

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 275 820 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.04.2006 Patentblatt 2006/14

(51) Int Cl.:
F01K 21/04 ^(2006.01) **F02C 3/30** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02405518.8**

(22) Anmeldetag: **24.06.2002**

(54) **Gasturbinenanlage sowie ein zugehöriges Betriebsverfahren**

Gas turbine plant and method of operation therefor

Turbine à gaz et sa méthode d'opération

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **13.07.2001 CH 12902001**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.01.2003 Patentblatt 2003/03

(73) Patentinhaber: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Döbbeling, Klaus**
5210 Windisch (CH)
• **Hansson, Hans-Erik**
61246 Finspong (SE)
• **Winkler, Dieter**
79787 Lauchringen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-98/01658 **US-A- 5 513 488**

EP 1 275 820 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbinenanlage mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft außerdem eine Gasturbinenanlage mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 6. Die Erfindung betrifft des weiteren eine Verwendung eines Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfers.

Stand der Technik

[0002] Aus der WO 98/01658 ist eine Gasturbinenanlage bekannt, die eine Gasturbine mit Wasserdampfeinspeisung, mehrere Wärmetauscher zum Wärmerückgewinn aus dem Abgas der Gasturbine, eine Verdampfer- bzw. Befeuchtungseinrichtung zur Erzeugung des Wasserdampfes sowie einen Verdichter zur Erzeugung komprimierter Frischluft aufweist. Dem Verdichter wird komprimierte Frischluft entnommen und über mehrere Wärmetauscher der Befeuchtungseinrichtung zugeführt. Dieser Befeuchtungseinrichtung wird außerdem erhitztes Speisewasser zugeführt, das verdampft und zusammen mit der komprimierten Frischluft ein Wasserdampf-Luft-Gemisch bildet. Dieses Wasserdampf-Luft-Gemisch wird über einen oder mehrere Wärmetauscher rückgeführt und stromauf der Gasturbine, insbesondere stromauf der zugehörigen Brennkammer, eingespeist. Die Erhitzung des Speisewassers sowie die Überhitzung des Wasserdampf-Luft-Gemischs erfolgen dabei in Wärmetauschern, die vom Abgas der Gasturbine beaufschlagt werden. Diese Wärmetauscher bilden dabei eine Einrichtung zum Wärmerückgewinn aus dem Abgas. Darüber hinaus kann das Abgas außerdem zur Vorerwärmung des Speisewassers in einem weiteren Wärmetauscher verwendet werden. Der Gesamtwirkungsgrad einer solchen Gasturbinenanlage hängt insbesondere davon ab, wieviel Wärmeenergie dem aus der Gasturbine austretenden Abgas entzogen werden kann.

[0003] Aus der EP 0 843 083 ist eine Vorrichtung bekannt, mit deren Hilfe ein flüssiger Brennstoff mittels eines Spülgases aufbereitet wird, um so den flüssigen Brennstoff hinsichtlich des volumetrischen Heizwertes an einen gasförmigen Brennstoff anzugleichen. Diese Vorrichtung enthält zu diesem Zweck ein Verdampferrohr, das aus einem gut wärmeleitenden Material besteht und mit einer Heizeinrichtung zusammenwirkt. Der flüssige Brennstoff wird dabei so in das Verdampferrohr oben eingeleitet, dass er entlang der Innenfläche des Verdampferrohres abläuft und dabei einen relativ dünnen Film bildet. Durch die Beheizung des Verdampferrohres kann der Brennstofffilm leicht verdampfen. Gleichzeitig wird von unten das Spülgas in das Verdampferrohr eingeleitet, so dass sich dieses mit dem Brennstoffdampf vermischt; gleichzeitig wird dadurch der Brennstoff abtransportiert. Auf diese Weise wird die Dichte des Brennstoff-Spülgasgemisches so eingestellt, dass sich der ge-

wünschte volumetrische Heizwert ergibt. Eine derartige Vorrichtung kann auch als "Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer" bezeichnet werden.

5 Darstellung der Erfindung

[0004] Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, beschäftigt sich mit dem Problem, für eine Gasturbinenanlage sowie für ein zugehöriges Betriebsverfahren der eingangs genannten Art eine Ausführungsform anzugeben, die für die Gasturbinenanlage einen erhöhten Gesamtwirkungsgrad ermöglicht.

[0005] Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Gasturbinenanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Das der Erfindung zugrundeliegende Problem wird außerdem durch eine Verwendung mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen wiedergegeben.

[0006] Durch die erfindungsgemäße Anwendung einer Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfung beim Verdampfen des Speisewassers kann dem Abgas der Gasturbine mehr Wärme entzogen werden als bei einer herkömmlichen Speisewasserverdampfung. Auf diese Weise kann der Gesamtwirkungsgrad der Anlage erhöht werden. Die intensive Kühlwirkung der Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfung beruht insbesondere auf der hohen Wärmeübertragung zwischen der Wandung und dem Speisewasser und auf dem direkten Kontakt der Wandung mit dem daran entlang ablaufenden Speisewasser.

[0007] Eine Verbesserung der Verdampfungswirkung kann dadurch erreicht werden, dass die Frischluft und das Abgas die Wandung, an der das Speisewasser abläuft, nach dem Gegenstromprinzip beaufschlagen.

[0008] Eine weitere Verbesserung der Verdampfungsleistung kann dadurch erzielt werden, dass das Speisewasser vor seiner Verdampfung vorgewärmt wird. Hierzu kann einerseits das Speisewasser in einem ersten Wärmetauscher mit der im Verdichter komprimierten und dadurch erhitzten Frischluft im Wärmeaustausch stehen. Alternativ oder zusätzlich kann das Speisewasser über einen zweiten Wärmetauscher mit dem Abgas in wärmeübertragender Verbindung stehen, das bereits durch die Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfung abgekühlt ist.

[0009] Des weiteren ist es sinnvoll, die Überhitzung des Wasserdampf-Luft-Gemischs ebenfalls mit Hilfe der im Abgas enthaltenen Wärme durchzuführen, was mittels eines dritten Wärmetauschers realisierbar ist, der einerseits im Dampfstrom stromab der Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfung und andererseits im Abgasstrom stromauf der Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfung angeordnet ist.

[0010] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform kann wenigstens einer der genannten Wärmetauscher eine integrale Einheit mit dem Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer bilden, wodurch Leitungsverluste

vermieden werden können.

[0011] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die einzige Figur 1 zeigt eine stark vereinfachte Prinzipdarstellung einer Gasturbinenanlage nach der Erfindung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0013] Entsprechend Figur 1 weist eine erfindungsgemäße Gasturbinenanlage 1 einen Verdichter 2 auf, dessen Eingang 3 mit Frischluft 4, z. B. aus der Umgebung, versorgt wird. Im Betrieb der Gasturbinenanlage 1 komprimiert der Verdichter 2 die Frischluft, so dass an einem Ausgang 5 des Verdichters 2 komprimierte Frischluft 6 austritt. Die Hauptmenge der komprimierten Frischluft 6 wird einer Brennkammer 7 der Gasturbinenanlage 1 zugeführt, in der in herkömmlicher Weise eine Verbrennung eines üblichen Brennstoffs 40, insbesondere Erdgas, durchgeführt wird. Dementsprechend treten aus der Brennkammer 7 heiße und hoch komprimierte Abgase 8 aus, die einem Eingang 9 einer Gasturbine 10 der Gasturbinenanlage 1 zugeführt werden. In der Gasturbine 10 werden diese Abgase entspannt, so dass bei einem Ausgang 11 der Gasturbine 10 entspannte, heiße Abgase 12 austreten. Die in der Gasturbine 10 dabei freigesetzte Energie wird im wesentlichen zum Antrieb des Verdichters 2 sowie zum Antrieb eines Verbrauchers, insbesondere eines zur Stromerzeugung dienenden Generators 13, verwendet.

[0014] Die erfindungsgemäße Gasturbinenanlage 1 ist außerdem mit einem Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer 14 ausgestattet, der eine integrale Einheit aus einer Verdampfungseinrichtung und einer Abgaswärmerückgewinnungseinrichtung bildet. Der Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer 14 weist ein Gehäuse 15 auf, das einen Wassereingang 16 für Speisewasser 17, einen Lufteingang 18 für komprimierte Frischluft 6 bzw. 19, einen Abgaseingang 20 für das heiße Abgas 12, einen Dampfausgang 21 für überhitzten Wasserdampf bzw. für überhitztes Wasserdampf-Luft-Gemisch 22, einen Abgasausgang 23 für abgekühltes Abgas 24, einen Zusatzeingang 25 für vorzuwärmendes Speisewasser 26 sowie einen Zusatzausgang 27 für vorgewärmtes Speisewasser 28 aufweist. Desweiteren enthält das Gehäuse 15 eine Verdampfungsleitungsanordnung 29, die beispielsweise aus einer Vielzahl parallel zu einander verlaufender Rohre 30 gebildet ist und in einem durch eine geschweifte Klammer 31 gekennzeichneten Verdampferabschnitt des Gehäuses 15 angeordnet ist. Die Verdampfungsleitungsanordnung 29 wird am oberen Ende der einzelnen Rohre 30 bei 32 über den Wassereingang 16 mit dem zu verdampfenden Speisewasser 17 ver-

sorgt. Das Speisewasser 17 wird dabei so geführt, dass es im Inneren der Rohre 30 an deren Wandflächen abläuft und daran einen Film bildet, der insbesondere dünner als 1 mm sein kann. Die Rohre 30 bzw. die Verdampfungsleitungsanordnung 29 enthalten somit im Verdampferabschnitt 31 eine mit ununterbrochener Linie symbolisch gekennzeichnete Wandung 39, entlang der das zu verdampfende Speisewasser 17 abläuft.

[0015] Die Verdampfungsleitungsanordnung 29 wird über den Lufteingang 18 bei 33, also unten mit komprimierter Frischluft 6 bzw. 19 versorgt, wodurch die Rohre 30 in ihrem Inneren mit der Frischluft beaufschlagt werden. Dementsprechend ist auch das an der genannten Wandung 39 ablaufende Speisewasser mit der Frischluft beaufschlagt.

[0016] Zur Versorgung des Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfers 14 mit komprimierter Frischluft 6 wird ein Teilstrom 38 der Frischluft 6 nach dem Verdichter 2 abgezweigt. Ebenso ist es möglich, die für die Verdampfung benötigte Frischluft an einer anderen Stelle des Verdichters 2 abzuzweigen.

[0017] In der hier gezeigten Ausführungsform ist außerdem ein erster Wärmetauscher 34 vorgesehen, der bezüglich der abgezweigten, komprimierten Frischluft 38 stromauf des Lufteingangs 18 und bezüglich des Speisewassers stromauf des Wassereingangs 16 angeordnet ist. Dieser erste Wärmetauscher 34 wird somit einerseits vom Speisewasser und andererseits von der komprimierten Frischluft 38 durchströmt. Hierdurch wird das Speisewasser vorgewärmt, während die komprimierte Frischluft abgekühlt wird; die abgekühlte Frischluft ist hier mit 19 bezeichnet.

[0018] Entsprechend der hier gezeigten speziellen Ausführungsform ist in das Gehäuse 15 des Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfers 14 ein zweiter Wärmetauscher 35 integriert, der einerseits vom Speisewasser durchströmt und andererseits mit den Abgasen der Gasturbine 10 beaufschlagt ist. Dieser zweite Wärmetauscher 35 ist dabei bezüglich der Abgase stromab des Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfers 14 und bezüglich des Speisewassers stromauf des ersten Wärmetauschers 34 bzw. stromauf des Wassereingangs 16 angeordnet.

[0019] Darüber hinaus ist im Gehäuse 15 des Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfers 14 ein dritter Wärmetauscher 36 angeordnet, der einerseits von einem Wasserdampf-Luft-Gemisch 37 durchströmt wird, das aus dem Verdampferabschnitt 31 der Verdampfungsleitungsanordnung 29 austritt. Andererseits ist dieser dritte Wärmetauscher 36 mit den heißen Abgasen 12 beaufschlagt. Hinsichtlich der Abgase ist dieser dritte Wärmetauscher 36 somit stromauf des Verdampferabschnitts 31 der Verdampfungsleitungsanordnung 29 angeordnet, während er hinsichtlich des Wasserdampf-Luft-Gemischs 37 zwischen dem Verdampferabschnitt 31 und dem Dampf-Luft-Gemisch-Ausgang 21, also stromauf der Gasturbine 10, angeordnet ist. Die Verdampfungsleitungsanordnung 29 bildet mit ihrem Verdampferab-

schnitt 31 innen eine Verdampfungseinrichtung, während sie außen eine Abgaswärmerückgewinnungseinrichtung bildet, die außerdem durch den zweiten Wärmetauscher 35 und/oder den dritten Wärmetauscher 36 ergänzt sein kann.

[0020] Durch die gewählte Anordnung beaufschlagt die Frischluft 19 das entlang der durch die Innenseite der Rohre 30 gebildete Verdampferwandung 39 ablaufende Speisewasser 17 nach dem Gegenstromprinzip. In entsprechender Weise beaufschlagen die Frischluft 19 und das heiße Abgas 12 im Gehäuse 15 die Rohre 30 nach dem Gegenstromprinzip. Ebenso werden der erste Wärmetauscher 34, der zweite Wärmetauscher 35 und der dritte Wärmetauscher 36 nach dem Gegenstromprinzip durchströmt.

[0021] Erfindungsgemäß wird die Gasturbinenanlage 1 wie folgt betrieben:

[0022] Im Betrieb der Gasturbinenanlage 1 komprimiert der Verdichter 2 Frischluft 6, von welcher der mit 38 bezeichnete Anteil dem ersten Wärmetauscher 34 zugeführt wird. Nach dem ersten Wärmetauscher 34 wird die komprimierte und abgekühlte Frischluft 19 über den Lufteingang 18 der Verdampfungsleitungsanordnung 29 zugeführt, in der sie sich mit dem darin verdampfenden Speisewasser vermischt, wobei die Frischluft 19 außerdem den Transport des mit 37 bezeichneten Wasserdampf-Luft-Gemischs aus der Verdampfungsleitungsanordnung 29 gewährleistet.

[0023] Am Abgaseingang 20 treten die heißen Abgase 12 in das Gehäuse 15 ein und beaufschlagen zunächst den dritten Wärmetauscher 36 und bewirken darin eine Überhitzung des Wasserdampf-Luft-Gemischs 37, wodurch das gewünschte überhitzte Wasserdampf-Luft-Gemisch 22 entsteht. Nach dem dritten Wärmetauscher 36 umströmen die noch immer heißen Abgase die Rohre 30 an deren Außenseiten. Das bedeutet, dass die vorstehend genannte Verdampferwandung 39, an der innen das Speisewasser entlang abfließt, außen mit dem noch immer heißen Abgas beaufschlagt wird. Da die Rohre 30 vorzugsweise aus einem relativ gut wärmeleitenden Material, z. B. Stahl, hergestellt sind, ergibt sich dabei ein relativ intensiver Wärmeübergang, bei dem sich einerseits die Abgase relativ stark abkühlen, während andererseits eine intensive Verdampfung des Speisewassers erreicht wird. Stromab dieses Verdampferabschnitts 31 beaufschlagen die noch immer relativ warmen Abgase den zweiten Wärmetauscher 35 und bewirken darin eine erste Vorwärmung des Speisewassers. Am Abgasausgang 23 treten dann die relativ weit abgekühlten Abgase 24 aus dem Gehäuse 15 aus.

[0024] Am Zusatzeingang 25 wird relativ kühles Speisewasser 26 in das Gehäuse 15 bzw. in den zweiten Wärmetauscher 35 eingeleitet, in dem die bereits oben genannte erste Vorwärmung des Speisewassers stattfindet. Das insoweit vorgewärmte Speisewasser 28 tritt am Zusatzausgang 27 wieder aus dem Gehäuse 15 aus und gelangt in den ersten Wärmetauscher 34. Dort erfolgt eine zweite Vorwärmung des Speisewassers, bevor es

am Wassereingang 16 in das Gehäuse 15 bzw. in den Verdampferabschnitt 31 der Verdampfungsleitungsanordnung 29 eintritt. In diesem Verdampferabschnitt 31 findet dann die Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfung statt, wobei sich das verdampfte Speisewasser mit der bei 33 eingeleiteten Frischluft vermischt. Um eine intensive Durchmischung zu erhalten, können nicht näher beschriebene Turbolatoren oder dergleichen eingesetzt werden. Ebenso kann es vorteilhaft sein, das Speisewasser tangential in die einzelnen Rohre 30 einzuleiten, um beispielsweise eine schraubenförmige Strömung zu erhalten.

[0025] Das im Verdampferabschnitt 31 gebildete Speisewasserdampf-Frischluft-Gemisch 37 gelangt dann in den dritten Wärmetauscher 36, in dem die oben geschilderte Überhitzung des Wasserdampf-Luft-Gemischs erfolgt. Das überhitzte Wasserdampf-Luft-Gemisch 22 kann dann stromauf der Brennkammer 7 in den Hauptstrom der komprimierten Frischluft 6 rückgeführt werden.

[0026] Durch die Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfung im Verdampferabschnitt 31 wird eine intensive Wärmerückgewinnung aus den Turbinenabgasen erreicht, wodurch sich der Wirkungsgrad der Gesamtanlage 1 erhöht. Desweiteren führt auch die Integration des zweiten Wärmetauschers 35 und des dritten Wärmetauschers 36 in das Gehäuse 15 des Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfers 14 zu einer Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads, wobei außerdem eine besonders kompakte Bauweise erreicht wird.

Bezugszeichenliste

[0027]

- | | | |
|----|----|--|
| 35 | 1 | Gasturbinenanlage |
| | 2 | Verdichter |
| | 3 | Eingang von 2 |
| | 4 | unkomprimierte Frischluft |
| | 5 | Ausgang von 2 |
| 40 | 6 | komprimierte Frischluft |
| | 7 | Brennkammer |
| | 8 | komprimiertes, heißes Abgas |
| | 9 | Eingang von 10 |
| | 10 | Gasturbine |
| 45 | 11 | Ausgang von 10 |
| | 12 | entspanntes, heißes Abgas |
| | 13 | Generator |
| | 14 | Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer |
| | 15 | Gehäuse von 14 |
| 50 | 16 | Wassereingang von 15 |
| | 17 | Speisewasser, zweifach vorgewärmt |
| | 18 | Lufteingang von 15 |
| | 19 | gekühlte komprimierte Frischluft |
| | 20 | Abgaseingang von 15 |
| 55 | 21 | Dampf-Luft-Gemisch-Ausgang von 15 |
| | 22 | überhitztes Wasserdampf-Luft-Gemisch |
| | 23 | Abgasausgang von 15 |
| | 24 | gekühltes Abgas |

25 Zusatzzugang von 15
 26 ungewärmtes Speisewasser
 27 Zusatzzugang von 15
 28 Speisewasser, einfach vorgewärmt
 29 Verdampfungsleitungsanordnung
 30 Rohr
 31 Verdampferabschnitt
 32 Eingang von 29 für 17
 33 Eingang von 29 für 19
 34 erster Wärmetauscher
 35 zweiter Wärmetauscher
 36 dritter Wärmetauscher
 37 Wasserdampf-Luft-Gemisch
 38 abgezweigte, komprimierte Frischluft
 39 Verdampferwandung
 40 Brennstoffzuführung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Gasturbinenanlage (1).

- bei dem nach oder aus einem Verdichter (2) komprimierte Frischluft (6, 19, 38) abgezweigt und einer Verdampferanordnung (14) zugeführt wird,
- bei dem zur Erzeugung eines Wasserdampf-Luft-Gemischs (22, 37) in der Verdampferanordnung (14) unter Wärmezuführung Speisewasser (17) verdampft und mit der Frischluft (6, 19, 38) vermischt wird,
- bei dem das Wasserdampf-Luft-Gemisch (22, 37) stromauf einer Gasturbine (10) rückgeführt wird,
- bei dem die für die Verdampfung des Speisewassers (17, 26, 28) benötigte Wärme zumindest teilweise einem Abgas (12) der Gasturbine (10) entzogen wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Speisewasser (17, 26, 28) entlang einer mit dem Abgas (12) beheizten Wandung (39) abläuft und mit der Frischluft (6, 19, 38) beaufschlagt wird, wobei das Speisewasser (17, 26, 28) verdampft und sich mit der Frischluft (6, 19, 38) vermischt und ein Wasserdampf-Luft-Gemisch (22, 37) bildet, das zumindest teilweise der Gasturbinenanlage zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Frischluft (6, 19, 38) und das Abgas (12) die Wandung (39) nach dem Gegenstromprinzip beaufschlagen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Speisewasser (17, 26, 28) stromauf der

Wandung (39) in einem ersten Wärmetauscher (34) vorgewärmt wird, der mit der Frischluft (6, 38) beaufschlagt wird, bevor diese die Wandung (39) beaufschlagt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Speisewasser (17, 26, 28) stromauf der Wandung (39) und insbesondere stromauf des ersten Wärmetauschers (34) in einem zweiten Wärmetauscher (35) vorgewärmt wird, der mit dem Abgas (12) beaufschlagt wird, nachdem dieses die Wandung (39) erhitzt hat.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Wasserdampf-Luft-Gemisch (22, 37) stromab der Wandung (39) in einem dritten Wärmetauscher (36) überhitzt wird, der mit dem Abgas (12) beaufschlagt wird, bevor dieses die Wandung (39) erhitzt.

6. Gasturbinenanlage, umfassend eine Gasturbine (10) mit Wasserdampf-Luft-Einspeisung, eine Einrichtung (29, 35, 36) zur Wärmerückgewinnung aus dem Abgas (12) der Gasturbine (10), eine Verdampferanordnung (29, 31) zur Erzeugung eines Wasserdampf-Luft-Gemischs (37), einen Verdichter (2) zur Erzeugung komprimierter Frischluft (6, 19, 38), wobei die Verdampferanordnung (29, 31) mit Speisewasser (17, 26, 28), komprimierter Frischluft (6, 19, 38) aus dem Verdichter (2) und Wärme aus dem Abgas (12) versorgt wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Einrichtung zum Wärmerückgewinn und die Verdampferanordnung eine Einheit bilden, die als Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer (14) ausgebildet ist,

der einen Wassereingang (16) für das Speisewasser (17), einen Lufteingang (18) für die Frischluft (19, 38), einen Abgaseingang (20) für das heiße Abgas (12),

einen Abgasausgang (23) für das kalte Abgas (24), einen Dampf-Luft-Gemisch-Ausgang (21) für das heiße Wasserdampf-Luft-Gemisch (22, 37) und eine Verdampferwandung (39) aufweist, entlang der auf der einen Seite das Speisewasser (17) abläuft und mit der Frischluft (19, 38) beaufschlagt ist, und die auf der anderen Seite mit dem Abgas (12) beaufschlagt ist.

7. Gasturbinenanlage nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer (14) ein Gehäuse (15) aufweist, in dem eine Verdampfungsleitungsanordnung (29) untergebracht ist, die in einem Verdampferabschnitt (31) die Wandung (39) aufweist oder bildet, wobei das Abgas (12) in-

nerhalb des Gehäuses (15) die Verdampfungsleitungsanordnung (29) von außen beaufschlagt, wobei das Speisewasser (17) im Verdampferabschnitt (31) im Inneren der Verdampfungsleitungsanordnung (29) entlang der Wandung (39) abläuft und mit der Frischluft (6) beaufschlagt ist.

8. Gasturbinenanlage nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** Lufteingang (18) und Dampfausgang (21) sowie Abgaseingang (20) und Abgasausgang (23) so angeordnet sind, dass der Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer (14) nach dem Gegenstromprinzip durchströmbar ist.

9. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster Wärmetauscher (34) vorgesehen ist, der einerseits vom Speisewasser (26, 28) stromauf der Wandung (39) und andererseits von der Frischluft (6, 38) stromauf der Wandung (39) durchströmbar ist.

10. Gasturbinenanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zweiter Wärmetauscher (35) vorgesehen ist, der einerseits vom Speisewasser (26) stromauf der Wandung (39), insbesondere stromauf des ersten Wärmetauschers (34), und andererseits vom Abgas (12) stromab der Wandung (39) durchströmbar ist.

11. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Wärmetauscher (35) in den Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer (14), insbesondere in das Gehäuse (15), integriert ist.

12. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein dritter Wärmetauscher (36) vorgesehen ist, der einerseits vom Wasserdampf-Luft-Gemisch (37) stromab der Wandung (39) und andererseits vom Abgas (12) stromauf der Wandung (39) durchströmbar ist.

13. Gasturbinenanlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Wärmetauscher (36) in den Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfer (14), insbesondere in das Gehäuse (15), integriert ist.

14. Verwendung eines Rieselfilm- oder Dünnschichtverdampfers (14), bei dem ein flüssiges Medium (17, 26, 28) entlang einer beheizten Wandung (39) ab-

läuft und mit einem gasförmigen Medium (6, 19, 38) beaufschlagt wird, wobei das flüssige Medium (17, 26, 28) verdampft, mit dem gasförmigen Medium (6, 19, 38) vermischt und abgeführt wird, zur Rückgewinnung von Wärme aus einem Abgas (12) einer Gasturbine (10) mit Wasserdampfeinspeisung, wobei das Abgas (12) zum Beheizen der Wandung (39) dient, wobei das flüssige Medium durch Speisewasser (17, 26, 28) gebildet ist, wobei das gasförmige Medium durch in einem Verdichter (2) komprimierte Frischluft (6, 19, 38) gebildet ist und wobei das verdampfte und mit der Frischluft (6, 19, 38) vermischte Speisewasser (17, 26, 28) das Wasserdampf-Luft-Gemisch (22, 37) für die Einspeisung bildet.

Claims

1. Method of operating a gas turbine plant (1),

- in which compressed fresh air (6, 19, 38) is branched off after or from a compressor (2) and supplied to an evaporator device (14),
- in which, in the evaporator device (14), feed water (17) is evaporated, while heat is supplied, and is mixed with the fresh air (6, 19, 38) in order to generate a steam/air mixture (22, 37),
- in which the steam/air mixture (22, 37) is fed back upstream of a gas turbine (10),
- in which the heat required for the evaporation of the feed water (17, 26, 28) is at least partially extracted from an exhaust gas (12) of the gas turbine (10),

characterized in that the feed water (17, 26, 28) runs down a wall arrangement (39) heated by the exhaust gas (12) and is subjected to the fresh air (6, 19, 38), the feed water (17, 26, 28) evaporating and mixing with the fresh air (6, 19, 38) and forming a steam/air mixture (22, 37), part at least of which is supplied to the gas turbine plant.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the wall arrangement (39) is subjected to the fresh air (6, 19, 38) and the exhaust gas (12) according to the counterflow principle.

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the feed water (17, 26, 28) is preheated upstream of the wall arrangement (39) in a first heat exchanger (34), which is subjected to the fresh air (6, 38) before the wall arrangement (39) is subjected to the fresh air (6, 38).

4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the feed water (17, 26, 28) is preheated upstream of the wall arrangement (39) and,

in particular, upstream of the first heat exchanger (34) in a second heat exchanger (35), which is subjected to the exhaust gas (12) after the latter has heated the wall arrangement (39).

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the steam/air mixture (22, 37) is superheated upstream of the wall arrangement (39) in a third heat exchanger (36), which is subjected to the exhaust gas (12) before the latter heats the wall arrangement (39). 10
6. Gas turbine plant, comprising a gas turbine (10) with steam/air injection, a device (29, 35, 36) for recovering the heat from the exhaust gas (12) of the gas turbine (10), an evaporator device (29, 31) for generating a steam/air mixture (37), a compressor (2) for generating compressed fresh air (6, 19, 38), the evaporator device (29, 31) being supplied with feed water (17, 26, 28), compressed fresh air (6, 19, 38) from the compressor (2) and heat from the exhaust gas (12), **characterized in that** the device for recovering the heat and the evaporator device form a unit which is configured as a trickling film or thin film evaporator (14), which has a water inlet (16) for the feed water (17), an air inlet (18) for the fresh air (19, 38), an exhaust gas inlet (20) for the hot exhaust gas (12), an exhaust gas outlet (23) for the cold exhaust gas (24), a steam/air mixture outlet (21) for the hot steam/air mixture (22, 37) and an evaporator wall arrangement (39), along which the feed water (17) runs down and is subjected to the fresh air (19, 38), on one side, and which is subjected to the exhaust gas (12), on the other side. 20
7. Gas turbine plant according to Claim 6, **characterized in that** the trickling film or thin film evaporator (14) has a casing (15) in which is accommodated an evaporator line arrangement (29), which has or forms the wall arrangement (39) in an evaporator section (31), the evaporation line arrangement (29) being subjected from the outside by the exhaust gas (12) within the casing (15), the feed water (17) running down the wall arrangement (39) and being subjected to the fresh air (6) in the evaporator section (31) within the evaporation line arrangement (29). 25
8. Gas turbine plant according to Claim 6 or 7, **characterized in that** the air inlet (18) and steam outlet (21) and the exhaust gas inlet (20) and exhaust gas outlet (23) are arranged in such a way that flow can take place through the trickling film or thin film evaporator (14) according to the counterflow principle. 30
9. Gas turbine plant according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** a first heat exchanger (34) is provided through which feed water (26, 28) can flow upstream of the wall arrangement (39), on one side, 35

and fresh air (6, 38) can flow upstream of the wall arrangement (39), on the other side.

10. Gas turbine arrangement according to one of Claims 6 to 9, **characterized in that** a second heat exchanger (35) is provided through which feed water (26) can flow upstream of the wall arrangement (39), in particular upstream of the first heat exchanger (34), on one side, and exhaust gas (12) can flow upstream of the wall arrangement (39), on the other side. 40
11. Gas turbine arrangement according to Claim 10, **characterized in that** the second heat exchanger (35) is integrated into the trickling film or thin film evaporator (14), in particular into the casing (15). 45
12. Gas turbine plant according to one of Claims 6 to 11, **characterized in that** a third heat exchanger (36) is provided through which steam/air mixture (37) can flow downstream of the wall arrangement (39), on one side, and exhaust gas (12) can flow upstream of the wall arrangement (39), on the other side. 50
13. Gas turbine plant according to Claim 12, **characterized in that** the third heat exchanger (36) is integrated into the trickling film or thin film evaporator (14), in particular into the casing (15). 55
14. Use of a trickling film or thin film evaporator (14), in which a liquid medium (17, 26, 28) runs down a heated wall arrangement (39) and is subjected to a gaseous medium (6, 19, 38), the liquid medium (17, 26, 28) being evaporated, mixed and led away with the gaseous medium (6, 19, 38) for the recovery of heat from an exhaust gas (12) of a gas turbine (10) with steam injection, the exhaust gas (12) being used for heating the wall arrangement (39), the liquid medium being formed by feed water (17, 26, 28), the gaseous medium being formed by fresh air (6, 19, 38) compressed in a compressor (2) and the evaporated feed water (17, 26, 28), mixed with the fresh air (6, 19, 38), forming the steam/air mixture (22, 37) for the injection. 60

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner une installation de turbine à gaz (1)
 - dans lequel de l'air frais comprimé (6, 19, 38) est prélevé après ou depuis un compresseur (2) et est acheminé à un dispositif d'évaporation (14),
 - dans lequel, pour produire un mélange de vapeur d'eau et d'air (22, 37) dans le dispositif d'évaporation (14), de l'eau d'alimentation (17)

est évaporée avec apport de chaleur et est mélangée avec l'air frais (6, 19, 38),

- dans lequel le mélange de vapeur d'eau et d'air (22, 37) est ramené en amont d'une turbine à gaz (10),

- dans lequel la chaleur nécessaire pour l'évaporation de l'eau d'alimentation (17, 26, 28) est prélevée au moins en partie d'un gaz d'échappement (12) de la turbine à gaz (10),

caractérisé en ce que

l'eau d'alimentation (17, 26, 28) s'écoule le long d'une paroi (39) chauffée avec le gaz d'échappement (12) et est sollicitée avec l'air frais (6, 19, 38), l'eau d'alimentation (17, 26, 28) s'évaporant et se mélangeant avec l'air frais (6, 19, 38) et formant un mélange de vapeur d'eau et d'air (22, 37) qui est au moins en partie acheminé à l'installation de turbine à gaz.

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

l'air frais (6, 19, 38) et le gaz d'échappement (12) sollicitent la paroi (39) selon le principe du contre-courant.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que

l'eau d'alimentation (17, 26, 28) est préchauffée en amont de la paroi (39) dans un premier échangeur de chaleur (34), qui est sollicité avec l'air frais (6, 38) avant que celui-ci ne sollicite la paroi (39).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

l'eau d'alimentation (17, 26, 28) est préchauffée en amont de la paroi (39) et en particulier en amont du premier échangeur de chaleur (34), dans un deuxième échangeur de chaleur (35) qui est sollicité avec le gaz d'échappement (12) après que celui-ci a chauffé la paroi (39).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que

le mélange de vapeur d'eau et d'air (22, 37) est surchauffé en aval de la paroi (39) dans un troisième échangeur de chaleur (36) qui est sollicité avec le gaz d'échappement (12) avant que celui-ci ne chauffe la paroi (39).

6. Installation de turbine à gaz, comprenant une turbine à gaz (10) avec une alimentation en vapeur d'eau et en air, un dispositif (29, 35, 36) pour récupérer la chaleur du gaz d'échappement (12) de la turbine à gaz (10), un dispositif d'évaporation (29, 31) pour produire un mélange de vapeur d'eau et d'air (37),

un compresseur (2) pour produire de l'air frais comprimé (6, 19, 38), le dispositif d'évaporation (29, 31) étant alimenté en eau d'alimentation (17, 26, 28), en air frais comprimé (6, 18, 38) provenant du compresseur (2) et en chaleur provenant du gaz d'échappement (12),

caractérisée en ce que

le dispositif pour la récupération de chaleur et le dispositif d'évaporation forment une unité qui est réalisée sous la forme d'un évaporateur à film coulant ou à film mince (14), qui présente une entrée d'eau (16) pour l'eau d'alimentation (17), une entrée d'air (18) pour l'air frais (19, 38), une entrée de gaz d'échappement (20) pour le gaz d'échappement chaud (12), une sortie de gaz d'échappement (23) pour le gaz d'échappement froid (24), une sortie de mélange vapeur-air (21) pour le mélange de vapeur d'eau et d'air (22, 37) et une paroi d'évaporateur (39), le long de laquelle l'eau d'alimentation (17) s'écoule d'un côté et est sollicitée par l'air frais (19, 38) et qui est sollicitée de l'autre côté par le gaz d'échappement (12).

7. Installation de turbine à gaz selon la revendication 6,

caractérisée en ce que

l'évaporateur à film coulant ou à film mince (14) présente un boîtier (15) dans lequel est monté un agencement de conduite d'évaporation (29) qui présente ou forme la paroi (39) dans une portion de l'évaporateur (31), le gaz d'échappement (12) sollicitant depuis l'extérieur l'agencement de conduite d'évaporation (29) à l'intérieur du boîtier (15), l'eau d'alimentation (17) s'écoulant dans la portion d'évaporateur (31) à l'intérieur de l'agencement de conduite d'évaporation (29) le long de la paroi (39) et étant sollicitée par l'air frais (6).

8. Installation de turbine à gaz selon la revendication 6 ou 7,

caractérisée en ce que

l'entrée d'air (18) et la sortie de vapeur (21) ainsi que l'entrée de gaz d'échappement (20) et la sortie de gaz d'échappement (23) sont disposées de telle sorte que l'évaporateur à film coulant ou à film mince (14) puisse être parcouru par le courant selon le principe du contre-courant.

9. Installation de turbine à gaz selon l'une quelconque des revendications 6 à 8,

caractérisée en ce que

l'on prévoit un premier échangeur de chaleur (34) qui peut être parcouru d'une part par l'eau d'alimentation (26, 28) en amont de la paroi (39) et d'autre part par l'air frais (6, 38) en amont de la paroi (39).

10. Installation de turbine à gaz selon l'une quelconque des revendications 6 à 9,

caractérisée en ce que

l'on prévoit un deuxième échangeur de chaleur (35) qui peut être parcouru d'une part par l'eau d'alimentation (26) en amont de la paroi (39), notamment en amont du premier échangeur de chaleur (34), et d'autre part par le gaz d'échappement (12) en aval de la paroi (39). 5

11. Installation de turbine à gaz selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** 10
le deuxième échangeur de chaleur (35) est intégré dans l'évaporateur à film coulant ou à film mince (14), notamment dans le boîtier (15).
12. Installation de turbine à gaz selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, **caractérisée en ce que** 15
l'on prévoit un troisième échangeur de chaleur (36) qui peut être parcouru d'une part par le mélange de vapeur d'eau et d'air (37) en aval de la paroi (39) et d'autre part par le gaz d'échappement (12) en amont de la paroi (39). 20
13. Installation de turbine à gaz selon la revendication 12, **caractérisée en ce que** 25
le troisième échangeur de chaleur (36) est intégré dans l'évaporateur à film coulant ou à film mince (14), notamment dans le boîtier (15). 30
14. Utilisation d'un évaporateur à film coulant ou à film mince (14), dans lequel un milieu fluide (17, 26, 28) s'écoule le long d'une paroi chauffée (39) et est sollicité par un milieu gazeux (6, 19, 38), le milieu fluide (17, 26, 28) s'évaporant, étant mélangé au milieu gazeux (6, 19, 38) et étant évacué, en vue de récupérer la chaleur provenant d'un gaz d'échappement (12) d'une turbine à gaz (10) avec injection de vapeur d'eau, le gaz d'échappement (12) servant à chauffer la paroi (39), le milieu fluide étant constitué par de l'eau d'alimentation (17, 26, 28), le milieu gazeux étant formé par de l'air frais (6, 19, 38) comprimé dans un compresseur (2) et l'eau d'alimentation (17, 26, 28) évaporée et mélangée à l'air frais (6, 19, 38) formant le mélange de vapeur d'eau et d'air (22, 37) pour l'injection. 45

50

55

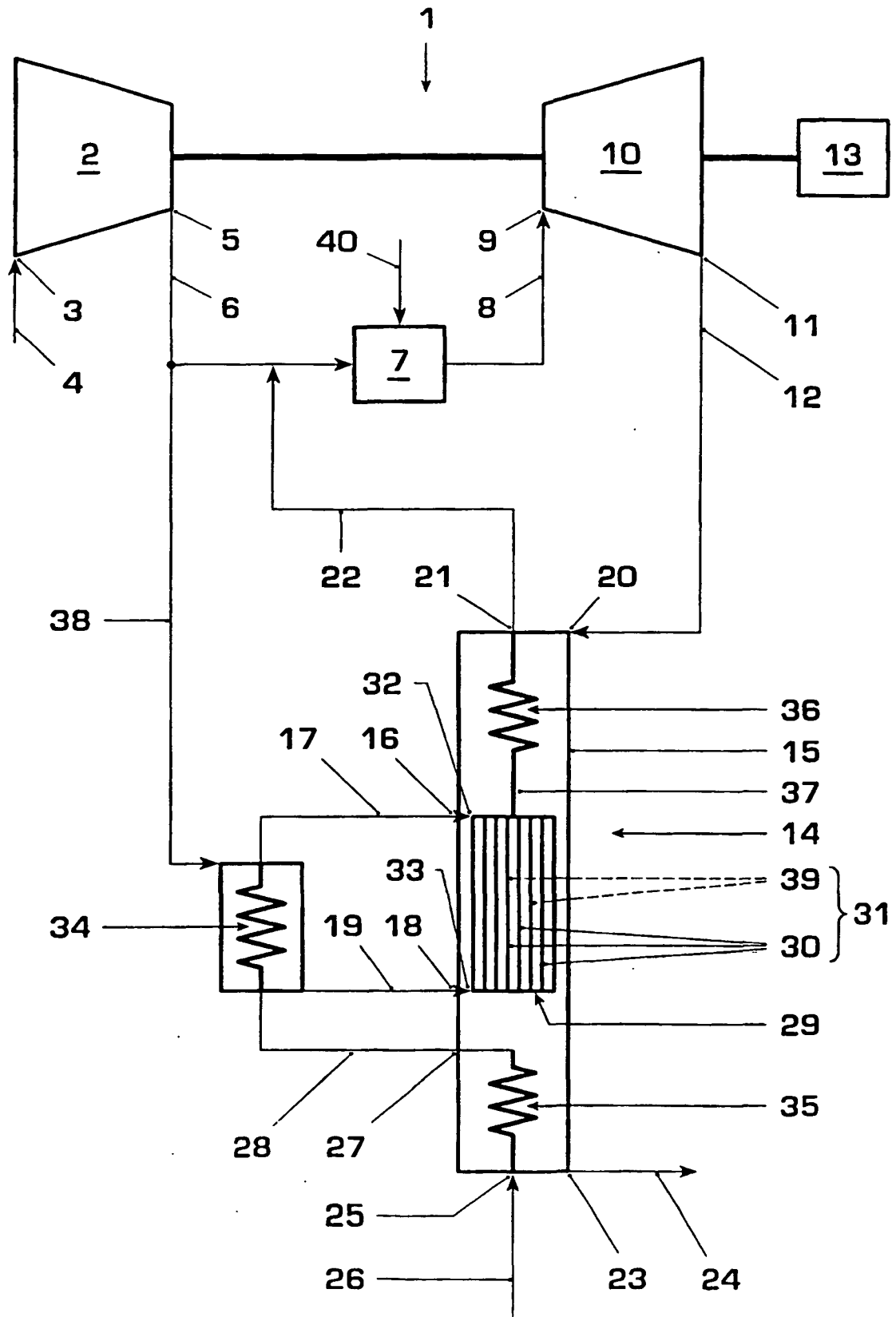


Fig. 1