifiées est supérieur à l'angle d'aube des aubes d'origine, de telle sorte que les cordes des profils de pale d'aube des aubes modifiées soient orientées plus fortement en direction de l'axe de compresseur en fonction du débit massique accru.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes pour l'augmentation du débit massique de compresseur.

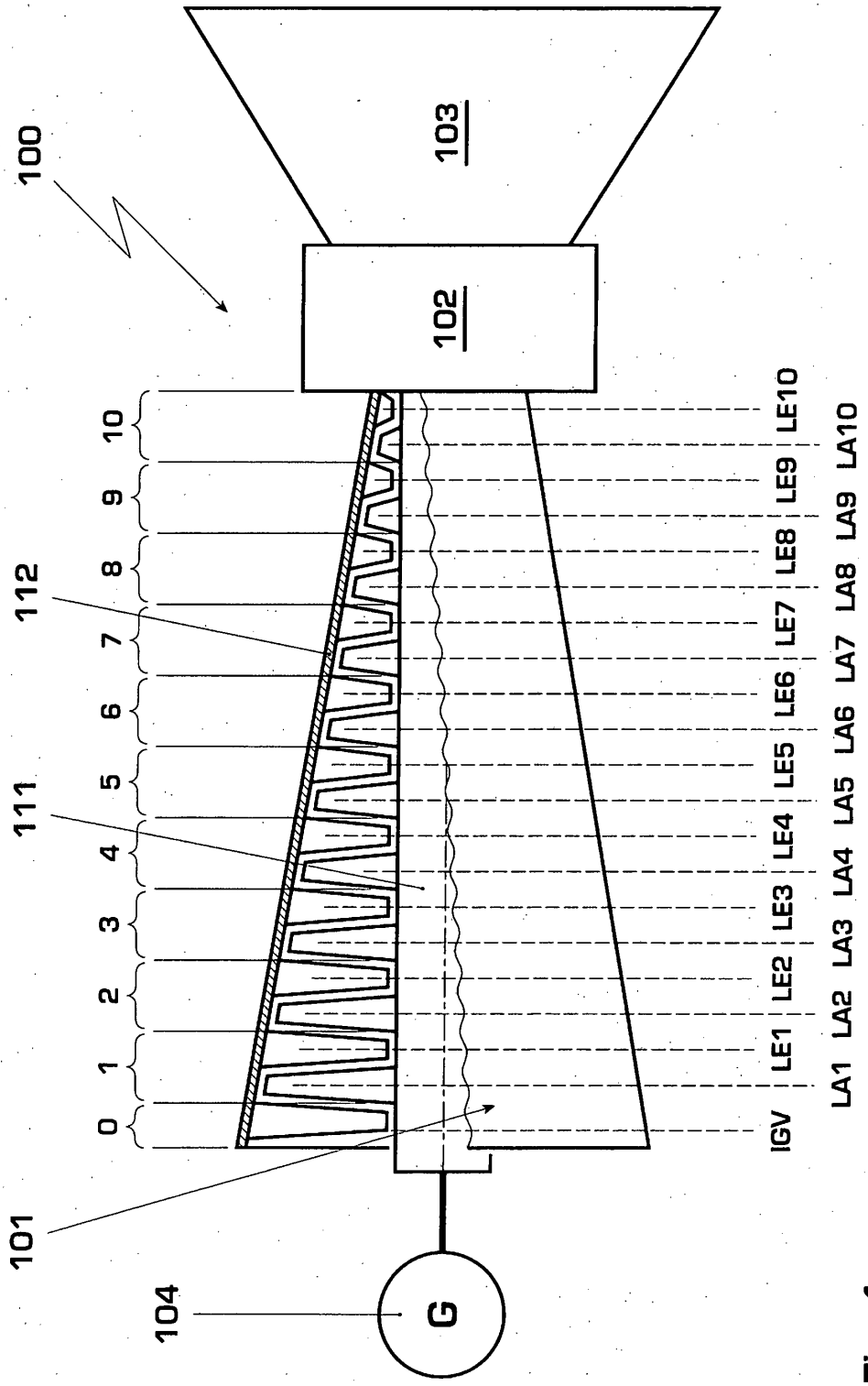

100
103
102
112
111
101
104
G
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
IGV
LE1
LE2
LE3
LE4
LE5
LE6
LE7
LE8
LE9
LE10
LA1
LA2
LA3
LA4
LA5
LA6
LA7
LA8
LA9
LA10

Fig. 1

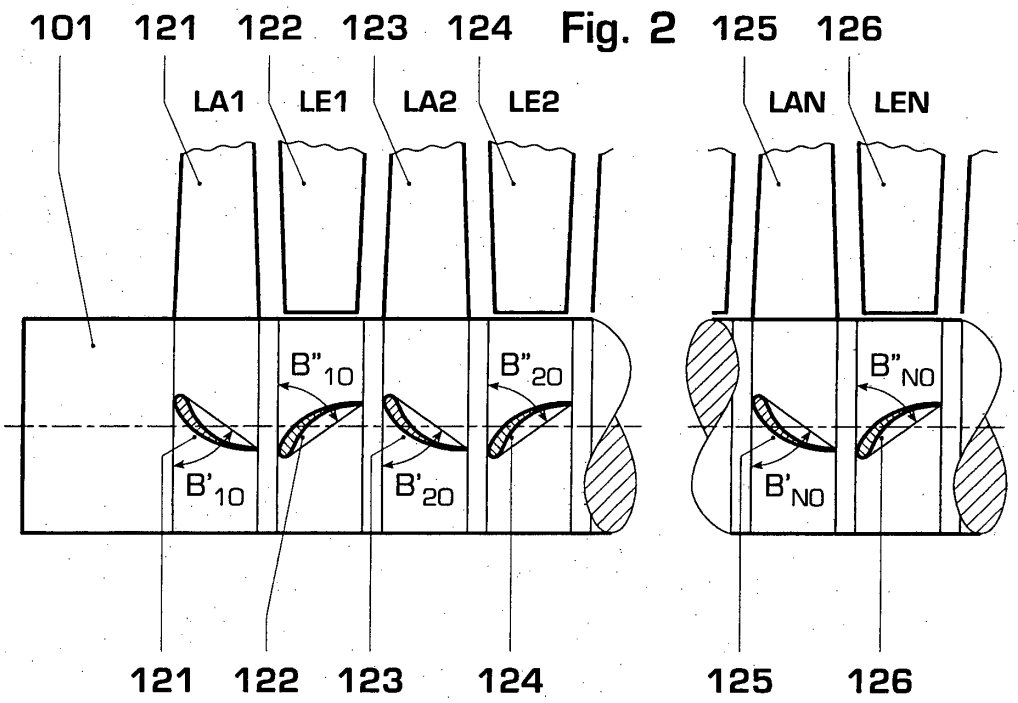

101
121
122
123
124
125
126
LA1
LE1
LA2
LE2
LAN
LEN
B"10
B"20
B"NO
B'10
B'20
B'NO
121
122
123
124
125
126

Fig. 2

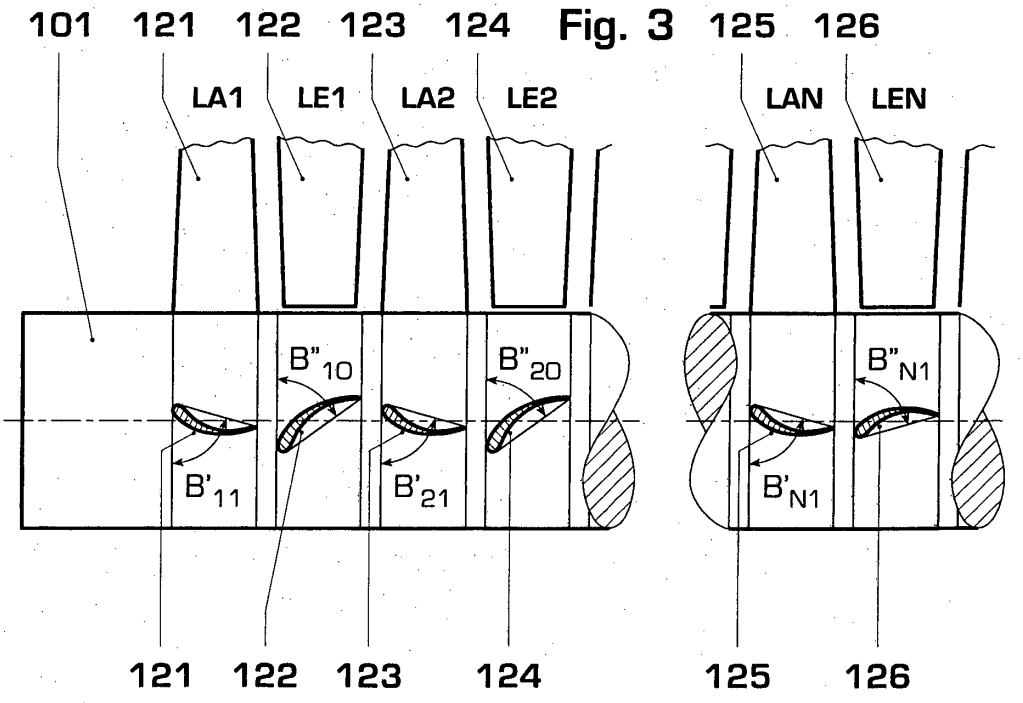

101
121
122
123
124
125
126
LA1
LE1
LA2
LE2
LAN
LEN
B"10
B"20
B"N1
B'11
B'21
B'N1
121
122
123
124
125
126

Fig. 3