

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1403/2006

(22) Anmeldetag: 22.08.2006

(45) Veröffentlicht am: 15.09.2010

(51) Int. Cl.⁸: **F01C 7/00** (2006.01)

F04C 19/00 (2006.01)

F04C 7/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

DE 495979C1 CH 310026A

DE 520399C1 DE 587533C1

WO 20066011150A1

(73) Patentinhaber:

FALKINGER WALTER ING.

A-4030 LINZ (AT)

(72) Erfinder:

FALKINGER WALTER ING.

LINZ (AT)

(54) **ZELLENRADTURBINE/ZELLENRADKOMPRESSOR**

(57) Neuartige Konstruktion einer rotierenden thermodynamischen Expansionsmaschine (Fig. 2) bzw. Kompressionsmaschine (Fig. 4) nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe mit beweglichen Zellenwänden befestigt durch Scharniere (7) zur Vermeidung von Beschleunigungs- und Verzögerungskräften, sowie einen dem Prinzip nach bekannten mitdrehenden Außenmantel(1), wodurch die normalerweise vorhandene Strömungsreibung des Wasserringes entfällt und durch die geringen Umlenkungen des Gasstromes während der Kompression bzw. Expansion hohe Isentropenwirkungsgrade erreicht werden, die bei der Kompression durch Wassereindüsung in die Ansaugluft und ergänzbar während des Kompressionsvorganges zu einem niedrigen Kompressionsleistungsbedarf führen, wo die Leistung mit bis etwa 10 MW verglichen mit üblichen Gasturbinen eher am unteren Leistungsbereich angesiedelt ist, jedoch bei der Kompression bei gleicher Baugröße Massedurchsätze bis auch über 50 kg / sec erreicht werden können, die mit Parallelschaltung und Kombination mit einer üblichen Gasturbine als Expansionsmaschine auch den Bereich von Großanlagen abdecken kann.

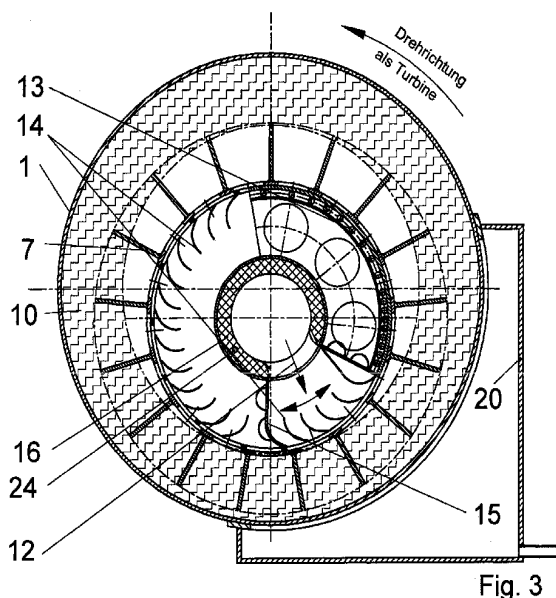


Fig. 3

Beschreibung

ZELLENRADTURBINE/ZELLENRADKOMPRESSOR

[0001] Die Erfindung setzt die prinzipielle konstruktive Ausführung bei der Verwendung als Kompressor in Form vom Wasserringkompressor bzw. Wasserringvakuumumpen als bekannten Stand der Technik voraus. In der Literatur wird diese Art von Kompressor als mit geringem Wirkungsgrad behaftet beschrieben, wo die möglichen Ursachen hierfür in der gegenständlichen Anmeldung wesentlich anders als den bisherigen Konstruktionen gelöst wurde. So erfolgt beim bisherigen Stand der Technik üblicherweise die Luftzufuhr entweder von einer oder beiden Stirnwänden, wo je nach Baugröße lange Zellen entstehen, die in kürzester Zeit mit dem zu verdichtenden Gas gefüllt werden sollen und hier hohe Gasgeschwindigkeiten erforderlich sind, die zu einem nur mangelnden Füllungsgrad und Druckstößen führen können. Ein ähnlicher Effekt tritt bei der Ausleitung des komprimierten Gases auf, wo bei ungenügenden Abstimmungsmöglichkeiten bzw. Strömungsflächen an den Stirnseiten unter Umständen das Gas auf einen höheren Druck als des gewünschten Systemdruckes bis zum Ausschleiben aus der Zelle komprimiert werden muss, dies zusätzlichen unnötigen Leistungsbedarf bedeutet, als wenn das Ausschleiben des komprimierten Gases in der jeweiligen Zelle exakt mit dem Erreichen des gewünschten Systemdruckes beginnt und große Strömungsflächen wie bei gegenständlicher Konstruktion vorgesehen werden können. Der Hauptgrund für den nur sehr mäßigen Wirkungsgrad findet sich im Strömungswiderstand der rotierenden Wassermasse am feststehenden Gehäuse, wo die gegenständliche Konstruktion einen wesentlichen Fortschritt darstellt. In der Literatur gibt es auch hierfür Beispiele, dass der Strömungswiderstand am Außenmantel durch mitdrehenden Mantel gelöst wurde (DE 495 979 C1, CH 310026 A, DE 520399 C1, DE 587533C1, WO 2006011150 A1), die dieses Prinzip überwiegend nur für Kompressionsaufgaben verwenden.

[0002] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde eine Konstruktion in Anlehnung nach dem Prinzip des Wasserringkompressors die derzeitigen Nachteile durch konstruktive Maßnahmen derart zu verbessern, dass ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird und diese konstruktiven Maßnahmen auch für die Verwendung als thermodynamische Kraftmaschine genutzt werden können. Es wird von folgender Arbeitshypothese ausgegangen, dass eine in Rotation versetzte Wassermasse einen Kreisring annimmt und der Druck, den diese Wassermasse annimmt durch die Fliehkraft bestimmt wird und mit Festlegung von Drehzahl und Durchmesser praktisch jeder Druck höher als des gewünschten Kompressions - bzw. Expansionsdruck erreicht werden kann. Die Drehung der Wassermasse erfolgt dadurch, wenn das Zellenrad exzentrisch positioniert wird, sich erweiternde und verengende Zellenvolumen ergeben, dies sowohl für die Expansion, als auch für die Kompression verwendet werden kann. (Siehe beiliegende übersichtsmäßige Skizze Fig. 1).

[0003] Es ist nunmehr so, dass neben dem genannten sich mitdrehenden Außenmantel zur Minimierung der Wasserreibung Überlegungen über die Kinematik der herrschenden Bedingungen angestellt wurden und hier auf ein wesentliches Detail aufmerksam wurde, die bei bisherigen Überlegungen und Patenten keinen Eingang gefunden haben. Bei kleinen Durchmessern des Zellenrades und niedrigen Drehzahlen tritt dieser Effekt nur mäßig zu Tage, wo hingegen bei großen Durchmessern und hohen Drehzahlen dies funktionsentscheidend sein kann. Der rotierende Wasserring weist die gleiche Drehzahl wie das sich drehende Zellenrad auf, wo sich durch die Exzentrizität und größeren Durchmesser des Wasserringes unterschiedliche Wegstrecken bei der Drehung am Umfang dieser beiden Elemente ergeben. Durch die hohe fiktive Dichte des Wassers (etwas mehr als das 1000 - fache bei ca. 0,4 m Radius und 1500 U/min) bedingt durch die Zentrifugalkraft und hohe Umfangsgeschwindigkeit würden bei feststehenden Zellenwänden derart hohe Ausgleichströmungen erforderlich, die beschleunigt und verzögert werden und durch die hohe fiktive Masse überaus hohe Kräfte in Umfangsrichtung wirksam werden, die sich sehr negativ auf die Leistungseinbringung/- abgabe auswirken.

[0004] Ich möchte daher folgende Neuheit nach dem bisherigen Stand der Technik hier ein-

bringen die Zellenwände beweglich (Scharnierkonstruktion) zu gestalten, sodass ein Ausweichen hervorgerufen durch die unterschiedlichen Wegstrecken des Wasserringes und der Zellenwände diese Wegstrecke ohne besondere Beschleunigung bzw. Verzögerung der Wassermasse mitgehen können und die Leistungsverluste gering gehalten werden können. In der heilighenden Skizze Fig. 1b ist dargestellt, wie sich die Zellenwände hier in etwa bewegen könnten. Ich möchte hier auch noch darauf hinweisen, dass sich durch die Zentrifugalkraft die Zellenwände radial ausrichten, diese Kraft neben der Beschleunigung der Wasserströme die bestimmende Kraft ist. Die auch wirkende Druckkraft bei einer Verdichtung oder Expansion eines Gases ist beinahe vernachlässigbar, bei einer Beispielsrechnung wurde eine Neigung um ca. 6° ermittelt. Es kann auch eine Begrenzung der Neigung vorgesehen werden. Durch die Neigung vor allem durch die umfangsgerichteten Wasserkräfte ist es angezeigt, dass die Zellenwände höher als bei unbeweglichen gestaltet werden. Durch die Zentrifugalkräfte ist aber wenn auch geringes Eintauchen in den Wasserring gegeben, um hier kein "Loch" entstehen zu lassen. Die Momente welche hier noch durch die Schrägstellung der Zellenwände und durch die Zentrifugalkräfte wirken, fallen neutral aus (Kräfte auf gegenüberliegenden Seite gegengerichtet). Verluste durch Strömungen durch die Verdrängung von Wasser durch eintauchende Zellenwände dürften eher gering sein und werden zu einem Teil durch die Beweglichkeit der Zellenwände abgefangen. Es empfiehlt sich auch einen ausreichenden Abstand zwischen Außenmantel und Zellenwänden an der engsten Stelle für Ausgleichsströmungen vorzusehen, damit die Strömungsgeschwindigkeiten und Beschleunigungskräfte gering bleiben.

[0005] Die Erfindung löst die Aufgabe dadurch, dass die Eliminierung der Strömungsreibung an der Gehäusewand in der Form erfolgt, dass das Gehäuse an beiden Enden ähnlich wie bei Trommelmühlen an zwei Lagerzapfen oder bei größeren Durchmessern durch mehrere Rollen ähnlich bei Drehrohröfen nur mit mehreren Rollen am gesamten Umfang verteilt, nicht unähnlich einem überdimensionalen Rollenlager und mit wesentlich höheren Geschwindigkeiten gelagert wird und sich auf diese Weise mitdrehen kann und daher nur noch die Reibleistung von den Rollen - oder hydrodynamisch laufenden Gleitlagern wirksam ist, welche sich bei einem Reibfaktor bei 0,0015 bewegen. Im Gesamtleistungsbedarf für die Kompression bzw. Expansion macht dies etwa 1 bis 2 % der Nutzleistung aus, verglichen mit einem feststehenden Gehäuse, wo dieser Anteil sich bei ca. 33 % und auch je nach Geschwindigkeit mehr bewegt. Als bestimmende Kraft für die Reibleistung an den Lagern ist der Gasdruck auf die Gehäusewand maßgebend, welcher durch die Vorsehung einer pneumatischen Entlastung, eines im Bereich der resultierenden Druckkraft am Gehäuse mit Labyrinthdichtungen positioniert wird und die Druckkraft beinahe vollständig aufhebt und damit die Reibleistung und Belastung der Lager vermindert wird, dies aber nicht der Hauptgrund für die Entlastung ist, sondern in der Verlängerung der Lebensdauer der Lager und einer möglichen Erhöhung der zulässigen Drehzahlen des Lagers, dies bei der zur Verwendung kommenden Lagergrößen ein nicht unerheblicher Aspekt ist. Es ist hier eine Gegenüberstellung von Luftverbrauch und damit Leistungsbedarf für die Kompression für diese Entlastungsluftmenge durch die Labyrinthdichtungen und des Lagerreibleistungsverlustes im nichtentlastenden Zustandes angebracht. Zum Zweiten werden die Zellenwände beweglich gestaltet, dies in Form von Scharnieren erfolgen kann um so ein Mitbewegen, hervorgerufen durch die unterschiedlichen Wege des Wasserringes und der Zellenwände, zu ermöglichen.

[0006] Ist nunmehr der Druck des Flüssigkeitsringes größer als jener des Kompression - / Expansionsdruckes, wirkt die Wasseroberfläche de facto als feste Wand, die mir durch geeignete Zu - und Ableitung der Gasströme das Zellenrad eine Kompression bis zu einem gewissen Druck ermöglicht, bzw. eine Expansion von einem gewissen Druck aus. Das Funktionsprinzip kommt der isothermenähnlichen Kompression mit Wasserpartikelbeladung und Wasserring und kalten Wänden sehr entgegen, wo durch Schlitze im Bereich der Erreichung des Kompressionsdruckes die komprimierte Luft abzuführen. Über den überwiegenden Bereich mit erweiternden Zellenquerschnitten strömt die Luft ein und wird beim Weiterdrehen im Bereich mit geschlossenen Schlitzen komprimiert. Vom Prinzip her ist diese Anordnung auch als Motor/Turbine geeignet, wo vorgesehen ist, dass in einem Winkel von ca. 120° berührungsfrei durch eine Segmentplatte versehen mit axialen und radialen Labyrinthdichtungen das heiße komprimierte

Gas über einen auf die Druckverhältnisse abgestimmten Drehwinkel (ca. 60°), sodass jede Zelle derart gefüllt ist, dass diese bei weiterer Drehung und vollständiger Entspannung im Zenit einen Druck von 1 bar abs. aufweist. Bei dem projektierten Systemdruck von 7 bar abs. beträgt der Füllungsgrad der Zelle mit dem heißen Druckgas bei der Verwendung als Kraftmaschine ca. 23%, wo die heiße Druckgaszufuhr in die Zelle durch die einstellbare Dichtkante gestoppt wird und vollständig auf 1 bar abs. expandiert.

BESCHREIBUNG BEI VERWENDUNG ALS GASTURBINE NACH FIG. 2 UND FIG. 3

[0007] Die Konstruktion besteht aus dem Gehäusemantel 1, welcher an beiden Stirnflächen mittels vorderem und hinterem Lager 2, 3 an den jeweiligen Unterstützungen 4, 5 auf der Grundplatte 6 gelagert ist. Im Lagergehäuse für den Gehäusemantel an den beiden Unterstützungen ist das Zellenrad mit den mittels Scharnieren beweglichen Zellenwänden 7 mit den ausgefrästen Öffnungen für den Gasdurchtritt exzentrisch gelagert 8, 9, welches durch diese Exzentrizität erweiternde und verengende Zellenvolumen während der Drehbewegung mit dem Wasserring 10 formt. Bei der Verwendung als Turbine wird das heiße Druckgas konzentrisch in einem Rohr 11 durch das hintere Lager des Zellenrades in den feststehenden Teil der Gaszufuhr mit den sich erweiternden Zellenvolumen durch Längsschlitze 12 über einen Drehwinkel von ca. 55 bis 60° zugeführt. Über etwa $1/3$ des Umfanges erfolgt die Expansion des Gases, wo dieser Teil mit einer Segmentplatte 13 ausgestattet ist, die mit axialen und radialen Nuten versehen ist und als Labyrinthdichtung zwischen den einzelnen Zellenvolumen mit unterschiedlichem Druck fungiert. Im feststehenden Teil sind für die Heißgaszu- und -abfuhr Leitbleche oder -hohlprofile 14 vorgesehen, welche auch bei Bedarf mit einem Kühlmedium durchflossen werden können, wie auch die unmittelbar dem heißen Druckgasstrom ausgesetzten Flächen der Zuströmfläche 15 zu den Zellen. Das konzentrisch zum Zellenrad führende Rohr mit dem heißen Druckgas ist zweckmäßigerweise mit einer Isolation 16 versehen, um Wärmeverluste zu vermeiden bzw. das Metallrohr vor der Temperatur des heißen Druckgases zu schützen. Das Rohr ist zum hinteren Teil lösbar und mittels Einstellelementen 17 für Anpassungen an unterschiedliche Drücke leicht schwenkbar ausgeführt. Im vorderen Teil ist das Rohr im Abtriebsstummel 18 drehbar im Lager 19 gelagert, welches entweder mit Luft oder Ölumlauf über eine Drehdurchführung geschmiert und gekühlt wird. Bei größeren Einheiten ist zur Entlastung von den auftretenden Druckkräften auf die Mantelgehäuselagerung eine pneumatische Entlastung 20 empfehlenswert, welche über einen bestimmten Winkel (ca. 90°) mit Druckluft beaufschlagter Kästen mit Labyrinthdichtungen am Umfang darstellt. Im Bereich der Abfuhr des drucklosen heißen Gases ist der Gehäusemantel ebenfalls mit Schlitzen versehen 21 wo das Gas über ein mit Labyrinthdichtungen versehenes feststehendes Spiralgehäuse 22 zum Rekuperator geleitet wird. Bei kleineren Einheiten genügt die Abfuhr des drucklosen Heißgases lediglich im hinteren Turbinenteil, bei größeren ist eine beidseitige Abfuhr empfehlenswert um geringere Gasgeschwindigkeiten und damit geringere Druckverluste zu erhalten. Die Höhe und die Länge des Wasserringes wird durch zwei Kreisringflächen 23 am Mantel konstruktiv festgelegt. Die Zufuhr des nötigen Wassers 24 zum Ausbilden des Wasserringes erfolgt über das konzentrische Rohr für die Druckgaszufuhr im Bereich der Isolierung. Die Erfassung des Wasserstandes erfolgt mittels elektrischem Fühler, welcher die Wasserzufuhr regelt, die durch Verdunstung/Verdampfung durch die hohen Temperaturen nachgefüllt werden muss. Die Wasserabfuhr beim Niederfahren der Anlage erfolgt im vorderen Bereich über ein mechanisch betätigbares Ventil 25 am Mantelgehäuse wo das Wasser in einem separaten Gehäuseteil 26 aufgefangen und abgeleitet wird um nicht mit heißen Flächen in Berührung zu kommen. Hierbei ist zu beachten, dass bei den Temperaturen größer 100°C (abhängig vom herrschenden Wasserdruck) ein Teil des Wassers bei der Entspannung auf 1 bar unmittelbar verdampft und dieser Dampf abgeleitet werden muss. Die Abströmmenge des Heißwassers - Dampfgemisches ist daher auf diesen Betriebszustand bei der Verwendung als Turbine bei der Querschnittsbemessung zu berücksichtigen. Eine andere Form des Niederfahrens findet sich in der Form, dass das heiße Wasser des Wasserringes mit kaltem Wasser gespült wird und das Überschusswasser in den vorderen Bereich abgeleitet und mit einem Ringgehäuse aufgefangen wird, dies weitere Anbauten an das Außengehäuse vermeidet.

BESCHREIBUNG BEI DER VERWENDUNG ALS KOMPRESSOR NACH FIG. 4, 5

[0008] Die Konstruktion ist mit nur geringfügigen Abweichungen jener bei der Verwendung als Gasturbine ident und besteht aus dem Gehäusemantel 1, welcher an beiden Stirnflächen mittels vorderem und hinterem Lager 2, 3 an den jeweiligen Unterstützungen 4, 5 auf der Grundplatte 6 gelagert ist. Im Lagergehäuse für den Gehäusemantel an den beiden Unterstützungen ist das Zellenrad mit den mittels Scharnieren beweglichen Zellenwänden 7 mit den ausgefrästen Öffnungen für den Gasdurchtritt exzentrisch gelagert 8, 9, welches durch diese Exzentrizität erweiternde und verengende Zellenvolumen während der Drehbewegung mit dem Wasserring 10 formt. Bei der Verwendung als Kompressor wird das zu verdichtende Gas (Luft) durch den feststehenden Teil des Gehäuses 22 angesaugt, im Zellenrad verdichtet und durch das Rohr 11 durch das hintere Lager des Zellenrades zum Rekuperator bzw. Verbraucher geführt. Die Kompression erfolgt durch die sich verengenden und geschlossenen Zellenvolumen und münden nach etwa 1/3 des Umfanges in dem durch Längsschlitze 12 versehenen konzentrischen Rohr mit der Druckgasabfuhr. Der Teil wo die Kompression erfolgt, ist mit einer geschlossenen Segmentplatte 13 ausgestattet, die mit axialen und radialen Nuten versehen ist und als Labyrinthdichtung zwischen den einzelnen Zellenvolumen mit unterschiedlichem Druck fungiert. Im feststehenden Teil sind für die drucklose als auch unter Druck stehende Luft (Gas) zur Zu- als auch Abfuhr Leitbleche oder -hohlprofile 14 vorgesehen, um eine möglichst stoßfreie Umleitung zu ermöglichen sowie auch die Abströmfläche 15 von den Zellen strömungsgünstig zu gestalten. Das konzentrisch zum Zellenrad führende Rohr mit dem verdichteten Gas (Luft) kann auch mit einer Isolation 16 versehen werden, um Wärmeverluste zu vermeiden. Das Rohr ist zum hinteren Teil lösbar und mittels Einstellelementen 17 für Anpassungen an unterschiedliche Drücke leicht schwenkbar ausgeführt. Im vorderen Teil ist das Rohr im Abtriebsstummel 18 drehbar im Lager 19 gelagert, welches entweder mit Luft oder Ölumlauf über eine Drehdurchführung geschmiert und gekühlt wird. Bei größeren Einheiten ist zur Entlastung von den auftretenden Druckkräften auf die Mantelgehäuselagerung eine pneumatische Entlastung 20 empfehlenswert, welche über einen bestimmten Winkel (ca. 90°) mit Druckluft beaufschlagter Kasten mit Labyrinthdichtungen am Umfang darstellt. Im Bereich der Abfuhr des drucklosen zu komprimierenden Gases ist der Gehäusemantel ebenfalls mit Schlitzen versehen 21 wo das Gas über ein mit Labyrinthdichtungen versehenen feststehenden Spiralgehäuse 22 angesaugt wird. Bei kleineren Einheiten genügt das Ansaugen des Gases lediglich im hinteren Kompressorteil, bei größeren ist eine beidseitige Zufuhr empfehlenswert um geringere Gasgeschwindigkeiten und damit geringere Druckverluste zu erhalten. Die Höhe und die Länge des Wasserringes wird durch zwei Kreisringflächen 23 am Mantel konstruktiv festgelegt. Die Zufuhr des nötigen Wassers 24 zum Ausbilden des Wasserringes als auch für die Eindüsung von feinst zerstäubtem Wasser durch Bohrungen in der Segmentplatte zur Erreichung einer isothermenähnlichen Kompression in den sich verengenden Zellenvolumen erfolgt über das konzentrische Rohr für die Druckgasabfuhr im Bereich des konzentrischen Rohres. Die Zufuhr des nötigen Wassers zum Ausbilden des Wasserringes erfolgt durch separate Leitungen über das konzentrische Rohr für die Druckgasabfuhr. Überschüssiges Wasser aus der Eindüsung in der Segmentplatte läuft über den hinteren Kreisringquerschnitt des Wasserringes 23, welcher die Höhe des Wasserringes definiert in das Gehäuse ab, wo es für die Wiedierzufuhr in einem Behälter gesammelt wird, ebenso beim Niederfahren wo das Wasser des Wasserringes in diesem Behälter aufgefangen wird. Da zu erwarten ist, dass sich im Druckgas Wasserpartikel aus dem Kompressionsvorgang befinden, ist die Nachschaltung eines Wasserpartikelseparators empfehlenswert. Durch Kühlung des Gases ist eine Aufbereitung auf Industriepressluftqualität mit bestimmten Taupunkt möglich.

[0009] Sobald die mit dem heißen Druckgas teilgefüllte Zelle über den Zuströmwinkel hinausdreht, wird im Entspannungsbereich des Gases bis zum Ausschleiben eine Segmentplatte mit einer Labyrinthdichtung in Form einer Vielzahl von schmalen Stegen flächig dieser Bereich sowohl axial als auch an den beiden Enden radial versehen. Auf diese Weise ist es möglich, die Strömungsverluste durch einen erforderlichen Spalt von drehendem zu stillstehendem Teil höchstmöglich abzudichten, dies durch die unterschiedlichen Drücke in den einzelnen Zellen durch die Entspannung erforderlich ist. Wenn man sich die Geschwindigkeitsverhältnisse durch

den Rotor und der Gaszufuhr bzw. des Gasaustrittes vom stillstehenden Teil anschaut, ist es vorteilhaft hier Leitbleche / - profile vorzusehen (welche auch mit einem Kühlluftstrom durchflutet werden, sofern erforderlich) die einen stoßfreien Ein - und Austritt des Gases ermöglichen.

[0010] Die leichte Schwenkbarkeit des feststehenden Teiles dient zur Feinabstimmung durch den praktischen Betrieb hier die Expansion auf 1 bar abs. möglichst genau zu erhalten. Auf diese Weise ist auch eine Veränderung des Druckes möglich, sowie bei den unterschiedlichen Aufstellungshöhen mit dem unterschiedlichen Luftdruck besser ausgleichbar. Beim Kompressorbetrieb ist die Drehrichtung umgekehrt zu denken, ansonsten ergibt sich die beinahe idente Konstruktionsweise. Bei keiner anderen Kompressorart ist eine derartig große Einflussnahme durch Wassereindüsung wie bei dieser Konstruktion gegeben. Es ist sowohl eine Eindüsung in die Ansaugluft möglich, aber auch vorzugsweise vom feststehenden Teil direkt in die einzelnen Zellen und auch während des Verdichtungs Vorganges von Düsen in der Segmentplatte mit den Labyrinthdichtungen.

[0011] Durch die Vorsehung von großflächigen Längsschlitzten am Rotor ergibt sich der positive Effekt, dass dieser Drehteil fast vollständig von den auftretenden Druckkräften entlastet wird und auf den feststehenden Innenteil verlagert werden, wo diese im hinteren Teil am Zuführrohr und im vorderen Teil im Lager gut abgefangen werden können. Festigkeitsmäßig ist es besser eine Last, noch dazu bei hohen Temperaturen, in eine stillstehende Konstruktion ableiten zu können, als diese an einem rotierenden Teil die Ableitung berücksichtigen zu müssen. Zudem ergibt sich dadurch die beinahe vollständige Entlastung des hinteren großen Lagers mit der Gasdurchführung, beim vorderen Lager ergeben sich geringere Durchmesser und dadurch auch geringere Reibungsverluste durch die geringere Gleitgeschwindigkeit. Die Konstruktionsweise bei Verwendung als Kompressor ist analog zu sehen, es sollten nach Möglichkeit die Schlitzte aus einem Rohr oder eingerolltem Mantel aus Stabilitäts - und Festigkeitsgründen herausgefräst werden, es ist aber auch eine Schweißkonstruktion denkbar, natürlich sollten die Wände der Zellen am Mantel aufgeschweißt werden.

[0012] Ich möchte hier auch besonders jenen Umstand hervorheben, welcher sich durch diese konstruktive Gestaltung in der Form ergibt, dass hier auch mit Druckgastemperaturen bis an die technologischen Grenzen durch die eher geringe Belastungen erheblich über 1000°C gefahren werden kann, wenn man Folgendes berücksichtigt: Der Rotor mit den Zellen und Längsschlitzten, die nach Festigkeitserfordernissen und der Funktion mit einem Steg unterbrochen sind, wird dieses Konstruktionsprinzip auch auf den inneren feststehenden Teil angewendet, wo im Bereich der Labyrinthdichtung und der Gasentspannung dieser Teil mit Bohrungen oder einem Innenmantel versehen wird, wo ein abgestimmter Kühlluftstrom durchfließt um die zulässige Werkstofftemperatur nicht zu überschreiten.

[0013] Bei angenommen einer Druckgastemperatur von 1400°C ergibt sich eine Entspannungstemperatur von etwa 800°C zum Rekuperator, dies im nachfolgenden Teil des Ausschleiben des Gases aus den Zellen beherrscht werden kann, wo der Innenkörper ähnlich dem Rotor mit großflächigen Schlitzten gestaltet ist, zur Abfuhr des entspannten Gases. Das entspannte noch heiße Druckgas wird durch die Leitbleche in eine Radialströmung gerichtet, die in Axialrichtung den Innenraum je nach Baugröße richtung einer oder an beide Stirnwände verlässt. Die Durchführung des heißen entspannten Gases durch das nunmehr rotierende Gehäuse kann sowohl durch Schlitzte radial wie jene des Innenkörpers als auch stirnseitig erfolgen, wo das jeweils anschließende Gehäuse mit einer Labyrinthdichtung versehen ist. Ohne Leitbleche würde sich eine rotierende Strömung ergeben, die in diesem Innenraum starken Verwirbelungen und damit Widerstand unterworfen wäre. Zudem ergeben sich durch die erweiternden Querschnitte der Leitbleche eine Reduktion der Geschwindigkeit mit Fallhöhenrückgewinnung und eine Unterstützung des drehenden Zellenrades.

[0014] Der Rotor sollte in diesem Fall an der Bodenseite etwas mit Wasser in Berührung kommen, sodass im Wesentlichen eine Temperatur an den Stegen von etwa 200° C vorliegt, da die Wärmeübergangsflächen durch die großflächigen Schlitzte sehr gering gehalten werden können. Die Zellenwände, welche eine erhebliche Fläche darstellen, sollten isoliert werden, dies in der

Form erfolgen kann, dass eine relativ dünne temperaturbeständige Matte vorgesehen wird, die mit - ich denke hier - dass Quarzglas ein mögliches Abdeckmaterial darstellt, wo die Wärmeleitfähigkeit um mehr als eine Zehnerpotenz unter der Wärmeleitfähigkeit von Stahl liegt, es gibt sicher auch andere vorzugsweise nicht benetzende Werkstoffe oder Verbundwerkstoffe, denkbar ist sogar ein Kunststoff wie PTFE da die Wärmeeinwirkung lediglich über 2 bis 3/100 sec stattfindet und dann wieder in das Wasser eintaucht und die Wärmeaufnahme stark vermindert wird.

[0015] Die feststehenden Teile der Druckgaszufuhr können durch entsprechende Schamotte ausgekleidet werden, zusätzlich sind auch gekühlte Flächen durchaus möglich, wo in einem bestimmten Abstand ein 2. Rohr mit Bohrungen oder Schlitzten eingezogen wird, wo der Zwischenraum mit Kühlluft beaufschlagt wird. Die Steigerung des Wirkungsgrades bewegt sich bei 1400°C Eintrittstemperatur gegenüber 1000°C um ca. 10% absolut. Da hier die Verlustleistung durch das sich drehende Gehäuse minimiert wird, ist dies eine hervorragende mit anderen Arten verglichen sogar bessere Kompressions - /Expansionsmaschine. Die Verlustleistung durch die Wärmeabfuhr an die Wassermasse bewegt in einem Bereich von etwa 3%, wodurch sich ein Gesamtwirkungsgrad größer 90% erwarten lässt, dies bei herkömmlichen Turbinenarten nur bei Großturbinen erreichbar ist. Die Verluste durch die Strömungsbeschleunigungen/ - Verzögerungen in Umfangsrichtung können durch die beweglichen Zellenwände minimiert werden und nur im Versuch festgestellt werden.

[0016] Erwähnenswert ist auch der Umstand, dass bei der Verwendung der gleichen Baugröße als Kompressor ein etwa 4 facher Massestrom bewegt werden kann, dies dadurch, da sich bei 1 bar abs. die spezifischen Volumina bei der Turbine bei ca. 600°C des expandierten Gases bemessen werden müssen und beim Kompressor dies bei Umgebungstemperatur erfolgen kann. Als Leistungsgröße für die Turbine können etwa 5 bis 10 MW bei noch vernünftigem Konstruktionsaufwand und der gängigen Drehzahl von 1500 U/min angenommen werden, bei der Verwendung als Kompressor etwa ein Massestrom von etwa 50 bis 80 kg/sec, dieser in einer herkömmlichen Gasturbine abgearbeitet oder der Zellenradturbine in Parallelausführung von mehreren kleineren Einheiten von ca. 25 bis 30 MW entspräche.

[0017] Um Missverständnisse zu vermeiden: Die Einbindung dieser Elemente um einen höchstmöglichen Wirkungsgrad zu erreichen, außer der Kompressionsfunktion, ist in der Art vorgesehen, dass durch die Wassereindüsung am Beginn und während der Kompression zu einer isothermenähnlichen Kompression führt mit geringem Kompressionsleistungsaufwand, der feuchte kalte (ca. 85°C) verdichtete Gasstrom mittels Rekuperator durch die heißen drucklosen Turbinenabgase nahe der Turbinenaustrittstemperatur erwärmt wird, wodurch mit Berücksichtigung einer geringen Temperaturdifferenz des Rekuperators und der Wärmeverluste an die kalte Wasserwand in der Turbine, nur jene Wärmemenge in einer Brennkammer oder bei Betrieb als Heißluftturbine in einem Wärmetauscher zugeführt werden muss, die in etwa der Turbinenleistung entspricht. Ein Betrieb ohne Rekuperator ist zwar wie bei einer einfachen Gasturbine denkbar, erreicht aber nie den Wirkungsgrad eines Betriebes mit Rekuperator. Noch eine Anmerkung: Bei kleinen Einheiten ist folgende Anordnung zweckmäßig einen Generator mit zwei Wellenstummel zu verwenden, an ersterem treibt die Turbine den Generator an, an zweitem der Kompressor angetrieben.

BEZUGSZEICHENLISTE FÜR VERWENDUNG ALS EXPANSIONSMASCHINE NACH FIG. 2 UND FIG. 3

- 1 Rotierender Gehäusemantel
- 2 Hinteres Lager
- 3 Vorderes Lager
- 4 Hintere Unterstützung
- 5 Vordere Unterstützung
- 6 Grundplatte
- 7 Bewegliche Zellenwände

- 8 Exzentrische Lagerung vorne
- 9 Exzentrische Lagerung hinten
- 10 Wasserring
- 11 Konzentrisches Rohr Druckgaszufuhr
- 12 Längsschlitze für Druckgaszufuhr in erweiternde Zellenvolumen
- 13 Segmentplatte einstellbar
- 14 Leitbleche bzw. Hohlprofile kühlendiumdurchflossen
- 15 Zuströmfläche gekühlt
- 16 Isolation
- 17 Einstellelemente für Zuströmfläche in Umfangsrichtung für Anpassung an Druck
- 18 Abtriebsstummel
- 19 Lager
- 20 Pneumatische Druckentlastung
- 21 Schlitze an Außenmantel für Abfuhr des entspannten Gases
- 22 Feststehendes Spiralgehäuse abgedichtet mit Labyrinthdichtung gegenüber rotierenden Mantel
- 23 Vordere und hintere Kreisringflächen zur Definition des Wasserringes
- 24 Wasserzufuhr für Wasserring und Verdunstungsergänzung
- 25 Mechanisch betätigbares Ventil am Mantelgehäuse zum Wasserauslass
- 26 Auffanggehäuse Wasser von Wasserring beim Niederfahren

BEZUGSZEICHENLISTE FÜR VERWENDUNG ALS KOMPRESSIOMASCHINE NACH
FIG. 4 UND FIG. 5

- 1 Rotierender Gehäusemantel
- 2 Hinteres Lager
- 3 Vorderes Lager
- 4 Hintere Unterstützung
- 5 Vordere Unterstützung
- 6 Grundplatte
- 7 Bewegliche Zellenwände
- 8 Exzentrische Lagerung vorne
- 9 Exzentrische Lagerung hinten
- 10 Wasserring
- 11 Konzentrisches Rohr Druckgasabfuhr
- 12 Längsschlitze für Druckgasabfuhr in konzentrisches Rohr
- 13 Segmentplatte einstellbar
- 14 Leitbleche bzw. Hohlprofile zur Strömungsumlenkung
- 15 Abströmfläche stömungsgünstig gestaltet
- 16 Isolation
- 17 Einstellelemente für Anpassung der Abströmfläche in Umfangsrichtung für den Liefer-
druck
- 18 Antriebsstummel
- 19 Lager
- 20 Pneumatische Druckentlastung
- 21 Schlitze an Außenmantel zum Ansaugen des Gases
- 22 Feststehendes Spiralgehäuse abgedichtet gegenüber rotierenden Mantel mit Labyrinth-
dichtung
- 23 Vordere und hintere Kreisringflächen zur Definition des Wasserringes
- 24 Wasserzufuhr für Wasserring und Segmentplatte für isothermenähnliche Kompression

Patentansprüche

1. Konstruktion einer thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe, wobei die Zellwände durch unterschiedliche Wege des Wasserringes (10) und des Zellenrades (7) während einer Umdrehung beweglich gestaltet sind in Verbindung eines sich mitdrehenden Außenmantels (1), in welchem sich der Wasserring (10) befindet und der in Lagern (2, 3) der beiden Stirnseiten am Grundrahmen (6) gelagert ist, wodurch Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte vermieden werden und der Strömungswiderstand der üblicherweise rotierenden Wassermasse am Gehäuse entfällt, **dadurch gekennzeichnet**, dass davon exzentrisch das sich drehende Zellenrad mit einem Abtriebsstummel (18) zur Abfuhr des erzeugten Drehmomentes ausgestattet ist und der feststehende Innenmantel mit Rohr (11) einseitig fix am hinteren Lagerteil (4) und drehbar am Teil des Abtriebsstummel im vorderen Lager (5) mit großflächigen Zu - bzw. Abströmflächen (12, 21) gelagert ist, und dass der heiße komprimierte Gasstrom über das zum Innenmantel und das Zellenrad konzentrisch geführte Rohr (11) zuführbar ist, ausgestattet mit einem Grundrahmen fixierten Spiralgehäuse für die Abfuhr des entspannten Gases mit Labyrinthdichtung zur Abdichtung gegenüber der Umgebung (22).
2. Konstruktion einer Kompressionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe, wobei die Zellwände durch unterschiedliche Wege des Wasserringes und des Zellenrades während einer Umdrehung beweglich gestaltet sind in Verbindung eines sich mitdrehenden Außenmantels (1), in welchem sich der Wasserring (10) befindet und der in Lagern (2, 3) der beiden Stirnseiten am Grundrahmen gelagert ist, wodurch Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte vermieden werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass davon exzentrisch das sich drehende Zellenrad mit einem Antriebsstummel (18) zur Einbringung des Drehmomentes ausgestattet ist und der feststehende Innenmantel mit Rohr (11) einseitig fix am hinteren Lagerteil (4) und drehbar am Teil des Antriebsstummel im vorderen Lagerteil mit großflächigen Zu - bzw. Abströmflächen (12, 21) gelagert ist, und dass der komprimierte Luftstrom über das zum Innenmantel und das Zellenrad konzentrisch geführte Rohr (11) abführbar ist, ausgestattet mit einem am Grundrahmen fixierten Spiralgehäuse für die Zufuhr des zu verdichtenden Gases mit Labyrinthdichtung zur Abdichtung gegenüber der Umgebung (22).
3. Konstruktion einer thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 1. **dadurch gekennzeichnet**, dass das heiße Druckgas über das konzentrische Rohr (11) zugeführt wird, mit der Zuleitung des Gases über einen Drehwinkel von ca. 60° zu den sich erweiternden Zellen (7), wo die Expansion des heißen Druckgases über jenen Drehwinkel erfolgt, welcher mit der geschlossenen Segmentplatte am Innenmantel (13) ausgeführt ist.
4. Konstruktion einer thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 1. **dadurch gekennzeichnet**, dass die mit Scharnieren beweglich gestalteten Zellenradwände (7) mit einer Isolierschicht, sei es keramischer Natur oder temperaturbeständigen Kunststoffen versehen wird, um die Wärmeabfuhr über diese mit dem heißen (Druck)Gas beaufschlagte Flächen möglichst gering zu halten.
5. Konstruktion einer thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 1. **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entleerung der Wassermenge des Wasserringes (10) über ein vom feststehenden Gehäuse (22) angesteuertes Ventil (25) erfolgt, wo das Wasser unter hohem Druck unter Verdampfung einer Teilmenge des Wassers über 100° C an einem separaten Teil des Gehäuses (26) erfolgt oder durch Spülung mit Kaltwasser des Wasserringes (24) die Temperatur soweit abgesenkt wird, dass das Wasser im vorderen Teil über Bohrungen im Außenmantel dort mit einem Ringgehäuse (26) aufgefangen und abgeleitet wird.

6. Konstruktion einer Kompressions- / thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 1. und 2. **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse zur Zu- / Abfuhr der Luft/ Gas (22) je nach Fördervolumen zum Erreichen möglichst geringer Gasgeschwindigkeiten und damit Strömungswiderstandes sowohl ein - als auch beidseitig ausführbar ist.
7. Konstruktion einer Kompressionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 2. **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansaugluft über das feststehende Gehäuse (22) mit den Labyrinthdichtungen erfolgt, wo je nach Verwendungszweck zur Erreichung einer isothermenähnlichen Kompression mit geringem Leistungsaufwand die Luft über die Schlitze im Außenmantel (21) in den Innenraum einströmt und hier durch die sich erweiternden Zellenvolumen (7) zur geschlossenen Segmentplatte (13) geführt werden wo die Kompression auf den gewählten Druck erfolgt und über das konzentrische Rohr (11) dem jeweiligen Verwendungszweck zugeführt wird.
8. Konstruktion einer Kompressionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 2. **dadurch gekennzeichnet**, dass die geschlossene Segmentplatte (13) mit Bohrungen versehen ist, in welche zur Unterstützung der isothermenähnlichen Kompression im Falle von zu hoher Ausscheidung durch die vorhandenen Fliehkräfte Wasser fein zerstäubt während des Kompressionsvorganges eingedüst wird, welches über Druckleitungen (24) über das feststehende Druckgasrohr (11) in diesen Bereich zugeführt wird.
9. Konstruktion einer Kompressions- / thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 1. und 2. **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Feinabstimmung das feststehende Rohr (11), konstruktiv von Zu - bzw. Ableitungsrohren mittels einer lösbaren Verbindung getrennt, über Stellelemente im hinteren Bereich (17) leicht schwenkbar ausgeführt ist, wodurch die Zuströmkante für das heiße Druckgas beim Einstromen in die Zellen bzw. des komprimierten Gases beim Ausströmen in das Druckrohr (11) in einem gewissen Bereich geschwenkt wird und damit der gewünschte Druck von 1 bar abs. bei der Expansion nach der geschlossenen Segmentplatte (13) oder der gewünschte Kompressionsenddruck exakt einstellbar ist.
10. Konstruktion einer Kompressions- / thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 1. und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Entlastung der Lager des Außenmantels (2, 3) in Gegenrichtung der resultierenden Druckkraft mittels eines mit Labyrinthdichtungen eingefassten Kastens (20), welcher am Grundrahmen (6) einstellbar befestigt ist mit Druckluft beaufschlagt wird, um derart die Lager von (2, 3) den Kräften aus dem unter Druck stehenden Gas/Luft weitgehend zu entlasten und damit höhere Drehzahlen und Lebenszyklen erreicht werden.
11. Konstruktion einer Kompressions- /thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 1. und 2. **dadurch gekennzeichnet**, dass bei größeren Einheiten, welche standardisierte Kugel(Wälz)lager nicht mehr zulassen, über den Umfang verteilt Rollen angebracht werden (überdimensionales Kugellager), welche die Druckkräfte aufnehmen und den Außenmantel (1) zentrieren und in Längsrichtung fixieren.
12. Konstruktion einer Kompressions- /thermodynamischen Expansionsmaschine nach dem Grundprinzip einer Wasserringvakuumpumpe nach Anspruch 1. und 2. **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich der Einstromung/Ausschieben des Gases (kühlmediumdurchflossene) Profile (14) angebracht sind, die eine gerichtete Strömung des Gases in Abhängigkeit der herrschenden Geschwindigkeitsverhältnisse erlauben und dadurch einen stoßförmigen Ein - / Austritt des Gases mit Strömungsverlusten und Verwirbelungen mit erhöhter Wärmeabgabe des heißen Druckgases an den Wasserring vermeiden.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

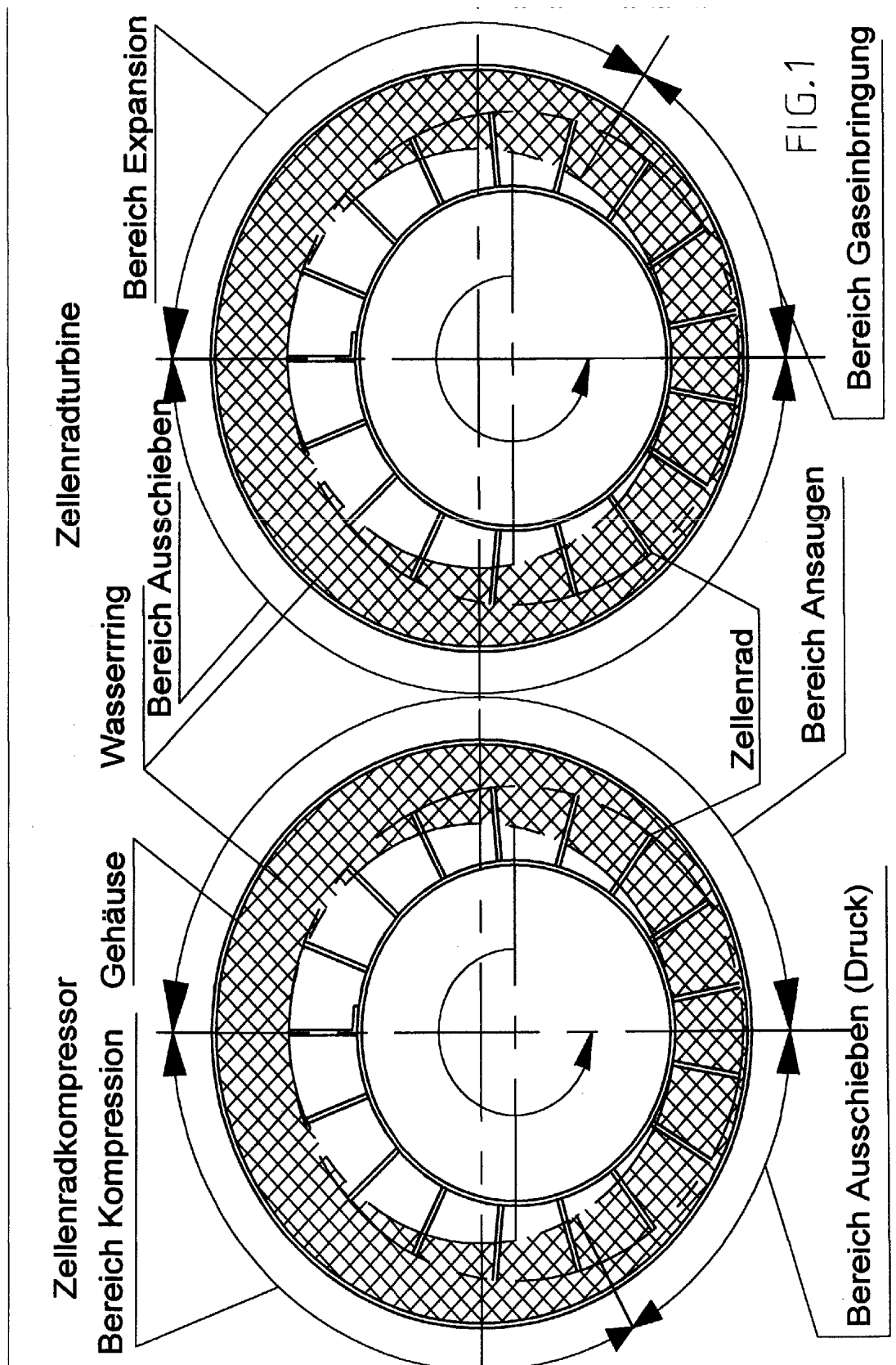
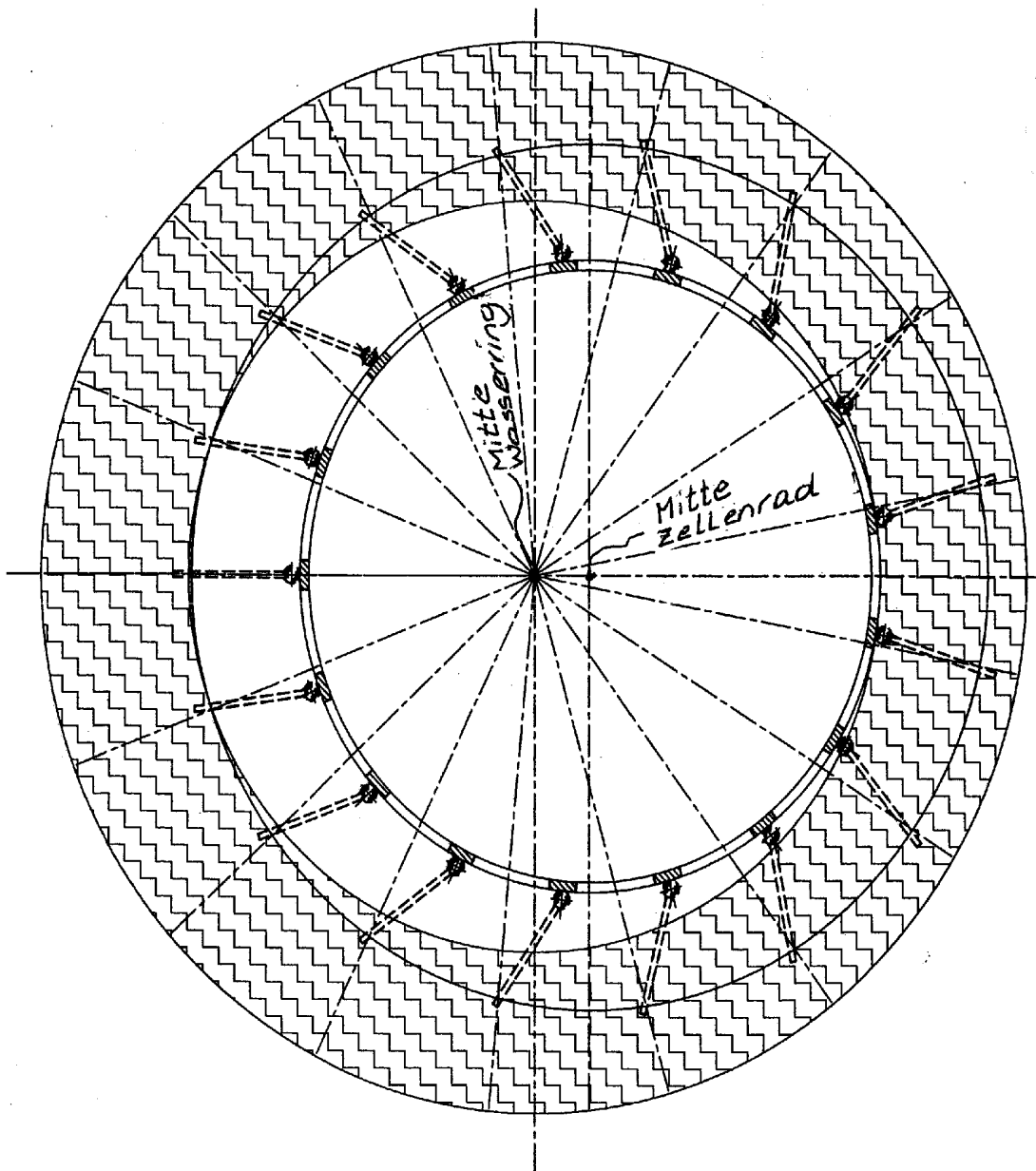


FIG. 1a



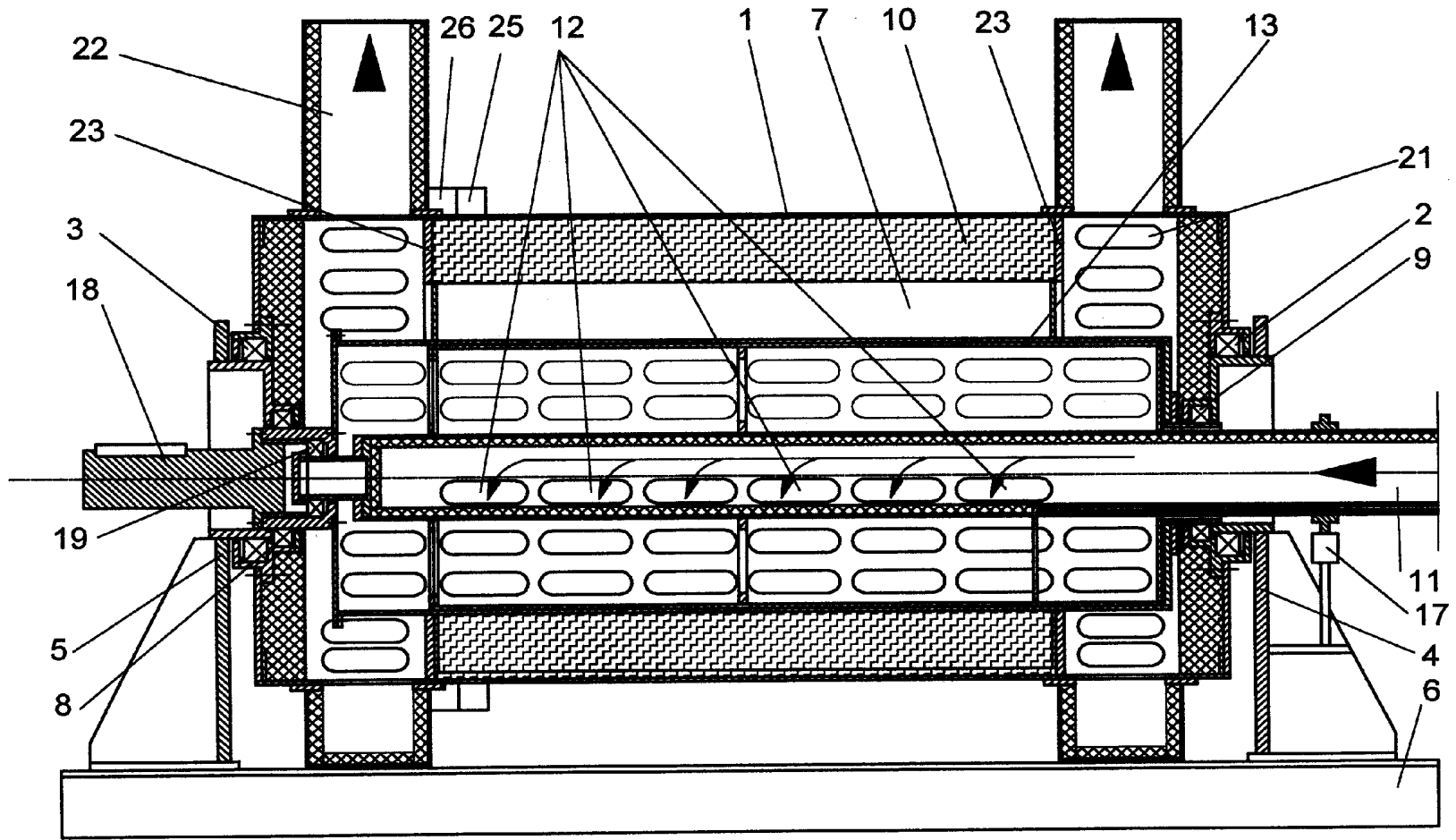


Fig. 2

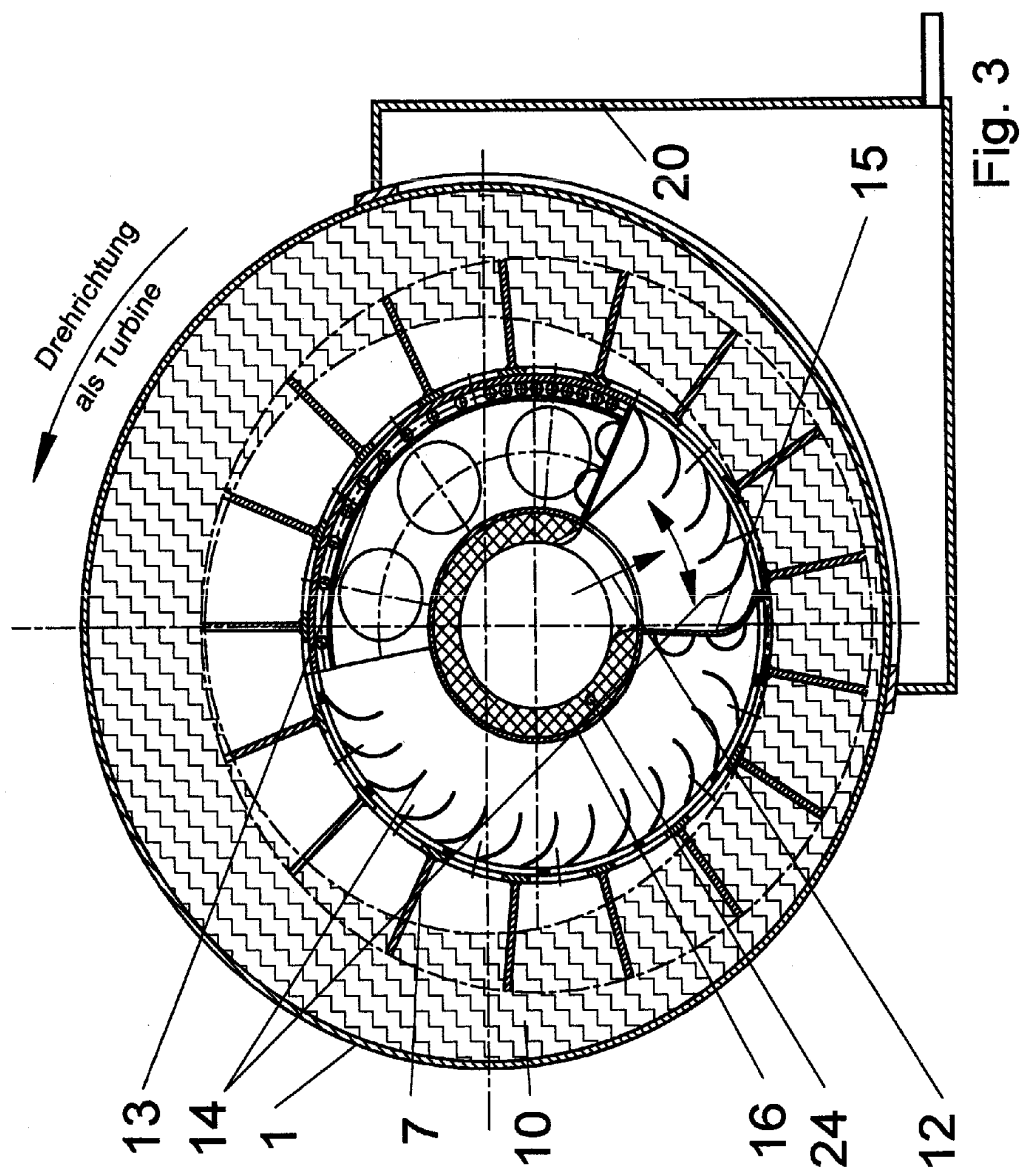


Fig. 3

