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

(11) Veröffentlichungsnummer : **0 475 284 B1**

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift : **06.07.94 Patentblatt 94/27**

(51) Int. Cl.^{5} : **B01F 5/04,** B01F 3/08

(21) Anmeldenummer : **91115027.4**

(22) Anmeldetag : **05.09.91**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Einwirkung eines Verdichtungsstosses auf Fluide.**

(30) Priorität : **06.09.90 BG 92795/90**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung : **18.03.92 Patentblatt 92/12**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung : **06.07.94 Patentblatt 94/27**

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

(56) Entgegenhaltungen :
WO-A-83/01210
WO-A-89/10184
FR-A- 2 617 736
GB-A- 1 111 723

(73) Patentinhaber : **TRANSSONIC ÜBERSCHALL-ANLAGEN GmbH**
Volpini-Strasse 19
D-80638 München (DE)

(72) Erfinder : **Fissenko, Vladimir Vladimirowitsch**
Kutusovskij Prospekt 33/16
Moskau (SU)

(74) Vertreter : **Finck, Dieter et al**
Patentanwälte v. Füner, Ebbinghaus, Finck
Mariahilfplatz 2 - 3
D-81541 München (DE)

EP 0 475 284 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 und eine Vorrichtung zur Einwirkung eines Verdichtungsstoßes auf Fluide.

Unter Fluiden sind Flüssigkeiten, Gase oder Dämpfe mit oder ohne darin dispergierten Feststoffteilchen zu verstehen.

Aus der WO-A-8910184 ist es bereits bekannt, in einen mit Überschallgeschwindigkeit von 500 bis 800 m/s strömenden Wasserdampfstrom wenigstens eine zu emulgierende flüssige Komponente einzuspritzen. In das auf diese Weise gebildete Aerosol aus Wasserdampf und feinsten Tröpfchen der zu emulgierenden Komponente, das mit Überschallgeschwindigkeit strömt, wird eine flüssige, passive Komponente eingeleitet. Das so gebildete Gemisch aus Wasserdampf und Komponenten, das bezogen auf das Gemisch mit Überschallgeschwindigkeit strömt, wird über einen Verdichtungsstoß bei vollständiger Kondensation von vorhandenem Dampf auf Umgebungsdruck gebracht.

Die Überschallgeschwindigkeit wird mit Hilfe einer Lavaldüse erreicht, an deren Austrittsquerschnitt sich eine Einspritzzone für die zu emulgierende flüssige Komponente anschließt, der in Strömungsrichtung ein diffusorförmiger Kanal nachgeordnet ist. Im Abstand vom Austrittsquerschnitt dieses Kanals ist eine Mischkammer angeordnet, die mit dem Kanal über ein Gehäuse verbunden ist, in das eine Zuleitung für eine passive Komponente mündet. Die Mischkammer hat einen der Austrittsöffnung der Kammer und der Lavaldüse zugewandten sich in Strömungsrichtung verengenden Teil, an den sich ein zylindrischer Teil anschließt, der in einen sich erweiternden Teil übergeht. Der Querschnitt der Austrittsöffnung des diffusorförmigen Kanals beträgt das ein- bis zweifache des Querschnitts des zylindrischen Teils der Mischkammer.

Die Bereitstellung von Dampf, der mit 500 bis 800 m/s strömt, ist sehr aufwendig. Aufgrund des Druckanstiegs in dem Verdichtungsstoß im zylindrischen Teil läßt sich zwar eine gute Emulgierung der flüssigen Komponente in der passiven Komponente erreichen, wobei gleichzeitig jeglicher vorhandener Dampf kondensiert wird, der Verdichtungsstoß kann jedoch in seiner axialen Stellung nur sehr schwer stabilisiert werden, was die sichere Funktionsfähigkeit der Vorrichtung und somit die kontinuierliche Emulsionsherstellung beeinträchtigt.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht nun darin, das Verfahren und die Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß ein kontinuierlicher stabiler Betrieb gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird verfahrensmäßig dadurch gelöst, daß ein Zweiphasen-Gemisch aus zwei Fluiden, das mit Unterschallgeschwindigkeit zugeführt wird, auf seine Schallgeschwindigkeit beschleunigt wird, das Zweiphasen-Gemisch auf Überschallgeschwindigkeit entspannt wird und das dadurch auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigte Zweiphasen-Gemisch über einen Verdichtungsstoß im wesentlichen als Einphasen-Gemisch auf einen Enddruck gebracht wird, der dem jeweiligen Umgebungsdruck entspricht.

Vorteilhafterweise wird in ein Gemisch aus wenigstens zwei Fluiden wenigstens ein weiteres Fluid eingeleitet, bevor das so gebildete Zweiphasen-Gemisch auf seine Schallgeschwindigkeit beschleunigt wird.

Dabei wird zweckmäßigerweise der statische Druck p_{ck} hinter dem Verdichtungsstoß so eingestellt, daß er größer ist als der statische Druck p_1 vor dem Verdichtungsstoß und kleiner ist als die Hälfte der Summe aus dem statischen Druck p_1 vor dem Verdichtungsstoß und aus dem Gesamtdruck p_0 hinter dem Verdichtungsstoß oder der Hälfte dieser Summe gleich ist.

Der stabile Betrieb bei konstant bleibenden Mengenströmen der Fluide ist dann gewährleistet, wenn der Außendruck oder Enddruck p_{np} größer als der statische Druck p_1 vor dem Verdichtungsstoß, jedoch kleiner als der statische Druck p_{ck} hinter dem Verdichtungsstoß oder diesem Druck p_{ck} gleich ist, wobei innerhalb dieser Druckbereiche der Druck des auf seine Überschallgeschwindigkeit entspannten Zweiphasen-Gemisches nicht freigegeben wird.

Die Intensität des Verdichtungsstoßes und dadurch seine Wirkung lassen sich noch dadurch steigern, wenn dem mit Unterschallgeschwindigkeit strömenden noch einphasigen oder bereits zweiphasigen Fluidgemisch vor Erreichen seiner Schallgeschwindigkeit Wärme und/oder Masse zugeführt wird. Es kann auch zusammen damit oder nur für sich dem mit Überschallgeschwindigkeit strömendem Fluidgemisch Wärme und/oder Masse entzogen werden.

Vorrichtungsmäßig wird die vorstehend genannte Aufgabe gelöst durch eine an eine Zuleitung für ein Gemisch aus wenigstens zwei Fluiden koaxial angeschlossene Düse, durch eine dem austrittsseitigen engsten Querschnitt der Düse in Strömungsrichtung nachgeordnete Expansionskammer, durch einen mit der Expansionskammer verbundenen Auslaßkanal mit konstantem Querschnitt, dessen hydraulischer Durchmesser genau so groß ist wie der hydraulische Durchmesser des engsten Querschnitts der Düse oder bis zum Dreifachen des hydraulischen Durchmessers des engsten Querschnitts der Düse beträgt, und durch einen mit der Expansionskammer verbundenen, mit einem Überdruckventil versehenen Auslaß.

Dabei kann vorteilhafterweise dem engsten Querschnitt der Düse in Strömungsrichtung eine Zuleitung für wenigstens ein weiteres Fluid unmittelbar vorgeordnet werden.

Zweckmäßigerweise ist der Auslaßkanal der Expansionskammer koaxial zur Düse angeordnet.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform wird der austrittsseitige engste Querschnitt der Düse von einer Blende gebildet.

Zweckmäßigerweise ist der Öffnungsdruck des Überdruckventils einstellbar.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann unter Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung kontinuierlich mit einem optimierten Energieaufwand stabil und ohne Betriebsstörungen die gewünschte Fluideinwirkung im wesentlichen unabhängig von Änderungen des Außen- bzw. Enddruckes erreicht werden.

Mit Hilfe der Einwirkung des Verdichtungsstoßes auf die Fluide lassen sich erfindungsgemäß homogene, fein dispergierte Gemische mit vorgegebenen Konzentrationen der einzelnen Komponenten aus mehreren Komponenten herstellen.

Es lassen sich feindisperse und homogene Strukturen mit hochentwickelten Aktivierungsflächen, auch schwer mischbarer Strukturen, bei automatischer Dosierung von hoher Genauigkeit herstellen. Hierzu gehören auch die Homogenisierung von Milch und Erzeugung von Vollmilch-Ersatz, die Zubereitung von Medikamenten und Kosmetika sowie die Herstellung und Mischung bioaktiver Produkte, die Herstellung von stabilen Wasser-Treibstoff-Emulsionen, die Herstellung von Lacken, Farben und Klebstoffen, der Transport von Fluiden durch Rohrleitungen und Behälter, ohne daß Ablagerungen gebildet werden können, die Vergrößerung der Oberflächenaktivität mit garantierter Effektivität, die Zubereitung von stabilen Wasserstoffemulsionen, der Bau von effektiven Reinigungssystemen aufgrund einer hochentwickelten Aktivierungsfläche mit kombinierbaren Anwendungsmöglichkeiten der Anlage.

Ferner sind auch eine Entgasung und Gassättigung in chemischen Reaktoren und anderen speziellen Anlagen, eine Entgasung und Saturierung bei der Herstellung von Säften, alkoholfreien Getränken und Bier, die Einführung ökologisch unbedenklicher Technologien mit der Möglichkeit einer vollständigen Nutzung der Wärmeenergie und eine Verminderung von Rauchbildung bei Verbrennungsprozessen bei Zentralheizungsanlagen bei erfindungsgemäßem Einsatz der Vorrichtung möglich.

Die Vorrichtung kann bei erfindungsgemäßem Einsatz auch als Pumpe und/oder Wärmeaustauscher, beispielsweise als Kondensatorpumpe und Heizpumpe des Mischertyps allein oder in Reihenschaltung, zur Herstellung von prinzipiell neuen, geschlossenen und ökologisch unbedenklichen Systemen in der Energetik, Metallurgie, chemischen und biologischen Industrie bei vollständiger Ausnutzung der Wärmeenergie, als Pumpen für verschmutzte Abwässer und Flüssigkeiten, die auch feste Teilchen enthalten, im Zusammenwirken mit Wasch- und Reinigungsanlagen für Hallen, Tanker und Schiffskörper, sowie mit Wassersammelsystemen, Feuerlöschsystemen und Ausstattungen von feuergefährdeten Produktionsstätten als auch zum Extrahieren von explosiven und giftigen Gasen in Abwässern und Staubecken verwendet werden.

In Kraftwerksanlagen kann die Vorrichtung in Hintereinanderschaltung mehrerer Einheiten als Speisewasserpumpe und/oder Vorwärmer eingesetzt werden, wobei als Energieträger von Zwischenstufen der Turbine entnommener Dampf als Fluid zugeführt wird, um die einzelnen Verfahrungsschritte ausführen zu können.

Die vorstehenden angegebenen erfindungsgemäßen Verwendungen beruhen auf dem Phänomen einer erhöhten Verdichtung in der homogenen zweiphasigen Strömung, wobei die Schallgeschwindigkeit nicht nur in der Flüssigkeit sondern auch in den Gasen bzw. Dämpfen niedriger ist. Dieses Phänomen ermöglicht das Erreichen der Überschalleinwirkungen, wenn die Machzahl größer 1 ist, und zwar bei äußerst geringem Energieeinsatz, wobei die Machzahl die Verdichtungsfähigkeit eines strömenden Mediums repräsentiert und dem Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids bzw. eines Fluidgemisches bezogen auf seine lokale Schallgeschwindigkeit entspricht. Üblich ist, die Machzahl größer als 1 in Antriebsdüsen oder Turbinen durch Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids zu erreichen, also durch Vergrößerung des Zählers des die Machzahl bildenden Verhältnisses. Erfindungsgemäß wird nun darauf hingewirkt, den gewünschten Überschalleffekt durch Reduzierung der Schallgeschwindigkeit, also durch Verkleinerung des Nenners des die Machzahl bildenden Verhältnisses auf einige 10m pro Sekunde oder sogar auf einen Meter pro Sekunde zu erreichen, wodurch der erforderliche Energieeinsatz gegenüber der herkömmlichen Methode um eine Vielfaches gesenkt werden kann. Die praktische Umsetzung dieses Phänomens der erhöhten Verdichtungsfähigkeit homogener zweiphasiger Gemische wird dann mit Hilfe des Verdichtungsstoßes erreicht, bei welchem das Verhältnis des Drucks hinter dem Stoß und vor dem Stoß proportional zum Quadrat der Machzahl ist.

Anhand von Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Es zeigt:

- Fig. 1 im Axialschnitt eine erste Ausführungsform der Vorrichtung, die zum Mischen von Fluiden eingesetzt wird,
- Fig. 2 im Axialschnitt eine zweite Ausführungsform der Vorrichtung, die ebenfalls zum Mischen von Fluiden dient,
- Fig. 3 schematisch den Verlauf der Strömungsgeschwindigkeit und des statischen Druckes des Fluidgemisches in Axialrichtung der Vorrichtung von Fig. 2 im Anlaufstadium mit offenem Überdruckventil,

Fig. 4 schematisch den Verlauf der Strömungsgeschwindigkeit und des statischen Druckes des Fluidgemisches in Axialrichtung der Vorrichtung von Fig. 2 bei stabilem Betrieb mit geschlossenem Überdruckventil.

Die in Fig. 1 gezeigte Vorrichtung zur Einwirkung eines Verdichtungsstoßes auf Fluide, die zur Herstellung von homogenen Gemischen aus Fluiden eingesetzt wird, hat ein zylindrischen Gehäuse 1 mit einem Einlaßabschnitt 20 in Form einer im wesentlichen zylindrischen Bohrung auf der einen Stirnseite, der in eine sich konisch verjüngende Düse 2 übergeht, die in einem engsten Querschnitt 6 endet. An den engsten Querschnitt 6 der Düse 2 schließt sich ein Diffusorabschnitt einer Expansionskammer 10 an, wobei der zylindrische Einlaßabschnitt 20, die Düse 2, ihr Austrittsquerschnitt 6, die Expansionskammer 10 und ihr Diffusorabschnitt alle rotationssymmetrisch bezüglich des zylindrischen Gehäuses 1 und koaxial zu dessen Achse 18 angeordnet sind. Dies gilt auch für den dem engsten Querschnitt 6 der Düse gegenüberliegend in der Expansionskammer 10 angeordneten zylindrischen Auslaßkanal 8, dessen konstanter Querschnitt einen Durchmesser hat, der nicht kleiner sein darf als der engste Querschnitt 6 der Düse 2, jedoch auch einen Durchmesser nicht überschreiten darf, der das Dreifache des Durchmessers des engsten Querschnitts 6 beträgt. An den zylindrischen Auslaßkanal 8 schließt sich koaxial ein Diffusorkanal 9 an, auf dessen auslaßseitiges Ende über eine Gewindeverbindung 21 mit dem Gehäuse 1 ein zylindrischer Auslaßstutzen 17 mit einem Schieber 14 aufgeschraubt ist, wobei der Auslaßstutzen 17 einen konstanten Querschnitt mit einem Durchmesser hat, der dem Auslaßdurchmesser des Diffusorkanals 9 entspricht.

In den zylindrischen Einlaßabschnitt 20 des Gehäuses 1 ist eine Zuleitung 4 in Form eines Rohrstücks mit konstantem Querschnitt befestigt, auf das über eine weitere Gewindeverbindung 19 ein Einlaßstutzen 15 mit einem Schieber 13 aufgeschraubt ist. Der Querschnitt des Einlaßstutzens 15 entspricht dem der Zuleitung 4, wobei die Anordnung der Zuleitung 4 und des Einlaßstutzens 15 ebenfalls koaxial zur Achse 18 erfolgen. Im Bereich des dem Einlaßstutzens 15 gegenüberliegenden Endes der Zuleitung 4 mündet radial im Bereich der beginnenden Querschnittsverengung der Düse 2 eine Fluidzuleitung 3 mit einem Schieber 12. In die Expansionskammer 10 mündet radial ein Auslaßstutzen 11 mit einem Überdruckventil 22, das zur Expansionskammer 10 hin vorgespannt ist.

Die Zuleitung 4 ist bezüglich der Düse 2 über die Schraubverbindung am Einlaßabschnitt 20 zu dem Gehäuse 1 axial verstellbar.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform der Vorrichtung ist anstelle der Zuleitung 4 mit konstantem Querschnitt eine Zuleitung 4 mit einem sich zunächst verengenden und anschließend wieder erweiternden Querschnitt vorgesehen. Die Düse 2 weist vor ihrem austrittsseitigen engsten Querschnitt, der bei dieser Ausführungsform als Blende 6 ausgeführt ist, eine Unterbrechung in Umfangsrichtung auf, die mit einer Ringkammer 5 in Verbindung steht, in die radial ein weiterer Einlaßstutzen 16 für ein Fluid mündet, in dem ein Schieber 7 angeordnet ist.

Anhand der in den Fig. 3 und 4 dargestellten Verläufe der Strömungsgeschwindigkeit w und des statischen Drucks p des Fluids bzw. der Fluide bzw. des Fluidgemisches in Axialrichtung der Vorrichtung von Fig. 2 werden der Anlauf der Vorrichtung bzw. ihr stabiler Betrieb für die kontinuierliche Gemischbildung im einzelnen erläutert.

Wenn die Vorrichtung an eine vorhandene Anlage angeschlossen ist, wofür die Schieber 7, 12, 13 und 14 geschlossen sind, beginnt der Anlaufvorgang damit, daß die Schieber 7 und 12 geöffnet werden, wodurch ein erstes Fluid durch die Düse 2 und nach Vermischen mit einem durch den Einlaßstutzen 16 zugeführten zweiten Fluid durch den als Blende 6 ausgebildeten engsten Querschnitt, die Expansionskammer 10, den zylindrischen Auslaßkanal 8, den Diffusorkanal 9, den Auslaßstutzen 17 und den offenen Schieber 14 geführt wird. Durch Öffnen des Schiebers 13 wird nun ein drittes Fluid oder Fluidgemisch über den Einlaßstutzen 15 und die Zuleitung 4 im Axialstrom in die Düse 2 zugeführt und mit dem ersten und zweiten Fluid vermischt, die durch die Fluidzuleitung 3 und den Einlaßstutzen 16 in einem Ringstrom um das durch die Zuleitung 4 zugeführte Fluid oder Fluidgemisch zugeführt werden. Durch die weitere Fluidzuführung über die Zuleitung 4 steigt der Druck in der Entspannungskammer 10 soweit, daß das Überdruckventil 22 im Auslaßstutzen 11 öffnet und dadurch das Gemisch durch den Auslaßstutzen 11 und durch den Auslaßkanal 8 proportional zu ihren Strömungsquerschnitten abströmt.

In Fig. 3 und 4 ist die Vorrichtung schematisch dargestellt, wobei I der Zuströmquerschnitt der Zuleitung 4 für das dritte Fluid, II der verengte Querschnitt der Zuleitung 4 für das dritte Fluid und IV der erweiterte Austrittsquerschnitt der Zuleitung 4 für das dritte Fluid sind. Der Austrittsquerschnitt IV ist von einem Eintrittsringquerschnitt III der Fluidzuleitung 3 für das erste Fluid umschlossen, der den Beginn der Düse 2 bildet, die im Querschnitt V endet, der von einem Einlaßringquerschnitt des Einlaßstutzens 16 für das zweite Fluid umgeben ist. In der axialen Strömungsrichtung der Fluide bzw. des Fluidgemisches folgt der von der Blende 6 gebildete engste Querschnitt VI, an den sich die Expansionskammer 10 anschließt, der das Überdruckventil 22 zugeordnet ist. In Axialrichtung schließt sich an die Expansionskammer 10 der Auslaßkanal 8 mit seinem

Einlaßquerschnitt VII an, der auf einer geringen festgelegten Länge bis zum Querschnitt VIII konstant bleibt und sich von dort in Form des Diffusorkanals 9 bis zum Querschnitt IX des Auslaßstutzens 17 erweitert.

In Fig. 3 ist das Stadium des Anlaufvorgangs gezeigt, in welchem nach Öffnen der Schieber 12 und 7 auch die Schieber 13 und 14 geöffnet sind und auf Grund des Drucks in der Expansionskammer 10 auch das Überdruckventil 22 geöffnet hat. In der Zuleitung 4 bleibt zunächst die Strömungsgeschwindigkeit w trotz der Querschnittsveringerung zwischen dem Zuströmquerschitt I und dem verengten Querschnitt II im wesentlichen konstant, und fällt dann durch die Querschnittserweiterung und aufgrund der Fluidzumischungen bis zum Austrittsquerschnitt IV ab. Aufgrund der Querschnittsverringerung der Düse 2 steigt die Strömungsgeschwindigkeit w bis zum engsten Querschnitt VI und noch geringfügig in der Expansionskammer 10 an. Abhängig von den Größen der Kanalquerschitte strömt das Fluidgemisch dann mit entsprechenden Mengenströmen durch den Auslaßstutzen 11 und den Auslaßkanal 8 ab, wobei die Strömungsgeschwindigkeit w des Fluidgemisches im Diffusorkanal 9 zum Querschnitt des Auslaßstutzens 17 hin leicht abfällt.

Der statische Druck p bleibt in der Zuleitung 4 für das dritte Fluidgemisch bis zum erweiterten Austrittsquerschnitt IV wegen der axial nachgeordneten Fluidzumischungen trotz Querschnittsveränderung im wesentlichen konstant. In der Düse 2 fällt der statische Druck p bis zum Querschnitt V des Endes der Düse 2 und zum engsten Querschnitt VI in Form der Blende 6. Daran schließt sich ein geringer Druckabfall in der Expansionskammer 10 und im Auslaßkanal 8 bis zum Querschnitt VIII hin an, worauf ein leichter Druckanstieg in dem Diffusorkanal 9 bis zum Querschnitt IX des Auslaßstutzens 17 folgt.

In diesem Stadium des Anlaufvorgangs beginnt der Druck in der Expansionskammer 10 zu fallen. Die Strömungsgeschwindigkeit im engsten Querschnitt VI in Form der Blende 6 steigt, während der Druck im engsten Querschnitt VI abnimmt, so daß der Sättigungsdruck von dampfförmigen oder gasförmigen Fluidkomponenten unterschritten wird, was zur Bildung eines Zweiphasen-Gemisches führt - soweit nicht bereits vorher ein Zweiphasen-Gemisch durch Zuführen eines flüssigen Fluids gebildet wurde -, dessen zugehörige Schallgeschwindigkeit erheblich niedriger ist als die Schallgeschwindigkeit des einphasigen Fluidgemisches. Die Strömungsgeschwindigkeit nimmt nun in der Düse 2 auf Grund der Querschnittsverengung zu, so daß im engsten Querschnitt VI der Blende 6 schließlich für das Zweiphasen-Gemisch die Schallgeschwindigkeit erreicht wird, was bedeutet, daß in der Expansionskammer 10 das zweiphasige Fluidgemisch auf seine Überschallgeschwindigkeit bei einem bestimmten Volumenphasenverhältnis beschleunigt wird.

Dadurch bildet sich im Querschnitt VII, also am Anfang des Auslaßkanals 8 ein Verdichtungsstoß, dessen Stärke um so größer ist, je geringer der statische Druck p in der Expansionskammer 10 und je größer die Strömungsgeschwindigkeit w des Fluidgemisches im Einlaß des Auslaßkanals 8 ist. Der Druckabfall in der Expansionskammer 10 ergibt sich einerseits durch Abführung von Fluidgemisch durch den Auslaßstutzen 11, da das Überdruckventil 22 noch nicht oder noch nicht ganz geschlossen hat, und andererseits durch Abführung von Fluidgemisch durch den Auslaßkanal 8 und den Diffusorkanal 9. Schließlich wird in der Expansionskammer 10 der Druck erreicht, bei dem das Überdruckventil 22 schließt und die Vorrichtung in den kontinuierlichen stabilen Mischbetrieb gemäß Fig. 4 übergeht.

Der axiale Verlauf der Strömungsgeschwindigkeit w von Fig. 4 zeigt den starken Geschwindigkeitsabfall bei der Zumischung des ersten Fluids unter Bildung eines Zweiphasen-Gemisches, wobei die Anfangsgeschwindigkeit der Fluide im Unterschallbereich liegt und die Schallgeschwindigkeit im engsten, durch die Blende 6 vorgegebenen Querschnitt VI erst bezogen auf das Zweiphasen-Gemisch erreicht wird. Die Strömungsgeschwindigkeit w zwischen den Querschnitten VI und VII in der Expansionskammer 10 bei geschlossenem Überdruckbventil 22 liegt somit im Überschallbereich, wobei jedoch auf die Schallgeschwindigkeit des Zweiphasen-Fluidgemisches Bezug genommen ist, die wesentlich niedriger ist als die Schallgeschwindigkeit des entsprechenden einphasigen Gemisches. Gemäß den Gesetzen der Gasdynamik stellt sich nun zwischen den Querschnitten VII und VIII auf geringer axialer Länge ein enormer lokaler Druckanstieg in Form eines Verdichtungsstoßes ein, der seine axiale Position konstant hält, wobei das Verhältnis aus dem Druck hinter dem Verdichtungsstoß und dem Druck vor dem Verdichtungsstoß den Wert 100 oder sogar 1000 erreichen kann.

Die Fluidvermischung der mit Unterschall durch die Zuleitung 4, die Fluidzuleitung 3 und den Einlaßstutzen 16 zugeführten Fluide erfolgt zunächst auf Grund der Ringströmungen und der Relativgeschwindigkeiten. Eine weitere Vermischung erfolgt durch Kondensation beim Übergang in den Zweiphasen-Zustand, durch Sieden und Verdampfen im Bereich der Überschallströmungen in der Entspannungskammer 10 und anschließend im Verdichtungsstoß, wo ein "Zertrümmerungseffekt" schließlich die abschließende homogene Gemischstruktur bewirkt.

Sollte während des stabilen Betriebs der Vorrichtung in der Expansionskammer 10 eine übermäßige Druckerhöhung auftreten, so wird diese durch kurzzeitiges Öffnen des entsprechend vorgespannten Überdruckventils 22 ausgeglichen, ohne daß dadurch der Mischvorgang beeinträchtigt oder ohne daß die axiale Lage des Verdichtungsstoßes verändert wird.

Die Stärke des Verdichtungsstoßes sowie die Funktionsfähigkeit der Vorrichtung im kontinuierlichen

Mischbetrieb hängt von dem Volumenphasen-Verhältnis vor dem Verdichtungsstoß ab. Je nach verlangter Qualität des Fluidgemisches wird das erforderliche Volumenphasen-Verhältnis vor dem Verdichtungsstoß durch entsprechende Wahl des Verhältnisses des hydraulischen Durchmessers des engsten Querschnitts der Düse 2 bzw. der Blende 6 und des hydraulischen Durchmessers des Auslaßkanals 8 eingestellt.

Die Erzeugung eines Stroms von homogenen zweiphasigen Gemischen verschiedener Fluide vor dem Verdichtungsstoß im Querschnitt VII von Fig. 4 wird aufgrund einer geometrischen Verbrauchs- und Wärmeeinwirkung auf den Durchfluß in verschiedenen Zonen in Strömungsrichtung der Vorrichtung realisiert.

Die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Herstellung von homogenen Gemischen in Form von Emulsionen wird anhand der Herstellung eines Vollmilchersatzes für die Kälberaufzucht erläutert, wobei anschließend gleichzeitig die Möglichkeit des Einsatzes der Vorrichtung zum Transport von Fluiden demonstriert wird.

Bei der Vorrichtung in der Ausgestaltung von Fig. 2 wird über die Zuleitung 4 Dampf zugeführt, während über den Ringspalt im Querschnitt IV von Fig. 4 Abfallprodukte aus der Milch-, Sahne- und Buttererzeugung zugegeben werden. Die beiden Fluide tauschen ihr Geschwindigkeitskomponenten und Wärmeinhalte zwischen dem Querschnitt IV und V in Fig. 4 aus, wobei sich der Druck in dem Fluidgemisch verringert, während die Strömungsgeschwindigkeit des Gemisches zunimmt und die lokale Schallgeschwindigkeit des Gemisches zwischen dem Querschnitt V und VI niedrig bleibt. In diesen Unterschallstrom werden nun zusätzlich Fluide in Form von Fett und Vitaminen eingeleitet. Da in dieser Zone der Vorrichtung eine Entspannung stattfindet, wobei die zuletzt genannten Fluide in zerstäubtem Zustand mit nebelförmiger Struktur zugeleitet werden, vermischen sie sich mit den zuerst genannten beiden Fluiden, wobei die Geschwindigkeit des Gemisches zunimmt. Aufgrund des Gesetzes der "Gegenwirkung" steigt die Geschwindigkeit des Unterschallstroms ferner an, wenn eine zusätzliche Masse über die Blende 6 in Fig. 2 zugeführt wird. Die Strömung wird dann noch weiter beschleunigt, wobei der Druck weiter abfällt, bis sich aufgrund der Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des Gemisches und der Absenkung der Schallgeschwindigkeit darin eine Überschallströmung einstellt. Die Strömung hat dadurch zwischen dem Querschnitt VI und VII in Fig. 4 eine maximale Machzahl mit $M > 1$. Wenn nun der Gemischstrom in den Auslaßkanal 8 von Fig. 2, der konstanten Querschnitt hat, gelangt, stellt sich dort ein enormer Druckanstieg in Form eines Verdichtungsstoßes ein, weil eine kontinuierlicher Übergang zur Schallgeschwindigkeit in dem Auslaßkanal 8 aufgrund seines konstanten Querschnitts nicht möglich ist. Wie erwähnt ist dabei der Druck hinter dem Verdichtungsstoß verglichen mit dem Druck vor dem Verdichtungsstoß um das Hundert- bis Tausendfache größer.

Die Zweiphasenströmung hat vor dem Verdichtungsstoß eine blasenförmige, schaumartige Struktur. Weil Fett aus oberflächenaktiven Teilchen besteht, bildet sich ein kompakter Film um jede Dampfblase oder Gasblase herum. In dem Verdichtungsstoß werden nun die Bläschen bis zum Verschwinden verkleinert, wobei die Kraft des spezifischen Drucks, welcher auf die Bläschen wirkt, um ein Vielfaches aufgrund der verkleinerten Oberfläche der Bläschen ansteigt. Die Bläschen verschwinden bzw. implodieren auf sehr kleinem Raum und in sehr kurzer Zeit, was die Wirkung pro einzelnem Bläschen nochmals ansteigen läßt. Im Endergebnis sind die Fetteilchen hinter dem Verdichtungsstoß bis zur Größe von Mikron und Zehntelmikron verkleinert, was auf konventionelle Weise nicht erreichbar ist.

Die im Verdichtungsstoß in mechanische Arbeit umgeformte Wärmeenergie der Dampfbläschen erlaubt einen Transport von Produkten in automatisierten Prozessen, wenn der Druck hinter dem Verdichtungsstoß den Widerstand in der automatisch arbeitenden Vorrichtung an die Geschwindigkeit des Produkts darin angleicht. In konventioneller Weise bisher dafür verwendete Pumpen werden dadurch überflüssig.

Die beschriebene Vorrichtung kann als Mischer, Homogenisator, Saturator und Entgasungseinrichtung ohne weiteres eingesetzt werden. Für die Verwendung als Transporteinrichtung und als Pumpe muß jedoch eines der zugeführten Fluide eine Temperatur haben, die höher ist als die der anderen Fluide, oder es muß beim Mischen der Fluide aufgrund exothermer Reaktionen Wärme in die zu mischenden Fluide eingeleitet werden, damit eine Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Arbeit möglich ist. In diesem Fall stellt sich am Austritt der Vorrichtung ein höherer Gesamtdruck der Mischkomponenten als am Eintritt ein.

Der Einsatz der Vorrichtung als Pumpe kombiniert mit der Wirkung als Wärmetauscher wird im folgenden im Zusammenhang mit einem System zur regenerativen Speisewasservorwärmung in Wärmekraftwerken mit Dampfturbinen beschrieben. Zur Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades solcher Anlagen wird das Speisewasser, welches gewöhnlich vom Kondensator mit Hilfe spezieller Pumpen in den Kessel geleitet und in Wärmeaustauschern vom Oberflächentyp durch Dampf erwärmt wird, stufenweise vorgewärmt, wobei dieser Dampf einzelnen Stufen der Dampfturbine entnommen wird. Durch Einsatz der beschriebenen Vorrichtung in solchen Systemen kann nun auf die Oberflächenwärmeaustauscher und auf Pumpen mit Elektroantrieb ganz oder teilweise verzichtet werden, was anhand des Einsatzes einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Stufe eines regenerativen Vorwärmers erläutert wird.

Von einer vorgegebenen Stufe der Dampfturbine entnommener Dampf wird durch die Zuleitung 4 von Fig.

2 der Vorrichtung zugeführt, während Wasser aus dem Kondensator oder aus einer Vorstufe des regenerativen Vorwärmers über den Ringschlitz im Querschnitt IV von Fig. 4 in die eine konische Mischkammer bildende Düse 2 eingeführt wird, wo ein erster Wärmeaustausch und ein Angleichen der Geschwindigkeitskomponenten der Fluide unter gleichzeitiger Erhöhung der Geschwindigkeit des gebildeten Gemisches und gleichzeitiger Verringerung des Drucks darin stattfindet. Zwischen dem Querschnitt V und VI von Fig. 4 wird ein flüssiges Fluid mit einer Temperatur zugeführt, die höher ist als die Temperatur, die das flüssige Fluid im Querschnitt IV besitzt, wobei der Verwendungszweck dieser Zuleitung noch erläutert wird. Es findet eine weitgehende Beschleunigung der Strömung statt, welche sich im Querschnitt VI, also der Blende 6 von Fig. 2, und anschließend zwischen dem Querschnitt VI und VII von Fig. 4 fortsetzt, so daß die Strömungsgeschwindigkeit über der Schallgeschwindigkeit liegt. Hinter dem Querschnitt VII von Fig. 4 bildet sich der Verdichtungsstoß. Die Wärme des zugeführten Dampfes übersteigt die Wassertemperatur am Austritt der Vorrichtung, gleichzeitig wird ein Teil der zugeführten Wärme in Arbeitsdruck umgewandelt, so daß der Druck des Heißwassers am Auslaßstutzen 17 höher ist als der Dampf- und Wasserdruck bei ihrem Eintritt. Ein Teil des so erwärmten Wassers wird von dem Austrittstutzen 17 von Fig. 2 über den Schieber 7 und den Einlaßstutzen 16 zwischen den Querschnitten V und VI von Fig. 4 zurückgeführt, was eine Temperaturregelung an der Auslaßseite der Vorrichtung ermöglicht und so ihren Wirkungsgrad erhöht.

Wie erwähnt, wird durch die geometrischen Einflüsse auch die Strömung zwischen dem Querschnitt VI und VII von Fig. 4 eine bläschenförmige schaumartige Struktur der Gemischströmung erreicht, welche eine äußerst entwickelte Oberfläche im Wärmeaustausch zwischen den Phasen besitzt, was zu einem extremen Anwachsen des Wärmeflusses vom heizenden zum aufzuheizenden Medium führt, wobei dieser Wärmefluß proportional zum Temperaturunterschied und zu den spezifischen Oberflächen ist. Durch Vergrößerung der letzteren ergeben sich große Wärmeströme bei kleinen Temperaturdifferenzen zwischen dem heizenden und aufzuheizenden Medium. Die Vorrichtung arbeitet so als Wärmetauscher, dessen Außenmaße verglichen mit bekannten Wärmeaustauschern gleicher Leistung erheblich kleiner sein können und dessen Wirkungsgrad sehr hoch ist. Durch die entwickelte Oberfläche der Phasenabschnitte aufgrund der Oberflächenaktivität erhöht sich die Durchflußeffektivität sämtlicher Austauschprozesse, unabhängig davon, ob der Wärmeaustausch ein Stoffaustausch ist oder auf einem chemischen oder anderen Prozeß beruht, in welchem die Durchflußeffektivität von der Größe der Oberflächenaktivität abhängt.

Bekanntlich hängt die Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten für ausgewählte Komponenten von der Temperatur und dem Druck in der Flüssigkeit ab. Ein Druckabfall in der Flüssigkeit ermöglicht immer eine Abnahme ihres Gasgehalts, die Abhängigkeit der Temperatur hängt von mehreren Komponenten ab, ist aber bekannt. Durch Verwendung dieser bekannten Abhängigkeiten kann der Gehalt an unerwünschten Gas in einer Flüssigkeit auf die geforderte Menge reduziert werden. Dafür wird über die Zuleitung 4 von Fig. 2 Dampf jener Flüssigkeit zugeführt, die zu entgasen ist, oder es wird die Flüssigkeit selbst mit einer bestimmten Temperatur in einer bestimmten Menge zugeführt. Die gleiche Flüssigkeit wird über den Schieber 12 und die Fluidzuleitung 3 von Fig. 2 in dem Querschnitt IV von Fig. 4 eingeführt. Dabei ist es notwendig, daß die Temperatur des Gemisches etwa 70 bis 80°C hat, was bei diesem Druck einem Minimum an Löslichkeit enstpricht. Das Gemisch mit der genannten Temperatur wird in der eine konische Kammer bildenden Düse 2 von Fig. 2 beschleunigt. Gleichzeitig sinkt der Druck der Strömung und unterschreitet im Querschnitt V von Fig. 4 den Gassättigungsdruck bei der herrschenden Temperatur, wobei vor diesem Querschnitt der Gemischströmung noch ein Fluid zugeführt wird, welches der Flüssigkeit am Austritt der Vorrichtung entnommen wird. Der Zweiphasen-Gemischstrom tritt über die Blende 6 von Fig. 2 in die Zone des minimalen Drucks zwischen dem Querschnitt VI und VII von Fig. 4 ein. Über das Überdruckventil 22 von Fig. 2 wird nun Dampf-Gasgemisch entnommen und in ein spezielles Vakuumgefäß geleitet. Die Intensität und Effektivität der Entgasung wird dadurch über das Überdruckventil 22 reguliert, nämlich durch Einstellen des Drucks in der Expansionskammer 10 zwischem dem Querschnitt VI und VII. Mittels einer Überlauf- bzw. Rücklaufleitung, welche den Auslaßstutzen 17 mit der Expansionskammer 10 zwischen dem Querschnitt V und VI von Fig. 4 über den Schieber 7 und den Einlaßstutzen 16 verbindet, kann erforderlichenfalls eine Nachreinigung des Wassers durch wiederholten Durchlauf zwischen den Querschnitten VI und VII erfolgen. In dieser Weise kann auch eine Entgasung des Speisewassers vor dessen Eingabe in den Kessel durchgeführt werden, wobei die erfindungsgemäß eingesetzte Vorrichtung zur Entgasung gleichzeitig als Speisepumpe für den Kessel oder für dessen erste Stufe dienen kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einwirkung eines Verdichtungsstoßes auf Fluide, bei welchem
   - ein Zweiphasen-Gemisch aus wenigstens zwei Fluiden, das mit Unterschallgeschwindigkeit zugeführt wird, auf seine Schallgeschwindigkeit beschleunigt wird,

- das Zweiphasen-Gemisch auf Überschallgeschwindigkeit entspannt wird und
- das dadurch auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigte Zweiphasen-Gemisch über den Verdichtungsstoß im wesentlichen als Einphasen-Gemisch auf einen Enddruck gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem in ein Gemisch aus wenigstens zwei Fluiden wenigstens ein weiteres Fluid eingeleitet wird, bevor das so gebildete Zweiphasen-Gemisch auf seine Schallgeschwindigkeit beschleunigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem der statische Druck p_{ck} hinter dem Verdichtungsstoß so eingestellt wird, daß er größer ist als der statische Druck p_1 vor dem Verdichtungsstoß und kleiner ist als die Hälfte der Summe aus dem Gesamtdruck p_o hinter dem Verdichtungsstoß und dem statischen Druck p_1 vor dem Verdichtungsstoß oder diesem Wert entspricht.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem der Druck des auf Überschallgeschwindigkeit entspannten Zweiphasen-Gemisches freigegeben wird, jedoch solange nicht, wie der Enddruck p_{np} größer als der statische Druck p_1 vor dem Verdichtungsstoß, aber kleiner als der statische Druck p_{ck} hinter dem Verdichtungsstoß oder diesem Druck p_{ck} gleich ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem dem mit Unterschallgeschwindigkeit strömenden noch einphasigen oder bereits zweiphasigen Fluidgemisch vor Erreichen seiner Schallgeschwindigkeit Wärme und/oder Masse zugeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei welchem dem mit Überschallgeschwindigkeit strömenden Fluidgemisch Wärme und/oder Masse entzogen wird.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit
   - einer an eine Zuleitung (4) für ein Gemisch aus wenigstens zwei Fluiden koaxial angeschlossene sich konisch verjüngenden Düse (2),
   - einer dem austrittsseitigen engsten Querschnitt (6) der Düse (2) in Strömungsrichtung nachgeordneten Expansionskammer (10),
   - einem mit der Expansionskammer (10) verbundenen Auslaßkanal (8) mit konstantem Querschnitt, dessen hydraulischer Durchmesser genau so groß ist wie der hydraulische Durchmesser des engsten Querschnitts (6) der Düse (2) oder bis zum Dreifachen des hydraulischen Durchmessers des engsten Querschnitts (6) der Düse (2) beträgt, und
   - mit einem mit der Expansionskammer (10) verbundenen, mit einem Überdruckventil (22) versehenen Auslaß (11).

8. Vorrichtung nach Anspruch 7 mit einer dem engsten Querschnitt (6) der Düse (2) unmittelbar in Strömungsrichtung vorgeordneten Zuleitung (5, 16) für wenigstens ein weiteres Fluid.

9. Vorrichtung nach Ansprüchen 7 oder 8, bei welcher der Auslaßkanal (8) der Expansionskammer (10) zylindrisch ausgebildet und koaxial zur Düse (2) angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei welcher der austrittsseitige engste Querschnitt der Düse (2) von einer Blende (6) gebildet wird.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, bei welcher der Öffnungsdruck des Überdruckventils (22) einstellbar ist.

12. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11 zur Herstellung homogener Gemische in Form von Lösungen, Emulsionen, Suspensionen, Schmelzen und Gasgemischen.

13. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11 zum Transport von Fluiden.

14. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11 als Pumpe für Fluide.

15. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11 als Wärmeaustauscher für Fluide.

16. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11 zur Entgasung von Fluiden.

Claims

1. Method for acting upon fluids by means of a shock wave, wherein
   - a two-phase mixture consisting of at least two fluids, which is supplied with subsonic velocity, is accelerated to its sound velocity,
   - the two-phase mixture is expanded to supersonic velocity and
   - the two-phase mixture accelerated thereby to super-sonic velocity is brought essentially as a one-phase mixture to an end pressure by means of the shock wave.

2. Method according to claim 1, wherein at least a further fluid is introduced into a mixture of at least two fluids, before the two-phase mixture formed in such a manner is accelerated to its sound velocity.

3. Method according to claim 1 or 2, wherein the static pressure p_{ck} behind the shock wave is adjusted such that it is greater than the static pressure p_1 before the shock wave and less than half the sum of the total pressure p_0 behind the shock wave and the static pressure p_1 before the shock wave or corresponds to that value.

4. Method according to one of the claims 1 to 3, wherein the pressure of the two-phase mixture expanded to supersonic velocity is released, however, not as long as the end pressure p_{np} is greater than the static pressure p_1 before the shock wave but less than the static pressure p_{ck} behind the shock wave or corresponds to this pressure p_{ck}.

5. Method according to one of the claims 1 to 4, wherein heat and/or mass is supplied to the still one-phase mixture or already two-phase mixture flowing with sub-sonic verlocity before it reaches its sound velocity.

6. Method according to one of the claims 1 to 5, wherein heat and/or mass is removed from the fluid mixture flowing with supersonic velocity.

7. Device for carrying out the method according to one of the claims 1 to 6 comprising
   - a conically tapering nozzle (2) coaxially connected to a feed line (4) for a mixture consisting of at least two fluids,
   - an expansion chamber (10) downstream of the narrowest cross section (6) at the outlet side of the nozzle (2),
   - an outlet channel (8) with constant cross-sectional area connected to the expansion chamber (10), the hydraulic diameter of which outlet channel (8) is as great as the hydraulic diameter of the narrowest cross-sectional area (6) of the nozzle (2) or amounts to up to the threefold of the hydraulic diameter of the narrowest cross-sectional area (6) of the nozzle (2) and
   - an outlet (11) connected to the expansion chamber (10) and provided with a relief valve (22).

8. Device according to claim 7 comprising a feed line (5, 16) for at least a further fluid arranged directly upstream of the narrowest cross-sectional area (6) of the nozzle (2).

9. Device according to claims 7 or 8, wherein the outlet channel (8) of the expansion chamber (10) has a cylindrical form and is arranged coaxially with the nozzle (2).

10. Device according to one of the claims 7 to 9, wherein the narrowest cross-sectional area on the outlet side of the nozzle (2) is formed by a diaphragm (6).

11. Device according to one of the claims 7 to 10, wherein the opening pressure of the relief valve (22) is adjustable.

12. Use of the device according to one of the claims 7 to 11 for producing homogeneous mixtures in form of solutions, emulsions, suspensions, meltings and gas mixtures.

13. Use of the device according to one the claims 7 to 11 for the transport of fluids.

14. Use of the device according to one the claims 7 to 11 as a pump for fluids.

15. Use of the device according to one of the claims 7 to 11 as a heat exchanger for fluids.

16. Use of the device according to one of the claims 7 to 11 for degasing fluids.

Revendications

1. Procédé pour agir sur des fluides au moyen d'une onde de choc de compression, selon lequel
   - un mélange à deux phases composé d'au moins deux fluides amené à une vitesse subsonique est accéléré jusqu'à sa vitesse sonique,
   - le mélange à deux phases est détendu jusqu'à une vitesse supersonique et
   - le mélange à deux phases ainsi accéléré jusqu'à la vitesse supersonique est amené, par l'intermédiaire de l'onde de choc de compression, sensiblement sous la forme d'un mélange à une phase, à une pression définitive.

2. Procédé selon la revendication 1, selon lequel on introduit dans un mélange composé d'au moins deux fluides au moins un autre fluide avant d'accélérer le mélange à deux phases ainsi formé jusqu'à sa vitesse sonique.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, selon lequel la pression statique p_{ck} régnant après l'onde de choc de compression est réglée pour être supérieure à la pression statique p_1 régnant avant l'onde de choc, et inférieure à la moitié de la somme de la pression totale p_0 régnant après l'onde de choc et de la pression statique p_1 régnant avant l'onde de choc, ou pour correspondre à cette valeur.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, selon lequel la pression du mélange à deux phases détendu jusqu'à la vitesse supersonique est relâchée, mais pas tant que la pression définitive p_{np} est supérieure à la pression statique p_1 régnant avant l'onde de choc, mais inférieure à la pression statique p_{ck} régnant après l'onde de choc, ou est égale à cette pression p_{ck}.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, selon lequel de la chaleur et/ou de la masse sont amenées dans le mélange de fluides encore à une phase ou déjà à deux phases s'écoulant à la vitesse subsonique, avant que sa vitesse sonique ne soit atteinte.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, selon lequel de la chaleur et/ou de la masse sont enlevées du mélange de fluides s'écoulant à une vitesse supersonique.

7. Dispositif pour l'exécution du procédé selon l'une des revendications 1 à 6, comportant
   - une tuyère (2) effilée en cône reliée coaxialement à une conduite d'amenée (4) pour un mélange composé d'au moins deux fluides,
   - une chambre d'expansion (10) disposée en aval, dans le sens d'écoulement, de la section transversale la plus étroite (6) de la tuyère (2), côté sortie,
   - un canal de sortie (8) qui est relié à la chambre d'expansion (10) et présente une section transversale constante, et dont le diamètre hydraulique est exactement aussi grand que le diamètre hydraulique de la section transversale étroite (6) de la tuyère (2) ou est jusqu'à trois fois égal au diamètre hydraulique de la section transversale étroite (6) de la tuyère (2), et
   - un orifice de sortie (11) relié à la chambre d'expansion (10) et pourvu d'une soupape de surpression (22).

8. Dispositif selon la revendication 7, comportant, juste avant la section étroite (6) de la tuyère (2), dans le sens d'écoulement, une conduite d'amenée (5, 16) pour au moins un autre fluide.

9. Dispositif selon les revendications 7 ou 8, avec lequel le canal de sortie (8) de la chambre d'expansion (10) a une forme cylindrique et est disposé coaxialement par rapport à la tuyère (2).

10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, avec lequel la section transversale étroite de la tuyère (2), côté sortie, est définie par un obturateur (6).

11. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 10, avec lequel la pression d'ouverture de la soupape de surpression (22) est réglable.

12. Utilisation du dispositif selon l'une des revendications 7 à 11 pour la fabrication de mélanges homogènes

sous forme de solutions, d'émulsions, de suspensions, de masses fondues et de mélanges gazeux.

13. Utilisation du dispositif selon l'une des revendications 7 à 11 pour le transport de fluides.

14. Utilisation du dispositif selon l'une des revendications 7 à 11 comme pompe pour fluides.

15. Utilisation du dispositif selon l'une des revendications 7 à 11 comme échangeur de chaleur pour fluides.

16. Utilisation du dispositif selon l'une des revendications 7 à 11 pour le dégazage de fluides.

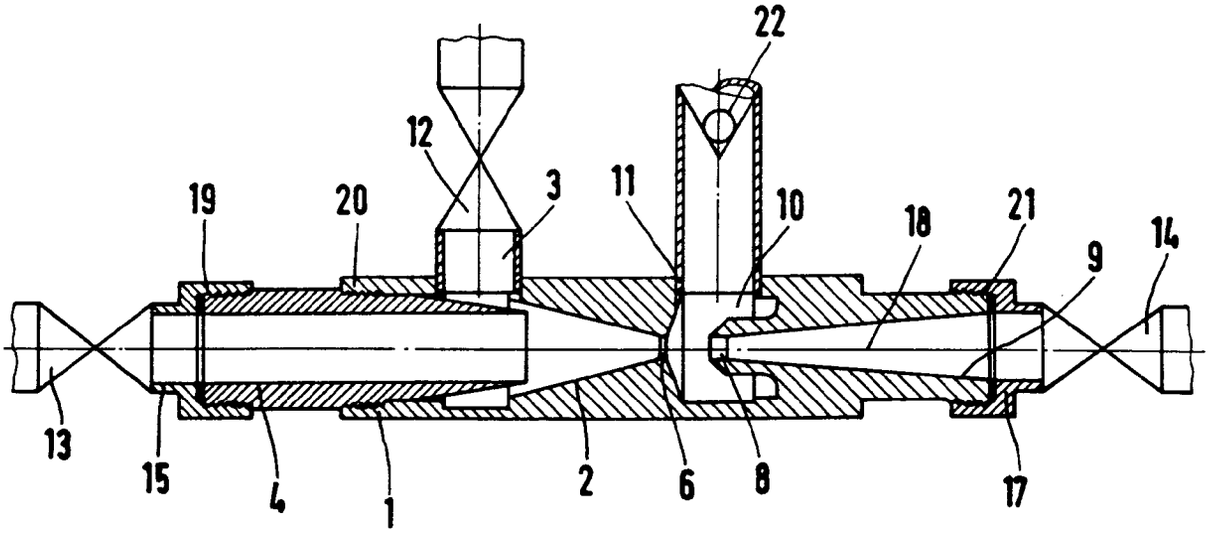

22
12
3
11
10
19
20
18
21
9
14
13
15
4
1
2
6
8
17

FIG. 1

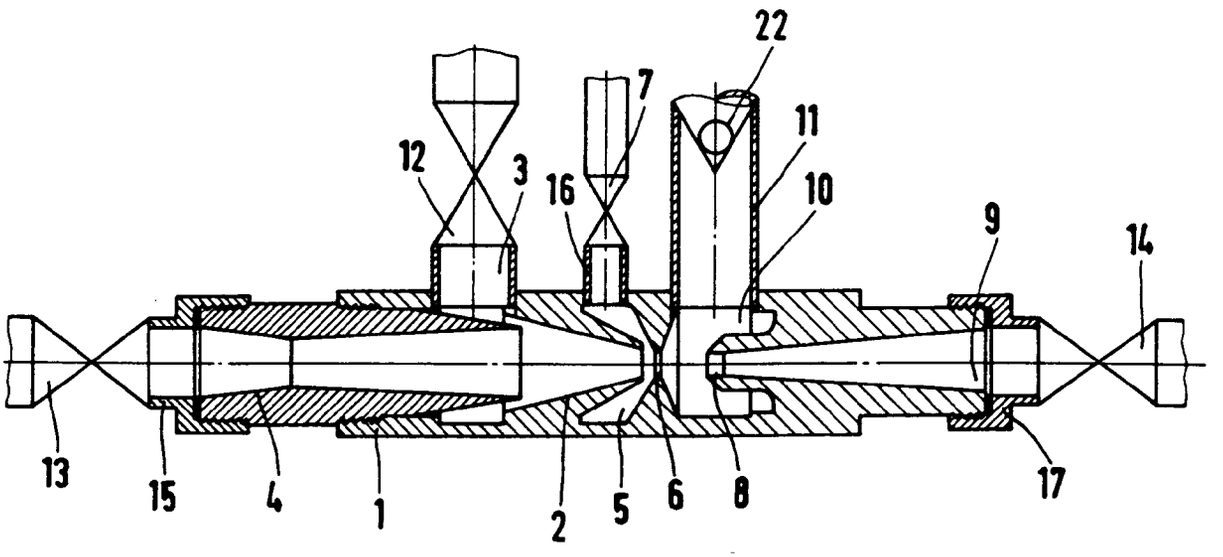

22
7
11
12
3
16
10
9
14
13
15
4
1
2
5
6
8
17

FIG. 2

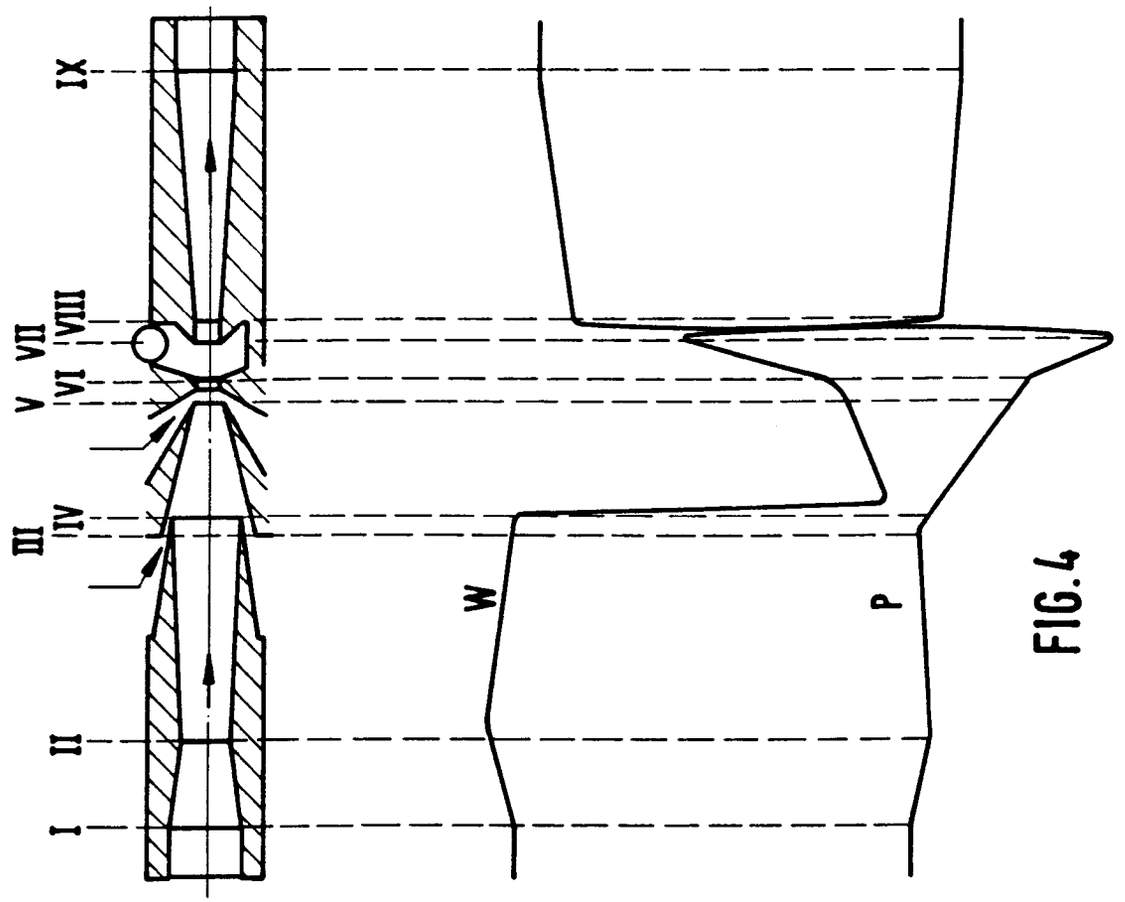


FIG.4

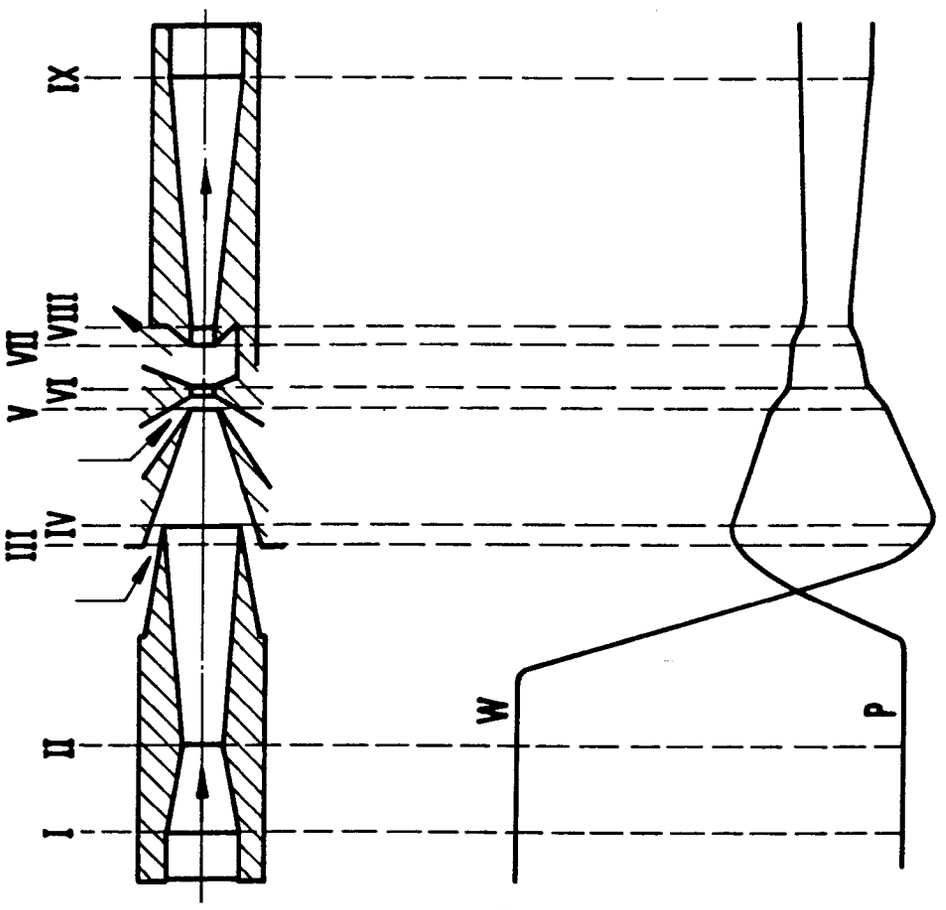


FIG.3