



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 061 111**
B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift:
20.05.87

(51) Int. Cl.4: **E 21 B 43/24, E 21 B 43/40,**
C 10 J 5/00

(21) Anmeldenummer: **82102053.4**

(22) Anmeldetag: **13.03.82**

(54) **Verfahren zur Untertagevergasung fester Brennstoffe.**

(30) Priorität: **21.03.81 DE 3111137**

(73) Patentinhaber: **Fried. Krupp Gesellschaft mit
beschränkter Haftung, Altendorfer Strasse 103,
D-4300 Essen 1 (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.09.82 Patentblatt 82/39

(72) Erfinder: **Coenen, Hubert, Dr., Wortbergrode 13,
D-4300 Essen 1 (DE)**
Erfinder: **Kriegel, Ernst, Dr., Juistweg 51, D-4300
Essen 1 (DE)**

(46) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.05.87 Patentblatt 87/21

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE FR GB LU NL

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A-1 493 190
DE-B-1 245 290
DE-B-1 267 185
DE-C-819 386
US-A-3 474 863
US-A-4 043 395
US-A-4 108 760

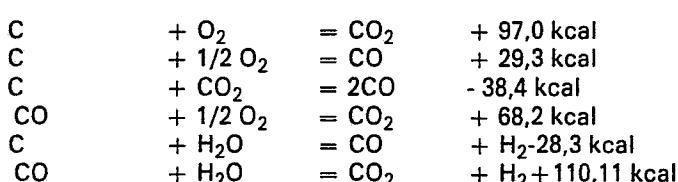
EP 0 061 111 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untertagevergasung fester Brennstoffe, bei dem der unter der Erdoberfläche lagernde Brennstoff zunächst aufgeschlossen und dann durch eine chemische Reaktion mit einem Vergasungsmittel in einen gasförmigen Brennstoff umgewandelt wird.

Es ist bekannt, daß feste Brennstoffe, insbesondere Kohle, am Ort ihres Vorkommens vergast werden können, wodurch die mechanische Brennstoffförderung überflüssig wird und auch weniger abbauwürdige Brennstoffvorkommen genutzt werden können. Bei den bekannten Untertagevergasungsverfahren werden von der Erdoberfläche Sohrlöcher bis in die Lagerstätte des Brennstoffs niedergebracht. Über diese Bohrlöcher wird das Brennstofflager durch einen geeigneten Prozeß aufgeschlossen, wobei eine Erhöhung der bereits mehr oder weniger vorhandenen Gasdurchlässigkeit des Brennstoffs eintritt. Anschließend wird in das aufgeschlossene Brennstofflager über eines oder mehrere Bohrlöcher das Vergasungsmittel eingeführt und die Vergasungsreaktion durch Zündung gestartet. Als Vergasungsmittel werden Luft, mit Sauerstoff angereicherte Luft oder mit Wasserdampf vermischt Luft verwendet. Bei der Untertagevergasung laufen die nachfolgend aufgeführten bekannten Vergasungsreaktionen ab:



Das bei der Untertagevergasung entstehende Gas hat bei Verwendung von 60% Sauerstoff und 40% Wasserdampf als Vergasungsmittel einen Heizwert von ca. 1350 kcal/Nm³. Dieses Gas wird über die Bohrlöcher aus dem Brennstofflager gefördert und kann als Heizgas oder - nach entsprechender Vorbehandlung - als Synthesegas verwendet werden.

Der Aufschluß des Brennstofflagers vor der eigentlichen Untertagevergasung ist erforderlich, um das Brennstofflager für das Vergasungsmittel und das entstehende Gas genügend durchlässig zu machen. Für den Aufschluß des Brennstofflagers können folgende bekannte Aufschlußprozesse verwendet werden:

1. Widerstandsverfahren: Hierbei werden in die Bohrlöcher Elektroden eingebracht, und an die Elektroden wird ein Strom angelegt, der das Brennstofflager erhitzt und im Brennstoff verkotete Zonen schafft, die für Gase durchlässig sind.
2. Kanalbrennverfahren: Bei diesem Verfahren werden in das Brennstofflager Kanäle eingebrannt.
3. Hydraulische Bohrlochbehandlung: Hierbei werden im Brennstofflager durch eingepreßte Flüssigkeiten Risse erzeugt.

40 4. Direktes Bohren: Bei diesem Verfahren werden von den senkrechten Bohrlöchern abgelenkte Bohrlöcher in das Brennstofflager bis zum nächsten senkrechten Bohrloch vorgetrieben. Im Anschluß daran kann das abgelenkte Bohrloch noch durch ausbrennen erweitert werden.

Die bekannten Aufschlußprozesse haben den Nachteil, daß insbesondere die in den festen Brennstoffen vorhandenen flüchtigen organischen Bestandteile nicht entfernt werden. Dies führt dazu, daß bei der eigentlichen Untertagevergasung die flüchtigen Bestandteile aus dem vergasten Lagerabschnitt ausgetrieben werden und die im benachbarten Lagerabschnitt vorhandenen gasdurchlässigen Poren und Risse verkleben. Außerdem wird das im festen Brennstoff vorhandene Wasser durch die bekannten Aufschlußprozesse nicht entfernt, was dazu führt, daß der Heizwert des durch Untertagevergasung erzeugten Gases entsprechend herabgesetzt wird.

50 50 Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Untertagevergasung fester Brennstoffe zu schaffen, bei dem die im festen Brennstoff enthaltenen flüchtigen Bestandteile gewonnen werden können und das ein Gas mit hohem Heizwert liefert. Außerdem soll die Lenkbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Untertagevergasung mit der Erfundung verbessert werden.

Die der Erfundung zugrunde liegende Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Brennstoff durch Behandlung mit einem im überkritischen Zustand befindlichen Gas unter Tag aufgeschlossen wird, wobei sich die im Brennstoff enthaltenen flüchtigen organischen Verbindungen sowie Wasser im überkritischen Gas lösen, und daß aus der beladenen überkritischen Gasphase die in ihr gelösten organischen Verbindungen sowie das gelöste Wasser durch Druckerniedrigung und/oder Temperaturänderung über Tag in wenigstens zwei Fraktionen abgeschieden werden. Aus der DE-B- 1 493 190 ist zwar ein Verfahren zur Trennung organischer Stoffgemische durch Behandlung der Gemische mit einem überkritischen Gas und anschließender Abscheidung der in der überkritischen Gasphase gelösten Stoffe durch Druckerniedrigung und/oder Temperaturerhöhung bekannt; für den Fachmann ist es aber nicht naheliegend, überkritische Gase bei der Untertagevergasung fester Brennstoffe als Aufschlußmittel einzusetzen, da nicht erwartet werden konnte, daß insbesondere die flüchtigen organischen Verbindungen aus dem festen Brennstoff in vorteilhafter Weise unter Tag extrahiert und über Tag zurückgewonnen werden können. Durch die Extraktion der flüchtigen Bestandteile

wird verhindert, daß sie die gasdurchlässigen Poren des Brennstoffs beim Vergasungsprozeß verkleben und so die Gasdurchlässigkeit des Brennstoffs nachteilig beeinflussen. Außerdem ist es vorteilhaft, daß das im Brennstoff vorhandene Wasser durch das überkritische Gas weitgehend aufgenommen wird, wodurch sich der Heizwert des bei der Untertagevergasung erzeugten Gases entsprechend erhöht. Durch die nach der Erfindung vorgesehene fraktionsweise Abscheidung der aus dem Brennstoff extrahierten gasförmigen und flüssigen organischen Verbindungen sowie des Wassers können in vorteilhafter Weise Rohstoffe, insbesondere aromatische Kohlenwasserstoffe, gewonnen werden. Die Abscheidung der gelösten Stoffe kann nach der Erfindung allein durch Druckerniedrigung oder allein durch Temperaturänderung (Temperaturerhöhung oder Temperatursenkung) oder durch gleichzeitige Druckerniedrigung und Temperaturänderung (Temperaturerhöhung oder Temperatursenkung) erfolgen.

Nach der Erfindung ist es besonders vorteilhaft, wenn das im überkritischen Zustand befindliche Gas bei seinem Eintritt in das Brennstofflager eine Temperatur von 10 bis 100°C über seiner kritischen Temperatur und einen Druck von 2 bis 300 bar über seinem kritischen Druck hat. Durch diese Zustandsbedingungen wird sichergestellt, daß das Gas einerseits auch im Brennstofflager seinen überkritischen Zustand beibehält und andererseits mit einem wirtschaftlich vertretbaren Energieaufwand in das Brennstofflager eingebracht wird. Ferner ist nach der Erfindung vorgesehen, daß die Temperatur des überkritischen Gases auf seinem Extraktionsweg unter Tag so abnimmt, daß es bei seinem Austritt aus den Brennstofflager eine Temperatur aufweist, die 5 bis 15°C über seiner kritischen Temperatur liegt. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß sich das überkritische Gas auf seinem Extraktionsweg laufend mit einer größeren Menge an extrahierten Verbindungen belädt, da das Lösungsvermögen überkritischer Gase in einem Temperaturbereich, der wenig oberhalb der kritischen Temperatur liegt, in der Regel ein Optimum aufweist und mit steigender Temperatur abnimmt. Durch den nach der Erfindung unter Tag vorgesehenen Temperaturgradienten des überkritischen Gases wird also vermieden, daß extrahierte Stoffe vor dem Austritt der überkritischen Gasphase aus dem Brennstofflager ausfallen und die gasdurchlässigen Poren des Brennstoffs verkleben. Die Erfindung schlägt auch vor, daß die Eintrittstemperatur des überkritischen Gases in das Brennstofflager während des Aufschlusses um 2 bis 50°C gesenkt wird. Dadurch wird das Extraktionsvermögen des überkritischen Gases während des Aufschlusses des Brennstofflagers laufend gesteigert, und die Verringerung der Extraktionsgeschwindigkeit, die von der Abnahme der zu extrahierenden Stoffmenge während des Aufschlusses verursacht wird, kann durch die Steigerung des Lösungsvermögens des überkritischen Gases ausgeglichen werden. Dadurch, daß die Eintrittstemperatur des überkritischen Gases in das Brennstofflager während des Aufschlusses gesenkt wird und die Austrittstemperatur des überkritischen Gases aus dem Brennstofflager nur wenig oberhalb der kritischen Temperatur des Gases liegt, wandert die Zone, innerhalb der das überkritische Gas eine maximale Extraktionswirkung hat, in vorteilhafter Weise entgegengesetzt zur Strömungsrichtung des überkritischen Gases. Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit besonders gutem Erfolg durchgeführt werden, wenn zum Aufschluß des Brennstoffs CO₂ verwendet wird, da überkritisches CO₂ sowohl für Wasser als auch für die im festen Brennstoff enthaltenen organischen Verbindungen ein hinreichend gutes Lösungsvermögen besitzt und ohne aufwendige Sicherheitsvorkehrungen eingesetzt werden kann. Außerdem hat CO₂ einen kritischen Druck von p_{krit} = 73,9 bar und eine kritische Temperatur von T_{krit} = 31°C, die seinen Einsatz zum Aufschluß unterirdischer Kohlevorkommen für die Untertagevergasung wirtschaftlich sinnvoll erscheinen lassen, zumal in vielen Brennstofflagern eine Temperatur herrscht, die oberhalb der kritischen Temperatur des CO liegt. Nach der Erfindung ist ferner vorgesehen, daß zum Aufschluß des Brennstoffs Äthan, Äthen, Propan oder Mischungen dieser Gase verwendet werden. Bei der Anwendung dieser erfindungsgemäßen Verfahrensmaßnahme ist allerdings darauf zu achten, daß Sicherheitsrisiken vermieden werden.

Der Gegenstand der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Für die Untertagevergasung sind insbesondere Kohlevorkommen geeignet, für die ein bergmännischer Abbau nicht lohnend erscheint und die insbesondere keine wasserführenden Schichten enthalten. Das Verfahren kann aber auch bei Ölschiefer- und Ölsand-Lagerstätten angewendet werden, wenn die geologischen Verhältnisse dies zulassen. Voraussetzung für die Anwendbarkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens ist nämlich eine dichte Lagerstätte, aus der die beladene überkritische Gasphase nahezu vollständig zurückgewonnen werden kann.

In ein derartiges Kohlevorkommen 1 werden zwei senkrechte Bohrlöcher 2a, 2b niedergebracht. Über das Bohrloch 2a wird das zum Aufschluß verwendete überkritische CO₂ in das Kohlevorkommen 1 gefördert. Anstelle des überkritischen CO₂ können auch überkritische Propan, Äthan, Äthen oder Mischungen dieser gasförmigen Kohlenwasserstoffe verwendet werden, wobei allerdings gewährleistet sein muß, daß durch die Verwendung dieser Gase keine Sicherheitsrisiken entstehen. Das überkritische CO₂ hat bei seinem Eintritt in das Brennstofflager eine Temperatur von ca. 60° und einen Druck von ca. 300 bar. Das überkritische CO₂ diffundiert durch das Kohlelager und belädt sich dabei mit flüchtigen organischen Verbindungen sowie mit Wasser. Der Wassergehalt der Kohle liegt im Durchschnitt bei ca. 1 Gew.-%, und dieses Wasser wird in der Regel von der überkritischen Gasphase aufgenommen, da sie sich bis zur Sättigung mit Wasser belädt. Das Wasser aus stark wasserhaltigen oder wasserführenden Brennstoffsichten wird nur zum Teil von der überkritischen Gasphase extrahiert. Je weiter der Aufschluß des Kohlevorkommens fortschreitet, desto mehr Diffusionskanäle werden geschaffen, so daß eine hohe Permeabilität des Kohlevorkommens für Gase erreicht wird. Die beladene überkritische Gasphase 4 tritt am Bohrloch 2b aus und wird in ihre Bestandteile aufgetrennt. Das Verhältnis von überkritischer Gasmenge zu aufgeschlossener Kohlemenge liegt zwischen 1 : 3 und 1 : 10.

- Zur Trennung der beladenen überkritischen Gasphase gelangt diese nacheinander in 5 Fraktioniereinrichtungen 5a, 5b, 5c, 5d, 5e. In diesen Fraktioniereinrichtungen werden aus dem überkritischen CO₂ die gelösten organischen Verbindungen entsprechend ihrem Molekulargewicht sowie das gelöste Wasser durch Druckerniedrigung und/oder Temperaturänderung in bekannter Weise abgeschieden. Das regenerierte
- 5 Aufschlußmittel 6 wird in der Pumpe 7 auf den zum Aufschluß des Brennstoffs erforderlichen überkritischen Druck komprimiert und im Wärmetauscher 8 auf die erforderliche, überkritische Temperatur erwärmt. Es gelangt anschließend im überkritischen Zustand in das Bohrloch 2a. Da während des Aufschlusses eine bestimmte Aufschlußmittelmenge verloren geht, wird aus dem Vorratstank 9 ständig neues Gas - im vorliegenden Fall CO₂ - in den Kreislauf gefördert.
- 10 Bei Laboruntersuchungen wurde festgestellt, daß eine überkritische Gasphase, die aus Kohlenwasserstoffen besteht, bis zu 50 Gew.-% der extrahierten Kohle aufnimmt. Der aus der überkritischen Gasphase zurückgewonnene Extrakt besteht aus leicht-, mittel- und schwerflüchtigen organischen Verbindungen und aus geringen Wassermengen. Eine Hydrierung des Extraktes liefert folgende Produkte:
- | | | |
|----|--------------------|-----|
| 15 | Paraffine | 15% |
| | Cycloparaffine | 34% |
| | Alkylbenzole | 34% |
| 20 | höhere aromatische | |
| | Kohlenwasserstoffe | 10% |
| | Rest | 7% |

25

Patentansprüche

1. Verfahren zur Untertagevergasung fester Brennstoffe, bei dem der unter der Erdoberfläche lagernde Brennstoff zunächst aufgeschlossen und dann durch eine chemische Reaktion mit einem Vergasungsmittel in einen gasförmigen Brennstoff umgewandelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff durch Behandlung mit einem im überkritischen Zustand befindlichen Gas unter Tag aufgeschlossen wird, wobei sich die im Brennstoff enthaltenen flüchtigen organischen Verbindungen sowie Wasser im überkritischen Gas lösen, und daß aus der beladenen überkritischen Gasphase die in ihr gelösten organischen Verbindungen sowie das gelöste Wasser durch Druckerniedrigung und/oder Temperaturänderung über Tag in wenigstens zwei Fraktionen abgeschieden werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das im überkritischen Zustand befindliche Gas bei seinem Eintritt in das Brennstofflager eine Temperatur von 10 bis 100°C über seiner kritischen Temperatur und einen Druck von 2 bis 300 bar über seinem kritischen Druck hat.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des überkritischen Gases auf seinem Extraktionsweg unter Tag so abnimmt, daß es bei seinem Austritt aus dem Brennstofflager eine Temperatur aufweist, die 5 bis 15°C über seiner kritischen Temperatur liegt.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittstemperatur des überkritischen Gases in das Brennstofflager während des Aufschlusses um 2 bis 50°C gesenkt wird.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zum Aufschluß des Brennstoffs CO₂ verwendet wird.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zum Aufschluß des Brennstoffs Äthan, Äthen, Propan oder Mischungen dieser Gase verwendet werden.

50

Claims

1. A process for the underground gasification of solid fuels, wherein the fuel deposited below the earth's surface is first broken down and then transformed into a gaseous fuel by a chemical reaction with gasification agent, characterized in that the fuel broken down under ground with a gas in the supercritical condition, and the volatile organic compounds contained in the fuel and also water are dissolved in the supercritical gas, whereafter the organic compounds dissolved in the charged supercritical gas phase and also the dissolved water are separated above ground into at least two fractions by lowering the pressure and/or changing the temperature.
2. A process according to Claim 1, characterized in that the gas in the supercritical condition has a temperature of 10 to 100°C above its critical temperature and a pressure of 2 to 300 bar above its critical pressure when it enters the fuel deposit.
3. A process according to Claims 1 and 2, characterized in that the temperature of the supercritical gas so decreases over its path of extraction under ground that on emergence from the fuel deposit is has a

temperature lying 5 to 15°C above its critical temperature.

4. A process according to Claims 1 to 3, characterized in that during the breaking down of the fuel the temperature at which the supercritical gas enters the fuel deposit is lowered by 2 to 50°C.

5. A process according to Claims 1 to 4, characterized in that CO₂ is used to break down the fuel.

5 6. A process according to Claims 1 to 4, characterized in that ethane, ethene, propane or mixtures of these gases are used to break down the fuel.

10 **Revendications**

15 1. Procédé de gazéification souterraine de combustibles solides dans lequel le combustible situé au-dessous de la surface du sol est d'abord dissocié, puis, par une réaction chimique avec un produit gazéifiant, transformé en un combustible gazeux, caractérisé en ce que le combustible est dissocié au-dessous du sol par traitement par un gaz qui se trouve dans un état hypercritique, les constituants organiques volatils contenus dans le combustible ainsi que l'eau se dissolvant dans le gaz hypercritique et en ce qu'à partir de la phase gazeuse hypercritique chargée les composés organiques qui y sont dissous et l'eau dissoute sont séparés au-dessus du sol, par abaissement de la pression et/ou modification de la température, en deux fractions au moins.

20 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le gaz qui se trouve à l'état hypercritique présente, à son entrée dans la couche de combustible, une température dépassant de 10 à 100°C sa température critique et une pression dépassant de 2 à 300 bars sa pression critique.

25 3 - Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la température du gaz hypercritique s'abaisse, pendant son trajet d'extraction au-dessous du sol, de telle manière qu'à sa sortie de la couche de combustible il a une température qui dépasse de 5 à 15°C sa température critique.

4 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la température d'entrée du gaz hypercritique dans la couche de combustible s'abaisse de 2 à 50°C pendant la dissociation.

5 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la dissociation du combustible est réalisée au moyen de CO₂.

30 6 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, pour la dissociation du combustible, on utilise de l'éthane, de l'éthène, du propane ou des mélanges de ces gaz.

35

40

45

50

55

60

65

0 061 111

