

(12) **Patentschrift**

- (21) Anmeldenummer: A 1660/2005 (51) Int. Cl.⁸: **F02C 3/32** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2005-10-12
(43) Veröffentlicht am: 2008-08-15

(30) Priorität:
11.03.2005 AT A 412/05 beansprucht.
12.04.2005 AT A 608/05 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0462458A1 US 2542953A1
GB 190927090A DE 560273C
GB 191318049A US 5983640A1
US 5074110A1

(73) Patentanmelder:
DELUNAMAGMA INDUSTRIES GMBH
A-5023 SALZBURG (AT)

(54) **VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE MIT ABWÄRMEREKUPERATION UND BEHEIZTEM DAMPFSTRAHL-VERDICHTER**

(57) Die Verbrennungskraftmaschine weist einen kontinuierlich betriebenen Brenner (3) mit nachgeschalteter Abgasturbine (1) auf, sowie einen, dieser Abgasturbine (1) nachgeschalteten rekuperativen Gegenstromwärmetauscher (8), welcher Restwärme aus dem Abgas auf vorzugsweise alle, dem Brenner (3) zuströmenden Medien in einem angestrebtem technischen Maximalmaß überträgt. Die dermaßen zuvor ebenfalls erwärmte Verbrennungsluft wird nachfolgend von nur der Dampfstrahlpumpe (24), ohne jede mechanische Verdichterstufe, verdichtet. Dies gelingt, indem der Treibdampf erfindungsgemäß nach dem Austritt aus dem Gegenstromwärmetauscher (9) in einem Dampfüberhitzer (16) durch Wärme aus dem Brenner (3) überhitzt wird und anschließend, während der isentropen Expansion in der Laval-Treibdüse (17), ebenfalls durch Wärmezufuhr aus dem Brenner (3) stetig aufgefrischt und überhitzt wird. Weiters wird die Anwendung dieser Erfindung als Ersatz eines konventionellen Turboladers gezeigt, ebenso wird die rekuperative Nutzung von Bremsenergie eines Kfz in Verbindung mit dieser Erfindung dargestellt.

Die Erfindung, und ebenso das Verfahren, betreffen eine Verbrennungskraftmaschine, mit einem kontinuierlich betriebenen Brenner dem eine Abgasturbine nachgeschaltet ist, welche den Gasdruck aus dem Brenner entspannt und in kinetische Energie der Abgasturbine wandelt und einem, dem Abgasstrom dieser Abgasturbine nachgeschaltetem rekuperativem Wärmetauscher, welcher einen Teil der Restwärme aus dem Abgas auf vorzugsweise alle, dem Brenner zuströmenden Medien überträgt. Die Verdichtung der zuvor im Wärmetauscher schon erwärmten Verbrennungsluft, erfolgt mit nur einer Dampfstrahlpumpe, ohne jede weite mechanische Verdichterstufe. Dazu muss der Treibdampf während seiner isentropen Expansion in der Laval-Treibdüse durch Wärmezufuhr von außen stetig aufgefrischt und überhitzt werden.

In Verbesserung der prioritätsbegründenden Einreichung A 412 / 2005 und der Anmeldung A 608 / 2005 wird der Treibdampf zusätzlich vor der Laval-Treibdüse in einem Dampfüberhitzer in technisch maximalem Maß überhitzt. Der Treibdampf erfährt dermaßen eine weit stärkere Expansion und eine höhere Beschleunigung, als in konventionellen unbeheizten Laval-Treibdüsen. Der Treibdampf verlässt also erfindungsgemäß die Laval-Treibdüse, gegenüber herkömmlichen Laval-Treibdüsen, vorteilhaft mit erhöhter Geschwindigkeit, vergrößertem Volumen und erfindungsgemäß ohne Kondenströpfchen im Dampf. Ebenso wird die Verbrennungsluft schon vor der Verdichtung durch die Dampfstrahlpumpe im technisch maximal möglichen Maß im Gegenstromwärmetauscher vorerwärmt.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Verbrennungskraftmaschine der eingangs erwähnten Art bereitzustellen und den Wirkungsgrad der Selben zu steigern, indem durch Zufuhr von Wärme aus dem Brenner eine maximale Beschleunigung des Treibdampfes in die Laval-Treibdüse erfolgt. Die Ausführungsbeispiele zeigen mehrere Varianten der Anwendung der Verbrennungskraftmaschinen bei der Verwendung unterschiedlichster Treibstoffe.

Anwendungen von Verbrennungskraftmaschinen, bei welchen zum Verdichten der Verbrennungsluft eine Dampfstrahlpumpe einsetzen wird, sind bekannt:

Aus der Anmeldung US 2 542 953 A ist bekannt, dass im Injektor mit zuvor verdampftem Treibstoff Verbrennungsluft ohne mechanische Teile verdichtet wird, der Ladedruck aber dermaßen kein technisch verwertbares Maß erreicht.

In einer Ausführung nach US 5 983 640 A wird mit Hilfe einer Dampfstrahlpumpe Luft angesaugt und schlussendlich in einer Turbine expandiert.

Die Anmeldung EP 0 462 458 A beschreibt ein Verfahren, wonach in einem Abhitzedampferzeuger einer Gasturbogruppe Treibdampf und Druckluft erzeugt und zur weiteren Verdichtung der Luft eine Dampfstrahlpumpe verwendet wird.

Aus GB 190927090 A ist bekannt, dass mittels Dampf, Brennstoff und Luft von einem Strahlapparat angesaugt wird.

Aus der Anmeldung DE 560 273 C geht hervor, dass eine vorverdichtete Verbrennungs- und Mischluft durch die Injektorwirkung von Treibdampf auf einen höheren Druck gebracht wird.

Aus der Anmeldung GB 1913118049 A und der Anmeldung US 5 074 110 A1 sind Verbrennungskraftmaschinen bekannt, welche Treibdampf in einer Vermischung mit Verbrennungsgasen zum Antrieb verwenden. Dabei wird Wärme aus einem Abbrand zur Expansion von Dampf verwendet. Es fehlt beiden Anmeldungen jedoch das entscheidende erfindungsgemäße Bauteil einer beheizten Laval-Dampftreibdüse. Erst mit dieser Einrichtung gelingt es den erforderlichen Verdichtungsdruck für eine nachfolgende Verbrennung in einem Druck-Verbrennungsraum zu erzeugen.

Zum Verdichten der Verbrennungsluft in einer Wärmekraftmaschine können Dampftreibstrahl-

pumpen nur bedingt eingesetzt werden, da Strahlpumpen schlechte Wirkungsgrade erzielen. Dieser schlechte Wirkungsgrad resultiert zum Teil daraus, dass der Treibdampf bereits in der Laval-Treibdüse in Nassdampf übergeht. Die Vermischung mit der Ansaugluft aus der relativ kühlen Umgebung führt außerdem dazu, dass der Dampf in der Injektorkammer sich höchst schädlich, vollständig verflüssigt.

In der prioritätsbegründenden Einreichung A 412 / 2005, und der A 608 / 2005 ist eine Erfindung und Verfahren beschrieben, welche den Wirkungsgrad der Dampftreibstrahlpumpe durch Vorerhitzen der Verbrennungsluft verbessert, indem die vorerwärmte Verbrennungsluft das Kondensat aus der Laval-Treibdüse im Mischrohr wieder verdampft und eine neuerliche Bildung von Kondensat verhindert wird.

Mit der gegenständlichen Erfindung wird der Wirkungsgrad der Hochdruck-Dampfstrahlpumpe weiter gesteigert, ebenso die Austrittsgeschwindigkeit des Treibdampfes. Um Schädwirkungen zu vermeiden, wird der Treibdampf durch Wärme, direkt aus dem Brenner im vorgeschalteten Dampfüberhitzer und der Laval-Treibdüse aufgefrischt. Die rekuperative Wärmerückführung aus dem Abgas wird dadurch verstärkt, dass die Verbrennungsluft schon vor der Dampfstrahlpumpe im Gegenstromwärmetauscher im technisch maximal möglichen Maß vorerwärmt wird. Diese Erwärmung, schon vor dem Verdichten, ist erst möglich geworden, dadurch, dass für die Verdichtung die Wirkung der Impulsübertragung des Treibmediums auf das Fördermedium angewandt wurde.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand der in den Zeichnungen dargestellten und Ausführungsbeispielen der Erfindung erläutert. Diese zeigen:

Fig. 1: Eine stark schematisierte Ansicht der Verbrennungskraftmaschine bei Verwendung eines verdampfenden Treibstoffes und der nachträglichen Nutzung der Restwärme für Heizzwecke. Ebenso wird in dieser Ansicht eine Nutzung des Speisewassers in einem geschlossenen Kreislauf dargestellt.

Fig. 2: Eine stark schematisierte Ansicht der Verbrennungskraftmaschine bei Verwendung eines nicht verdampfenden Treibstoffes, sowie bei Verwendung eines Festbrennstoffes.

Fig. 3: Eine stark schematisierte Ansicht der Verbrennungskraftmaschine bei der Anwendung im Kfz, mit rekuperativer Zwischenspeicherung von Bremsenergie.

Fig. 4: Eine stark schematisierte Ansicht der Verbrennungskraftmaschine bei eingeschränkter Anwendung, in der anstelle einer Abgasturbine, ein konventioneller Hubkolbenmotor eingesetzt wird, der durch die Dampfstrahlpumpe, analog eines Turboladers, geladen wird.

Fig. 5 zeigt eine schematisierte Ansicht eines Querschnittes durch den Brenner und den Dampfüberhitzer, sowie durch die Mehrfach-Laval-Treibdüse in Plattenbauweise.

Fig. 6 bis 8: Schematisierte Ansichten und Querschnitte zu den konstruktiven Merkmalen der Vergrößerung der Wärmetauschfläche in der Laval-Treibdüse.

Fig. 9 und 10: Schematisierter Längs- und Querschnitt zu den konstruktiven Merkmalen der Ausführung Laval-Treibdüse mit einer Düsennadel.

Es zeigt die Fig. 1, das die Verdichtung in dieser Verbrennungskraftmaschine ohne jede mechanische Verdichterstufe, mit nur einer Dampfstrahlpumpe 24 erfolgt. Diese Art der Verdichtung konnte bisher technisch sinnvoll nur zusätzlich zu mechanischen Verdichtern verwendet werden. Der herkömmliche Dampfstrahlverdichter als alleinige Verdichtungsstufe würde zu viel Dampf in die Verbrennungsluft eintragen. Es würde unverhältnismäßig viel nicht rückgewinnbare Kondensationswärme verloren gehen und schlechte Wirkungsgrade erzielt. Wird umgekehrt

die Menge des Treibdampfes auf ein annehmbares Maß reduzieren, sinkt der Verdichtungsdruck auf ein technisch nicht mehr verwertbares Maß. (US 2.542.953 A)

5 Erfindungsgemäß gelingt die Verdichtung der Verbrennungsluft mit ausreichendem Druck bei minimiertem Wassereintrag dennoch, indem der Dampf zunächst im Dampfüberhitzer 16 exorbitant überhitzt wird und danach auch in der Laval-Treibdüse 17, während der isentropen Entspannung beheizt wird. Diese Beheizung erfolgt durch eine aus dem Brenner in die Laval-Treibdüse 17 und den Dampfüberhitzer 16 zugeführte zusätzliche satte Wärmemenge.

10 Durch die beiden benannten, erfindungsgemäßen Maßnahmen, gelingt gegenüber herkömmlicher Laval-Treibdüsen in etwa eine Verdoppelung der Geschwindigkeit des Treibdampfes am Austritt 18 der Treibdüse. Es wird dermaßen auch schadhafte Nassdampfbildung am Düsenaustritt 18 völlig vermieden. Diese Schadwirkung steigt bekanntlich im selben Maß, als sich Kondensatanteil (Wasser) im Treibdampf bildet.

15 Der zusätzliche Wärmeeintrag zur Beheizung des Dampfüberhitzers 16 und der Laval-Treibdüse 17, erfolgt durch Wärmeentnahme aus dem Brenner 3. Zu diesem Zwecke ist der Dampfüberhitzer 16 und die Laval-Treibdüse 17 in technisch nächst möglicher Nähe mit einem ausreichenden thermischen Schluss an die Brennerwandungen 4 angebaut.

20 In herkömmlichen unbeheizten Dampf-Laval-Treibdüsen fällt die Dampftemperatur bis zur Düsenaustritt während der isentropen Entspannung in der Laval-Düse auf ca. 100 °C (Kondensattemperatur des Treibdampfes). Im Gegensatz dazu, ist bei der erfindungsgemäßen Laval-Treibdüse 17, durch die ständige Zufuhr von Wärme aus dem Brenner 3, bei beispielsweise einer Abbrandtemperatur von 1000 °C bereits eine Dampf-Austrittstemperatur an der Austrittsdüse 18 von ca. 700 °C erreichbar.

30 Die dem Brenner 3 zur Erhöhung der Enthalpie des Dampfes in der Treibdüse 17 und des Dampfüberhitzers 16 - entzogen Wärme, mit folglich Senkung der Entropie des Treibdampfes, mündet über die Mischrohre 27 + 29 und dem Krümmer 28 wieder im Brenner 3. Der Wärmeentzug aus dem Brenner 3 wird also in einem inneren Kreislauf dem Brenner 3 stets zu 100% wieder rückgeführt. Mit anderen Worten: Enthalpie aus dem Brenner 3 wird benutzt um den Druck des Fördermedium zu erhöhen, die Enthalpie fließt aber in einem motorinternen geschlossenen Kreislauf zu 100% zum Ausgangspunkt, dem Brenner 3, zurück.

35 Der Gegenstromwärmetauscher 8 weist entlang seiner Fließachse eine langgestreckte und schlanke Bauform auf. Ein schadhaftes Fließen von Wärme vom heißen Ende 10 des Wärmetauschers 8, zu dessen kalten Ende 11 wird dadurch und durch die konstruktiv minimierte Wandstärke des Wärmetauschers 8, bestmöglich unterbunden.

40 Der Gegenstromwärmetauscher 8 bietet bei der Wahl der durch den Wärmetauscher 8 geführten Medien und der dabei gewählten Drücke verschiedenste Varianten, die sich durch die spezifischen Eigenheiten des verwendeten Treibstoffes begründen.

45 Fig. 1 zeigt den auf den Wirkungsgrad bezogen bestmöglichen Fall. Bei Verwendung von rückstandfrei verdampfenden Treibstoffen (Alkohole, Benzine, etc.), kann das Speisewasser mit dem flüssigen Treibstoff schon vor der einzelnen Druckpumpe 30 vermischt werden und gemeinsam unter Höchstdruck durch den Gegenstromwärmetauscher 14 und durch den Dampfüberhitzer 16, sowie durch die beheizte Laval-Treibdüse 17 geführt werden. Durch die Verwendung des Treibstoffes als Treibdampfanteil fällt der Bedarf an Speisewasser.

50 Mit weniger Speisewasser fällt weniger Kondensationswärme nach dem Austritt aus dem Wärmetauscher 12 an und der Wirkungsgrad der Verbrennungskraftmaschine erreicht erfindungsgemäß den höchst möglichen Wert aller gezeigten Varianten.

Nach dem erfindungsgemäßen Durchlauf des Abgases durch den Gegenstromwärmetauscher 12 weist dieses eine Temperatur von ca. 100 °C auf, welche der Kondensationstemperatur des Treibdampfes entspricht. Im Kondensat des Treibdampfes steckt aber noch der Grossteil der Kondensationswärme, welche für kinetische Umwandlung nicht mehr verwendet werden kann, sie ist irreversibel.

Diese Restwärme kann aber als Prozesswärme oder für Heizzwecke über einen Heizkörper 40 genutzt werden. Dazu wird das Abgas in einem zusätzlichen Wärmetauscher 39 unter die Kondensationstemperatur des Speisewassers abgekühlt. Das Speisewasser wird nach dem Durchlauf durch den Wärmetauscher 39 in einen Wasserabscheider 48 vom Abgas getrennt um anschließend in einem Filter 38 von Schadstoffen aus dem Treibstoffabbrand gereinigt zu werden.

Danach fließt das wiedergewonnene Speisewasser zur neuerlichen Verwendung in einen Auffangtank 34. Da mit dem Speisewasser auch das Verbrennungswasser anfällt, ergibt sich eine Übermenge, die aus dem Tank 34 abgelassen wird.

Dem konischen Absaugrohr 26 der Dampfstrahlpumpe 24 ist ein gerades Mischrohr 27 gleichbleibenden Querschnittes nachgeschaltet. Dieses Rohr gerade stellt das Überschall-Mischrohr 27 dar, in dem das Treibmedium und das Fördermedium bei Überschallgeschwindigkeit vermischt werden.

Das Rohr mündet in einen Krümmer 28 der zum einen das Gasgemisch zum Brenner 3 zurücklenkt und zum anderen unmittelbar an dem Einlass einen Verdichtungsstoß erzeugt, der die Geschwindigkeit des Gasgemisches auf Unterschallgeschwindigkeit reduziert. Im entsprechenden Maße steigt der Druck durch diesen Verdichtungsstoß. Dem Krümmer 28 folgt ein Rückleitungsrohr 29 zum Brenner 3, welches in einer zweiten Funktion das Gasgemisch bei Unterschallgeschwindigkeit in der Durchmischung weiter homogenisiert.

Mit Eintritt des Gasgemisches in den Brennerdiffusor 6 wird dieses stark abgebremst. Die Fließgeschwindigkeit des Treibstoff / Dampf / Verbrennungsluftgemisches wird unter dessen Brenngeschwindigkeit reduziert. Umgekehrt steigt der Druck auf sein höchst mögliches Maß. Dermaßen wird anfangs dieses Diffusors 6 das Gemisch, bei dieser spezifischen Ausführungsvariante, in welcher Treibstoff dem Treibdampf beigemischt ist, entzündet.

Das an sich brennbare Gemisch konnte sich zuvor weder im Saugrohr 26, noch in einem Mischrohr 27 + 29, oder im Krümmer 28 entzünden, da der Querschnitt dieser Bauteile immer so gewählt wird, dass die Fließgeschwindigkeit des brennbaren Gasgemisches stets höher ist, als die Brenngeschwindigkeit des Selben.

Im Verfahren zum Betreiben der Verbrennungskraftmaschine wird beschrieben, dass der Druck für das Speisewasser vorteilhaft auf einem technisch höchstmöglichen Niveau gewählt wird, um so die Voraussetzungen für eine höchstmögliche Austrittsgeschwindigkeit des Treibdampfes aus der Laval-Treibdüse 18 zu schaffen.

Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Beispiel, in dem ein Treibstoff eingesetzt wird, der zu Verkoksung oder Plastifizierung unter Einfluss von Wärme neigt. Dieser kann keinesfalls durch den Dampfüberhitzer 16 und die Laval-Treibdüse 17 geführt werden. Er kann also nicht als Treibmedium eingesetzt werden. Er kann aber andererseits - je nach zulässiger Temperatur bis zum Einsetzen von Verkoksung - durchaus Wärme aus dem Gegenstromwärmetauscher 13 aufnehmen. Durch die qualitative Ausprägung der Tauschfläche im Wärmetauscher 13 kann die aufzunehmende Wärmemenge für den spezifischen Treibstoff bestimmt werden.

Alle nicht mit dem Speisewasser vermischbaren Treibstoffe erfordern einen eigenen Wärmetauscherteil 13 im Gegenstromwärmetauscher 8. und eine eigene, separate Treibstoffpumpe 31.

Auch gasförmige Treibstoffe werden, wie in Fig. 2 dargestellt, durch den separaten Wärmetauscher 13 geführt. Gas wird aber bei geringst möglichem Druck in den Brennerdiffusor 6 eingebracht, da Gas, mit dessen unverhältnismäßig größerem Volumen, den höchsten Pumpaufwand erfordert. Hohe Gasdrücke würden hohe Verluste durch den hohen Pumpaufwand verursachen.

5

Die physikalische Form des Pumpen eines gasförmigen Fördermedium durch eine Dampfstrahlpumpe 24 unterscheidet sich in einer sehr markanten und entscheidenden Besonderheit von allen anderen Pumpen: Es kann ein gasförmiges Medium, unabhängig von dessen Temperatur, gleichbleibend verdichtet werden. Dem gegenüber nimmt z.B. bei Kolbenverdichtern, Turboverdichtern, etc., der Aufwand zum Pumpen im Verhältnis zur steigenden Temperatur des Fördermedium zu.

10

Bei herkömmlichen Gasturbinen mit rekuperativen Wärmerückführung, wird der Wärmetauscher, in dem die Abwärme auf Verbrennungsluft übertragen wird, deswegen stets erst nach dem mechanischen Verdichter angebaut. Bei einem Verdichtungsdruck des mechanischen Verdichters von ca. 12 bar, ist die Verbrennungsluft aber soweit erhitzt, dass sie etwa gleich heiß, wie das Abgas ist. Es kann keine Wärme mehr aus dem Abgas aufgenommen werden. Deswegen ist bei herkömmlichen Abgasturbinen eine rekuperativer ISO-Norm-Abgaswärmerückführung spätestens ab 12 bar Verdichtungsdrucks nicht mehr möglich

15

20

Die Impulsübertragung zwischen Treib- auf Fördermedium, erlaubt ein Erwärmen der Förderluft schon vor dem Verdichten, ohne jede Schädigung. Dies heißt mit anderen Worten: Mittels dieser Pumpwirkung der Dampfstrahlpumpe 24 ist es möglich Verbrennungsluft weit über 12 bar, in beliebiger Höhe zu verdichten, da heiße Luft, ohne jede Schädigung, wie eine kalte Luft gepumpt wird. Es kann also erfindungsgemäß die Verbrennungsluft bei atmosphärischem Druck und bei Umgebungstemperatur in den Wärmetauscher 15 geführt werden, um sie erst danach, nachdem sie maximal Wärme aufgenommen hat, mittels Impulsübertragung zu verdichten. Die erhöhte Temperatur des Medium spielt keinerlei Wirkungsgrad-schädigende Rolle.

25

30

Bei allen herkömmlichen mechanischen Verdichtern entsteht mit erhöhtem Nutzdruck ein erhöhter Gegendruck auf den Verdichter. Ganz im Gegensatz dazu, kann auf den Treibdruck der Dampfstrahlpumpe 24 keine Rückwirkung durch beispielsweise einen Gegendruck eintreten. Der Treibdruck wird in der Laval-Treibdüse 17 vollständig und restlos in Geschwindigkeit des beschleunigten Treibmediums umgesetzt. Dieses verläßt völlig ungehindert und ungebremst die

35

Die Moleküle des Treibstrahls setzen zu einem freien Flug ins Saugrohr 26 an, wo sie erst nach und nach, weit ab von ihrer Ursprungsdüse 18, mit Molekülen der Fördermedien kollidieren. Ob nun ein dermaßen getroffenes Molekül selbst in einer großen, oder kleinen Brown'schen Molekülbewegung befindlich ist - also ob das Fördermedium heiß oder kalt ist - spielt nicht die geringste Rolle. Der Vorgang des Verdichtens erfolgt vorteilhaft also nur in Form von Impulsübertragung.

40

45

Fig. 2 zeigt eine 2. Variante der Erfindung, in der ein Festbrennstoff aus beispielsweise Kohle- oder Holzstaub eingesetzt wird. Solcher Treibstoff kann nicht durch den Gegenstromwärmetauscher 13 und auch nicht durch den Dampfüberhitzer 16 und die Laval-Treibdüse 17 geführt werden. Der Festbrennstoff wird aus dem Treibstoff-Depot 45 über eine Förderschnecke 44 in den Brenner 3 gefördert. Dem festen Treibstoff und allen nicht durch die Laval-Treibdüse 17 fuhrbaren Treibstoffen ist gemein: Sie werden direkt am Brenneinlaß des Brennerdiffusors 6 beim geringst erforderlichen Druck eingebracht.

50

55

Fig. 3 zeigt eine Sonderanwendung der gegenständlichen Erfindung: Es kann mit einer äußeren Energiequelle 36 der Bypass-Speicher 35 aus mineralischer Masse vorzugsweise elektrisch aufgeheizt werden. Durch diesen Bypass-Speicher 35 wird dann bei Bedarf, geregelt mehr oder weniger Teilgas, welches dem Brenner 3 zuströmt, geleitet. Das Gasgemisch wird dabei er-

wärmt und spart im selben Maß, als es Wärme vom Bypass-Speicher 35 aufnehmen kann, Treibstoffbrennwert, also de facto Treibstoff.

Die äußere Energiequelle 36 stellt vorzugsweise die Bremskraft eines Kfz dar, welche über den, mit den Rädern gekoppeltem Generator 37 elektrische Energie für die Aufheizung des Bypass-Speichers erzeugt.

Real kann ein ca. 50 kg schwerer, mineralischer Bypass-Speicher, welcher auf Temperaturen bis 2000 °C erhitzt werden kann (z.B. Magnesit), die gesamte Bremsenergie eines 30-Tonner-Lkw, auf ein Höhengefälle von 500 m aufnehmen. Diese gespeicherte Energie kann nach dem Passieren des Gefälles umgekehrt wieder für den Antrieb des Fahrzeuges genutzt werden.

Fig. 4 zeigt, dass die Funktion der Abgasturbine 1 auch durch einen konventionellen Verbrennungsmotor, beispielsweise einem Hubkolbenmotor 2, übernommen werden kann. Da diese Motoren 2 aber funktionell jedenfalls eine mechanische Verdichterstufe aufweisen, reduziert sich die Funktion der erfindungsgegenständlichen beheizten Dampfstrahlpumpe 24 auf das Vorverdichten der Verbrennungsluft.

Die Dampfstrahlpumpe 24 ersetzt dermaßen also den herkömmlichen Turbolader, mit dem Vorteil, dass diese keine beweglichen Teile aufweist und höhere Vorverdichtungsdrücke erbringen kann. Selbstverständlich steigt dadurch die Standzeit und es sinken die Kosten gegenüber herkömmlicher Turbolader

Im gezeigten Beispiel wird in einem Gegenstromwärmetauscher 9 das Speiswasser vorerwärmt. Auf eine solche Einrichtung 9 kann erfindungskonform aber auch verzichtet werden, da im konventionellen Verbrennungsmotor 2 riesige Mengen an Abwärme anfallen, die dem konventionellen Hubkolbenmotor 2 nicht rückgeführt werden können, da ein Vorerwärmen der Verbrennungsluft nicht möglich ist. Der Motor 2 ist im Prinzip eine Kolbenpumpe, welche bei Vorerwärmung der Verbrennungsluft einen erhöhten Pumpaufwand erbringen müsste. Außerdem ginge der Gewinn des erhöhten Vorverdichtungsdruckes mittels Dampfstrahlverdichter 24, über die mindere Befüllbarkeit der Zylinder wieder verloren.

Fig. 5 zeigt, daß der Brenner 3 innen eine annähernd runde Rohrform aufweist und an der Innenseite stark zerklüftet 5 ist. Dies hat den Nutzen, daß die Strahlungswärmeübertragung aus dem abbrennenden Gas verbessert auf die Brennerwandung 4 übertragbar wird. Diese Wärmeübertragung ist für die Beheizung des Dampfüberhitzers 16 und für die Beheizung der Laval-Treibdüse 17 erforderlich. Vorzugsweise wird erfindungsgemäß diese Zerklüftung als Längsrippen 5 zur Fließachse des Gases ausgebildet, dies schließt aber nicht aus, daß beispielsweise eine Querrippung oder eine ungeordnete Zerklüftung gewählt wird.

Fig. 5 zeigt außerdem in der Querschnittsdarstellung des Brenners 3, daß sich außen an den Brennerwandungen 4, 180° gegenüberliegenden, flache Sättel befinden, auf welchen auf der einen Seite der Dampfüberhitzer 16 thermisch schlüssig angebaut ist und auf der anderen Seite gleichermaßen die Laval-Treibdüse 17.

Fig. 6 bis 8 zeigt wie die Wärmetauschfläche erfindungsgemäß gegenüber einer herkömmlichen Laval-Treibdüsen-Innenseite vergrößert wird. Zur Übertragung der erforderlichen Wärmemengen für die Dampfauffrischung in der Laval-Treibdüse 17, wäre die Oberfläche in einer herkömmlichen Laval-Treibdüse um ein Vielfaches zu klein. Es werden nachfolgend drei Maßnahmen gezeigt um die Wärmetauschfläche der Treibdüsen 17 erfindungsgemäß zu vergrößern.

Fig. 6: Durch das Verflachen des Öffnungswinkels von insbesondere des divergenten Düsentails 19 der Laval-Treibdüse 17 auf beispielsweise $< 2^\circ$ lässt sich die Düse um ein Vielfaches verlängern und sich die Wärmetauschfläche gleichermaßen vergrößern.

Fig. 7: Durch das Aufteilen des Gesamtreibstromes des Treibgases aus mehrere entsprechend verkleinerte Laval-Treibdüsen 17 steigt die Gesamtwärmetauschfläche ebenfalls. Je mehr kleine Treibdüsen 17 dabei eingesetzt werden, je größer der Effekt der Wärmetauschflächenvergrößerung.

5

Fig 8: Durch Verflachen konventionell runder Düsen-Durchlaßquerschnitte 23 auf einen breiten, aber umgekehrt in der Höhe verkleinerten Durchlaßquerschnitt 23, steigt die Wärmetauschfläche im erheblichen Maß.

10

Solch schmale und flache Düsenquerschnitte 23 können beispielsweise zwischen mindestens zwei Metallplatten 22, vorzugsweise aber mehreren Platten 22, gebildet werden, wovon mindestens eine mit dem Brenner 3 thermisch ausreichend verbunden ist und gleichermaßen zu den weiteren Platten 22 eine ausreichende thermische Verbindung besteht.

15

Fig. 9 und 10: Diese erfindungsgemäße Grundkonstruktion nach Fig. 8 kann auch in einen Werkteil, welcher ursprünglich als Rundstab 21 mit gleichbleibendem Durchmesser ausgebildet war, in mehreren Teilsegmenten umfänglich eingearbeitet werde. Die nicht bearbeiteten Zwischenstege zwischen den Ausnehmungen bilden die thermische Brücke zum äußeren Düsenkörper 43. Dieser Düsenkörper 43 weist eine Bohrung mit gleichbleibendem Querschnittfläche auf. Der Düsenkörper 43 besitzt wiederum eine ausreichende thermische Verbindung zum Brenner 3.

20

Legende:

25

1 = Abgasturbine
2 = Konventionell. Verbrennungsmotor
3 = Brenner
4 = Brennerwandungen
5 = Rillen an der Brennerinnenseite

30

6 = Brennerdiffusor
7 = Wärmetauscher allgemein
8 = Gegenstromwärmetauscher
9 = Speiswasser-Wärmetauscher
10 = Heiß-Ende des Wärmetauschers
11 = Kalt-Ende des Wärmetauschers
12 = Abgas-Wärmetauscherteil
13 = Treibstoff-Wärmetauscherteil
14 = Speiswasser/ Treibstoffgemisch-Wärmetauscherteil

40

15 = Luft-Wärmetauscherteil
16 = Dampfüberhitzer
17 = Laval-Treibdüsen
18 = Laval-Düsenauslass
19 = Divergente Düsentteile
20 = Öffnungswinkel
21 = Düsennadel
22 = Flache Metallplatten
23 = Durchlaßquerschnitt
24 = Dampfstrahlpumpe allgemein

50

25 = Ansaugstutzen
26 = konisches Saugrohr
27 = Überschall-Mischrohr

28 = Krümmer
29 = Unterschall-Mischrohr
(= Rückleitung)
30 = Pumpe für
Wasser/Treibstoffgemisch
31 = Treibstoffpumpe
32 = Speisewasserpumpe
33 = Treibstofftank
34 = Speisewasser-Depotbehälter
35 = Bypass-Speicher
(= mineralischer Speicherblock)
36 = Externe Energiequelle (Kfz - Rad)
37 = Generator
38 = Speisewasser-Filter
39 = Wärmetauscher für Heizzwecke
40 = Heizkörper
41 = Überleitung von der Turbine in
den Gegenstromwärmetauscher
42 = Welle der Turbine
43 = Düsenkörper
44 = Feststoff-Brennstoff-
Förderschnecke
45 = Feststoff- Treibstoffdepot
46 = Auspuff des konventionellen
Verbrennungsmotors
47 = Allseitige Wärmeisolierung
(nur in Fig. 1 darstellt!)
48 = Wasserabscheider nach dem
Wärmetauscher

55

Patentansprüche:

1. Verbrennungskraftmaschine, mit einem kontinuierlich betriebenen Brenner (3), dem eine Abgasturbine (1) nachgeschaltet ist, welche den Gasdruck aus dem Brenner (3) entspannt und in kinetische Energie der Abgasturbine (1) wandelt und einem, dem Abgasstrom dieser Abgasturbine (1) nachgeschaltetem Wärmetauscher (7), welcher einen Teil der Restwärme rekuperativ aus dem Abgas auf die dem Brenner (3) zuströmenden Medien überträgt, sowie einer, zur Verdichtung der Verbrennungsluft, dem Brenner (3) vorgeschaltete Dampfstrahlpumpe (24), *dadurch gekennzeichnet*, daß die Verdichtung der Verbrennungsluft ausschließlich durch die Dampfstrahlpumpe (24) erfolgt und der Treibdampf in der Laval-Treibdüse (17) während der Expansion durch Wärmezufuhr aus dem Brenner aufgefrischt wird.
2. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Auffrischung des Dampfes in der Laval-Treibdüse (17) und wahlweise auch im Dampfüberhitzer (16) durch direkten thermischen Kontakt der Laval-Treibdüse (17) und des vorgeschalteten Dampfüberhitzers zur Brennerwandung (4) erfolgt und dermaßen Wärme aus dem Abbrand im Brenner (3) in den Treibdampf während dessen isentroper Entspannung übertragen wird.
3. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1 und 2, *dadurch gekennzeichnet*, daß der Treibdampf vor der Laval-Treibdüse (17) in einem Dampfüberhitzer (16) überhitzt wird und der Dampfüberhitzer (16) thermisch mit dem Brenner (3) verbunden ist, aus welchem die Wärmemenge zur Dampfüberhitzung übertragen wird.
4. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß das Speisewasser, bzw. der Treibdampf vor Eintritt in den Dampfüberhitzer (16) in einem Gegenstromwärmetauscher (9 + 14) Wärme aufnimmt, welche vom Abgas nach der Abgasturbine (1) abgegeben wird.
5. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1 *dadurch gekennzeichnet*, daß der Treibdampf wahlweise aus einem Gemisch von Speisewasser und flüssigem Treibstoff besteht und dermaßen beide zunächst flüssigen Komponenten als homogenes Gemisch durch den Gegenstromwärmetauscher (14) und anschließend durch den Dampfüberhitzer (16), sowie durch die Laval-Treibdüse (17) geführt werden, und das Speisewasser und der Treibdampf unter hohem Druck gemeinsam im Gegenstromwärmetauscher (14) und im nachgeschalteten Dampfüberhitzer (16) und der nachgeschalteten Laval-Treibdüse (17) erwärmt und verdampft werden.
6. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 5, *dadurch gekennzeichnet*, daß der Treibdampf wahlweise aus nur Wasserdampf besteht und getrennt von flüssigem, oder auch gasförmigen Treibstoff, durch den Gegenstromwärmetauscher (9) geführt wird, und der Treibstoff nach dem Austritt aus dem Gegenstromwärmetauscher (13) in den Brenner (3) geführt wird, während der Treibdampf nach dem Gegenstromwärmetauscher (9) durch den Dampfüberhitzer (16), sowie durch die Laval-Treibdüse (17) geführt wird und das Speisewasser unter hohem Druck verdampft wird, während der Treibstoff wahlweise auch unter niedrigem Druck durch den Gegenstromwärmetauscher (13) in den Brenner (3) gefördert werden kann.
7. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 6, *dadurch gekennzeichnet*, daß der Treibdampf wahlweise aus nur Wasserdampf besteht und nur dieser und die Verbrennungsluft als zufließende Medien durch den Gegenstromwärmetauscher (9 / 15) geführt werden.
8. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß dem abströmenden Abgas der Abgasturbine (1) im Gegenstromwärmetauscher (12) Wärme entzogen

wird und auf die, dem Brenner (3) zuströmende Verbrennungsluft übertragen wird (15), und diese Verbrennungsluft nach dem Durchlauf durch den Gegenstromwärmetauscher (15) der Dampfstrahlpumpe (24) zugeführt wird, wo die Verdichtung der bereits zuvor im Gegenstromwärmetauscher (15) erwärmten Verbrennungsluft erfolgt.

5

9. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet* daß die erforderliche Wärmetauschfläche zur Auffrischung des Treibdampfes in der Laval-Treibdüse (17) gebildet wird, indem der Gesamtdampfstrom des Treibstrahls auf mehrere parallel nebeneinander liegenden, jeweils einen Teil des Gesamtdampfstromes aufnehmenden, kleineren Laval-Treibdüsen (17) aufgeteilt wird und diese Laval-Treibdüsen (17) insbesondere im divergenten Düsenteil (19) einen verflachten Öffnungswinkel (20) aufweisen, um die divergenten Düsen (19) gegenüber einer herkömmlichen Laval-Treibdüse im Verhältnis von Länge zu Querschnitt der Düse, in deren Länge um ein Mehrfaches zu verlängern.

10

15

10. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 9, *dadurch gekennzeichnet*, daß eine zusätzliche Vergrößerung der Wärmetauschfläche in der Laval-Treibdüse (17) durch eine Verflachung eines konventionell runden Durchlassquerschnittes (23) erzielt wird

20

11. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 9 und 10, *dadurch gekennzeichnet*, daß ein dermaßen verflachter Durchlassquerschnitt (23) ringsum um eine innere Düsennadel (21) angeordnet wird, oder zwischen zwei, oder mehrere Metallplatten (22) eingelassen wird, und die innere Düsennadel (21), bzw. die Metallplatten (22) jeweils eine thermische Brücke zur Brennerwandung (4) aufweisen.

25

12. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß das, dem konischen Ansaugrohr (26) nachgeschaltete, gerade Mischrohr (27) der Dampfstrahlpumpe (24), nach einer geraden Überschall-Mischstrecke (27), einen nachgeschalteten Krümmer (28) aufweist, welcher das Mischgas aus Verbrennungsluft und Treibmedium in Richtung Brenner (3) zurücklenkt.

30

13. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 12, *dadurch gekennzeichnet*, daß dem geraden Überschall-Mischrohr (27) in der Dampfstrahlpumpe (24) ein Krümmer (28) nachgeschaltet ist, in dem die Überschallgeschwindigkeit des Gasgemisches durch einen Verdichtungsstoß auf Unterschallgeschwindigkeit verzögert wird.

35

14. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß der Brenner (3) im Einlass eine Verzögerung der Gasgeschwindigkeit mittel Diffusor (6) auf unterhalb einer Geschwindigkeit erzielt, bei der die Zündung des Gemisches, bestehend aus Verbrennungsluft, verdampften Treibstoff und Speisewasser, erfolgt.

40

15. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß anstelle einer Abgasturbine (1), ein herkömmlicher Hubkolbenmotor (2) eingesetzt wird und dermaßen die erfindungsgegenständliche Einrichtung der beheizten Laval-Treibdüse (17) zum Erzeugen eines Ladedruckes - analog eines konventionellen Turboladers - eingesetzt wird.

45

16. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Rückleitung (29) für das Gasgemisch, ein geregelt zuschaltbarer Bypass-Speicher (35) parallel zugeschaltet wird, durch den bedarfsgesteuert ein Teil, oder auch der gesamte Gasstrom geführt wird und dermaßen dieser Gasstrom in diesem Bypass-Speicher (35) Wärme aufnimmt.

50

17. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 16, *dadurch gekennzeichnet*, daß der Bypass-Speicher (35) vorzugsweise aus einem mineralischen Speicherblock besteht und dieser Bypass-Speicher (35) durch eine externe Energiequelle (36) erwärmt wird, wobei diese Energiequelle (36) beispielsweise die rekuperative Bremsenergie eines Kraftfahrzeuges

55

sein kann und die Bremsenergie im Generator (37) in elektrischen Strom gewandelt wird und der Bypass-Speicher (35) mittels dieses elektrischen Stroms erwärmt wird.

- 5 18. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß die vom Gegenstromwärmetauscher (8) nicht auf die zufließenden Medien übertragene Restwärme zumindest zum Teil über einen weiteren Wärmetauscher (39) für Heizzwecke (40) oder als Prozesswärme genutzt wird.
- 10 19. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß das flüssige Kondensat aus dem Treibdampf und dem Verbrennungswasser nach dem Austritt aus dem Gegenstromwärmetauscher (12) durch einen Reinigungsfilter (38) geleitet wird und hernach erneut der Speisewasserpumpe (30 / 32) zugeführt wird.
- 15 20. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, daß der Brenner (3) an der Innenfläche eine vergrößerte Oberfläche zur verbesserten Aufnahme von Strahlungswärme, in Form einer Zerklüftung dieser Oberfläche aufweist, welche vorzugsweise als längst der Brennerachse verlaufenden Rillen (5) ausgebildet ist.

20 **Hiezu 7 Blatt Zeichnungen**

25

30

35

40

45

50

55



Fig. 1

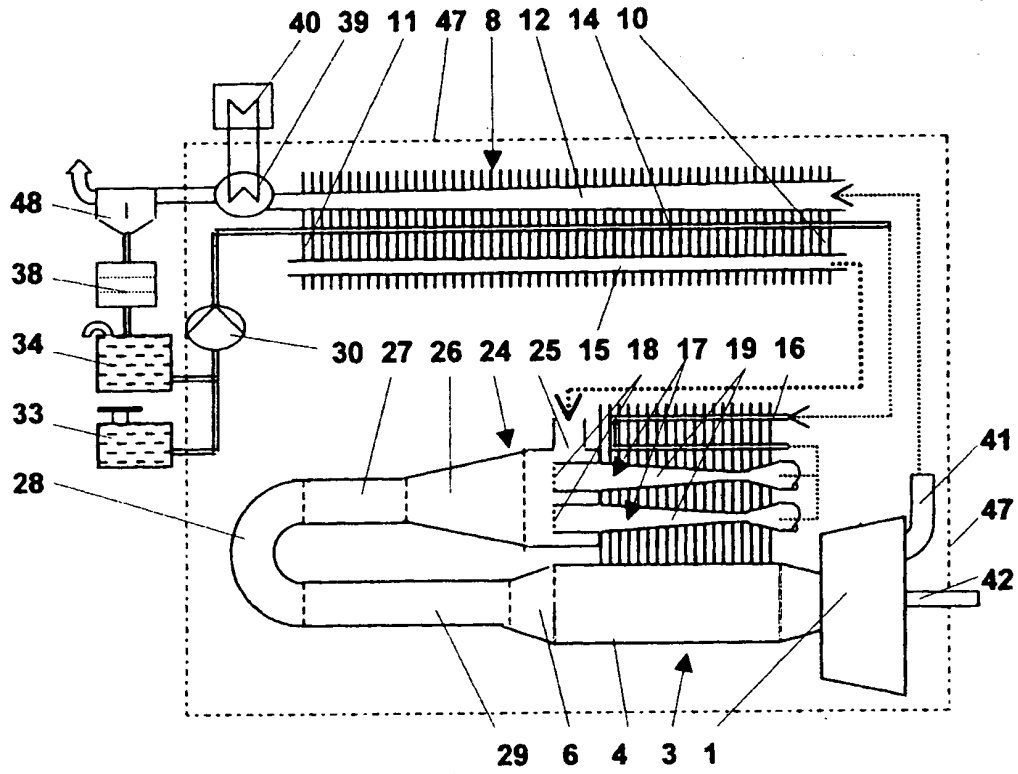




Fig. 2

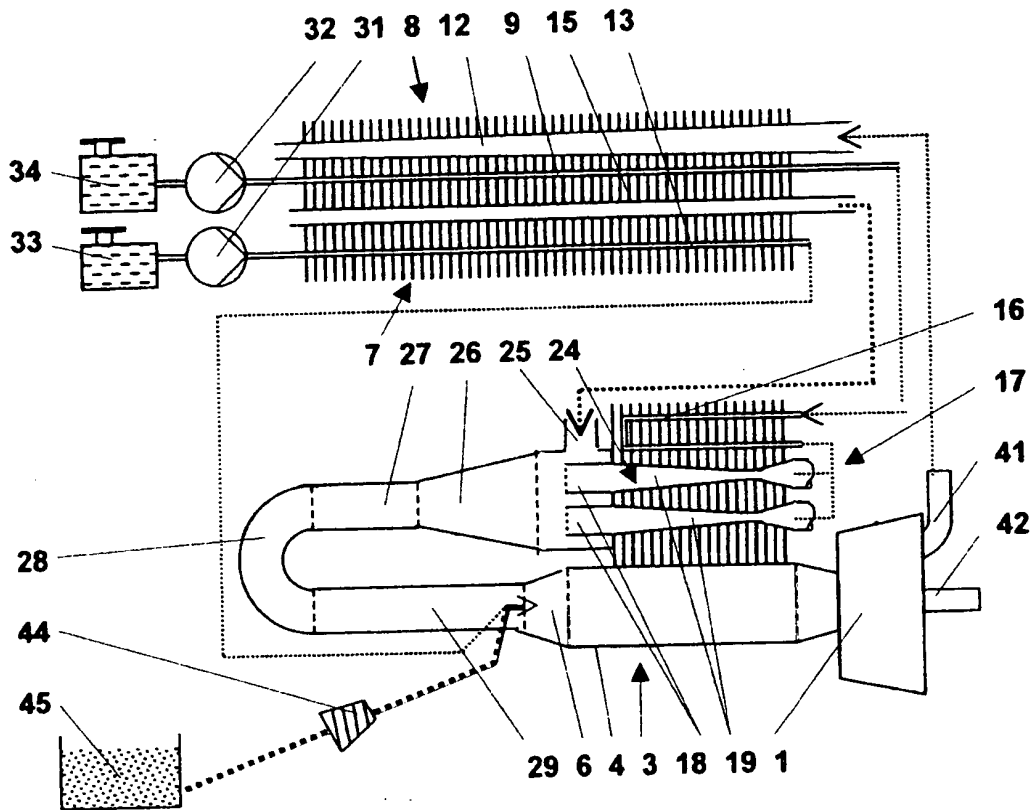




Fig. 4

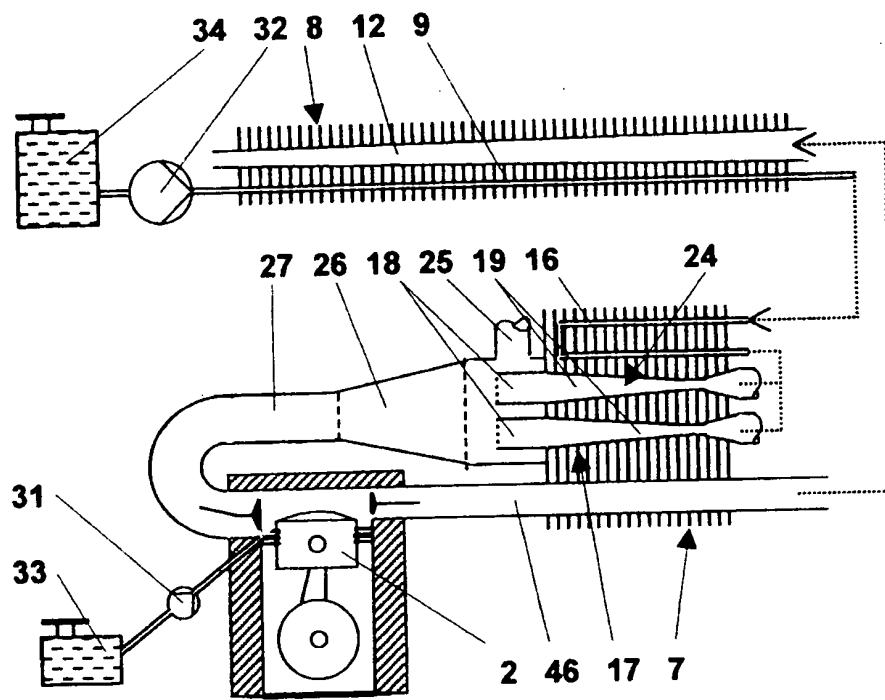




Fig. 5

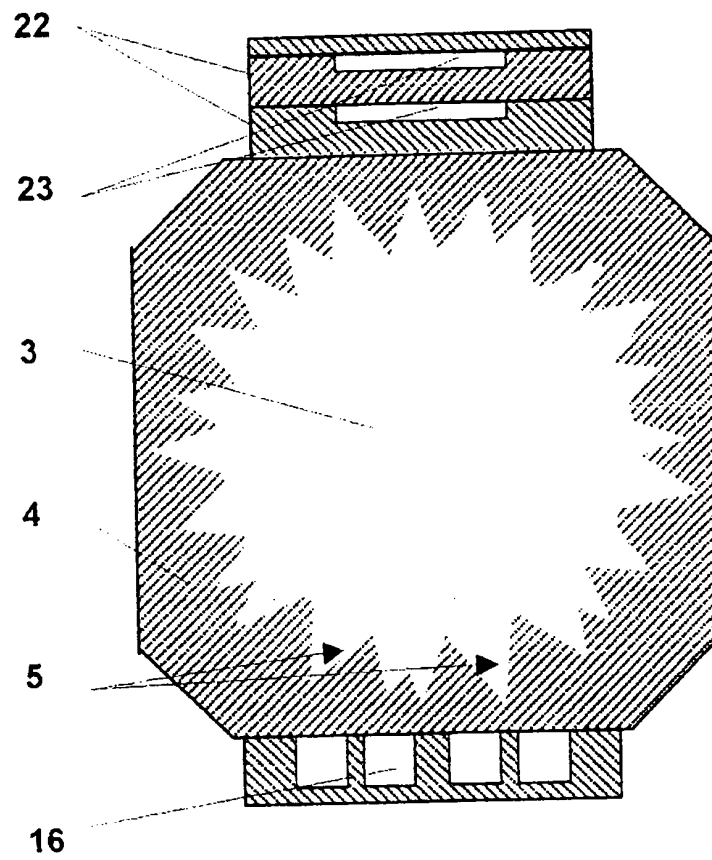




Fig. 6

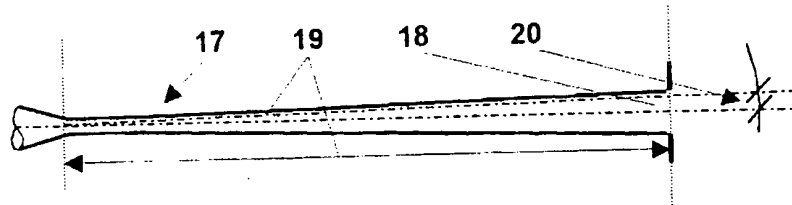


Fig. 7

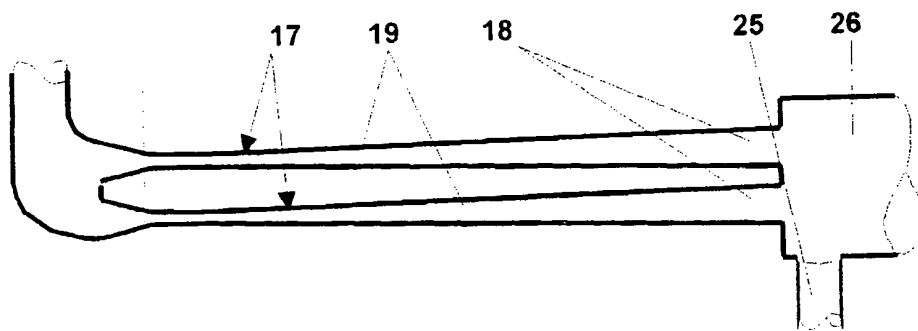


Fig. 8

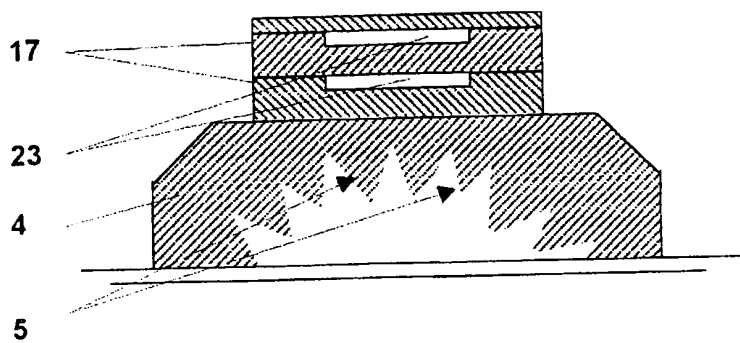




Fig. 9

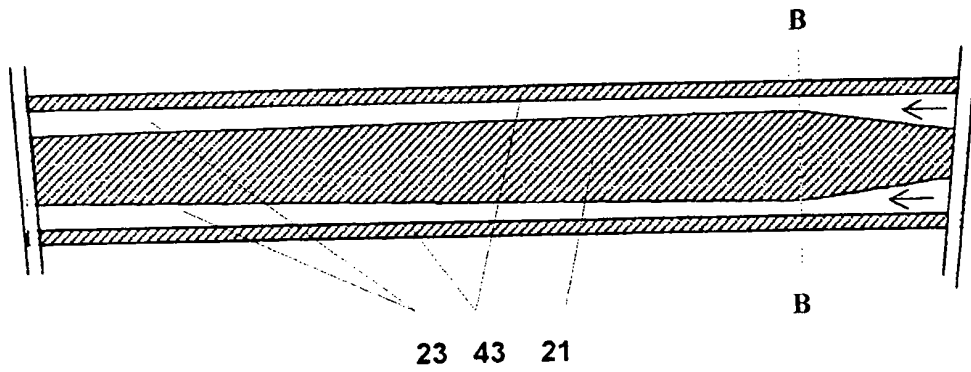


Fig. 10

