

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 793 780 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**20.10.1999 Patentblatt 1999/42**

(21) Anmeldenummer: **95929721.9**

(22) Anmeldetag: **18.08.1995**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F04F 5/22**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE95/01160**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 96/06285 (29.02.1996 Gazette 1996/10)**

(54) **ÜBERSCHALLVORRICHTUNG**

**SUPERSONIC JET NOZZLE-DEVICE**

**DISPOSITIF SUPERSONIQUE**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL  
PT SE**

(30) Priorität: **18.08.1994 DE 4430574**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**10.09.1997 Patentblatt 1997/37**

(73) Patentinhaber: **MANNESMANN  
Aktiengesellschaft  
40213 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder: **BEYLICH, Alfred, E.  
D-52076 Aachen (DE)**

(74) Vertreter:  
**Presting, Hans-Joachim, Dipl.-Ing. et al  
Meissner & Meissner  
Patentanwaltsbüro  
Hohenzollerndamm 89  
14199 Berlin (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 3 025 525 DE-C- 4 400 958  
GB-A- 2 100 351**

**EP 0 793 780 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Überschallvorrichtung mit einem langgestreckten rohrförmigen Mischer- und Diffusorgehäuse, in dem axial eine erste und zu dieser in Reihe eine mit einem Verdrängungskörper verse-

**[0002]** Eine Überschallvorrichtung dieser Art ist aus der GB-A-3025525 bekannt

**[0003]** Mehrfachejektoren, die aus einem Satz aus mindestens zwei Düsen bestehen, die in Flußrichtung der Größe nach in Reihe hintereinander angeordnet sind, lassen sich für verschiedene Einsatzzwecke einsetzen. So ist aus der De 30 25 525 Al eine Ejektorvorrichtung bekannt, die aus mindestens zwei von einer entsprechenden Anzahl axial aufeinander folgender Strahldüsen zunehmender Größe gebildeten Ejektoren innerhalb eines gemeinsamen langgestreckten Gehäuses bekannt, das nach dem Baukastensystem aus mehreren in Längsrichtung aneinander anschließenden und beliebig miteinander kombinierbaren Sektionen besteht, die jeweils höchstens eine Querwand enthalten. Diese aus der Schrift bekannte Ejektorvorrichtung wird beispielsweise zum Erzeugen von Überdruck und Unterdruck beim maschinellen Bewegen von Papierbögen in Druckereien eingesetzt, also nur zum Erzeugen von sehr geringen Unterdrücken, d.h. sehr kleinen Druckverhältnissen, und sehr kleinen Mengenströmen. Die in den Düsen stattfindende Umsetzung von Druck in kinetische Energie ist nur gering und nicht vergleichbar mit Hochleistungs-Überschalldüsen, die große Druckverhältnisse erzeugen können.

**[0004]** Eine klassische Überschallvorrichtung mit zwei Treibdüsen ist aus der Dissertation H.R. Löser der Technischen Hochschule Darmstadt, 08.11.1965, bekannt. Die aus dieser Schrift hervorgehende Überschallvorrichtung besitzt die Bauform eines konventionellen zweistufigen Überschallejektors, der sich aus zwei Einzelstufen mit zentralen Primärdüsen und zylindrischen Mischkammern zusammensetzt. An die Mischkammer der zweiten Stufe schließt sich der übliche Unterschallkegeldiffusor an. Die Verzögerung der aus der ersten Stufe austretenden Strömung des zweistufigen Überschallejektors wird in einem Unterschall-Doppelkegeldiffusor vorgenommen, der zugleich die konstruktive Verbindung der Einzelstufen darstellt.

**[0005]** Als Ergebnis dieser Dissertation ist festzuhalten, daß kleine Sekundärdruckverhältnisse nur bei großem Primäraufwand, d.h. kleinen Massenverhältnissen, erreichbar sind und durch Erhöhung des Primärdruckes verbessert werden können. Sinnvoll läßt sich somit der zweistufige Ejektor insbesondere nur für kleine Massenverhältnisse anwenden.

**[0006]** Darüber hinaus ist der zweistufige Überschallejektor noch mit dem Nachteil belastet, daß im ersten Überschalldiffusor zunächst verlustreich verzögert und

dann im anschließenden Teil wieder beschleunigt wird.

**[0007]** Die Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Überschallvorrichtung zu schaffen, bei der mit konstruktiv einfachen Mitteln eine deutliche Leistungssteigerung in Relation zum einzusetzenden Treibmedium erzielt wird.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1.

Die Unteransprüche sind vorteilhafte Weiterbildungen der Überschallvorrichtung. Bei der erfindungsgemäßen Strahlpumpe ragt die Spitze des Verdrängungskörpers der zweiten in Reihe geschalteten Treibdüse in die Kern- und Mischzone der ersten Treibdüse hinein. Durch diese Anordnung der mit dem Verdrängungskörper versehenen zweiten Treibdüse werden Verluste durch Abbau der senkrechten Verdichtungsstöße vermieden. Durch diesen Abbau der senkrechten Verdichtungsstöße wird eine erhebliche Drucksteigerung dieser in Form eines Tandems aufgebauten Strahlpumpe erreicht. Während bisherige Hochleistungs-Strahlpumpen üblicherweise ein Druckverhältnis von maximal  $\pi = 12$  aufweisen, lassen sich beim Tandemstrahler bei gleichem Treibdampfverbrauch Druckverhältnisse von  $\pi = 20 - 30$  erzielen. Darüber hinaus benötigt der Tandemstrahler ausgelegt beispielsweise für ein Druckverhältnis von  $\pi = 12$ , nur etwa die halbe Dampfmenge des konventionellen Strahlers, was bei einer Anlage mit zwei Stufen bereits eine Gesamtdampfersparnis von etwa 70% bedeutet.

**[0009]** Das mit dem Tandemstrahler zuerreichende Druckverhältnis von  $\pi = 20-30$  wird über einen konventionellen Strahler nicht nur zu einem unwirtschaftlichen Dampfverbrauch führen, sondern praktisch gar nicht zu erreichen sein.

**[0010]** Bei der erfindungsgemäßen Überschallvorrichtung sind beide Treibdüsen jeweils in einem zylindrischen Bereich des Mischer- und Diffusorgehäuse angeordnet. Der zweiten Treibdüse ist ein konischer Verdrängungskörper in Form eines Überschallkegels oder -keils vorgeschaltet, dessen Spitze bzw. Schneide in die konisch sich verjüngende erste Mischzone des Diffusors hineinragt, und zwar so weit, daß sie noch einen Teil des Kernstrahls der ersten Treibdüse erreicht.

**[0011]** Mit der integrierten Form des erfindungsgemäßen Tandemstrahlers mit Überschallkegel- bzw. -keildiffusor arbeitet erheblich verlustärmer als der klassische Mischer mit Stoßdiffusorrohr. Weiterhin ist die Baulänge des integrierten Tandemstrahlers kleiner als die bekannten, einschließlich des zweistufigen Systems. Darüber hinaus erzielen konische Gleichstrommischkammern deutlich bessere Wirkungsgrade als die bekannten zylindrischen Mischkammern für Hochleistungs-Strahlpumpen.

**[0012]** Die in ihren Abmessungen mindestens um das 0,8-fache kleinere zweite Treibdüse ist im ersten transsonischen Bereich des Tandemstrahls angeordnet. Dieser zylindrische Teil erstreckt sich noch über das Dü-

senende der zweiten Treibdüse hinaus, und zwar so weit, daß die zweite Mischzone gerade nicht berührt wird. An diesen zylindrischen Teil des Diffusorgehäuses schließt sich dann der konisch sich verjüngende Teil der Mischzone 2 an, dem der zweite transsonische Bereich folgt, an den schließlich der Unterschalldiffusor sich anschließt.

**[0013]** Die zweite Treibdüse ist durch mindestens drei, vorzugsweise zur sicheren Fixierung des Strahlers mit insgesamt sechs Streben am Gehäuse befestigt. Eine der Streben ist dabei als Dampfzufuhrleitung ausgebildet.

**[0014]** In vorteilhafter Weise sind die Querschnitte der Streben die Strömung möglichst wenig hindernd ausgestaltet. Eine Ausgestaltung ist ein rhombischer Querschnitt, wobei die der Strömung zugeneigten Flächen vorzugsweise noch einen kleineren Winkel zueinander aufweisen. Um die Behinderung der Strömung noch weiter zu mindern, wird vorgeschlagen, die Streben schräg anzuordnen, und zwar in der Weise, daß der Winkel zwischen den Streben und der Treibdüse kleiner 70° beträgt. Ein Beispiel der Erfindung ist in der beiliegenden Zeichnung dargelegt. Dabei zeigen die

Fig. 1 das Schema der Überschallvorrichtung

Fig. 2 die Anordnung der Streben

Fig. 3 Gehäuse mit rechteckigen Treibdüsen.

**[0015]** Die Fig. 1 zeigt ein Mischer- und Diffusorgehäuse 20, das coaxial zu zwei in Reihe angeordneten Treibdüsen 11 und 12 angeordnet ist. Das Gehäuse 20 weist dabei einen ersten zylindrischen Teil 21 zur Laststromzuführung auf, daran anschließenden zweiten zylindrischen Teil 22 im Bereich der transsonischen Mischzone, hieran anschließend einen zweiten Mischerteil 24, dem ein Stoßdiffusor 25 und abschließend ein Unterschalldiffusor 26 folgt.

**[0016]** Im ersten zylindrischen Teil 21 ist die erste Treibdüse 11 angeordnet. Die Überschallvorrichtung weist ferner eine in Reihe geschaltete und innerhalb des zweiten zylindrischen Teils 22 angeordnete zweite Treibdüse 12 auf. Die Treibdüse 12 ist dabei über Streben 15, 16 an den zylindrischen Teil 21 des Gehäuses 20 befestigt. In der vorliegenden Skizze sind am Kopf- und Fußende der Treibdüse 12 Streben 15 angeordnet, von der eine als Treibmittelzufuhrstrebe 16 ausgebildet ist, die an die rohrförmige Treibmittelzufuhr 13 angeschlossen ist.

**[0017]** Die zweite Treibdüse 12 weist an seiner der Treibdüse 11 zugeneigten Stirnfläche einen konischen oder keilförmigen Verdrängungskörper 14 mit einem Halbwinkel  $\alpha$  und einer Gesamtlänge 1 auf.

**[0018]** Durch gestrichelte Linien sind im ersten Mischerteil 23 des Gehäuses 20 ein erster Kernstrahl 31 mit einer ersten Mischzone 32 und im zweiten zylindrischen Teil 22 sowie im zweiten Mischerteil 24 ein zweiter Kernstrahl 33 und eine zweite Mischzone 34 dargestellt.

**[0019]** Weiterhin ist mit dem Buchstaben A der Abstand der Mündung der zweiten Treibdüse 12 zur Austrittsmündung des zweiten Mischteils 24 bezeichnet.

**[0020]** Die Fig. 2 zeigt im Detail die Befestigung der zweiten Treibdüse 12 im zylindrischen Teil 22 des Mischer- und Diffusorgehäuses. In der vorliegenden Skizze sind am Kopf- und Fußende der Treibdüse 12 Streben 15 angeordnet, von der eine als Treibmittelzufuhrstrebe 16 ausgebildet ist, die an die rohrförmige Treibmittelzufuhr 13 angeschlossen ist. Im oberen Teil des Bildes sind die Streben unter einem Strebwinkel  $\alpha$  im unteren Teil des Bildes rechtwinklig angeordnet.

**[0021]** Der Schnitt A-A zeigt die Querschnittsfläche einer Strebe 15, die in einer Weise ausgestaltet und angeordnet ist, daß dem strömenden Medium ein möglichst geringer Widerstand entgegengesetzt wird. Im oberen Teil der Schnittzeichnung ist die Querschnittsfläche räumlich ausgebildet, im unteren Teil sind die der Strömung zugeneigten Flächen größer und mit einem spitzeren Winkel zueinander angeordnet als die übrigen beiden Flächen.

**[0022]** Der Schnitt B-B zeigt, daß am Umfang der Treibdüse insgesamt drei Streben verteilt sind, und zwar zwei Streben 15 und eine Treibmittelzufuhrstrebe 16 innerhalb des zweiten zylindrischen Teils 22.

**[0023]** Die Fig. 3 zeigt den Aufbau des Mischer- und Diffusorgehäuses 20 wie in der Fig. 1 in perspektivischer Darstellung. In dem Gehäuse 20 ist im Bereich des ersten zylindrischen Teils 21 eine Treibmitteldüse 11 angeordnet, die einen rechteckigen Austrittsquerschnitt besitzt. Weiterhin ist in Reihe geschaltet eine zweite Treibdüse 12, die ebenfalls einen rechteckigen Austrittsquerschnitt besitzt und eine Gehäusegröße aufweist, die an den Schmalseiten unmittelbar bis zur Gehäusewand des zweiten zylindrischen Teils 22 ragt. Stirnseitig an diese rechteckförmige zweite Treibdüse 12 ist ein Verdrängungskörper 14 angeordnet, der in Form eines Keils 18 mit einem Winkel  $\alpha$  kleiner 5° ausgebildet ist. Die Schneide des Keils 18 ist dabei senkrecht zum rechteckigen Austrittsquerschnitt der Treibdüse 11 angeordnet.

**[0024]** Die Treibmittelzufuhr 13 ist unmittelbar durch die Wandung des Gehäuses 20 und die Treibdüse 12 geführt.

## Patentansprüche

1. Überschallvorrichtung mit einem langgestreckten rohrförmigen Mischer- und Diffusorgehäuse (20), in dem axial eine erste (11) und zu dieser in Reihe eine mit einem Verdrängungskörper (14) versehene zweite Treibdüse (12) angeordnet ist, wobei beide Treibdüsen (11, 12) in je einem zylindrischen Bereich (21, 22) des Mischer- und Diffusorgehäuses (20) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß sich an dem die erste Treibdüse (11) einhüllenden Gehäuseteil (21) ein konisch sich verjüngender

der, eine erste Mischzone (32) umhüllender Gehäuseteil (23) anschließt, und daß in diesen konischen Gehäuseteil (23) der mit der zweiten Treibdüse (12) verbundene Verdrängungskörper (14) hineinragt.

2. Überschallvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdrängungskörper (14) eine Länge (L) aufweist, die dem 0,4 - 0,5fachen der Länge (L) des ersten Mischerteils (23) entspricht.
3. Überschallvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdrängungskörper (14) als Konus ausgebildet ist und einen Halbwinkel von  $\alpha$  kleiner  $5^\circ$  aufweist.
4. Überschallvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdrängungskörper (14) als Keil (18) ausgebildet ist und einen Halbwinkel  $\alpha$  von kleiner  $5^\circ$  aufweist.
5. Überschallvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Keil (18) eine Breite (B) besitzt, die dem Durchmesser (D) des ersten Mischerteils (23) des Mischer- und Diffusorgehäuses (20) entspricht.
6. Überschallvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Treibmittelzufuhr (13) vorgesehen ist, die unmittelbar an die zweite Treibdüse (12) anschließbar ist.
7. Überschallvorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Treibdüse (11) einen rechteckigen Austrittsquerschnitt besitzt und dabei in der Weise angeordnet ist, daß die lange Kante senkrecht zur Schneide des Keils (18) steht.
8. Überschallvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zylindrische zweite Gehäuseteil (22) im Bereich der zweiten Treibdüse (12) in Strömungsrichtung sich über das Düsenende hinaus bis 0,4 - 0,6 des Abstandes (A) der zweiten Treibdüse (12) zum an den zweiten Mischerteil (24) anschließenden Stoßdiffusorbereich (25) erstreckt.
9. Überschallvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Treibdüse (12) durch mindestens drei am Umfang verteilte Streben (15) am zweiten zylindrischen Teil (22) befestigt ist, wobei eine Strebe (15) als Treibmittelzufuhrstrebe (16) ausgebildet

ist.

10. Überschallvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Streben (15, 16) ein die Strömung minimal behinderndes Profil aufweisen.
11. Überschallvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Streben (15, 16) im Querschnitt rhombusförmig ausgestaltet sind.
12. Überschallvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die strömungszugeneigten Flächen des rhombischen Querschnitts der Streben (15, 16) einen kleineren Winkel zueinander aufweisen, als die der Strömung abgeneigten Flächen.
13. Überschallvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Streben (15, 16) an der zweiten Treibdüse (12) in Strömungsrichtung unter einem Winkel  $\beta$  von kleiner  $70^\circ$  angeordnet sind.
14. Überschallvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Treibdüse (12) im Querschnitt mindestens um den Faktor 0,8 kleiner ist als die erste Treibdüse (11).

#### Claims

1. A supersonic device comprising an elongate, tubular, mixer and diffuser housing (20), in which there are arranged axially a first (11) and a second drive nozzle (12), the second drive nozzle (12) being arranged in series with the first and provided with a displacement member (14), the two drive nozzles (11, 12) each being arranged in a cylindrical area (21, 22) of the mixer and diffuser housing (20), characterised in that the housing part (21) enveloping the first drive nozzle (11) is adjoined by a conically tapering housing part (23) enveloping a first mixing zone (32), and in that the displacement member (14) connected with the second drive nozzle (12) projects into this conical housing part (23).
2. A supersonic device according to claim 1, characterised in that the displacement member (14) exhibits a length (L) which corresponds to 0.4 - 0.5 times the length (L) of the first mixer part (23).
3. A supersonic device according to claim 2, characterised in that the displacement member (14) takes the form of a

cone and exhibits a half-angle  $\alpha$  of less than  $5^\circ$ .

4. A supersonic device according to claim 2, characterised in that the displacement member (14) takes the form of a wedge (18) and exhibits a half-angle  $\alpha$  of less than  $5^\circ$ . 5
5. A supersonic device according to claim 4, characterised in that the wedge (18) exhibits a width (B) which corresponds to the diameter (D) of the first mixer part (23) of the mixer and diffuser housing (20). 10
6. A supersonic device according to claim 5, characterised in that a propellant feed (13) is provided which may be directly connected to the second drive nozzle (12). 15
7. A supersonic device according to any one of the preceding claims, characterised in that the first drive nozzle (11) exhibits a rectangular outlet cross section and is arranged in such a way that the long edge is perpendicular to the cutting edge of the wedge (18). 20 25
8. A supersonic device according to claim 1, characterised in that, in the area of the second drive nozzle (12), the cylindrical second housing part (22) extends beyond the nozzle end in the direction of flow by up to 0.4 - 0.6 times the distance (A) between the second drive nozzle (12) and the impulse diffuser area (25) adjoining the second mixer part (24). 30 35
9. A supersonic device according to claim 3, characterised in that the second drive nozzle (12) is attached to the second cylindrical part (22) by at least three struts (15) distributed about the circumference, one strut (15) taking the form of a propellant feed strut (16). 40
10. A supersonic device according to claim 9, characterised in that the struts (15, 16) exhibit a profile which impedes flow to a minimal degree. 45
11. A supersonic device according to claim 10, characterised in that the struts (15, 16) are cross-sectionally rhombus-shaped. 50
12. A supersonic device according to claim 1, characterised in that the faces of the rhombic cross section of the struts (15, 16) inclined towards the flow have a smaller angle relative to one another than the faces inclined 55

away from the flow.

13. A supersonic device according to claim 10, characterised in that the struts (15, 16) are arranged on the second drive nozzle (12) in the flow direction at an angle  $\beta$  of less than  $70^\circ$ .
14. A supersonic device according to claim 1, characterised in that the second drive nozzle (12) is cross-sectionally smaller than the first drive nozzle (11) by at least a factor of 0.8.

## Revendications

1. Dispositif supersonique, comportant un carter de diffusion et de mélange (20) tubulaire allongé, dans lequel il est agencé, axialement, une première tuyère (11) et, par rapport à celle-ci en série, une seconde tuyère (12) munie d'un corps de déplacement (14), les deux tuyères (11, 12) étant agencées dans une zone cylindrique respective (21, 22) du carter de diffusion et de mélange (20), caractérisé en ce qu'une partie de carter (23), entourant une première zone de mélange (32), s'aminissant de façon conique se raccorde à la partie de carter (21) englobant la première tuyère (11), et en ce que le corps de déplacement (14) relié à la seconde tuyère (12) pénètre dans cette partie de carter conique (23).
2. Dispositif supersonique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le corps de déplacement (14) présente une longueur (L) qui correspond à 0,4-0,5 fois la longueur (L) de la première partie de mélange (23).
3. Dispositif supersonique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le corps de déplacement (14) est réalisé sous forme de cône et présente un demi-angle  $\alpha$  inférieur à  $5^\circ$ .
4. Dispositif supersonique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le corps de déplacement (14) est réalisé sous forme de coin (18) et présente un demi-angle  $\alpha$  inférieur à  $5^\circ$ .
5. Dispositif supersonique selon la revendication 4, caractérisé en ce que le coin (18) présente une largeur (B) qui correspond au diamètre (D) de la première partie de mélange (23) du carter de diffusion et de mélange (20).
6. Dispositif supersonique selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il est prévu une amenée d'agent propulseur (13) qui peut être raccordée di-

rectement à la seconde tuyère (12).

7. Dispositif supersonique selon une des revendications précitées,  
caractérisé en ce que la première tuyère (11) présente une section transversale de sortie rectangulaire et, de plus, est agencée de sorte que le bord long est perpendiculaire à l'arête du coin (18). 5
  
8. Dispositif supersonique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la seconde partie de carter cylindrique (22) s'étend dans la zone de la seconde tuyère (12) dans le sens d'écoulement au-delà de l'extrémité de la tuyère jusqu'à 0,4-0,6 de la distance (A) de la seconde tuyère (12) par rapport à la zone de diffusion raccordée à la seconde partie de mélange (24). 10 15
  
9. Dispositif supersonique selon la revendication 3, caractérisé en ce que la seconde tuyère (12) est fixée à la seconde partie cylindrique (22) par au moins trois tirants (15) répartis à la périphérie, un tirant (15) étant réalisé comme tirant (16) d'amenée d'agent propulseur. 20 25
  
10. Dispositif supersonique selon la revendication 9, caractérisé en ce que les tirants (15,16) présentent un profil gênant de façon minimale l'écoulement.
  
11. Dispositif supersonique selon la revendication 10, caractérisé en ce que les tirants (15,16) sont réalisés, en section transversale, en ayant une forme de losange. 30
  
12. Dispositif supersonique selon la revendication 11, caractérisé en ce que les surfaces orientées vers l'écoulement de la section transversale en forme de losange des tirants (15,16) présentent l'une par rapport à l'autre un angle plus petit que les surfaces éloignées de l'écoulement. 35 40
  
13. Dispositif supersonique selon la revendication 10, caractérisé en ce que les tirants (15,16) sont agencés sur la seconde tuyère (12) dans le sens de l'écoulement sous un angle  $\beta$  inférieur à 70°. 45
  
14. Dispositif supersonique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la seconde tuyère (12), en section transversale, est plus petite d'au moins le facteur 0,8 que la première tuyère (11). 50

55

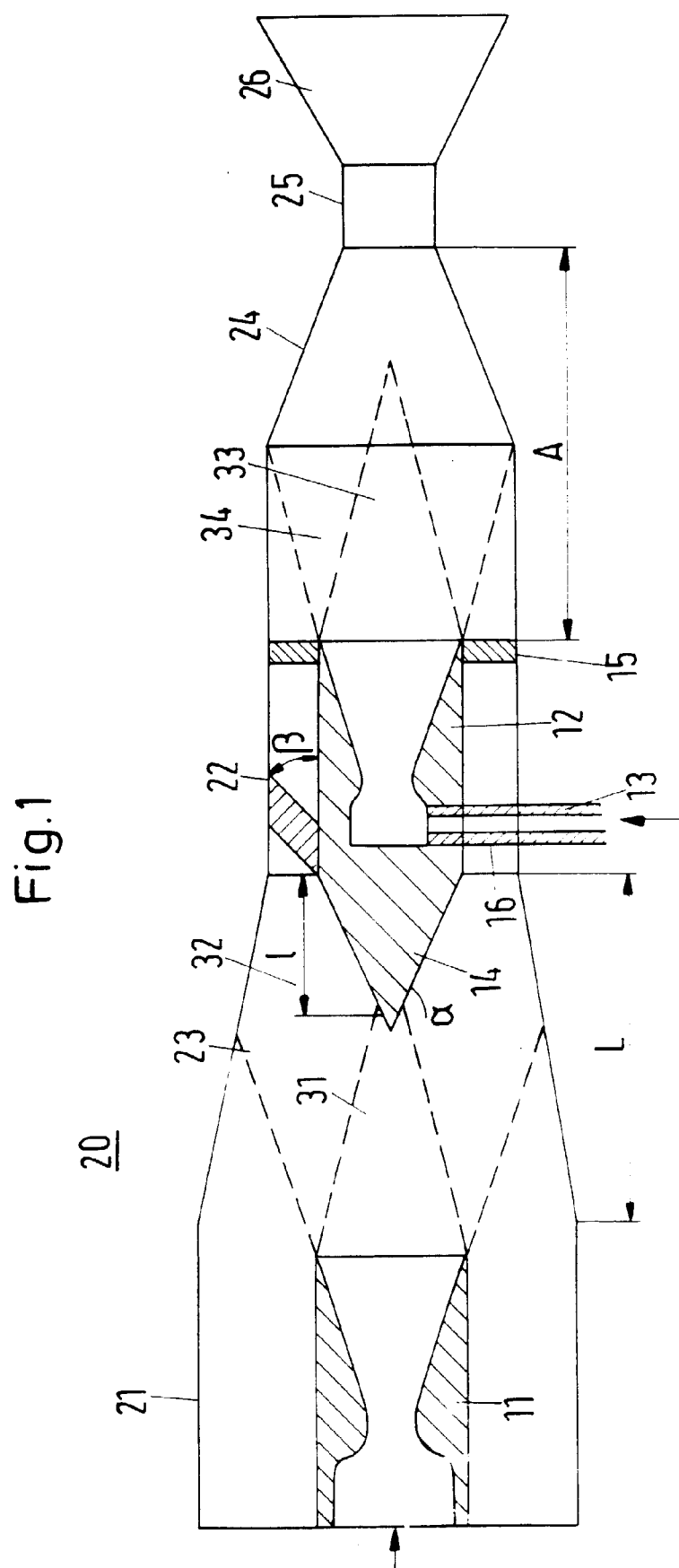


Fig.2

