

⑤

Int. Cl. 2:

F 02 C 7/02

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

F 01 K 25/00

F 02 C 7/34



①

Auslegeschrift 25 27 662

②

Aktenzeichen: P 25 27 662.4-13

③

Anmeldetag: 20. 6. 75

④

Offenlegungstag: 23. 12. 76

④

Bekanntmachungstag: 24. 5. 78

⑩

Unionspriorität:

⑫ ⑬ ⑭ —

⑤

Bezeichnung: Gasturbinenanlage mit zwei Kreisläufen und dazwischengeschalteten Brennstoff-Umwandlungsprozess

⑦

Anmelder: Bachl, Herbert, Prof. Dr.-Ing., 8000 München

⑦

Erfinder: gleich Anmelder

⑤

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 19 33 070

DE-AS 24 40 475

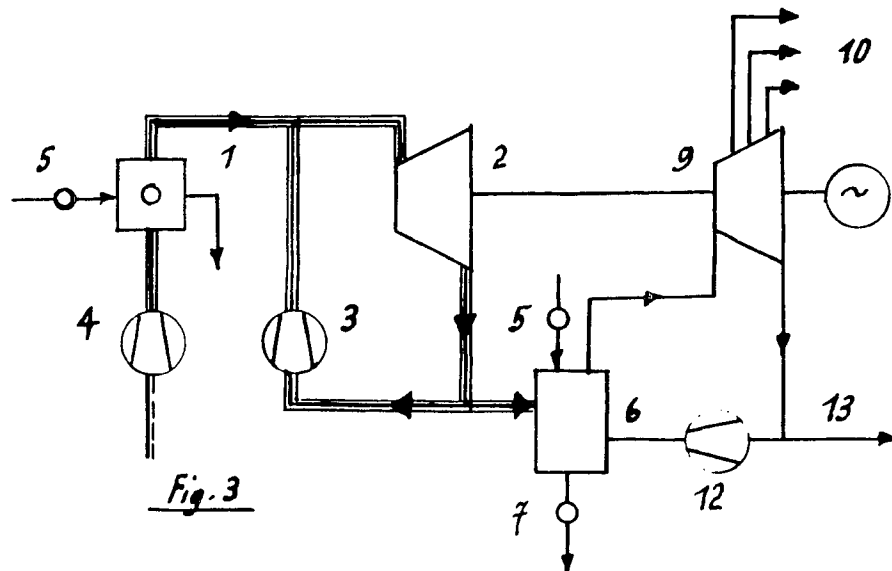
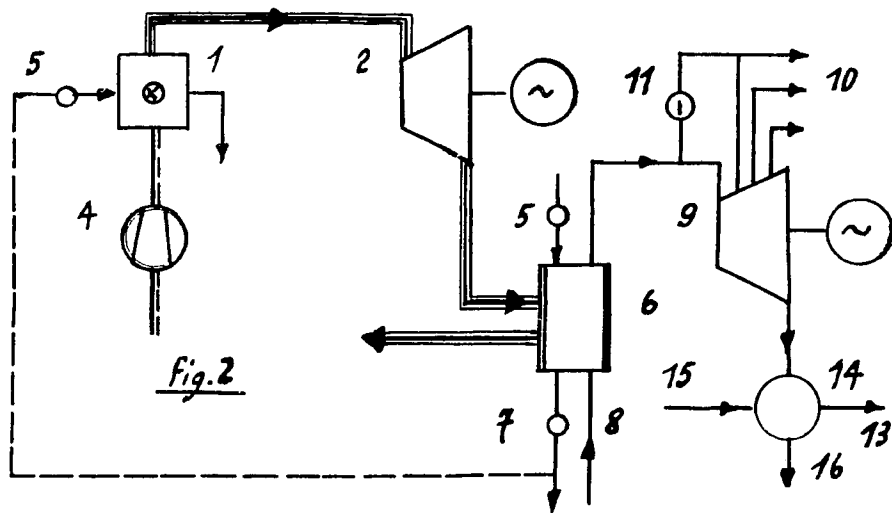
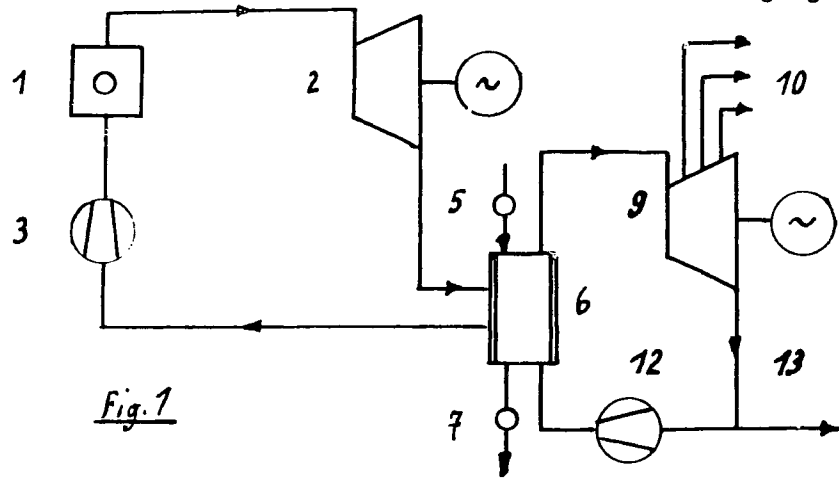
DE-OS 24 52 312

CH 3 60 249

Z: Elektrizitätswirtschaft, 56. Jg., 1957, H. 17,

Sept., S. 592-599

DE 25 27 662 B 2



Patentansprüche:

1. Gasturbinenanlage mit zwei voneinander strömungstechnisch im wesentlichen getrennten, jedoch thermisch miteinander verbundenen Wärmekraft-Kreisläufen, von denen der erste in einem oberen Temperaturbereich und der zweite in einem unteren Temperaturbereich verläuft, wobei Abwärme vom ersten auf den zweiten Kreislauf übergeht, dadurch gekennzeichnet, daß die Abwärme des ersten Wärmekraft-Kreislaufes (1, 2, 3 bzw. 4) einem zwischen die beiden Kreisläufe geschalteten endothermischen chemischen Brennstoff-Umwandlungsprozeß (6) zugeführt wird und die nach Abzug des Zusatz-Wärmebedarfs dieses chemischen Prozesses (5) verbleibende Wärme dem zweiten Wärmekraft-Kreislauf (6, 9, 12) zugeführt wird, wobei die im Verlauf der Expansion in unterschiedlichen Siedebereichen auskondensierenden Reaktionsprodukte (10) des chemischen Prozesses von dem restlichen Gasgemisch selektiv abgetrennt werden.

2. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Wärmekraft-Kreislauf (1, 2, 3) geschlossen ist, als Wärmequelle (1) einen Hochtemperatur-Kernreaktor enthält, daß sein Arbeitsmittel ein inertes Gas, z. B. Helium, ist und daß seine Abwärme über Wärmetauscherflächen an den Brennstoff-Umwandlungsprozeß (6) übertragen wird.

3. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmequelle (1) des ersten Wärmekraft-Kreislaufes (1, 2, 3 bzw. 4) ein fossiler Brennstoff ist und daß seine Abwärme über Wärmetauscherflächen an den Brennstoff-Umwandlungsprozeß (6) übertragen wird.

4. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Wärmekraft-Kreislauf (1, 2, 3 bzw. 3 und 4) mit einem fossilen Brennstoff als Wärmequelle (1) ganz oder teilweise offen ist und die Entspannung auf den Betriebsdruck des Brennstoff-Umwandlungsprozesses (6) erfolgt, dem Verbrennungsgase des ersten Wärmekraft-Kreislaufes direkt zugesetzt werden.

5. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Wärmequelle (1) des ersten Wärmekraft-Kreislaufes Reaktionsprodukte (7) des Brennstoff-Umwandlungsprozesses (6) dienen.

6. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff-Umwandlungsprozeß (6) ein reiner Entgasungsprozeß ist.

7. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß dem Brennstoff-Umwandlungsprozeß (6) auch weitere Stoffe (8), z. B. Wasserstoff, von außen zugeführt werden.

8. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaufeln der Turbine (9) bzw. der Turbinen des zweiten Wärmekraft-Kreislaufes überwiegend radial durchströmt sind und in ihren äußeren Umlenkbereichen die im Expansionsverlauf auskondensierten Bestandteile (10) des Gasgemisches selektiv abtrennbar sind.

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage mit zwei voneinander strömungstechnisch im wesentlichen getrennten, jedoch thermisch miteinander verbundenen Wärmekraft-Kreisläufen, von denen der erste in einem oberen Temperaturbereich und der zweite in einem unteren Temperaturbereich verläuft, wobei Abwärme vom ersten auf den zweiten Kreislauf übergeht.

Es ist bekannt, chemischen Prozessen Wärmekraftprozesse vor- oder nachzuschalten. Vergasungsprozesse, die hochwertige Reichtgase liefern sollen, müssen bei hohen Temperaturen durchgeführt werden, so daß hier der Wärmekraftprozeß meist nachgeschaltet wird. Es ist auch bekannt, als Wärmequelle solcher kombinierter Prozesse einen Hochtemperatur-Kernreaktor zu verwenden. Es ist ferner bekannt, die gasförmigen Reaktionsprodukte eines unter Druck verlaufenden Brennstoff-Umwandlungsprozesses in Kraftmaschinen mit für diese Aufgabe speziell gestalteten Schaufeln zu entspannen und die im Verlauf der Expansion flüssig ausgeschiedenen Gemischbestandteile — z. B. hochmolekulare Kohlenwasserstoffe — in den einzelnen Turbinenstufen selektiv abzutrennen und durch teilweise Rückführung in den Expansionsverlauf auf maschinelltem Weg fraktioniert zu destillieren. Es ist schließlich auch bekannt, zwei Wärmekraft-Kreisläufe derart miteinander zu verbinden, daß die Abwärme des ersten als Nutzwärme an den zweiten übertragen wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Einsparung von Kühlmitteln und von nachgeschalteten Trennanlagen, die eine Kombination eines Brennstoff-Umwandlungs- mit einem Wärmekraftprozeß ermöglicht, mit einer höchstmöglichen Ausbeute an mechanischer bzw. elektrischer Energie zu verbinden und die Wirtschaftlichkeit der Gesamtausbeute gegenüber den bekannten Verfahren zu verbessern.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Abwärme des ersten Wärmekraft-Kreislaufes einem zwischen die beiden Kreisläufe geschalteten endothermischen chemischen Brennstoff-Umwandlungsprozeß zugeführt wird und die nach Abzug des Zusatz-Wärmebedarfs dieses chemischen Prozesses verbleibende Wärme dem zweiten Wärmekraft-Kreislauf zugeführt wird, wobei die im Verlauf der Expansion in unterschiedlichen Siedebereichen auskondensierenden Reaktionsprodukte des chemischen Prozesses von dem restlichen Gasgemisch selektiv abgetrennt werden.

Die Ausbeute des Brennstoff-Umwandlungsprozesses kann durch Zufuhr von Fremdstoffen — z. B. durch eine Teilhydrierung mittels Wasserstoff — bzw. auch durch eine Umwälzung von Reaktionsprodukten des ersten oder des zweiten Wärmekraftprozesses gesteigert werden. Bei der Brennstoff-Umwandlung werden hohe Temperaturen bewußt vermieden, um eine Zersetzung der entstehenden hochmolekularen Kohlenwasserstoffe zu vermeiden. Die Abwärme des ersten, in einem hohen Temperaturbereich mit Entspannung von z. B. 900 ... 950 auf 600 ... 650°C verlaufenden Wärmekraftprozesses wird dazu verwendet, um den Wärme-Zusatzbedarf des im mittleren Temperaturbereich von z. B. 450 ... 550°C bei einem Druck von mindestens 10 bar verlaufenden Brennstoff-Umwandlungsprozesses zu decken, dessen gasförmig austretende Reaktionsprodukte in dem zweiten Wärmekraftprozeß bis auf tiefere Temperaturen entspannt werden. Im Verlauf dieses zweiten Entspannungsprozesses kondensieren hochmolekulare Kohlenwasserstoffe aus dem Restgas in unterschiedlichen Siedebereichen aus und werden in den äußeren Umlenkbereichen von speziell

für diese Aufgabe gestalteten Schaufeln selektiv ausgeschieden.

In Fig. 1 bis 3 sind verschiedene Varianten der erfindungsgemäßen Gasturbinenanlage dargestellt: Bei der Anlage nach Fig. 1 dient als primäre Energiequelle 1 die Nuklearwärme eines Hochtemperatur-Kernreaktors, bei den Anlagen nach Fig. 2 und 3 die Verbrennungswärme eines fossilen Brennstoffes, der auch ein Reaktionsprodukt des nachgeschalteten Brennstoff-Umwandlungsprozesses — z. B. Koks — sein kann. Eine solche Rückführung ist in Fig. 2 gestrichelt dargestellt. Das gasförmige Arbeitsmittel des primären Wärmekraftprozesses — z. B. Helium (Fig. 1) oder Verbrennungsgase (Fig. 2 und 3) — wird in Gasturbinen 2 entspannt. Das entspannte Arbeitsmittel wird im offenen Kreislauf nach außen abgegeben (Fig. 2) oder im geschlossenen (Fig. 1) oder teilgeschlossenen (Fig. 3) Kreislauf durch Gebläse 3 umgewälzt und auf die obere Druckstufe des Wärmekraftprozesses verdichtet — in Schaltung nach Fig. 3 zur Regelung der Eintrittstemperatur in die Gasturbine 2. Den Brennkammern 1 in Fig. 2 und 3 wird durch Gebläse 4 Frischluft zugeführt. Die Abwärme dieses ersten Wärmekraftprozesses wird dem Brennstoff-Umwandlungsprozeß 6 indirekt über Wärmetauscherflächen (Fig. 1 und 2) oder direkt durch Zusatz von Verbrennungsgasen (Fig. 3) zugeführt. Kombinationen dieser Teilprozesse sind möglich.

Dem Reaktionsapparat der Brennstoffumwandlung 6 und den Brennkammern 1 (in Fig. 2 und 3) wird bei 5 unter Druck Brennstoff zugeführt. Der bei der Brennstoffumwandlung entstehende Koks wird bei 7 abgezogen und kann in die Brennkammer rückgeführt werden (Fig. 2). Der Ascheabzug aus den Brennkammern und Einrichtungen zur Reinigung der Reaktionsgase von Reststaub — z. B. Heißgas-Elektrofilter — sind nicht dargestellt. Die aus dem Reaktionsapparat 6 mit einem Druck von mindestens 10 bar und einer Temperatur von z. B. 450 ... 550°C austretenden gasförmigen Reaktionsprodukte werden in Spezialturbinen 9 entspannt, in deren äußeren Umlenkbereichen der überwiegend radial durchströmten Schaufeln die auskondensierenden Bestandteile 10 nach Siedebereichen getrennt selektiv ausgeschieden werden. Die Entspannung kann bis auf Vakuum, auf Atmosphärendruck oder auf einen Gegendruck durchgeführt werden, der zur Fortleitung der gasförmig verbleibenden Reaktionsprodukte 13 ausreicht. Durch Druckerhöhung 11 (in Fig. 2 dargestellt) und Rückführung von

Teilströmen der verflüssigten Produkte in den Entspannungsprozeß kann eine fraktionierte Destillation maschinell durchgeführt und dadurch ihr Reinheitsgrad gesteigert werden. Es ist ferner möglich, dem Reaktionsverlauf weitere Fremdstoffe 8 — z. B. Wasserstoff — von außen zuzuführen, wie in Fig. 2 veranschaulicht ist.

Gasförmige oder flüssige Teilströme des Expansionsverlaufes des zweiten Wärmekraftprozesses können auch mit Hilfe eines Gebläses 12 verdichtet und in den Brennstoff-Umwandlungsprozeß rückgeführt werden — wie in Fig. 1 und 3 für das Restgas dargestellt ist. Der Wasserdampfgehalt des Restgases kann durch direkte oder indirekte Zufuhr von Kühlmitteln auskondensiert werden. In Fig. 2 ist z. B. ein Einspritzkühler 14 eingezeichnet, in dem in einer beliebigen Druckstufe Kühlwasser 15 direkt zugeführt und gemischt mit Brüdenkondensat und ausgewaschener Kohlensäure 16 entnommen wird.

Die Temperaturbereiche der beiden Wärmekraft-Kreisläufe sind hintereinandergeschaltet und durch den Temperaturbereich des Brennstoff-Umwandlungsprozesses voneinander getrennt. Bei Übertragung der Abwärme des ersten Wärmekraft-Kreislaufes über Wärmetauscher können die Druckbereiche der beiden Wärmekraftprozesse unabhängig voneinander gewählt werden, sofern nicht Sicherheitsgründe für eine Abstufung sprechen. Bei direkter Einleitung von Verbrennungsgasen des ersten Wärmekraft-Kreislaufes in die Brennstoffumwandlung müssen auch die Druckbereiche der beiden Wärmekraft-Kreisläufe im Übergangsbereich hintereinandergeschaltet werden.

Der technische und wirtschaftliche Fortschritt der Erfindung gegenüber bekannten chemischen Verfahren besteht in der erheblich höheren Ausbeute an mechanischer bzw. elektrischer Energie und an wertvollen hochmolekularen Kohlenwasserstoff-Verbindungen, wobei zusätzliche Einrichtungen zu ihrer Abtrennung aus dem Restgas eingespart werden und ein für die Brennstoffumwandlung optimaler Druck- und Temperaturbereich zusätzlich zur Erzeugung von mechanischer Energie genutzt wird. Gegenüber bekannten Gasturbinenanlagen mit zwei miteinander thermisch verbundenen Kreisläufen besteht der technische und wirtschaftliche Fortschritt in der Zwischenschaltung des Brennstoff-Umwandlungsprozesses, der die Ausbeute an mechanischer durch solche an chemischer Energie ergänzt.