

(19)



(11)

EP 2 292 934 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.03.2011 Patentblatt 2011/10

(51) Int Cl.:
F04D 27/02^(2006.01) F04D 29/68^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10007218.0**

(22) Anmeldetag: **13.07.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(72) Erfinder: **Clemen, Carsten**
15749 Mittelwalde (DE)

(74) Vertreter: **Weber, Joachim**
Hofer & Partner
Patentanwälte
Pilgersheimer Strasse 20
81543 München (DE)

(30) Priorität: **17.07.2009 DE 102009033754**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(54) **Axialverdichter mit einem Strömungsimpulserzeuger**

(57) Axialverdichter, der innerhalb eines Verdichtergehäuses (4) mindestens einen Rotor (2) aus mit einer Antriebswelle (1) verbundenen Rotorschaukeln (3) und einen an der Gehäuseinnenwand gehaltenen Stator (5) sowie einen dem zwischen den Schauflerspitzen und der Gehäuseinnenwand vorhandenen Rotorspalt (6) zugeordneten Strömungsimpulserzeuger (7) zur Stabilisierung der Rotorspaltströmung aufweist, wobei der Strömungsimpulserzeuger (7) sich an der Gehäuseinnenwand stromauf vom Rotor (2) in Strömungsrichtung er-

streckende und verjüngende Impulskanäle (7a) zur Beschleunigung der wandnahen Strömung (9) umfasst, deren Form und Abmessung durch in Umfangsrichtung im Abstand aufeinander folgende, an der Gehäuseinnenwand des Verdichtergehäuses spaltfrei befestigte Trennelemente (7b) bestimmt ist. Mit dem so ausgebildeten und einfach zu fertigenden Strömungsimpulserzeuger (7) wird eine bessere Stabilisierung der Strömung über den Rotorspalt (6) und ein erweiterter Betriebsbereich des Verdichters mit erhöhter Pumpgrenze erreicht.

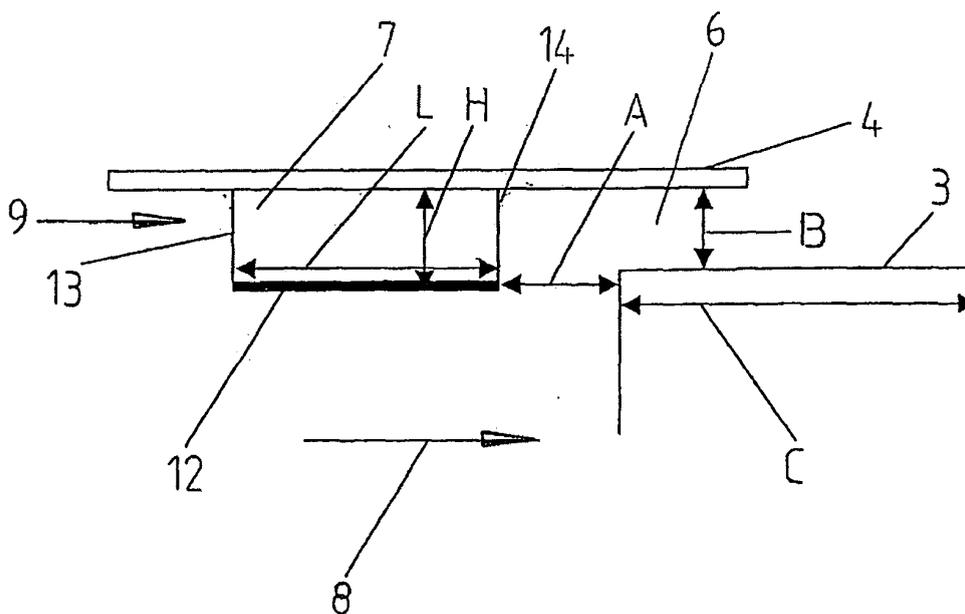


FIG. 2

EP 2 292 934 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Axialverdichter, der innerhalb eines Verdichtergehäuses mindestens einen Rotor aus mit einer Antriebswelle verbundenen Rotor-schaufeln und einen an der Gehäuseinnenwand gehaltenen Stator sowie einen dem zwischen den Schaufel-spitzen und der Gehäuseinnenwand vorhandenen Rotor-spalt zugeordneten Strömungsimpulserzeuger zur Stabilisierung der Rotorspaltströmung umfasst.

[0002] Bei Axialverdichtern kann es bei hoher Belastung, zum Beispiel bei hoher Beschleunigung von mit einer Fluggasturbine angetriebenen Flugzeugen, zu Strömungsinstabilitäten im Bereich des zwischen den Spitzen der Rotorschaukeln und dem Verdichtergehäuse vorhandenen Rotorspaltes kommen, die den Betriebsbereich des Axialverdichters begrenzen. Durch einen am Rotorspalt erzeugten Strömungsimpuls kann der bei hoher Verdichterbelastung kritische Spaltwirbel stabilisiert und damit der Betriebsbereich des Verdichters vergrößert bzw. dessen Betriebsstabilität verbessert werden.

[0003] Gemäß einer bekannten Maßnahme zur aktiven Beeinflussung der Verdichterstabilität wird verdichtetes Fluid aus den hinteren Stufen des Verdichters entnommen und im Schaufelspitzenbereich der vorderen Rotoren wieder eingeblasen, um den Strömungsimpuls am Spalt zu erhöhen und somit die Rotorspaltströmung aktiv zu beeinflussen und den Spaltwirbel zu stabilisieren. Diese Betriebsweise ist jedoch insofern nachteilig, als das Fluid im Verdichter durch die Wiedereinführung von heißem Fluid aus dem hinteren Teil der Verdichters stärker erhitzt wird und somit der Verdichtereffizienzgrad sinkt.

[0004] Die Verdichterstabilität kann auch durch im Verdichtergehäuse über den Schaufelspitzen ausgebildete Einformungen passiv beeinflusst werden. Eine durch die Einformung bewirkte Strömungszirkulation transportiert eine bestimmte Energiemenge in den vorderen Bereich der Rotorspitze, so dass der Impuls der Rotoranströmung erhöht und damit die Rotorspaltströmung und letztlich der Verdichterbetrieb stabilisiert werden. Abgesehen davon, dass auch bei diesem Verfahren eine bestimmte Fluidmenge rezirkuliert und eine höhere Erwärmung zur Folge hat, ist diese Gehäuseausbildung schwierig zu fertigen und kann zudem beim Einlaufen des Rotors beschädigt werden.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Axialverdichter der eingangs erwähnten Art hinsichtlich des Strömungsimpulserzeugers so weiterzubilden, dass bei vermindertem Fertigungsaufwand und ohne Verschleiß ein hoher lokaler Strömungsimpuls zur Stabilisierung der Rotorspaltströmung und des Verdichterbetriebs erzielt wird.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 ausgebildeten Axialverdichter gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Der Grundgedanke der Erfindung besteht in der Anordnung eines Strömungsimpulserzeugers an der Innenwand des Verdichtergehäuses, bestehend aus sich stromauf vom Rotor in Strömungsrichtung erstreckenden und verjüngenden Impulskanälen zur Beschleunigung der wandnahen Strömung. Die Form und Abmessung der auf den Rotorspalt gerichteten Impulskanäle ist durch in Umfangsrichtung im Abstand aufeinander folgende, an der Gehäuseinnenwand spaltfrei befestigte Trennelemente bestimmt. Der so ausgebildete Strömungsimpulserzeuger ist einfach zu fertigen und gewährleistet eine günstige Anströmung des Rotorspaltes und eine effektive Stabilisierung der Rotorspaltströmung. Der Betriebsbereich des Verdichters wird - ohne negative Beeinflussung des Verdichtereffizienzgrades - erweitert.

[0008] In weiterer Ausbildung der Erfindung sind die Impulskanäle jeweils durch einander gegenüberliegende Seitenwände der Trennelemente begrenzt. Die Seitenwände haben einen strömungstechnisch günstigen - geraden und/oder gekrümmten - Verlauf. Die stromauf liegende Einströmgeometrie der Trennelemente ist ebenfalls strömungstechnisch günstig ausgebildet ist.

[0009] In Ausgestaltung der Erfindung weisen die Impulskanäle einen rechteckigen Querschnitt auf. Die Eintrittsquerschnitte der Impulskanäle sind etwa doppelt so groß wie deren Austrittsquerschnitte.

[0010] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung sind die Trennelemente zum Gehäuseinneren hin durch eine dünne Deckwand abgedeckt und so von der Hauptströmung zu den Rotoren getrennt. Die Deckwand kann sich in Strömungsrichtung achsparallel erstrecken oder dem Verlauf der Wand des Verdichtergehäuses folgen.

[0011] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung haben die Impulskanäle und Trennelemente eine sich in radialer Richtung erstreckende Höhe, die maximal zweimal so groß wie die Weite des Rotorspaltes ist. Die Länge der Impulskanäle und Trennelemente in axialer Richtung liegt zwischen 10 und 100% der Länge der Sehne an der Rotorschaukelspitze. Die Impulskanäle und Trennelemente enden in einem Abstand von der Vorderkante der Rotorschaukeln, dessen Größe zwischen 10 und 100% der Länge der Sehne an der Rotorschaukelspitze beträgt.

[0012] In weiterer Ausbildung der Erfindung sind für jede zwischen zwei Rotorschaukeln liegende Rotorschaukelpassage zwei oder mehr Impulskanäle vorgesehen.

[0013] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt eines Axialverdichters für eine Fluggasturbine;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines am Verdichtergehäuse vor dem Rotor angeordneten Strömungsimpulserzeugers,

Fig. 3 eine Draufsicht des Strömungsimpulserzeugers nach Fig. 2; und

Fig. 4 verschiedene Ausführungsvarianten von Strömungs-erzeugern in der Draufsicht.

[0014] Fig. 1 zeigt einen in einem Gasturbinentriebwerk eingesetzten Axialverdichter, der mehrere zu einer Rotortrommel zusammengefügte und mit einer Antriebswelle 1 verbundene Rotoren 2 sowie zwischen den Rotorschaukeln 3 angeordnete, am Verdichtergehäuse 4 gehaltene Statoren 5 aufweist. Dem vorderen Rotor 2 ist stromauf und im Abstand von dem zwischen den Schaufelspitzen und dem Verdichtergehäuse 4 vorhandenen Rotorspalt 6 ein an der Innenwand des Verdichtergehäuses 4 befestigter Strömungsimpulserzeuger 7 zugeordnet.

[0015] Wie Fig. 2 zeigt, ist der Strömungsimpulserzeuger 7 in einem - im Vergleich mit der Hauptströmung 8 - wandnahen Bereich geringer Strömungsgeschwindigkeit 9 im Abstand A zwischen der Hinterkante 14 des Strömungsimpulserzeugers 7 und der Vorderkante der Rotorschaukeln 3 angeordnet. Der Abstand A und die Länge L des Strömungsimpulserzeugers 7 betragen etwa 10 bis 100% der an der Schaufelspitze gemessenen Sehnenlänge S der Rotorschaukeln 3. Der Strömungsimpulserzeuger 7 schließt unmittelbar an das Verdichtergehäuse 4 an, so dass zwischen diesen kein Luftspalt vorhanden ist. Die Höhe H des Strömungsimpulserzeugers entspricht maximal dem zweifachen Wert der Weite B des Rotorspaltes 6.

[0016] Der Strömungsimpulserzeuger 7 besteht aus einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung im Abstand ausgebildeten, sich in Strömungsrichtung verjüngenden Impulskanälen 7a, die durch am Verdichtergehäuse 4 angebrachte, entsprechend der Form der Impulskanäle 7a geformte Trennelemente 7b geschaffen werden. In der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform sind für jede Rotorschaukel passage 10 zwei Strömungsimpulserzeuger 7, das heißt zwei Impulskanäle 7a vorgesehen. Es können aber auch drei oder vier Impulskanäle 7a einer Schaufelpassage 10 zugeordnet sein. Die durch Seitenwände 11 und radial nach innen durch eine dünne Deckwand 12 begrenzten Trennelemente 7b haben hier eine dreieckige Querschnittsfläche, wobei die den Impulskanal 7a begrenzenden Seitenwände 11 einen geraden oder einen konvex oder konkav gekrümmten Verlauf (Fig. 4) haben, um vielfältig geformte, sich verjüngende und strömungstechnisch günstig geformte Impulskanäle 7a ausbilden zu können. Die Querschnittsfläche der Impulskanäle 7a ist vorzugsweise rechteckig und der Eintrittsquerschnitt sollte etwa doppelt so groß wie der Austrittsquerschnitt sein. Bezüglich der vertikalen Querschnittsfläche und der Form der Deckwand 12 sind die Trennelemente 7b und damit die Impulskanäle 7a vorzugsweise so geformt, dass deren Verlauf vorzugsweise dem Verlauf des Verdichtergehäuses 4 folgt. Die Vorderkante 13 der Trennelemente 7b ist strömungstechnisch günstig ausgebildet.

[0017] Die zuvor beschriebenen Strömungsimpulserzeuger 7 sind einfach herstellbar. Ein Verschleiß oder

eine Beschädigung beim Einlaufen der Rotorschaukeln 3 ist nicht zu befürchten und der Verdichterwirkungsgrad wird nicht durch eine erhöhte Fluidtemperatur negativ beeinflusst. Zudem kann der Strömungsimpuls durch Form, Größe, Verlauf, Anzahl und Anordnung der Impulskanäle 7a gezielt an die jeweiligen Strömungsbedingungen angepasst werden, so dass der Betriebsbereich des Axialverdichters erweitert und die Pumpgrenze erhöht wird.

Bezugszeichenliste

[0018]

15	1	Antriebswelle
	2	Rotoren
	3	Rotorschaukeln
20	4	Verdichtergehäuse
	5	Statoren
25	6	Rotorspalt
	7	Strömungsimpulserzeuger
	7a	Impulskanäle
30	7b	Trennelemente
	8	Hauptströmung
35	9	Bereich geringer Strömung [^]
	10	Rotorschaukel passage
	11	Seitenwand v. 7b
40	12	Deckwand v. 7b
	13	Vorderkante v. 7b
45	14	Hinterkante v. 7b
	A	Abstand zw. 3 und 7
	B	Weite von 6
50	H	Höhe von 7
	L	Länge von 7
55	S	Sehnenlänge von 3

Patentansprüche

1. Axialverdichter, der innerhalb eines Verdichtergehäuses (4) mindestens einen Rotor (2) aus mit einer Antriebswelle (1) verbundenen Rotorschaukeln (3) und einen an der Gehäuseinnenwand gehaltenen Stator (5) sowie einen dem zwischen den Schaufelspitzen und der Gehäuseinnenwand vorhandenen Rotorspalt (6) zugeordneten Strömungsimpulserzeuger (7) zur Stabilisierung der Rotorspaltströmung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungsimpulserzeuger (7) sich an der Gehäuseinnenwand stromauf vom Rotor (2) in Strömungsrichtung erstreckende und verjüngende Impulskanäle (7a) zur Beschleunigung der wandnahen Strömung (9) umfasst, deren Form und Abmessung durch in Umfangsrichtung im Abstand aufeinander folgende, an der Gehäuseinnenwand spaltfrei befestigte Trennelemente (7b) bestimmt ist.
2. Axialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Impulskanäle (7a) jeweils durch einander gegenüberliegende Seitenwände (11) der Trennelemente (7b) begrenzt sind und die Seitenwände (11) einen strömungstechnisch günstigen -geraden und/oder gekrümmten - Verlauf haben und die stromauf liegende Einströmgeometrie der Trennelemente (7b) strömungstechnisch günstig ausgebildet ist.
3. Axialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Impulskanäle (7a) einen rechteckigen Querschnitt aufweisen.
4. Axialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Eintrittsquerschnitt der Impulskanäle (7a) etwa doppelt so groß wie der Austrittsquerschnitt ist.
5. Axialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennelemente (7b) zum Gehäuseinneren hin durch eine dünne Deckwand (12) abgedeckt und so von der Hauptströmung zu den Rotoren (2) getrennt sind.
6. Axialverdichter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Deckwand (12) in Strömungsrichtung achsparallel erstreckt oder dem Verlauf der Wand des Verdichtergehäuses (4) folgt.
7. Axialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Impulskanäle und Trennelemente eine Höhe (H) in radialer Richtung haben, die maximal zweimal so groß wie die Weite (B) des Rotorspaltes (6) ist.
8. Axialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Impulskanäle und Trennelemente eine Länge (L) in axialer Richtung haben, die zwischen 10 und 100% der Länge der Sehne (S) an der Rotorschaukelspitze liegt.
9. Axialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Impulskanäle und Trennelemente in einem Abstand (A) von der Vorderkante der Rotorschaukeln (3) enden, dessen Größe zwischen 10 und 100% der Länge der Sehne (S) an der Rotorschaukelspitze beträgt.
10. Axialverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jede zwischen zwei Rotorschaukeln (3) liegende Rotorschaukelpassage (10) zwei oder mehr Impulskanäle (7a) vorgesehen sind.

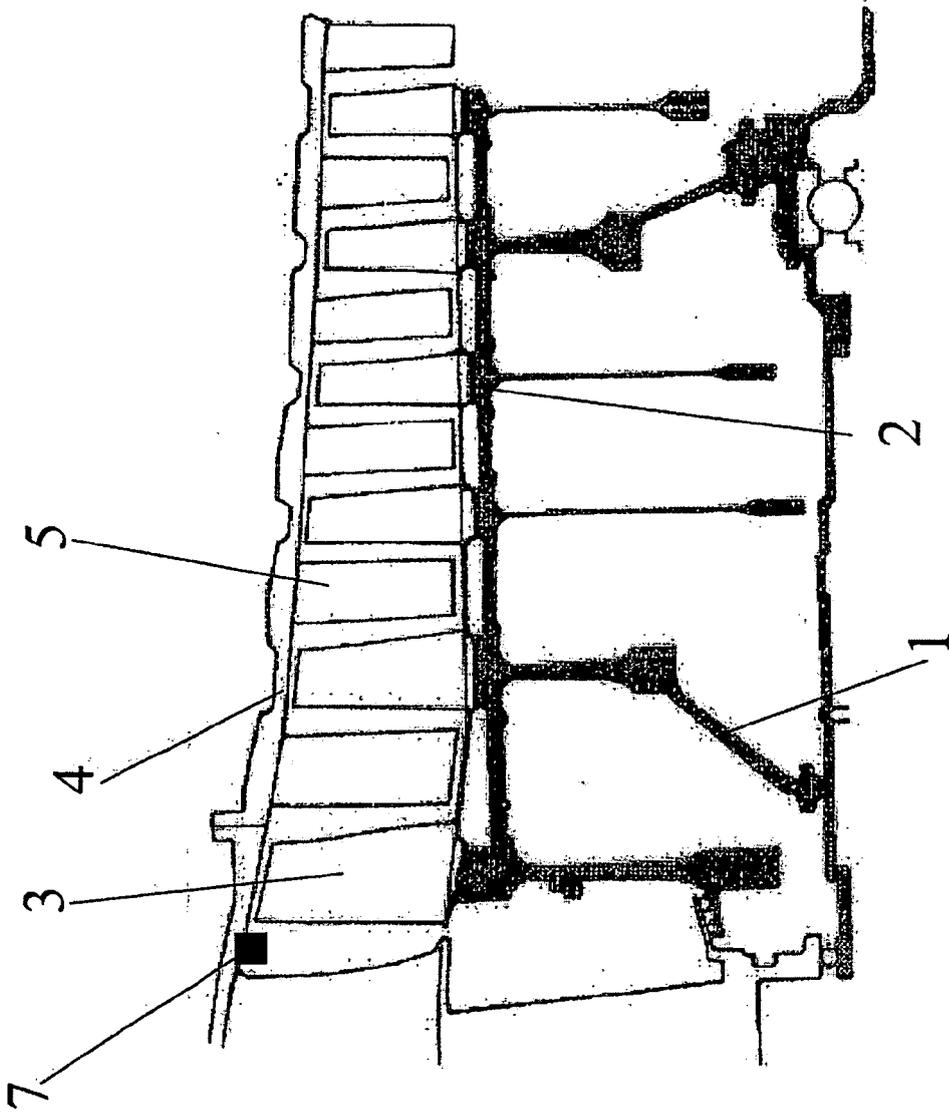


FIG. 1

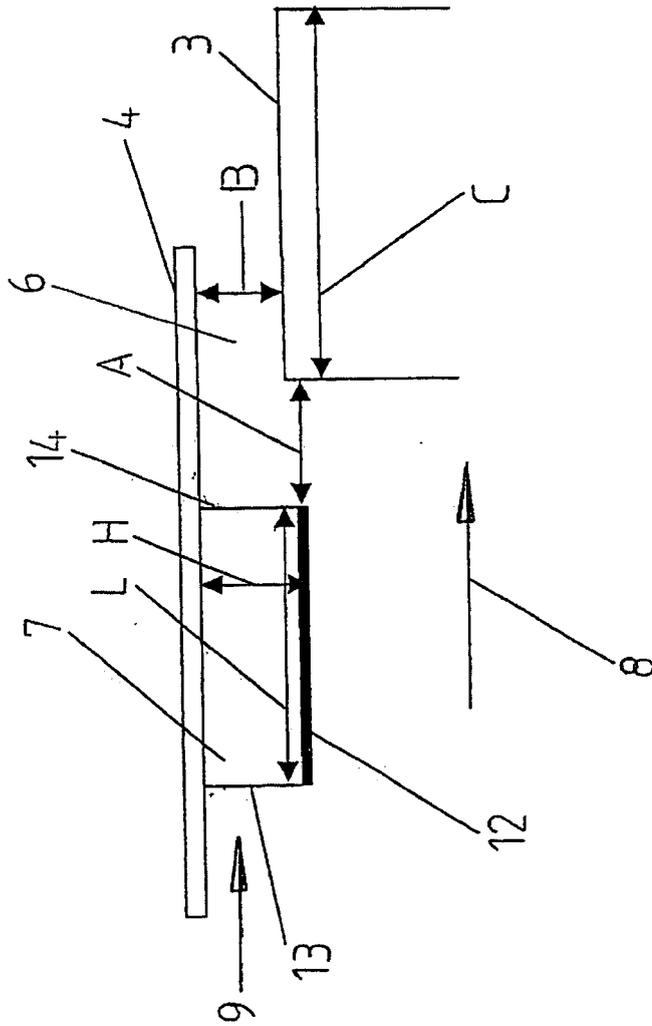


FIG. 2

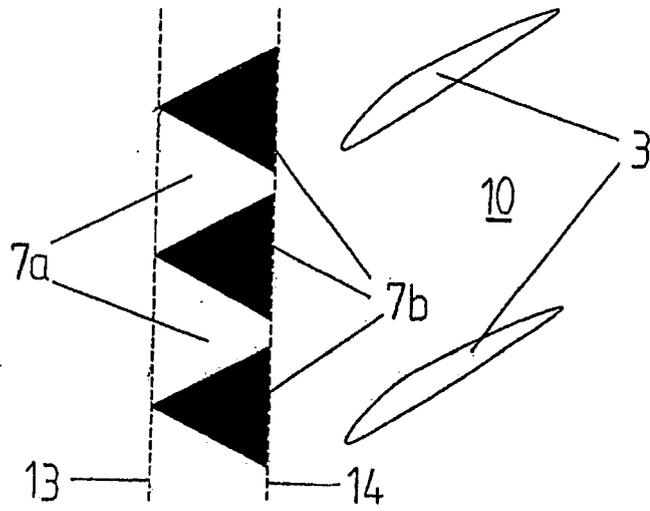


FIG. 3

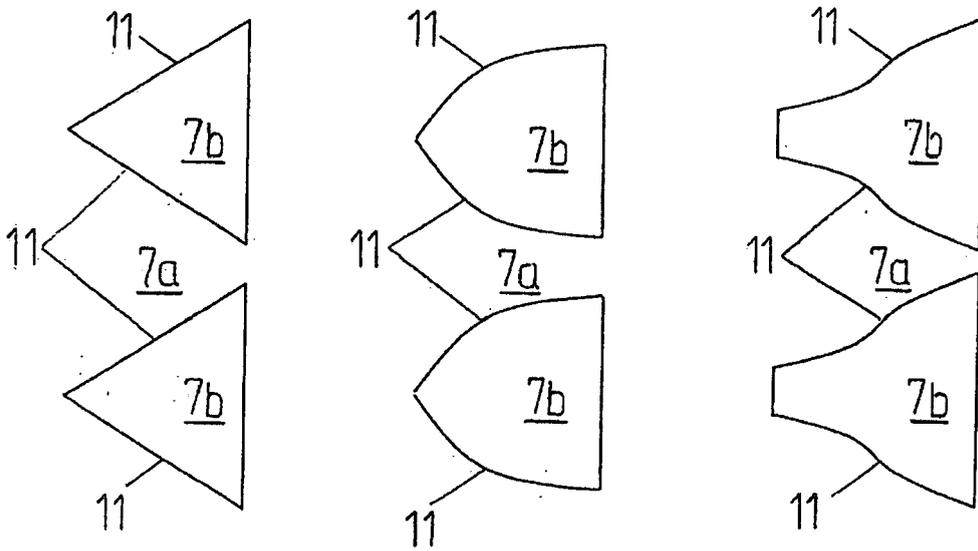


FIG. 4