

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Februar 2007 (15.02.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/017486 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F25J 3/04 (2006.01) F02C 7/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/065103

(22) Internationales Anmeldedatum:

7. August 2006 (07.08.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

60/706,777 10. August 2005 (10.08.2005) US
2021/05 20. Dezember 2005 (20.12.2005) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): ALSTOM Technology Ltd [CH/CH]; Brown Boveri
Strasse 7, CH-5400 Baden (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BENZ, Eribert
[DE/CH]; Badenerstrasse 8, CH-5413 Birmenstorf (CH).
FLOHR, Peter [DE/CH]; Nelkenstrasse 7, CH-5300
Turgi (CH). WIRSUM, Manfred [DE/CH]; Im Ergel 10
(Postfach 65), CH-5404 Baden-Dättwil (CH).

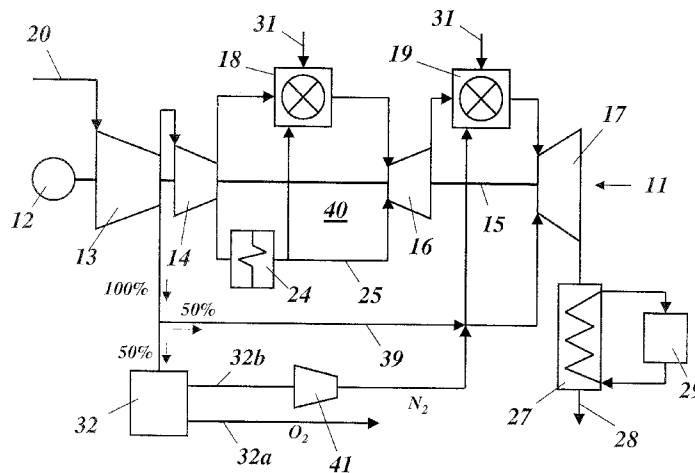
(74) Gemeinsamer Vertreter: ALSTOM Technology Ltd;
CHTI Intellectual Property, Brown Boveri Str. 7/664/2,
CH-5400 Baden (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A GAS TURBINE, AND GAS TURBINE FOR CARRYING OUT THE METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER GASTURBINE SOWIE GASTURBINE ZUR DURCHFÜHRUNG
DES VERFAHRENS



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a gas turbine (11) in a combined-cycle power plant (40), in which method air is sucked in and compressed by the gas turbine (11), which air is fed to a combustion chamber (18, 19) for the combustion of a synthesis gas which is obtained from coal, wherein a part of the compressed air is decomposed into oxygen and nitrogen. An improved degree of efficiency is achieved by the use of a gas turbine (11) with reheating, which gas turbine (11) has two combustion chambers (18, 19) and two turbines (16, 17), wherein synthesis gas is burnt in the first combustion chamber (18) with use of the compressed air and the hot gases which are produced are expanded in the first turbine (16), and wherein synthesis gas is burnt in the second combustion chamber with use of the gases which come from the first turbine (16) and the hot gases which are produced are expanded in the second turbine (17), and wherein the nitrogen which is produced during the decomposition of the air is used to cool the gas turbine (11).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine (11) in einem Kombikraftwerk (40), bei welchem Verfahren durch die Gasturbine (11) Luft angesaugt und verdichtet wird, welche zur Verbrennung eines aus Kohle gewonnenen Syngases einer Brennkammer (18, 19) zugeführt

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2007/017486 A1



NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

wird, und wobei ein Teil der verdichteten Luft in Sauerstoff und Stickstoff zerlegt wird. Ein verbesserter Wirkungsgrad wird dadurch erreicht, dass eine Gasturbine (11) mit Zwischenüberhitzung verwendet wird, welche zwei Brennkammern (18, 19) und zwei Turbinen (16, 17) umfasst, wobei in der ersten Brennkammer (18) Syngas unter Einsatz der verdichteten Luft verbrannt und die entstehenden heißen Gase in der ersten Turbine (16) entspannt werden, und wobei in der zweiten Brennkammer Syngas unter Einsatz der aus der ersten Turbine (16) kommenden Gase verbrannt und die entstehenden heißen Gase in der zweiten Turbine (17) entspannt werden, und dass der bei der Luftzerlegung entstehende Stickstoff zur Kühlung der Gasturbine (11) verwendet wird.

BESCHREIBUNG

15 VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER GASTURBINE SOWIE GASTURBINE ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

TECHNISCHES GEBIET

20

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Kraftwerkstechnik. Sie betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer (stationären) Gasturbine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine Gasturbine zur Durchführung des Verfahrens.

25

STAND DER TECHNIK

Es ist eine Gasturbine mit Zwischenüberhitzung (reheat gas turbine) bekannt
30 (siehe z.B. die US-A-5,577,378 oder „State-of-the-art gas turbines – a brief
update“, ABB Review 02/1997, Fig. 15, Turbinentyp GT26), die einen flexiblen
Betrieb mit sehr niedrigen Abgasemissionswerten kombiniert.

Die Maschinenarchitektur der Gasturbine vom Typ GT26 ist einzigartig und eignet sich ausgezeichnet für die Realisierung eines Konzeptes, welches Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, weil:

- 5 - es beim Verdichter bereits eine bedeutsame Abzweigung von Verdichterluft bei mittleren Verdichterdrücken gibt,
- das Konzept der sequentiellen Verbrennung eine erhöhte Stabilität der Verbrennung bei verringerten Werten des Sauerstoffüberschusses ermöglicht, und
- 10 - ein Sekundärluftsystem vorhanden ist, welches es ermöglicht, Luft aus dem Verdichter abzuzweigen, herunterzukühlen, und die heruntergekühlte Luft zur Kühlung der Brennkammer und der Turbine zu verwenden.

Das Prinzip der bekannten Gasturbine mit Zwischenüberhitzung ist in Fig. 1
15 dargestellt. Die Gasturbine 11, die Teil eines Kombikraftwerkes 10 ist, umfasst auf einer gemeinsamen Welle 15 angeordnet zwei hintereinander geschaltete Verdichter, nämlich einen Niederdruckverdichter 13 und einen Hochdruckverdichter 14, sowie zwei Brennkammern, nämlich eine Hochdruckbrennkammer 18 und eine Zwischenüberhitzungsbrennkammer 19, und
20 zugehörige Turbinen, nämlich eine Hochdruckturbine 16 und eine Niederdruckturbine 17. Die Welle 15 treibt einen Generator 12 an.

Die Arbeitsweise der Anlage ist die folgende: Luft wird über einen Lufteinlass 20 vom Niederdruckverdichter 13 angesaugt und zunächst auf ein
25 Zwischendruckniveau (ca. 20 bar) verdichtet. Der Hochdruckverdichter 14 verdichtet die Luft dann weiter auf ein Hochdruckniveau (ca. 32 bar). Kühlluft wird sowohl auf dem Zwischendruckniveau als auch auf dem Hochdruckniveau abgezweigt und in zugehörigen OTC-Kühlern (OTC = Once Through Cooler) 23 und 24 abgekühlt und über Kühlleitungen 25 und 26 zur Kühlung an die
30 Brennkammern 18, 19 und Turbinen 16, 17 weitergeleitet. Die verbleibende Luft aus dem Hochdruckverdichter 14 wird zur Hochdruckbrennkammer 18 geführt und dort durch Verbrennung eines über die Brennstoffzufuhr 21 zugeführten

Brennstoffs aufgeheizt. Das entstehende Abgas wird dann in der nachfolgenden Hochdruckturbine 16 unter Arbeitsleistung auf ein mittleres Druckniveau entspannt. Nach der Entspannung wird das Abgas in der Zwischenüberhitzungsbrennkammer 19 durch Verbrennung eines über die Brennstoffzufuhr 22 zugeführten Brennstoffs wieder erhitzt, bevor es in der nachfolgenden Niederdruckturbine 17 unter weiterer Arbeitsleistung entspannt wird.

Die durch die Kühlleitungen 25, 26 strömende Kühlluft wird an geeigneten Stellen der Brennkammern 18, 19 und Turbinen 16, 17 eingedüst, um die Materialtemperaturen auf ein vertretbares Mass zu begrenzen. Das aus der Niederdruckturbine 17 kommende Abgas wird durch einen Abhitzedampferzeuger 27 (HRSG = Heat Recovery Steam Generator) geschickt, um Dampf zu erzeugen, der innerhalb eines Wasser-Dampf-Kreislaufs durch eine Dampfturbine 29 strömt und dort weitere Arbeit leistet. Nach dem Durchströmen des Abhitzedampferzeugers 27 wird das Abgas schliesslich durch eine Abgasleitung 28 nach aussen abgegeben. Die OTC-Kühler 23, 24 sind Teil des Wasser-Dampf-Kreislaufs; an ihren Ausgängen wird überhitzter Dampf erzeugt.

Durch die beiden voneinander unabhängigen, aufeinanderfolgenden Verbrennungen in den Brennkammern 18 und 19 wird eine grosse Flexibilität im Betrieb erreicht; die Brennkammertemperaturen können so eingestellt werden, dass innerhalb der bestehenden Grenzen der maximale Wirkungsgrad erreicht wird. Die niedrigen Abgaswerte des sequentiellen Verbrennungssystems sind durch die inhärent niedrigen Emissionswerte gegeben, die bei der Zwischenüberhitzung erreichbar sind (unter bestimmten Bedingungen führt die zweite Verbrennung sogar zu einem Verbrauch an NO_x).

Es sind andererseits Kombikraftwerke mit einstufiger Verbrennung in den Gasturbinen bekannt (siehe z.B. die US-A-4,785,622 oder US-B2-6,513,317), in denen eine Kohlevergasungsanlage integriert ist, um den für die Gasturbine benötigten Brennstoff in Form von aus Kohle gewonnenem Syngas

bereitzustellen. Solche Kombikraftwerke werden als IGCC-Anlagen (IGCC = Integrated Gasification Combined Cycle) bezeichnet.

5 Die vorliegende Erfindung geht nun von der Erkenntnis aus, dass durch den Einsatz von Gasturbinen mit Zwischenüberhitzung in einer IGCC-Anlage die Vorteile dieses Gasturbinentyps für die Anlage in besonderer Weise nutzbar gemacht werden können.

10 DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betrieb einer mit einer Kohlevergasungsanlage zusammenarbeitenden Gasturbine anzugeben, welches sich durch einen verbesserten Wirkungsgrad auszeichnet und sich mit
15 vorhandenen Komponenten besonders günstig realisieren lässt, sowie eine Gasturbine zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale der Ansprüche 1 und 6 gelöst. Wesentlich ist, dass in einer mit Syngas aus einer Kohlevergasungsanlage
20 arbeitenden Gasturbinenanlage eine Gasturbine mit Zwischenüberhitzung verwendet wird, welche zwei Brennkammern und zwei Turbinen umfasst, wobei in der ersten Brennkammer Syngas unter Einsatz der verdichteten Luft verbrannt und die entstehenden heißen Gase in der ersten Turbine entspannt werden, und wobei in der zweiten Brennkammer Syngas unter Einsatz der aus der ersten
25 Turbine kommenden Gase verbrannt und die entstehenden heißen Gase in der zweiten Turbine entspannt werden, und der bei der Luftzerlegung entstehende Stickstoff zur Kühlung der Gasturbine verwendet wird. Die erfindungsgemäße Lösung hat die folgenden Vorteile:

- Es wird kein OTC-Kühler benötigt, wodurch sich der Wirkungsgrad erhöht.
- 30 - Es wird weniger Kühlluft benötigt, was ebenfalls dem Wirkungsgrad zugute kommt.

- Der vergleichsweise kalte Stickstoff aus der Luftzerlegungsanlage kann zur Kühlung kritischer Komponenten verwendet werden, während die wärmere Luft aus dem Verdichter zur Kühlung weniger kritischer Komponenten herangezogen werden kann; auch dies verbessert den Wirkungsgrad der Anlage.
 - Die beschriebene Kühlung kann bei Gasturbinen bekannter Bauart mit Zwischenüberhitzung wie z.B. der Gasturbine vom Typ GT26 aufgrund des spezifischen Sekundärluftsystems besonders einfach realisiert werden.
- 10 Eine Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass die Gasturbine einen ersten Verdichter zur Verdichtung von angesaugter Luft auf eine erste Druckstufe und einen zweiten Verdichter zur weiteren Verdichtung der Luft von der ersten Druckstufe auf eine zweite, höhere Druckstufe umfasst, dass ein Teil der aus dem ersten Verdichter kommenden Luft
- 15 in Sauerstoff und Stickstoff zerlegt wird, und dass der bei dieser Zerlegung entstehende Stickstoff zur Kühlung der zweiten Brennkammer und zweiten Turbine verwendet wird.
- Insbesondere wird dabei ein Teil der für die Zerlegung abgezweigten verdichteten Luft aus dem ersten Verdichter vor der Zerlegung abgezweigt und mit dem bei der Zerlegung entstehenden und für die Kühlung vorgesehenen Stickstoff vermischt. Besonders günstige Verhältnisse ergeben sich, wenn etwa 50% der für die Zerlegung abgezweigten verdichteten Luft aus dem ersten Verdichter vor der Zerlegung abgezweigt und mit dem bei der Zerlegung entstehenden und für die
- 20 Kühlung vorgesehenen Stickstoff vermischt werden. Bevorzugt wird der bei der Zerlegung entstehende Stickstoff vor der Vermischung mit der vor der Zerlegung abgezweigten verdichteten Luft verdichtet.
- Eine Ausgestaltung der Gasturbine nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus,
- 30 dass eine Abzwegleitung vorgesehen ist, welche von der Eingangsseite der Luftzerlegungsanlage abzweigt und an einem vorgesehenen Punkt in die Stickstoffleitung mündet, und dass in der Stickstoffleitung zwischen dem Ausgang

der Luftzerlegungsanlage und dem vorgegebenen Punkt der Einmündung der Abzweigung ein Verdichter zur Verdichtung des Stickstoffs angeordnet ist.

5 Vorzugsweise weist die Gasturbine zwei hintereinandergeschaltete Verdichter auf, ist die Luftzerlegungsanlage eingangsseitig an den Ausgang des ersten Verdichters angeschlossen, und ist die Stickstoffleitung zur zweiten Brennkammer und zur zweiten Turbine geführt.

10 Die Luftzerlegungsanlage weist insbesondere ausgangsseitig eine Sauerstoffleitung zur Abgabe des bei der Zerlegung entstehenden Sauerstoffs auf, welche zu einer Anlage zur Erzeugung von Syngas mittels Kohlevergasung geführt ist, und dass eine Syngaszuleitung das erzeugte Syngas von der Anlage zur Erzeugung von Syngas zu den Brennkammern transportiert.

15

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

20

Fig. 1 das vereinfachte Schema eines Kombikraftwerks mit einer Gasturbine mit Zwischenüberhitzung bzw. sequentieller Verbrennung nach dem Stand der Technik;

25

Fig. 2 das vereinfachte Schema einer IGCC-Anlage mit einer Gasturbine mit Zwischenüberhitzung bzw. sequentieller Verbrennung, wie sie zur Verwirklichung der Erfindung geeignet ist; und

30

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel für die Kühlung nach der Erfindung mit dem bei der Luftzerlegung gewonnenen Stickstoff in einer Anlage der in Fig. 2 gezeigten Art.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

- In der Fig. 2 ist in einem stark vereinfachten Schema eine IGCC-Anlage mit einer Gasturbine mit Zwischenüberhitzung bzw. sequentieller Verbrennung gezeigt, wie sie zur Verwirklichung der Erfindung geeignet ist. Das Kombikraftwerk 30 umfasst eine Gasturbine 11 mit einem Niederdruckverdichter 13, einem nachfolgenden Hochdruckverdichter 14, einer Hochdruckbrennkammer 18 mit einer nachfolgenden Hochdruckturbine 16 und einer Zwischenüberhitzungsbrennkammer 19 mit einer nachfolgenden Niederdruckturbine 17. Die Verdichter 13, 14 und die Turbinen 16, 17 sitzen auf einer gemeinsamen Welle 15, von der ein Generator 12 angetrieben wird. Die Brennkammern 18 und 19 werden über eine Syngaszuleitung 31 mit Syngas als Brennstoff versorgt, welches durch Vergasung von Kohle (Kohlezufuhr 33) in einer Kohlevergasungsanlage 34 erzeugt wird. Der Kohlevergasungsanlage 34 ist eine Kühlvorrichtung 35 für das Syngas, eine Reinigungsanlage 36 und ein CO₂-Abscheider 37 mit einem CO₂-Ausgang 38 zur Abgabe des abgeschiedenen CO₂ nachgeschaltet.
- Zur Kohlevergasung in der Kohlevergasungsanlage 34 wird Sauerstoff (O₂) verwendet, welcher in einer Luftzerlegungsanlage 32 gewonnen und über eine Sauerstoffleitung 32a zugeführt wird. Die Luftzerlegungsanlage 32 erhält verdichtete Luft vom Ausgang des Niederdruckverdichters 13. Der bei der Zerlegung ebenfalls entstehenden Stickstoff (N₂) wird beispielsweise über eine Stickstoffleitung 32b der Niederdruckbrennkammer 19 zugeführt.
- Zur Kühlung der vom Heissgas belasteten Komponenten der Brennkammern 18, 19 und Turbinen 16, 17 wird verdichtete Kühlluft an den Ausgängen der beiden Verdichter 13 und 14 abgezapft, in einem nachgeschalteten OTC-Kühler 23 bzw. 24 abgekühlt, und dann über entsprechende Kühlleitungen 25 und 26 den zu kühlenden Stellen zugeführt.

Am Ausgang der Niederdruckturbine 17 ist ein Abhitzedampferzeuger 27 angeordnet, der zusammen mit einer angeschlossenen Dampfturbine 29 Teil eines Wasser-Dampf-Kreislaufs ist. Das aus dem Abhitzedampferzeuger 27 austretende Abgas wird über eine Abgasleitung 28 nach aussen abgegeben.

5

In einer solchen Anlagenkonfiguration wird nun gemäss Fig. 3 die Kühlung umgestellt. In dem Kombikraftwerk 40 der Fig. 3 werden zwar die Hochdruckbrennkammer 18 und die Hochdruckturbine 16 nach wie vor durch verdichtete Luft gekühlt, die am Ausgang des Hochdruckverdichters 14 abgezweigt und dann in einem OTC-Kühler 24 heruntergekühlt wird. Die Kühlung der Zwischenüberhitzungsbrennkammer 19 und der Niederdruckturbine 17 erfolgt jedoch nunmehr auf andere Weise. Dazu wird am Ausgang des Niederdruckverdichters 13 abgezweigte verdichtete Luft zu 50% in der Luftzerlegungsanlage 32 in Sauerstoff und Stickstoff zerlegt. Die anderen 50% werden in einer Abzwegleitung 39 an der Luftzerlegungsanlage 32 vorbeigeführt. Der über die Sauerstoffleitung 32a aus der Luftzerlegungsanlage 32 abgeführte Sauerstoff wird – wie in Fig. 2 gezeigt – zur Kohlevergasung eingesetzt. Der erzeugte, relativ kühle Stickstoff wird durch die Stickstoffleitung 32b einem Verdichter 41 zugeführt und nach der Verdichtung mit den 50% Luft aus der Abzwegleitung 39 vermischt. Die Gastemperatur nach der Vermischung beträgt dann etwa 300-400°C, so dass eine Kühlung der am Niederdruckverdichter 13 extrahierten Kühlluft nicht nötig ist. Die entstehende Mischung wird dann zur Kühlung der heissen Komponenten der Zwischenüberhitzungsbrennkammer 19 und der Niederdruckturbine 17 verwendet.

25

Die Vorteile dieser Art der Kühlung sind:

- Es wird kein OTC-Kühler benötigt, wodurch sich der Wirkungsgrad erhöht.
- Es wird weniger Kühlluft benötigt, was ebenfalls dem Wirkungsgrad zugute kommt.
- Der vergleichsweise kalte Stickstoff aus der Luftzerlegungsanlage kann zur Kühlung kritischer Komponenten verwendet werden, während die wärmere Luft aus dem Verdichter zur Kühlung weniger kritischer Komponenten

30

herangezogen werden kann; auch dies verbessert den Wirkungsgrad der Anlage.

- Die beschriebene Kühlung kann bei Gasturbinen bekannter Bauart mit Zwischenüberhitzung wie z.B. der Gasturbine vom Typ GT26 aufgrund des spezifischen Sekundärluftsystems besonders einfach realisiert werden.

Voraussetzung für die Verwirklichung dieses Konzeptes ist, dass in den beiden Brennkammern der Gasturbine unverdünntes Kohlegas verwendet werden kann. Die hauptsächlichsten technischen Herausforderungen bei der Verbrennung solches unverdünnten Kohlegases in der Brennkammer einer Gasturbine sind:

- das Erreichen niedriger Emissionswerte,
- ein ausreichender Abstand zu den Grenzen von Flammenrückschlägen und Pulsationen,
- die Aufrechterhaltung der Flexibilität im Betrieb bei Änderungen IN DER Qualität des Kohlegases, sowie die Möglichkeit der Unterstützung mit anderen Brennstoffen (Erdgas oder Öl), und
- das Abzapfen und Einspeisen von Kühlluft in die Bereiche des Heissgaskanals in der Brennkammer und in der Turbine.

Diese Herausforderungen können bei IGCC-Anlagen von der Konzeption her aus folgenden Gründen besonders gut durch eine Gasturbine mit Zwischenüberhitzung bewältigt werden:

1. Der bei der Zwischenüberhitzung inhärente Vorteil bezüglich NO_x kann auch auf das Syngas übertragen werden, wenn die Verbrennungstemperaturen in den beiden Brennkammern optimal ausgewählt werden, insbesondere mit einer gemässigten Temperaturerhöhung in der ersten Stufe (Hochdruckbrennkammer 18).
2. Die Stabilität der Verbrennung und die Flexibilität beim Betrieb der Gasturbine mit Zwischenüberhitzung sind grösser als bei einer vergleichbaren Gasturbine mit einstufiger Verbrennung. Die Betriebsgrenzen werden typischerweise durch die

Flammenauslöschung und den Flammenrückschlag und/oder Emissionsniveaus für eine vorgegebene Flammentemperatur gegeben, was zu einem erlaubten Bereich von Brennstoffqualitäten und Brennstoffreaktivitäten führt. In der Gasturbine mit Zwischenüberhitzung ist diese Betriebsgrenze deutlich erhöht, weil zwei Verbrennungssysteme den Betrieb bei zwei unabhängigen Flammentemperaturen ermöglichen, z.B. mit einer niedrigeren Temperatur in der ersten Stufe und einer höheren Temperatur in der zweiten Stufe, mit geringen Nachteilen bezüglich des NOx.

3. Die Anforderungen für den Gasdruck können minimiert werden, wenn das Brenngas unverdünnt (ohne Stickstoff) in das erste und zweite Verbrennungssystem injiziert wird, die typischerweise mit Drücken im Bereich > 30 bar bzw. zwischen 15 und 20 bar arbeiten.
4. Das Konzept der Extraktion von Kühlluft, die anschliessend heruntergekühlt und in die Maschine wieder eingespeist wird, eignet sich besonders gut für die Verwendung von Stickstoff als Kühlmedium.

BEZUGSZEICHENLISTE

	10,30,40	Kombikraftwerk
	11	Gasturbine
5	12	Generator
	13	Niederdruckverdichter
	14	Hochdruckverdichter
	15	Welle (Gasturbine)
	16	Hochdruckturbine
10	17	Niederdruckturbine
	18	Hochdruckbrennkammer
	19	Zwischenüberhitzungsbrennkammer
	20	Lufteinlass
	21,22	Brennstoffzufuhr
15	23,24	OTC-Kühler
	25,26	Kühlleitung
	27	Abhitzedampferzeuger
	28	Abgasleitung
	29	Dampfturbine (Dampfkreislauf)
20	31	Syngaszuleitung
	32	Luftzerlegungsanlage
	32a	Sauerstoffleitung
	32b	Stickstoffleitung
	33	Kohlezufuhr
25	34	Kohlevergasungsanlage
	35	Kühlvorrichtung
	36	Reinigungsanlage
	37	CO ₂ -Abscheider
	38	CO ₂ -Ausgang
30	39	Abzweigleitung
	41	Verdichter

5

PATENTANSPRÜCHE

- 10 1. Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine (11), welche insbesondere in
einem Kombikraftwerk (30, 40) eingesetzt ist, bei welchem Verfahren durch die
Gasturbine (11) Luft angesaugt und verdichtet wird, die verdichtete Luft zur
Verbrennung eines aus Kohle gewonnenen Syngases einer Brennkammer (18,
19) zugeführt wird, und die bei der Verbrennung entstehenden heißen Gase in
15 einer nachfolgenden Turbine (16, 17) unter Verrichtung von Arbeit entspannt
werden, wobei ein Teil der verdichteten Luft in Sauerstoff und Stickstoff zerlegt
wird, und der Sauerstoff in einer Kohlevergasungsanlage (34) zur Erzeugung des
Syngases eingesetzt wird, und wobei ein Teil der verdichteten Luft zur Kühlung
der von den heißen Gasen belasteten Teile der Gasturbine (11) verwendet wird,
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**
- eine Gasturbine (11) mit Zwischenüberhitzung verwendet wird, welche
zwei Brennkammern (18, 19) und zwei Turbinen (16, 17) umfasst, wobei in
der ersten Brennkammer (18) Syngas unter Einsatz der verdichteten Luft
verbrannt und die entstehenden heißen Gase in der ersten Turbine (16)
25 entspannt werden, und wobei in der zweiten Brennkammer Syngas unter
Einsatz der aus der ersten Turbine (16) kommenden Gase verbrannt und
die entstehenden heißen Gase in der zweiten Turbine (17) entspannt
werden, und
 - der bei der Luftzerlegung entstehende Stickstoff zur Kühlung der
30 Gasturbine (11) verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasturbine (11) einen ersten Verdichter (13) zur Verdichtung von angesaugter Luft auf eine erste Druckstufe und einen zweiten Verdichter (14) zur weiteren Verdichtung der Luft von der ersten Druckstufe auf eine zweite, höhere Druckstufe umfasst, dass ein Teil der aus dem ersten Verdichter (13) kommenden Luft in Sauerstoff und Stickstoff zerlegt wird, und dass der bei dieser Zerlegung entstehende Stickstoff zur Kühlung der zweiten Brennkammer (18) und zweiten Turbine (17) verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der für die Zerlegung abgezweigten verdichteten Luft aus dem ersten Verdichter (13) vor der Zerlegung abgezweigt und mit dem bei der Zerlegung entstehenden und für die Kühlung vorgesehenen Stickstoff vermischt wird.

4. Verfahren nach Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass etwa 50% der für die Zerlegung abgezweigten verdichteten Luft aus dem ersten Verdichter (13) vor der Zerlegung abgezweigt und mit dem bei der Zerlegung entstehenden und für die Kühlung vorgesehenen Stickstoff vermischt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der bei der Zerlegung entstehende Stickstoff vor der Vermischung mit der vor der Zerlegung abgezweigten verdichteten Luft verdichtet wird.

6. Gasturbine (11) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, welche Gasturbine (11) als Gasturbine mit Zwischenüberhitzung ausgelegt ist und Verdichter (13, 14) zur Verdichtung von angesaugter Luft sowie zwei Brennkammern (18, 19) und zwei Turbinen (16, 17) umfasst, wobei in der ersten Brennkammer (18) ein Brennstoff unter Einsatz der verdichteten Luft verbrannt und die entstehenden heißen Gase in der ersten Turbine (16) entspannt werden, und wobei in der zweiten Brennkammer der Brennstoff unter Einsatz der aus der ersten Turbine (16) kommenden Gase verbrannt und die entstehenden heißen Gase in der zweiten Turbine (17) entspannt werden, dadurch gekennzeichnet,

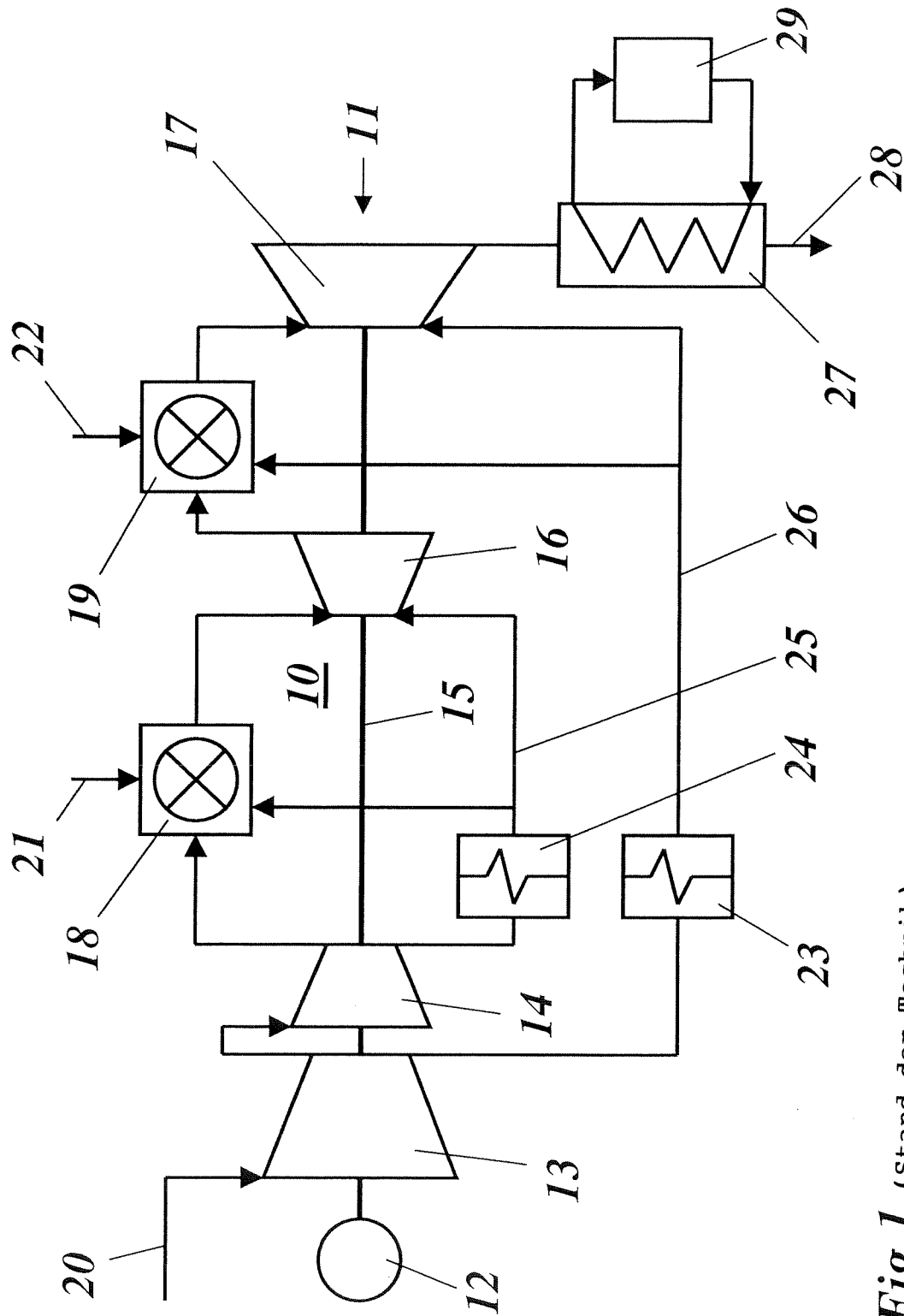
dass eine Luftzerlegungsanlage (32) vorgesehen ist, welche eingangsseitig an die Verdichter (13, 14) angeschlossen ist und ausgangsseitig eine Stickstoffleitung (32b) zur Abgabe des bei der Zerlegung entstehenden Stickstoffs aufweist, und dass die Stickstoffleitung (32b) mit durch die heissen Gase belasteten Teilen der Gasturbine (11) in Verbindung steht.

7. Gasturbine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abzweigleitung (39) vorgesehen ist, welche von der Eingangsseite der Luftzerlegungsanlage (32) abzweigt und an einem vorgesehenen Punkt in die Stickstoffleitung (32b) mündet.

8. Gasturbine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass in der Stickstoffleitung (32b) zwischen dem Ausgang der Luftzerlegungsanlage (32) und dem vorgegebenen Punkt der Einmündung der Abzweigleitung (39) ein Verdichter (41) zur Verdichtung des Stickstoffs angeordnet ist.

9. Gasturbine nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasturbine (11) zwei hintereinandergeschaltete Verdichter (13, 14) aufweist, dass die Luftzerlegungsanlage (32) eingangsseitig an den Ausgang des ersten Verdichters (13) angeschlossen ist, und dass die Stickstoffleitung (32b) zur zweiten Brennkammer (18) und zur zweiten Turbine (17) geführt ist.

10. Gasturbine nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzerlegungsanlage (32) ausgangsseitig eine Sauerstoffleitung (32a) zur Abgabe des bei der Zerlegung entstehenden Sauerstoffs aufweist, welche zu einer Anlage (33,...,38) zur Erzeugung von Syngas mittels Kohlevergasung geführt ist, und dass eine Syngaszuleitung (31) das erzeugte Syngas von der Anlage (33,...,38) zur Erzeugung von Syngas zu den Brennkammern transportiert.



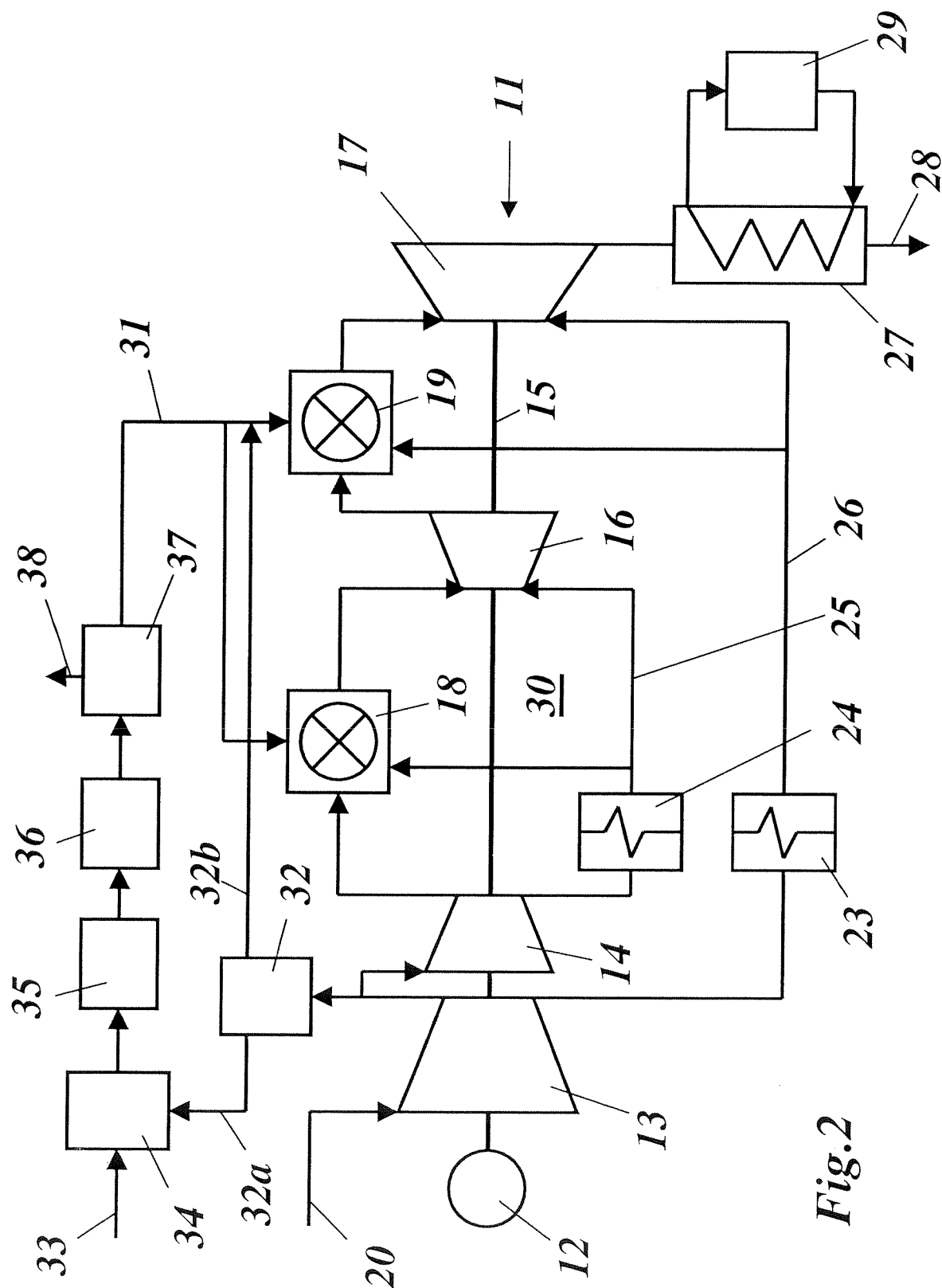


Fig.2

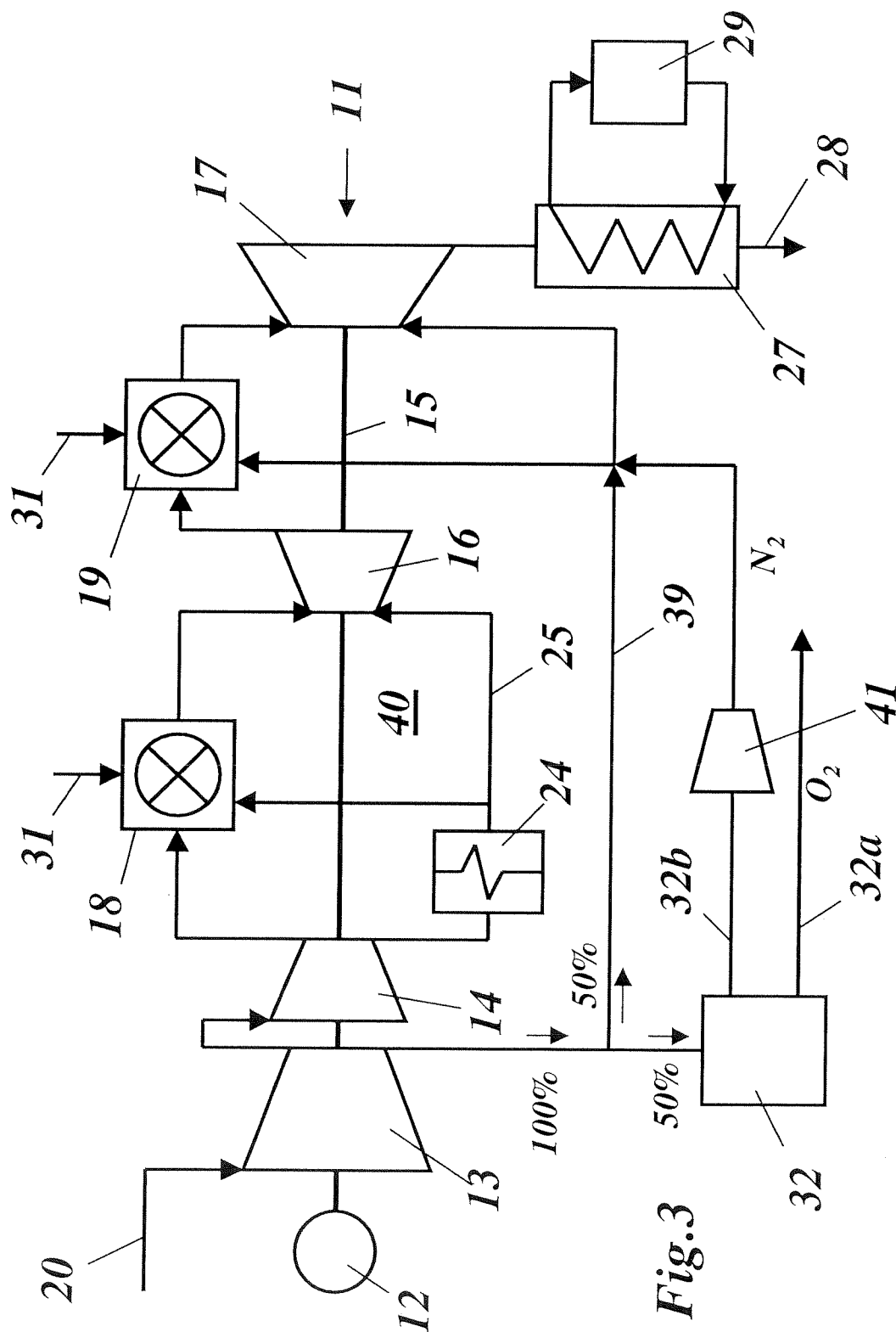


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/065103

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F25J3/04 F02C7/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02C F25J F01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 12, 26 December 1996 (1996-12-26) & JP 08 218891 A (HITACHI LTD), 27 August 1996 (1996-08-27) abstract; figure 1	1, 2, 6, 9, 10
Y	DE 947 843 C (HENSCHEL & SOHN G.M.B.H) 23 August 1956 (1956-08-23) page 2, line 72 - line 89 figure	1, 2, 6, 9, 10
A	US 6 487 863 B1 (CHEN ALLEN G ET AL) 3 December 2002 (2002-12-03) figure 2	1, 6, 10
	----- -/-- -----	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 October 2006

Date of mailing of the international search report

09/11/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angelucci, Stefano

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/065103

C(Continuation), DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 773 416 A (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC) 14 May 1997 (1997-05-14) figure 1 -----	1,6,10
A	EP 0 795 685 A (ASEA BROWN BOVERI AG; ALSTOM AG) 17 September 1997 (1997-09-17) figures -----	1,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/065103

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 08218891	A	27-08-1996	NONE	
DE 947843	C	23-08-1956	NONE	
US 6487863	B1	03-12-2002	NONE	
EP 0773416	A	14-05-1997	CA 2189303 A1 FI 964465 A JP 2853681 B2 JP 9170451 A KR 215619 B1 PL 316824 A1 US 5740673 A	08-05-1997 08-05-1997 03-02-1999 30-06-1997 16-08-1999 12-05-1997 21-04-1998
EP 0795685	A	17-09-1997	DE 19609912 A1 JP 9329035 A US 5906095 A	18-09-1997 22-12-1997 25-05-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/065103

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F25J3/04 F02C7/16		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02C F25J F01K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 12, 26. Dezember 1996 (1996-12-26) & JP 08 218891 A (HITACHI LTD), 27. August 1996 (1996-08-27) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,2,6,9, 10
Y	DE 947 843 C (HENSCHEL & SOHN G.M.B.H.) 23. August 1956 (1956-08-23) Seite 2, Zeile 72 - Zeile 89 Abbildung	1,2,6,9, 10
A	US 6 487 863 B1 (CHEN ALLEN G ET AL) 3. Dezember 2002 (2002-12-03) Abbildung 2	1,6,10
----- -/--		
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 23. Oktober 2006		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 09/11/2006
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Angelucci, Stefano

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/065103

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 773 416 A (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC) 14. Mai 1997 (1997-05-14) Abbildung 1 -----	1,6,10
A	EP 0 795 685 A (ASEA BROWN BOVERI AG; ALSTOM AG) 17. September 1997 (1997-09-17) Abbildungen -----	1,6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/065103

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 08218891	A	27-08-1996	KEINE		
DE 947843	C	23-08-1956	KEINE		
US 6487863	B1	03-12-2002	KEINE		
EP 0773416	A	14-05-1997	CA	2189303 A1	08-05-1997
			FI	964465 A	08-05-1997
			JP	2853681 B2	03-02-1999
			JP	9170451 A	30-06-1997
			KR	215619 B1	16-08-1999
			PL	316824 A1	12-05-1997
			US	5740673 A	21-04-1998
EP 0795685	A	17-09-1997	DE	19609912 A1	18-09-1997
			JP	9329035 A	22-12-1997
			US	5906095 A	25-05-1999