

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 769 106 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

23.09.1998 Patentblatt 1998/39

(21) Anmeldenummer: **95924858.4**

(22) Anmeldetag: **05.07.1995**

(51) Int Cl.⁶: **F04F 5/46**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE95/00923

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 96/01374 (18.01.1996 Gazette 1996/04)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER STRAHPUMPE SOWIE EINE STRAHPUMPE SELBER**
PROCESS FOR OPERATING A JET PUMP, AND SAID JET PUMP
PROCEDE PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UNE POMPE A JET, ET LADITE POMPE A
JET

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE

(30) Priorität: **06.07.1994 DE 4425601**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.04.1997 Patentblatt 1997/17

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

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

• **BLANKE, Martin**
D-52078 Aachen (DE)

(74) Vertreter: **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing.**
Meissner & Meissner,
Patentanwaltsbüro,
Hohenzollerndamm 89
14199 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 244 336 **DE-A- 1 503 718**
DE-A- 3 406 260 **FR-A- 1 535 517**
US-A- 2 486 019

EP 0 769 106 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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum betreiben einer Stabpumpe mit einer Treibdüse, die ein Treibmedium, insbesondere Dampf, mit überschallgeschwindigkeit verläßt, welches sich mit einem gasförmigen Lastmedium vermischt, sowie eine Strahlpumpe selber.

Bei Strahlpumpen, bei denen ein mit großer Geschwindigkeit strömender Strahl eines treibenden Strömungsmittels eine Saugwirkung auf ein anzusaugendes Strömungsmittel ausübt und dabei dieses Strömungsmittel mitreißt, gibt das treibende Strömungsmittel durch Strahlmischung und Impulsübertragung kinetische Energie an das angesaugte Strömungsmittel ab, so daß ein Mischstrahl der beiden Strömungsmittel am Ende des Mischungsprozesses eine geringere Geschwindigkeit hat als der Strahl des treibenden Strömungsmittels. Die hierzu erforderliche hohe Geschwindigkeit des treibenden Strömungsmittels wird dadurch erreicht, daß in einer sog. Treibdüse Druckenergie in kinetische Energie umgewandelt wird. Schließlich wird dann die verbleibende kinetische Energie des Mischstrahles in einem sog. Diffusor wieder in Druckenergie umgewandelt.

Als treibende Strömungsmittel sowie als ansaugende Strömungsmittel kommen dabei vor allem gasförmige und dampfförmige Medien in Betracht. Die Endgeschwindigkeit eines treibenden gas- oder dampfförmigen Mediums ist bei Strahlern hoher Leistung und mit großem Druckverhältnis erheblich größer als die Schallgeschwindigkeit. Dies wird erreicht durch eine Querschnittserweiterung im Überschallteil der Düse, wodurch potentielle Energie in kinetische Energie umgewandelt wird, verbunden mit einem gleichzeitigen Druckabfall. Üblicherweise besitzen Überschalldüsen einen Kreisquerschnitt mit kegeligem oder konturiertem Überschallteil.

Aus der Schrift DE 3406260 A1 ist eine Dampfstrahlpumpe bekannt, bei der der Arbeitsdampf von einer Strahldüse ausgestoßen wird, die sich zu inrem Ende hin verbreitert. Der Arbeitsdampf erreicht beim Durchtritt durch den Halsteil der Düse seine kritische Geschwindigkeit, d. h. die Schallgeschwindigkeit. Da der Dampf durch den sich erweiternden Teil der Düse geht, wird die Druckenergie vollständig in kinetische Energie umgewandelt und der Dampf wird mit Überschallgeschwindigkeit in eine Kammer ausgestoßen.

Bei den großen Differenzen der Geschwindigkeiten von Last- und Treibmassenstrom ist bei dieser bekannten Ausgestaltung des Strahlers bei Hochleistungsstrahlpumpen der Mischungsprozeß ineffizient und darüber hinaus verlangsamt. Dies führt zu Verlusten im Prozeß, insbesondere zu Reibungsverlusten, und zu großen Baulängen der Strahlpumpe, bzw. zu unvollständigem Mischen und damit zu Leistungsverlusten.

Eingriffe in die Überschallströmung, wie sie beispielsweise im Unterschall möglich sind, etwa mittels turbulenzauslösender Störkörper, sind im Überschallkern-

strahl nicht möglich und würden zu erheblichen Verlusten durch Verdichtungsstöße führen.

Die im Strahltriebwerksbau übliche Vergrößerung der Mischungsfläche zwischen Treib- und Sekundärstrahl durch rosettenförmige Düsenformen, sog. Hypermixing, ist nur im Unterschallbereich möglich. Im Überschallbereich würde eine solche Maßnahme sofort zu einer Vernichtung des Strahlimpulses durch Verdichtungsstöße und damit zu einer funktionsunfähigen Pumpe führen.

Die Erfindung hat sich das Ziel gesetzt, ein verfahren zum Betreiben einer Strahlpumpe und eine Strahlpumpe selber zu schaffen, bei denen mit einfachen konstruktiven Mitteln eine Steigerung der Vermischung von Treib- und Lastmedium erreicht wird.

Die Erfindung erreicht dieses Ziel durch den Verfahrensanspruch 1 und den Vorrichtungsanspruch 3. Die weiteren Ansprüche stellen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung dar.

Bei herkömmlichen Überschallstrahlern werden an den Mischgrenzen stromabwärts vom Düsenendquerschnitt Wirbelstrukturen erzeugt, die sich torusförmig mit azimuthaler Symmetrie in Strömungsrichtung bewegen. Ohne die Überschallströmung zu zerstören, wird erfindungsgemäß in diese azimuthale Symmetrie eingegriffen, indem möglichst große Wirbelstrukturen erzeugt werden, die zu einer Mischungsverbesserung und Aufweitung der Mischzone führen. Die Wechselwirkung dieser Wirbelstrukturen, die eine Drehachse in Strömungsrichtung besitzen, mit den üblicherweise erzeugten torusförmigen Wirbeln, also Wirbel mit azimuthaler Drehachse, führt zu pulsierenden instationären Prozessen. Unter Beibehaltung der Querschnittsfläche im Vergleich zum jeweiligen Kreisquerschnitt und damit des sekundlichen Massendurchsatzes und des lokalen Zustandes (Druck, Temperatur, Machzahl) wird die Umfangslänge der jeweiligen Querschnittsform vergrößert. Vom Kreisquerschnitt im Transschallteil der Treibdüse ausgehend werden stromabwärts im Überschallteil am Düsenmantel Sicken in Form von Ausbuchtungen oder Ausbeulungen vorgesehen. Diese Sicken sind in inrem Scheitel abgerundet, die Querschnittsflächen können dabei die Formen eines jeweils abgerundeten Dreiecks, Quadrates oder auch Vielecks, beispielsweise eines Sechsecks, aufweisen. Stromabwärts von diesen Wülsten entstehen Verwirbelungen, deren Drehachse in Strömungsrichtung weisen, mit denen der Mischvorgang in dem schwierigen Fall des Überschallmischens verbessert wird. Beim Einsatz eines Dampfstrahlers mit einem Mediumdruck von 10 bis 12 bar werden bei solchen Überschalldüsen Geschwindigkeiten des Treibmediums vom 4,8 bis 5,2fachen der Schallgeschwindigkeit erreicht (Hyperschallzustand).

In vorteilhafter Weise werden zur Vermeidung von dicken Grenzschichten und Verdichtungsdüsen die wulstförmigen Ausbuchtungen bzw. Ausbeulungen in ihrem Scheitel abgerundet.

Bei der erfindungsgemäßen Strahlerpumpe liegt der

Druck am Düsenausgang um ein Faktor 3 bis 5 über dem Ansaugdruck des Lastmediums, der Endquerschnitt ist entsprechend verkleinert; somit kann im Vergleich zur rechnerischen Länge bei vollständiger Expansion auf den Ansaugdruck die Düsenlänge um den Faktor 0,2 kürzer sein. Die Intensivierung der Vermischung führt als Folge dieser Maßnahme nicht nur zu einer Verkürzung des Mischers, sondern auch einer Verbesserung des Druckverhältnisses von ebenfalls etwa 20 %.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung wird erreicht bei einem allmählichen kontinuierlichen Übergang vom Kreisquerschnitt zum Endquerschnitt der Überschalltreibdüse. Dabei kann die Veränderung des Querschnitts stromab im Überschallteil querschnittsmäßig dem einer kegelförmigen oder einer konturierten Düse entsprechen.

Ein Beispiel der Erfindung ist in der beiliegenden Zeichnung dargelegt. Dabei zeigen die

Figur 1 die Anordnung der gesamten Strahlpumpe
Figur 2 Überschalltreibdüse
Figur 3 verschiedene Querschnittsformen.

Die Figur 1 zeigt in schematischer Form die Anordnung einer Überschalltreibdüse 10 in einer Strahlpumpe 20. Die Strahlpumpe 20 weist baulich in Reihe hintereinander angeordnet einen zylindrischen Teil 21 und einen stark konischen Teil 22 sowie einen schwach konischen Teil 23 des Mischers, auf dem sich ein Stoßdiffusor 24 und ein Unterschalldiffusor 25 anschließen.

Aufgezeigt sind noch die Düsenlänge X_d sowie die rechnerische Düsenlänge X_r .

Aufgezeigt wird noch die Anfangstemperatur T_0 und der Anfangsdruck P_0 des Lastmediums sowie der Enddruck P_4 am Ausgang der Pumpe.

In der Figur 2 ist ein Schema der Überschalltreibdüse 10 dargelegt. Dabei schließt sich an den Eintritt des Unterschallteils 11 der Hals 12 des transsonischen Bereichs an, dem sich ein sich erweiternder Teil 13 des Überschallbereichs mit dem Austritt 14 und damit dem Düsenendquerschnitt anschließt.

Im oberen Teil der Überschalltreibdüse 10 sind im Mantel 19, der einen Mantelwinkel γ aufweist, Sicken 18 in Form von Ausbeulungen 16 vorgesehen, die den Wulstwinkel β besitzen.

Im unteren Bereich der Überschalltreibdüse 10 sind im Mantel 19 der den Mantelwinkel besitzt, Sicken 18 in Form von Ausbuchtungen 17 vorgesehen, die den Wulstwinkel β besitzen.

In der Figur 2 ist noch der Schnitt A B dargestellt, der die kreisförmige Querschnittsfläche A_k und die entsprechende Umfangslänge L_k besitzt.

Die Figur 3 zeigt den Düsenendquerschnitt 14 und somit den Schnitt C D. Die Umfangslänge L_k bei einem Kreisquerschnitt konventioneller Überschalldüsen ist gestrichelt dargestellt. In allen Beispielen ist die Querschnittsfläche A des Kreisquerschnittes bei konventioneller Überschalldüse gleich dem der mit Sicken versehenen

Düse.

Im oberen Bereich sind Beispiele aufgeführt mit drei bzw. vier Sicken 18 in Form von Ausbeulungen 16.

Im unteren Bereich sind die Sicken 18 in Form von Ausbuchtungen 17 ausgeführt.

Weiterhin dargestellt sind noch Schenkel 15, die sich unter einem Schenkelwinkel α von mind. 60 ° öffnen.

Positionsliste:

10	Überschalltreibdüse
11	Unterschallteil
12	Hals, transsonischer Bereich
13	sich erweiternder Teil, Überschallbereich
14	Austritt, Düsenendquerschnitt
15	Schenkel
16	Ausbeulung
17	Ausbuchtung
18	Sicke
19	Mantellinie
20	Strahlpumpe
21	zylindrische Zuführung des Lastmediums
22	Mischer stark konisch
23	Mischer schwach konisch
24	Stoßdiffusor
25	Unterschalldiffusor
α	Schenkelwinkel
Γ	Wulstwinkel
γ	Mantelwinkel
30	X_d Düsenlänge ist
	X_r rechnerische Düsenlänge
	A Querschnittsfläche
	A_k kreisförmige Querschnittsfläche
	L Umfangslänge
35	L_k Umfangslänge bei kreisförmigem Querschnitt

Patentansprüche

- Verfahren zum Betreiben einer Strahlpumpe mit einer Treibdüse, die ein Treibmedium, insbesondere Dampf, mit Überschallgeschwindigkeit verläßt, welches sich mit einem gasförmigen Lastmedium vermischt, dadurch gekennzeichnet, daß stromab vom Austritt der Düse im Mischbereich zur Aufhebung der azimuthalen Symmetrie der Wirbelstruktur des Treibmediums die Umfangslänge durch eine mindestens drei wulstförmige sich in Strahlrichtung erstreckende Sicken aufweisende Querschnittsform des Treibstrahls vergrößert wird, wobei die jeweilige Querschnittsfläche entsprechend dem Kontinuitätsprinzip in Strahlrichtung beginnend mit einem Kreisquerschnitt im Überschallteil des Strahlers der Kreisquerschnittsfläche des Treibmediums in konventionellen Überschalldüsen entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die eine größere Umfangslänge aufweisende
Querschnittsform des Treibstrahls eine Wirbel-
struktur mit Drehachse in Strömungsrichtung er-
zeugt.
3. Strahlpumpe, insbesondere Dampfstrahlpumpe,
mit einer vom Hals zu ihrem Ende hin sich erwei-
ternden Strahldüse, die von einer koaxial angeord-
neten Mischkammer umgeben ist, an welche sich
ein konisch sich verjüngender Diffusorteil an-
schließt, zur Durchführung des Verfahrens nach
Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Querschnittsform des sich erweiternden
Teils (13) der Strahldüse (10) von einem Kreisquer-
schnitt (Ak) mit entsprechender Umfangslänge (Lk)
aufweisenden Hals (12) des Transschallteils strahl-
abwärts in der Weise ausgestaltet ist, daß bei je-
weiliger gegebener Querschnittsfläche (A) der Um-
fang im Vergleich zur Kreisform eine größere Länge
(Lx) aufweist und im Strahldüsenmantel (19) min-
destens drei wulstförmige, sich in Strahlrichtung er-
streckende Sicken (18) vorgesehen sind.
4. Strahlerpumpe nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Strahlerdüsenmantel (19) in Strahlrichtung
einen allmählichen kontinuierlichen Übergang vom
Düsenquerschnitt (A) in Kreisform zum mit Sicken
(18) versehenen aufweist.
5. Strahlerpumpe nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sicken (18) wulstförmige Ausbeulungen
(16) sind, die in ihrem Scheitel Abrundungen besit-
zen, und daß ihre Schenkel (15) unter einem Winkel
 α von größer 60° voneinander beabstandet sind.
6. Strahlerpumpe nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sicken (18) wulstförmige Ausbuchtungen
(17) sind, die in ihrem Scheitel Abrundungen besit-
zen und daß ihre Schenkel (15) unter einem Winkel
 α von größer 60° voneinander beabstandet sind.
7. Strahlerpumpe nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Düsenlänge (Xd) im Vergleich zu einer Län-
ge (Xr), gerechnet für vollständige Expansion auf
den Ansaugdruck, um einen Faktor größer 0,2 kür-
zer ist.
8. Strahlerpumpe nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Öffnungswinkel β der Scheitellinie der
wulstförmigen Ausbeulung (16) 3-5° größer ist als

der Öffnungswinkel γ des Hauptteils des Strahldü-
senmantels (19).

9. Strahlerpumpe nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Öffnungswinkel β der Scheitellinie der
wulstförmigen Ausbuchtung (17) 3-5° kleiner ist als
der Öffnungswinkel γ des Hauptteils des Strahldü-
senmantels (19).

Claims

1. A method for operating a jet pump with a propulsion
nozzle which a propulsion medium, in particular
steam, leaves at supersonic speed, which medium
is mixed with a gaseous load medium,
characterised in that
downstream from the outlet of the nozzle in the re-
gion of mixing in order to cancel out the azimuthal
symmetry of the turbulence structure of the propul-
sion medium the peripheral length is increased by
a cross-sectional form of the propulsion jet having
at least three toric beads extending in the direction
of the jet, wherein the respective cross-sectional
surface corresponding to the continuity principle in
the direction of the jet beginning with a circular
cross-section in the supersonic part of the projector
corresponds to the circular cross-sectional surface
of the propulsion medium in conventional superson-
ic nozzles.
2. A method according to Claim 1, characterised in
that the cross-sectional form of the propulsion jet
which has a greater peripheral length produces a
turbulence structure with an axis of rotation in the
direction of flow.
3. A jet pump, in particular a steam-jet pump, having
a jet nozzle which widens from the neck towards its
end, which nozzle is surrounded by a coaxial mixing
chamber which is adjoined by conically tapering dif-
fusor part is connected, for performing the method
according to Claim 1,
characterised in that the cross-sectional form of the
widening part (13) of the jet nozzle (10) from a neck
(12) of the transonic part having a circular cross-
section (Ak) with corresponding peripheral length
(Lk) downstream of the jet is such that for the re-
spective given cross-sectional surface (A) the pe-
riphery has a greater length (Lx) compared with the
circular form and at least three toric beads (18) ex-
tending in the direction of the jet are provided in the
jet nozzle casing (19).
4. A jet pump according to Claim 3, characterised in
that the jet nozzle casing (19) in the direction of the
jet has a gradual continuous transition from the noz-

zle cross-section (A) in circular form to the nozzle end cross-section (14) which is provided with beads (18).

5. A jet pump according to Claim 4, characterised in that the beads (18) are toric concavities (16) which have rounded sections in their apex, and that their sides (15) are spaced apart from one another at an angle α of greater than 60° .
6. A jet pump according to Claim 4, characterised in that the beads (18) are toric convexities (17) which have rounded sections in their apex, and that their sides (15) are spaced apart from one another at an angle α of greater than 60° .
7. A jet pump according to Claim 4 or 5, characterised in that the nozzle length (Xd), compared with a length (Xr), calculated for full expansion to the intake pressure, is shorter by a factor of more than 0.2.
8. A jet pump according to Claim 5, characterised in that the opening angle β of the apex line of the toric concavity (16) is $3-5^\circ$ greater than the opening angle γ of the main part of the jet nozzle casing (19).
9. A jet pump according to Claim 6, characterised in that the opening angle β of the apex line of the toric convexity (17) is $3-5^\circ$ smaller than the opening angle γ of the main part of the jet nozzle casing (19).

Revendications

1. Procédé pour la mise en oeuvre d'une pompe à jet, comprenant une buse, que quitte un fluide propulseur, en particulier de la vapeur, à une vitesse ultrasonore, lequel se mélange avec un fluide de charge gazeux, caractérisé en ce que, en aval de la sortie de la buse dans la zone de mélange pour conserver la symétrie azimutale de la structure tourbillonnaire du fluide propulseur, la longueur périphérique est augmentée par une forme de section transversale du jet propulseur présentant au moins trois moulures en forme de bourrelet, s'étendant dans la direction du jet, la surface de section transversale respective correspondant, conformément au principe de continuité, dans la direction du jet, en commençant par une section transversale circulaire dans la partie ultrasonore de l'émetteur de jet, à la surface de section transversale circulaire du fluide propulseur dans des buses ultrasonores usuelles.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la forme de section transversale présentant une longueur périphérique plus

grande du jet propulseur engendre une structure tourbillonnaire à axe de rotation dans la direction d'écoulement.

3. Pompe à jet, en particulier pompe à jet de vapeur, comportant une buse s'élargissant du col à son extrémité, qui est entourée par une chambre de mélange agencée de façon coaxiale, à laquelle se raccorde une partie de diffuseur s'amincissant de façon conique, pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisée en ce que la forme de section transversale de la partie s'élargissant (13) de la buse (10) est constituée, en aval, par un col (12) de la partie transsonore présentant une section transversale circulaire (Ak) ayant une longueur périphérique correspondante (Lk), de façon que, pour une surface de section transversale respective donnée (A), la périphérie présente, par rapport à la forme circulaire, une longueur plus grande (Lx) et, dans l'enveloppe de la buse (19), sont prévues au moins trois moulures (18) en forme de bourrelet, s'étendant dans la direction du jet.
4. Pompe à jet selon la revendication 3, caractérisée en ce que l'enveloppe (19) de la buse de l'émetteur de jet, dans la direction du jet, présente une transition graduelle continue de la section transversale de buse (A) sous forme circulaire vers la section transversale d'extrémité de buse (14) munie de moulures (18).
5. Pompe à jet selon la revendication 4, caractérisée en ce que les moulures (18) sont des bosses (16) en forme de bourrelet, qui possèdent des arrondis à leur sommet, et en ce que leurs ailes (15) sont écartées l'une de l'autre d'un angle α supérieur à 60° .
6. Pompe à jet selon la revendication 4, caractérisée en ce que les moulures (18) sont des creux (17), qui possèdent, à leur sommet, des arrondis, et en ce que leurs ailes (15) sont écartées l'une de l'autre d'un angle α supérieur à 60° .
7. Pompe à jet selon la revendication 4 ou 5, caractérisée en ce que la longueur des buses (Xd) par rapport à une longueur (Xr), calculée pour l'expansion complète à la pression d'aspiration, est plus courte d'un facteur supérieur à 0,2.
8. Pompe à jet selon la revendication 5, caractérisée en ce que l'angle d'ouverture β de la ligne au sommet de la bosse en forme de bourrelet (16) est plus grand de $3-5^\circ$ que l'angle d'ouverture γ de la partie principale de l'enveloppe (19) de la buse.

9. Pompe à jet selon la revendication 6, caractérisée en ce que l'angle d'ouverture β de la ligne au sommet du creux (17) est plus petit de 3-5° que l'angle d'ouverture γ de la partie principale de l'enveloppe (19) de la buse.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

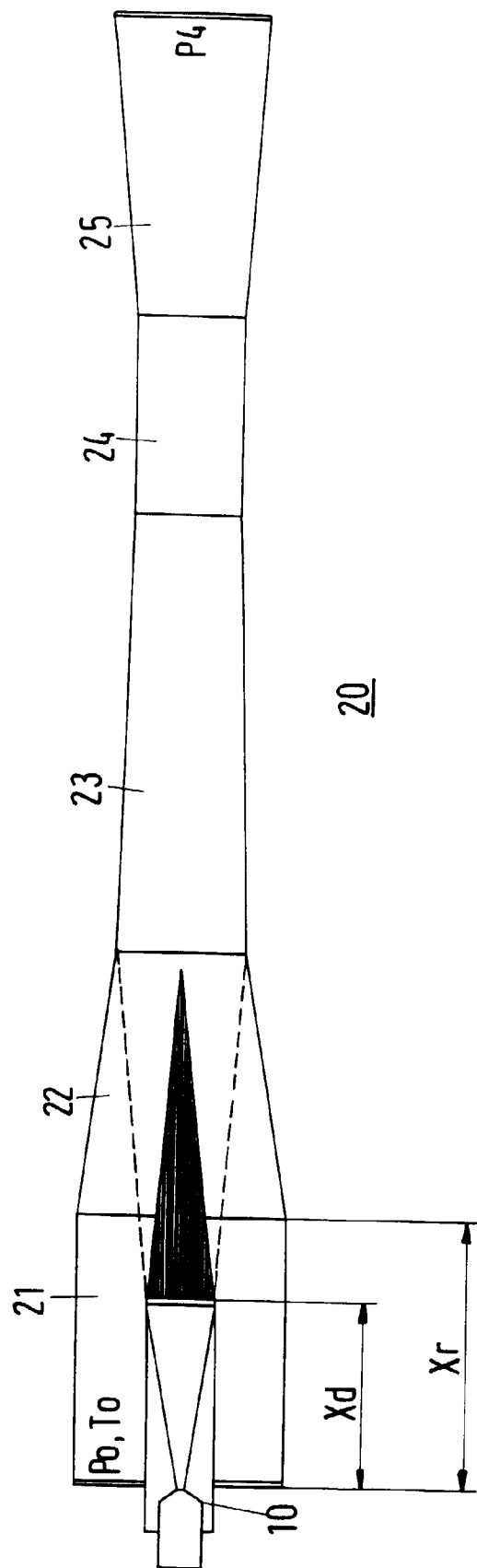
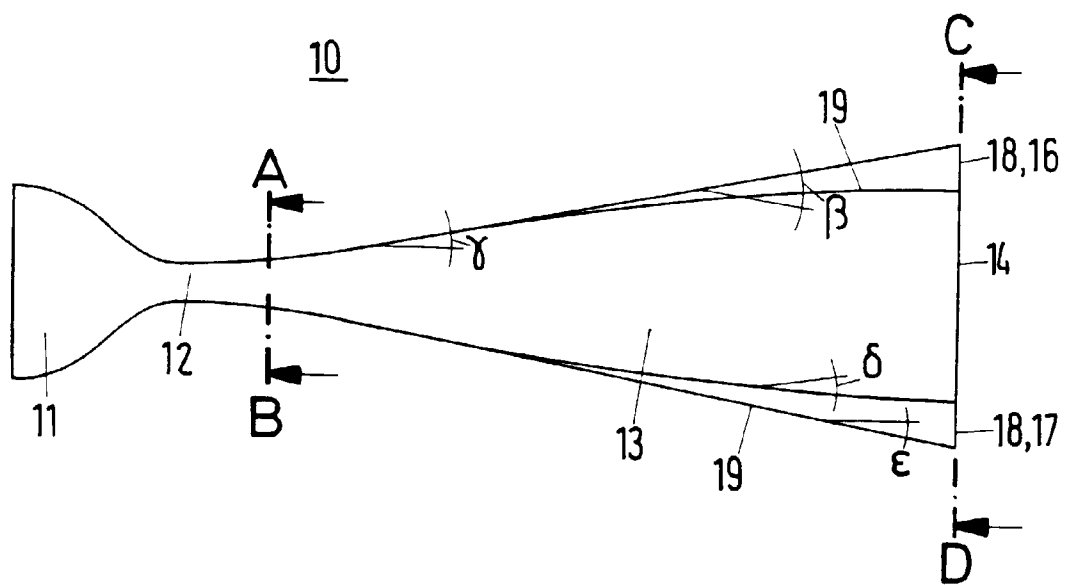


Fig.2



(A-B)

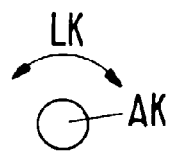


Fig. 3
(C-D)

