

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑳ Anmeldenummer: 83110034.2

⑤① Int. Cl.³: **C 10 J 3/08, C 10 J 3/84,**
C 10 J 3/46, C 22 C 33/00,
C 01 B 31/32, C 01 B 25/027,
C 22 B 13/00

㉑ Anmeldetag: 07.10.83

③① Priorität: 27.10.82 DE 3239774

⑦① Anmelder: **HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT,**
Postfach 80 03 20, D-6230 Frankfurt am Main 80 (DE)
 Anmelder: **Uhde GmbH,**
Friedrich-Uhde-Strasse 15 Postfach 262,
D-4600 Dortmund 1 (DE)

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 02.05.84
 Patentblatt 84/18

⑦② Erfinder: **Pietzarka, Friedrich-Wilhelm, Dr.,**
Göggestr. 11, D-4600 Dortmund 50 (DE)
 Erfinder: **Meurer, Peter, Dr., Wilhelm-Huck-Strasse 39a,**
D-5804 Herdecke-Ende (DE)
 Erfinder: **Portz, Willi, Dr., Zum Schlagbaum 2,**
D-5042 Erftstadt (DE)
 Erfinder: **Kampmann, Friedrich-Wilhelm, Dr.,**
Fasanenaue 6, D-5042 Erftstadt (DE)

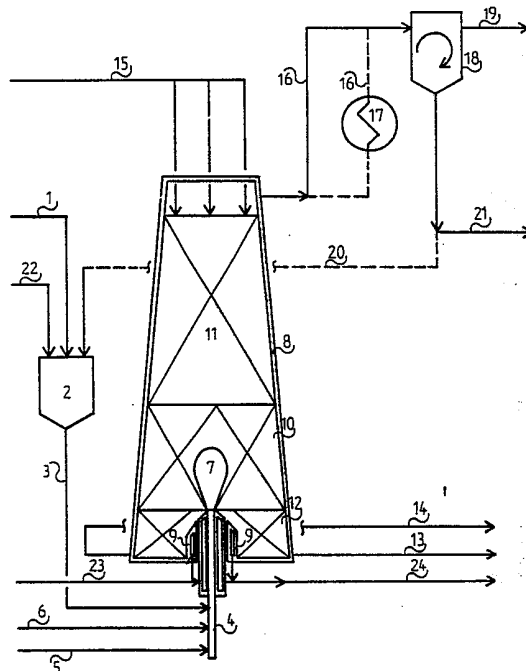
⑧④ Benannte Vertragsstaaten: DE GB IT

⑦④ Vertreter: **Hubbuch, Klaus, Dr. et al, Hoechst**
Aktiengesellschaft WERK KNAPSACK Postfach 29 02,
D-5030 Hürth (DE)

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas.**

⑤⑦ Beim Verfahren zur Herstellung von Synthesegas ($\text{CO} + \text{H}_2$) durch autotherme Vergasung feinteiliger, kohlenstoffreicher Materialien mit Sauerstoff, wobei man das kohlenstoffreiche Material mit einer Teilchengröße von 0–0,1 mm mit Sauerstoff in eine heiße Vergasungszone ein-düst, das gebildete flugaschehaltige primäre rohe Synthesegas mit der ihm innewohnenden thermischen Energie durch eine mit den Ausgangsstoffen für eine endotherme carbothermische Reduktion gefüllte Reduktionszone und, vermehrt durch das bei der carbothermischen Reduktion entstandene Synthesegas, durch eine sich nach oben anschließende, mit den gleichen Stoffen gefüllte Vorheizzone hindurchführt und mit einer Temperatur von 300–1500 °C zur Reinigung und Konvertierung abzieht, und wobei man unterhalb der Reduktionszone das Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion sowie entstandene Schlacke schmelzflüssig aus einer Sammel- und Nachreaktionszone entnimmt, erzeugt man als Vergasungszone in einem Haufwerk aus den Ausgangsstoffen für die carbothermische Reduktion eine Aushöhlung oder zumindest eine Wirbelzone aus solchem aufgelockerten Haufwerk, welche auf 1300–3300 °C gehalten wird; die Reduktionszone erzeugt man oberhalb und seitlich von der Vergasungszone und

(Fortsetzung nächste Seite)



5

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung
von Synthesegas

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas ($\text{CO} + \text{H}_2$) durch autotherme Vergasung feinteiliger, kohlenstoffreicher Materialien mit Sauerstoff in Gegenwart von Ausgangsstoffen für eine endotherme carbothermische Reduktion.

15

Seit etwa 1973/74 werden Verfahren zur Synthesegaserzeugung aus Kohle und anderen festen Brennstoffen, besonders solche unter erhöhtem Druck, intensiv weiterentwickelt, um heimische Energie- und Rohstoffquellen verstärkt auszunutzen. Solche Verfahren sind in der Literatur eingehend beschrieben (z.B. Ullmanns Encyklopädie der Technischen Chemie, 4. Auflage, Band 14, Seite 375 ff.). Eine zukünftige vermehrte großtechnische Anwendung derartiger Verfahren dürfte zu einem immensen Anfall von Aschen und Schlacken führen und ernsthafte Deponieprobleme aufwerfen. In der DE-Anmeldung P 31 32 506.8 wurde ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas beschrieben, wobei unter Zugabe von Zuschlagstoffen mindestens Teile der Asche als chemisch-technische Produkte, wie z.B. Ferrosilizium oder Calciumcarbid gewonnen werden.

20

25

30

Charakteristisch für die dort beschriebene Vorrichtung ist, daß seitlich an einem mit Zuschlagstoffmischung gefüllten Schachtofen (Abstichgenerator) Vergasungskammern angeordnet sind, die mit der Reduktionszone im Schachtofen in offener Verbindung stehen. In diese wird

35

das kohlenstoffhaltige Material mit Sauerstoff und gegebenenfalls Zusatzgasen eingedüst und in ein extrem heißes, kohlenmonoxidhaltiges Sytheseegas überführt, welches von dort in die eine Schüttung aus Zuschlag-

5 stoffen enthaltende Reduktionszone strömt, wo sich z.B. Ferrosilizium oder Calciumcarbid als Reduktionsprodukte bilden. Ein Teil der Asche aus den Einsatzstoffen wird mit dem Syntheseegas als Staub ausgetragen, ein anderer durch chemische Reaktion umgewandelt und der Rest mit

10 dem Reduktionsprodukt abgezogen.

Der Anteil der Asche aus den kohlenstoffreichen Materialien, der mit dem Syntheseegas ausgetragen wird, hängt von der Vergasungstemperatur und der Reaktionstemperatur

15 in der Reduktionszone ab. Verdampfung und partielle Reduktion der Oxide der Asche zu flüchtigen Suboxiden, z.B. SiO , sind u.a. dafür verantwortlich.

Es zeigt sich, daß die Reinheit der erzeugten Reduktions-

20 produkte stark von der Reinheit der Einsatzmaterialien, besonders des kohlenstoffreichen Materials abhängt. Bei Verwendung von beispielsweise sehr aschereichen Kohlen als Einsatzmaterial kann es sich als notwendig erweisen, deutlich höhere Temperaturen in der Vergasungs- und/

25 oder Reduktionszone zu erzeugen, als sie für die Bildung der entsprechenden Reduktionsprodukte erforderlich wären, um größere Anteile der Asche in den Gasstrom zu überführen. Vorzugsweise sind hier Temperaturen zwischen 2 000 und 3 300°C anzustreben.

30 Betrachtet man einen Flugstromvergaser, der im Prinzip aus einem leeren, feuerfest ausgemauerten Reaktor besteht, oder auch die Vorrichtung der DE-Anmeldung P 31 32 506.8, die, wenn auch erheblich kleinere, jedoch

35 ebenfalls leere, feuerfest ausgekleidete Vergasungskammern besitzt, so erkennt man leicht, daß bei Anwendung extremer Reaktionstemperaturen die Wand des Reaktors dem

gleichzeitigen Angriff von reduzierender Atmosphäre und geschmolzener Asche bzw. Schlacke nicht standhalten kann. Insbesondere gilt dies für aschereiche Kohlen, wo schon bei herkömmlichen Synthesegaserzeugern und Vergasungstemperaturen zwischen 1500 und 2000°C erhebliche Schwierigkeiten beobachtet werden.

Daraus erwuchs die Aufgabe, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, welche bei gleicher Zielsetzung wie bei der DE-Anmeldung P 31 32 506.8 den Verschleiß an der Vorrichtung minimieren, somit deren Standzeit verlängern, eine Einflußnahme auf die Verteilung der Asche bzw. Schlacke zwischen Synthesegas und festem Reduktionsprodukt ermöglichen und eine erhöhte Reinheit des carbothermischen Reduktionsproduktes bewirken. Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe in einfacher Weise, wobei gleichzeitig noch aus den Aschen der eingesetzten kohlenstoffhaltigen Materialien zumindest teilweise chemisch-technische Produkte erzeugt werden können. Es ergeben sich gegenüber dem Stand der Technik sowie der DE-Anmeldung P 31 32 506.8 zusammenfassend folgende Vorteile:

1. Die Reaktionstemperaturen in der Vergasungszone lassen sich in einem weiten Bereich von 1300 bis 3300°C variieren.
2. Ein Verschleiß an einer feuerfesten Auskleidung der Vergasungskammer ist ausgeschlossen. Düsen spitzen und Düsen durchführungen sind ausreichend kühlbar.
3. Ein Verschleiß an den konstruktiven Teilen des schachtförmigen Abstichgenerators ist durch einen starken radialen Temperaturabfall mit Schutzschichtbildung auf den Innenwandungen minimiert.

4. Wärmeverluste werden minimiert.
5. Die Vergasungszone wirkt gleichzeitig als Gasverteiler.
- 5 6. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist im wesentlichen rotationssymmetrisch und gewährleistet dadurch eine weitgehend gleichmäßige Gasverteilung.
- 10 7. Anteile der Zuschlagstoffmischung können auch durch die Düse in den Abstichgenerator eingebracht werden.
- 15 8. Aus der Rotationssymmetrie der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergibt sich die Möglichkeit, diese in geeigneter Weise rotierend, leicht geneigt gegen die Lotrechte anzuordnen und eine intensive Durchmischung der Komponenten in der Sammel- und Nachreaktionskammer zu erreichen.

Diese Vorteile werden vorzugsweise dadurch erreicht, daß man in einem geschlossenen Reaktor, der ein Haufwerk aus kohlenstoffreichen, festen Materialien, wie Koks, Schwelkoks, Anthrazit, Holzkohle oder Torfkoks, und ggf. Zuschlagstoffen, wie Kalk, Eisenschrott und anderen, enthält, im Betriebsfall eine Aushöhlung oder zumindest eine Wirbelzone aus aufgelockertem Haufwerk in situ erzeugt, indem man mittels einer Düse ein staubförmiges kohlenstoffreiches Material, z.B. eines oder mehrere der obengenannten oder auch Steinkohle oder Braunkohle, zusammen mit Sauerstoff, gegebenenfalls in Gegenwart von Zusatzgasen wie Wasserdampf, Kohlenmonoxid, Stickstoff oder Kohlendioxid einbläst und zündet. Dabei ist das Mengenverhältnis der Vergasungsmittelkomponenten ($O_2 / H_2O, CO_2$), welche in der Vergasungszone mit Kohlenstoff zu Synthesegas reagieren, bevorzugt so eingestellt, daß das entstehende primäre Synthesegas die gewünschte Flammentemperatur von vorzugsweise $1300 - 2000^{\circ}C$ erhält.

Dieses Mengenverhältnis ist mindestens so eingestellt, daß stetig eine bestimmte Menge des den erzeugten Hohlraum umgebenden Materials verbraucht wird. Auf diese Weise wird eine Vergasung der kohlenstoffreichen Materialien in zwei Stufen erreicht.

1. Eine Vorvergasung mit einem stöchiometrischen Kohlenstoffüberschuß, bezogen auf die Summe der Vergasungsmittel (O_2 , CO_2 , H_2O). Dem Prinzip nach handelt es sich hier um eine Gleich- oder Flugstromvergasung in einer sich kontinuierlich erneuernden leeren Vergasungskammer mit gasdurchlässigen Begrenzungsflächen, die gleichzeitig als Gasverteiler wirkend eine möglichst symmetrische Gasführung gewährleistet.
2. Eine Nachvergasung, wobei die dem Vergasungsmittelüberschuß entsprechende Kohlenstoffmenge nach Art einer Fest- oder Wanderbettvergasung im Gegenstrom in einem die Vergasungszone umhüllenden Bereich umgesetzt wird, in dem gleichzeitig die gewünschte Reaktion der Zuschlagstoffe durchgeführt werden kann. Als Sauerstoff übertragendes Vergasungsmittel dient hier nicht mehr Sauerstoff selbst, sondern Wasserdampf und/oder Kohlendioxid. Wassergas- bzw. Boudouard-Reaktion ($H_2O + C \rightarrow CO + H_2$; $CO_2 + C \rightarrow 2 CO$) verlaufen ebenso wie die Reaktion der Zuschlagstoffe endotherm, d.h. Wärme verzehrend. Auch dieser Nachvergasungsbereich erneuert sich im Betriebszustand stetig. Er ist jedoch nach außen hin nicht scharf abgegrenzt und in der eigentlichen Reduktionszone enthalten.

Im einzelnen betrifft die Erfindung nunmehr ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegas ($CO + H_2$) durch autotherme Vergasung feinteiliger, kohlenstoffreicher Materialien mit Sauerstoff, wobei man das kohlenstoffreiche Material mit

einer Teilchengröße von 0 - 0,1 mm mit Sauerstoff und ggf. Zusatzgasen in eine heiße Vergasungszone eindüst, das gebildete flugaschehaltige primäre rohe Synthesegas mit der ihm innewohnenden thermischen Energie durch eine mit den Ausgangsstoffen für eine endotherme carbothermische Reduktion gefüllte Reduktionszone und, vermehrt durch das bei der carbothermischen Reduktion entstandene Synthesegas, durch eine sich nach oben anschließende, mit den gleichen Stoffen gefüllte Vorheizzone hindurchführt und mit einer Temperatur von 300 - 1500°C zur Reinigung und Konvertierung abzieht, und wobei man unterhalb der Reduktionszone das Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion sowie entstandene Schlacke schmelzflüssig aus einer Sammel- und Nachreaktionszone entnimmt, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß man als Vergasungszone in einem Haufwerk aus den Ausgangsstoffen für die carbothermische Reduktion eine Aushöhlung oder zumindest eine Wirbelzone aus solchem aufgelockerten Haufwerk erzeugt, welche auf 1300 bis 3300°C gehalten wird; daß man die Reduktionszone oberhalb und seitlich von der Vergasungszone erzeugt; und daß man in der Reduktionszone gleichzeitig eine Nachvergasung durchführt, wobei im primären rohen Synthesegas enthaltener Wasserdampf und Kohlendioxid mit kohlenstoffreichem Material zu weiterem Synthesegas reagieren.

25

Das Verfahren der Erfindung kann weiterhin wahlweise und bevorzugt dadurch gekennzeichnet sein, daß man

a) in der Vergasungszone mit einem stöchiometrischen Sauerstoffüberschuß in Bezug auf die Oxidation zu CO

30

arbeitet und ein 2000 bis 3300°C heißes primäres rohes Synthesegas erzeugt;

- 5 b) in die Vergasungszone als Zusatzgase und Vergasungsmittel Wasserdampf und/oder Kohlendioxid eindüst und durch Reaktion mit Kohlenstoff ein 1300 bis 2000°C heißes primäres rohes Synthesegas erzeugt;
- 10 c) von oben über die Vorheizzone soviel kohlenstoffreiches Material im Überschuß, bezogen auf die Stöchiometrie der endothermen carbothermischen Reduktion, in das die Vergasungszone umgebende Haufwerk einbringt, daß aus der Vergasungszone austretender Wasserdampf und/oder Kohlendioxid mit Kohlenstoff zu weiterem Synthesegas reagieren;
- 15 d) das die Vorheizzone nach oben verlassende rohe Synthesegas von Staub und Asche befreit und diese Feststoffe zumindest teilweise im Kreislauf zusammen mit frischem kohlenstoffhaltigem Material erneut in die Vergasungszone eindüst;
- 20 e) die Ausgangsstoffe für die carbothermische Reduktion in Korngrößen von 10-20 mm, 20-40 mm und/oder 40-60 mm einsetzt, wobei bevorzugt zur optimalen Gasverteilung abwechselnd Schichten verschiedener Korngrößenbereiche übereinander geschüttet werden;
- 25 f) die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks, Eisenschrott und ggf. Quarz beschickt, wobei man als Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion bei 1300 bis 30 1800°C Ferrosilizium gewinnt;

- 5 g) die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks oder Anthrazit und Kalk beschickt, wobei man als Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion bei 1800°C bis 2300°C Calciumcarbid gewinnt;
- 10 h) einen Teil des Kalks in Form von bei der Carbidvergasung anfallendem und anschließend feinpulverisiertem Kalhydrat zusammen mit dem feinteiligen kohlenstoffreichen Material in die Vergasungszone eindüst.
- 15 i) die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks und oxidischem Eisenerz beschickt, wobei man als Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion bei 1300 bis 1800°C metallisches Eisen gewinnt;
- 20 j) die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks oder Anthrazit, Kalk, Eisen und/oder Eisenschrott und/oder Eisenoxid, und ggf. Quarz beschickt, wobei man als Reaktionsprodukte der carbothermischen Reduktionen bei 1800 bis 2300°C Calciumcarbid und Ferrosilizium gewinnt;
- 25 k) die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks, Calciumphosphat und Quarz beschickt, wobei man als Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion bei 1300 bis 1700°C elementaren Phosphor gewinnt;
- 30 l) als Zusatzgas CO , CO_2 , N_2 , Wasserdampf oder im Kreislauf geführtes Synthesegas einsetzt;
- m) in der Symmetrieachse der Vorheizzone eine seitlich und nach oben geschlossene Pyrolysezone vorsieht, durch die von oben mindestens ein Teil des zur Vergasung und carbothermischen Reduktion bestimmten kohlenstoffreichen Materials zugeführt und darin entgast und verkocht wird,

wobei die flüchtigen Entgasungs- und Verkokungsprodukte zwangsweise in dieser Zone bei von 400°C bis auf 1100 bis 1500°C ansteigenden Temperaturen pyrolysiert werden;

5

n) in die Pyrolysezone von oben Wasserdampf einführt und durch dessen Umsetzung mit Kohlenstoff einen bestimmten Wasserstoffgehalt des rohen Synthesegases einstellt;

10

o) in die Pyrolysezone als kohlenstoffreiches Material zerkleinerte Altreifen von Kraftfahrzeugen einsetzt.

15

In den Figuren 1 bis 5 sind verschiedene Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Seitenansicht und im Schnitt dargestellt. Das Verfahren der Erfindung wird anhand dieser Darstellungen näher erläutert wie folgt:

20

Figur 1:

Feinstgemahlene und vorgetrocknete Vergasungskohle (kohlenstoffreiches Material; Teilchendurchmesser: 90 % kleiner als 90 μ m) wird über die Zuleitung (1), den Zwischenbunker (2) und Leitung (3) auf eine Düse (4) gegeben, wo sie mit Sauerstoff aus Leitung (5) und ggf. Zusatzgas, insbesondere Kohlendioxid, Wasserdampf, Kohlenmonoxid oder rohem Synthesegas, aus Leitung (6) in die Vergasungszone (7) des Reaktorraumes (schachtförmiger Abstichgenerator) (8) injiziert und autotherm vergast wird. Der schachtförmige Abstichgenerator (8) ist dabei so ausgestaltet, daß sich die Düse (4) an einer Einstülpung (9) des Bodens in der Symmetrieachse befindet und daß durch die carbothermische Reduktion und/oder eine Nachvergasung in einer Schüttschicht mit der jeweiligen Zuschlagstoffmischung ein Hohlraum, zu-

35

mindest aber eine Wirbelzone aus aufgelockertem Haufwerk, - die Vergasungszone (7) - erzeugt und stabilisiert wird. In den angrenzenden Bereichen der Schüttschicht findet dann eine Nachvergasung in der sich bildenden Reduktionszone (10) statt. Dabei ist die Körnung der Zuschlagstoffe dieser Mischung vorzugsweise 10 bis 20 mm oder 20 bis 40 mm. Oberhalb der Schüttschicht ist eine Vorheizzone (11) angeordnet, die ebenfalls eine Schüttschicht aus Zuschlagstoffmischung enthält, so daß durch Schwerkrafteinfluß die Zuschlagstoffmischung entsprechend dem Verbrauch in der Reduktionszone (10) nach unten wandert. Unterhalb der Reduktionszone (10) ist eine ringförmige Sammel- und Nachreaktionszone (12) angeordnet, in die aus der Reduktionszone (10) abtropfende, geschmolzene Schacke und Reduktionsprodukt mit einer Temperatur von 1 200 bis 2 200°C hineintropfen. Die Sammel- und Nachreaktionszone (12) ist mit mindestens einer verschließbaren Abstichöffnung versehen, so daß geschmolzene Schlacke und geschmolzenes Reduktionsprodukt über die Leitungen (13) und/oder (14) abgezogen werden können. Anschließend wird granuliert oder in Gefäßen abgekühlt. Während in der Vergasungszone (7) die Temperatur mittels eines Sauerstoffüberschusses auf etwa 2 000 bis 3 300°C eingestellt wird, ergibt sich in der Reduktionszone (10) eine Temperatur von etwa 2 200°C. Große Teile der Asche aus der Vergasungskohle werden daher schon in der Vergasungszone (7) verdampft und mit dem sich bildenden primären rohen Synthesegas abgeführt. Die Zuschlagstoffmischung enthält ein Reduktionsmittel, bevorzugt Koks, Schwelkoks, Anthrazit, Holzkohle oder Torfkoks,

und für die gewünschte Reaktion spezifische weitere Materialien. Die in der Vergasungszone (7) entstehenden Vergasungsprodukte werden zwangsweise durch die Reduktionszone (10) und die Vorheizzone (11) geleitet, wo sie die ihnen innewohnende Wärme an die Zuschlagstoffmischung abgeben und selbst am Oberteil des Reaktorraumes (8) mit Temperaturen zwischen 350 und 1 500°C austreten. Je nach Anforderung an die Menge des erzeugten Reduktionsproduktes oder die gewünschte Austrittstemperatur des Rohgases kann die Zuschlagstoffmischung nach Menge und Zusammensetzung entsprechend dosiert werden. Minimale Rohsynthesegastemperaturen ergeben sich dann, wenn die Vorheizzone (11) so ausgestaltet ist, daß die zum Wärmeaustausch zur Verfügung stehende Schüttungs- oberfläche sehr groß wird und der Energieverbrauch durch Reduktionsreaktionen der Energiefreisetzung durch die autotherme Vergasungsreaktion entspricht. Am Oberteil des Reaktorraumes (8) ist eine geeignete Vorrichtung zum Einbringen der über (15) zugeführten Zuschlagstoffmischung vorgesehen, vorzugsweise in Form von Schurren, die gegen Gas abgedichtet werden, oder von Gichtverschlüssen. In der Leitung (16) kann bei hohen Austrittstemperaturen des Rohsynthesegases ein Abhitzekessel (17) vorgesehen sein, so daß das Rohsynthesegas in der Heißentstaubung (18) entstaubt und über Leitung (19) abgeleitet werden kann. Der aus der Heißentstaubung (18) abgezogene Staub kann entweder über die Leitung (20) und den Zwischenbunker (2) wieder in die Vergasungszone (7) und die Reduktions-

zone (10) zurückgeführt oder über die Leitung (21) entnommen oder in bestimmten Mengenverhältnissen gleichzeitig über (20) und (21) geführt werden. Auf diese Weise kann man entweder alle Restasche und Ballaststoffe aus den Einsatzmaterialien als Schlacke über die Leitung (13) bzw. (14) oder Teile davon als Staub aus (18) über Leitung (21) abziehen. Wird als Reduktionsprodukt Calciumcarbid erzeugt, welches zu Acetylen und Kalkhydrat hydrolysiert werden kann, so kann letzteres, das staubförmig mit etwa 4 Gew% Feuchtigkeit aus Trockenvergaseren anfällt, über Leitung (22) zugegeben und über die Düse (4) mit injiziert werden, so daß ein Teil der Kalkkomponente in der Zuschlagstoffmischung substituiert wird.

Hierdurch wird eine Verminderung des Rohstoff- und Energieverbrauchs bewirkt, da eine Kalkrückführung sonst nur mit brikettiertem und kalziniertem Material möglich wäre. Besonderes Merkmal ist, daß der Schüttungsmantel eine Schutzfunktion für die Wandung des Reaktorraumes (8) übernimmt. Die Hindurchführung der Düse (4) durch die Einstülpung (9) am Boden des Abstichgenerators (8) wird durch Kühlkammern mit den zu- und abführenden Leitungen (23) bzw. (24) gekühlt.

Figur 2:

In weiterer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann im Unterschied zu Fig. 1 vorgesehen sein, eine Komponente der Zuschlagstoffmischung über Leitung (25) von der restlichen Zuschlagstoffmischung getrennt in den Reaktorraum (8) einzubringen und mit Hilfseinbauten (26) eine säulen- bzw. ringförmige Verteilung der Komponenten in der Schüttung zu erreichen.

Die Vergasungszone (7) kann entweder mit überschüssigem Sauerstoff, wodurch sich höhere Gastemperaturen einstellen,

oder mit überschüssigem Kohlendioxid oder Wasserdampf, wodurch sich tiefere Gastemperaturen ergeben, als Vergasungsmitteln beschickt werden, wenn die Zuschlagstoffmischung mit kohlenstoffreichem Material angereichert ist.

5

Figur 3:

Ebenso kann die erfindungsgemäße Vorrichtung im Unterschied zu Fig. 1 und 2 in der Sammel- und Nachreaktionskammer (12) ein Gefälle aufweisen, wodurch es möglich wird, eine bessere Phasentrennung von Schlacke und Reduktionsprodukt oder zweier Reduktionsprodukte sowie einen getrennten Abstich über die Leitungen (13) und (14) zu erreichen.

10
15

Figur 4:

In Figur 4 wird das Verfahren zum Unterschied zu Figur 2 in einer sich drehenden Vorrichtung durchgeführt. Wesentlich ist hier eine innige Durchmischung der Reaktanten der carbothermischen Reduktion, hervorgerufen durch eine während der Drehung entstehende Fließbewegung in der Sammel- und Nachreaktionskammer (12). Der Deckel (27) des Abstichgenerators (8) und die Düse (4) bleiben fixiert und sind zum Abstichgenerator (8) hin, gegen Gasdurchtritt z.B. mit Stopfbüchsen, Labyrinthdichtungen oder anderen bekannten Einrichtungen (28) beweglich abgedichtet. Die Trennbleche (26) werden quasi endlos nachgeführt. Am Abstichgenerator (8) befindet sich ein Tragring (29), der von einem mit Antrieb (30) ausgestatteten Zahnkranz gedreht wird. Die Drehung erfolgt bevorzugt mit 0,2 - 2 UPM.

20
25
30

Figur 5:

Figur 5 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus dem schachtförmigen Abstichgenerator (8) im Bereich der Einstülpung (9) des Bodens mit der Anordnung von zwei Düsen (4).

35

Die Wandung (8) im Bereich der Boden-Einstülpung und die Spitzen der Düsen (4) sind durch Kühlkammern (31), durch die ein Kühlmedium, z.B. Wasser oder ein Wärmeträgeröl fließt, kühlbar ausgestaltet. Die Innenseite der Wandung (8) ist mit feuerfestem Material (32) ausgekleidet, welches vor dem Angriff der geschmolzenen Schlacke oder dem geschmolzenen Reduktionsprodukt schützt.

Die Erfindung betrifft somit auch eine Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zur Herstellung von Synthesegas ($\text{CO} + \text{H}_2$) durch autotherme Vergasung feinteiliger, kohlenstoffreicher Materialien mit Sauerstoff in Gegenwart von Ausgangsstoffen für eine endotherme carbothermische Reduktion, enthaltend einen Schachtofen, der im Betriebszustand, von oben nach unten betrachtet, eine langgestreckte Vorheizzone, eine Reduktionszone und eine Sammel- und Nachreaktionszone, die offen ineinander übergehen, sowie eine mit der Reduktionszone offen verbundene Vergasungszone umfaßt; Düsen für die gemeinsame Zuführung von Kohlenstaub, Sauerstoff und ggf. Zusatzgasen, Zuführleitungen für die Ausgangsstoffe der carbothermischen Reduktion und eine Abzugsleitung für rohes Synthesegas am Kopf des Schachtofens; und Abzugsleitungen aus der Sammel- und Nachreaktionszone am Boden des Schachtofens zum Abzug von geschmolzener Schlacke und schmelzflüssigem Reaktionsprodukt aus der carbothermischen Reduktion, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß der Schachtofen ein schachtförmiger Abstichgenerator (8) mit kreisförmigem Querschnitt und mittig nach oben eingestülptem Boden ist; daß im Betriebszustand die Reduktionszone (10) die Vergasungszone (7) umschließt; daß die Sammel- und Nachreaktionszone (12) die Bodeneinstülpung (9) ringförmig umgibt; daß mindestens eine Düse (4) durch die Bodeneinstülpung (9) eingeführt ist mit angeschlossenen Leitungen (3, 5, 6) für die gemeinsame Zuführung von feinteiligem, kohlenstoffreichem Material, Sauerstoff und ggf. Zusatzgasen und staubförmigen Ausgangsstoffen für die carbothermische Reduktion.

Die Vorrichtung der Erfindung kann weiterhin wahlweise und bevorzugt dadurch gekennzeichnet sein, daß

- 5 a) sie im oberen Teil des Abstichgenerators (8) senkrecht und kreisförmig angeordnete Trennbleche (26) zur Abgrenzung eines säulenförmigen Raumes in der Symmetrieachse des Abstichgenerators (8) oberhalb der Vergasungszone (7); eine Transportleitung (25) zur Beschickung des säulenförmigen Raumes mit der Kohlenstoffkomponente der Ausgangsstoffe für die carbothermische Reduktion; sowie mindestens 2 Transportleitungen (15) für die Zufuhr weiterer Ausgangsstoffe für die carbothermische Reduktion unter Ausbildung eines die Innenwandung des Abstichgenerators (8) schützenden ringförmigen Schüttungsmantels aufweist;
- 10
- 15
- b) die Trennbleche (26) durch den Kopf des Abstichgenerators (8) von außen nach innen durch Aufbringen von Schüssen quasi endlos bis zum Abschmelzen oberhalb der Vergasungszone (7) verbrauchsabhängig nachführbar sind;
- 20
- c) die Gesamtheit der kreisförmig angeordneten Trennbleche (26) die Form eines Rohres hat;
- 25
- d) die Trennbleche gitterartig durchbrochen und gasdurchlässig sind;
- e) der Boden des Abstichgenerators (8) mit der Sammel- und Nachreaktionszone (12) mit Gefälle versehen ist;
- 30
- f) der Abstichgenerator (8) mit einem seitlichen Tragring (29) versehen und auf einem Zahnkranz, mit Antrieb (30) ausgestattet und 1 bis 20 Winkelgrade zur Lotrechten geneigt, drehbar angeordnet ist; daß der Abstichgenerator (8) einen Deckel (27) trägt; daß Deckel (27), Düse (4)
- 35

und die durch den Deckel geführten bzw. an die Düse angeschlossenen Zuführ- und Abzugsleitungen fixiert und zum Abstichgenerator (8) hin mit Dichtungen (28) gegen Gasdurchtritt beweglich abgedichtet sind;

- 5
- g) die durch die Bodeneinstülpung eingeführte Düse (4) von einer mit Kühlmittel beschickten Kühlkammer umgeben ist;
- h) mindestens 2 Düsen (4) vorgesehen sind, wobei deren Spitzen und die Wandung des Abstichgenerators (8) im Bereich der Bodenausstülpung durch von Kühlmittel durchflossene Kühlkammern (31) vor Hitze geschützt werden;
- 10
- i) die Innenwandung der Sammel- und Nachreaktionszone (12) mit feuerfestem Material (32) ausgekleidet ist.
- 15

In den nachfolgenden Beispielen beziehen sich die Volumenangaben auf den Normalzustand bei 273 K und 1,013 bar.

20

Beispiel 1 (Figur 2)

Als Vergasungskohle dient eine trockene Kohle mit 22 Gew% Asche, die ihrerseits als Hauptbestandteile 45 Gew% SiO_2 , 26 Gew% Al_2O_3 und 12 Gew% CaO enthält. Die trockene Kohle weist 65 Gew% C und 3,5 Gew% H, Rest 9,5 Gew% O, N, S, H_2O sowie einen unteren Heizwert (Hu) von 25 KJoule/g auf. Als schlackeaufnehmendes Reduktionsprodukt wird Calciumcarbid erzeugt. Dazu wird als Zuschlagstoff eine Mischung aus Koks und gebranntem Kalk in den Reaktor eingefüllt. Der Koks enthält etwa 13 Gew% Asche, 0,5 Gew% Wasser, 81 Gew% C, 1 Gew% H (Rest 4,5 Gew% O, N, S) und besitzt einen unteren Heizwert (Hu) von 29 KJoule/g. Der gebrannte Kalk wird mit etwa 95 Gew% Gesamt-CaO (CaO , Ca(OH)_2 , CaCO_3 , CaSO_4) eingesetzt.

25

30

35

Düst man gemäß der allgemeinen Beschreibung zu Figur 2
94 t/h Vergasungskohle zusammen mit 56 000 m³/h Sauerstoff (99,5 Vol% rein) durch die Düse (4) in die Vergasungszone (7) ein, so entsteht ein primäres Synthesegas
5 (ca. 148 000 m³/h) mit einer Temperatur von ca. 2500°C und einer Zusammensetzung (Vol%) von ca. 21 % H₂, 1 % N₂, 70 % CO, 4,5 % CO₂, 2,5 % H₂O sowie 1 % Argon, CH₄, H₂S und COS. Außerdem werden von der Vergasungszone (7) etwa
10 21 t/h geschmolzene Asche zusammen mit etwa 1,2 t/h nicht umgesetzter Kohle in die Reduktionszone (10) ausgetragen. Nach Eintritt in die Reduktionszone (10) reagiert das im primären rohen Synthesegas enthaltene CO₂ im Sinne der Boudouard-Reaktion mit Kohlenstoff. Das primäre rohe Synthesegas kühlt sich ab und der vorhandene Wasserdampf reagiert mit einem entsprechenden Koksüberschuß. 7,1 t/h überschüssiger Koks werden über Leitung (25) in die Reduktionszone
15 (10) eingeführt. Über Leitung (15) und die ringförmige Vorheizzone (11) werden als Zuschlagstoffmischung 38,9 t/h Kalk und 23 t/h Koks in die Reduktionszone (10) eingeführt.
20 Die Carbidbildungsreaktion und Nebenreaktionen, wie z.B. Bindung des Schwefels aus schwefelhaltigen Komponenten an die basische CaO-Komponente der Zuschlagstoffmischung ($R=S + C + CaO \longrightarrow CaS + CO + R$), Entsäuerung von Restcarbonat ($CaCO_3 + C \longrightarrow CaO + 2 CO$) oder Entwässerung von Resthydroxid ($Ca(OH)_2 + C \longrightarrow CaO + H_2 + CO$) setzen Kohlenmonoxid
25 frei. Es entstehen ca. 177 000 m³/h rohes Synthesegas mit etwa 22 % H₂, 76 % CO, 1 % N₂ und 1 % CO₂, Argon, H₂O und CH₄ (Vol%). Zusammen mit dem rohen, 450 bis 500°C heißen Synthesegas werden etwa 18 t/h Staub mit etwa 32 Gew% CaO,
30 29 Gew% SiO₂ und 14 Gew% Al₂O₃ über Leitung (16) ausgetragen und in der Heißentstaubung (18) vom Gas abgetrennt. Die Zuschlagstoffe für die Carbidbildung werden kontinuierlich über die Leitungen (15) und (25) von oben im Gegenstrom zum aufsteigenden Synthesegas eingeführt und in der Reduktions-

zone (10) zu 49 t/h Carbid mit einer Litrigkeit von ca. 248 l Acetylen je kg Carbid umgesetzt, das aus der Sammel- und Nachreaktionszone (12) diskontinuierlich abgestochen wird.

5

Beispiel 2 (Figur 3)

10 Geht man von den gleichen Rohstoffen wie in Beispiel 1 aus, düst 135,5 t/h Vergasungskohle zusammen mit 78 000 m³/h Sauerstoff durch die Düse (4) in die auf ca. 2500°C gehaltene Vergasungszone (7) ein, beschickt über die Leitungen (15) und (25) den Abstichgenerator (8) mit einem Gemisch aus 38,9 t/h Kalk und 37,6 t/h Koks für die 15 carbothermischen Reaktionen und die Nachvergasung und mit 8,8 t/h Eisenschrott (98 Gew% Eisen), so werden über die Leitung (13) 15,3 t/h 45 gew%iges Ferrosilizium, über Leitung (14) 45,3 t/h Calciumcarbid mit einer Litrigkeit von ca. 266 l Acetylen je kg Carbid und über Leitung (16) 20 257 000 m³/h rohes Synthesegas mit einer Temperatur von 400 bis 500°C erhalten, wobei letzteres 16,1 t/h Staub mit sich führt, der in der Heißentstaubung (18) abgetrennt wird. Das rohe entstaubte Synthesegas enthält etwa 22 % Wasserstoff, 77 % CO und 1 % CH₄, CO₂, H₂O, N₂ und Argon 25 (Vol%). Der Staub enthält etwa 42 % CaO, 4 % SiO₂ und 23 % Al₂O₃ (Gew%). Der insgesamt mit den Einsatzmaterialien eingebrachten Aschemenge von 35,3 t/h steht die Menge von 16,1 t/h Staub, der über Leitung (21) abgezogen wird, gegenüber.

30

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung
von Synthesegas

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Synthesegas ($\text{CO} + \text{H}_2$) durch autotherme Vergasung feinteiliger, kohlenstoffreicher Materialien mit Sauerstoff, wobei man das kohlenstoffreiche Material mit einer Teilchengröße von 0 - 0,1 mm mit Sauerstoff und ggf. Zusatzgasen in eine heiße Vergasungszone eindüst, das gebildete flugaschehaltige primäre rohe Synthesegas mit der ihm innewohnenden thermischen Energie durch eine mit den Ausgangsstoffen für eine endotherme carbothermische Reduktion gefüllte Reduktionszone und, vermehrt durch das bei der carbothermischen Reduktion entstandene Synthesegas, durch eine sich nach oben anschließende, mit den gleichen Stoffen gefüllte Vorheizzone hindurchführt und mit einer Temperatur von 300 - 1500°C zur Reinigung und Konvertierung abzieht, und wobei man unterhalb der Reduktionszone das Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion sowie entstandene Schlacke schmelzflüssig aus einer Sammel- und Nachreaktionszone entnimmt, dadurch gekennzeichnet, daß man als Vergasungszone in einem Haufwerk aus den Ausgangsstoffen für die carbothermische Reduktion eine Aushöhlung oder zumindest eine Wirbelzone aus solchem aufgelockerten Haufwerk erzeugt, welche auf 1300 bis 3300°C gehalten wird; daß man die Reduktionszone oberhalb und seitlich von der Vergasungszone erzeugt; und daß man in der Reduktionszone gleichzeitig eine Nachvergasung durchführt, wobei im

- primären rohen Synthesegas enthaltener Wasserdampf und Kohlendioxid mit kohlenstoffreichem Material zu weiterem Synthesegas reagieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man in der Vergasungszone mit einem stöchiometrischen Sauerstoffüberschuß in Bezug auf die Oxidation zu CO arbeitet und ein 2000 bis 3300°C heißes primäres rohes Synthesegas erzeugt.
 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man in die Vergasungszone als Zusatzgase und Vergasungsmittel Wasserdampf und/oder Kohlendioxid eindüst und durch Reaktion mit Kohlenstoff ein 1300 bis 2000°C heißes primäres rohes Synthesegas erzeugt.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man von oben über die Vorheizzone soviel kohlenstoffreiches Material im Überschuß, bezogen auf die Stöchiometrie der endothermen carbothermischen Reduktion, in das die Vergasungszone umgebende Haufwerk einbringt, daß aus der Vergasungszone austretender Wasserdampf und/oder Kohlendioxid mit Kohlenstoff zu weiterem Synthesegas reagieren.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß man das die Vorheizzone nach oben verlassende rohe Synthesegas von Staub und Asche befreit und diese Feststoffe zumindest teilweise im Kreislauf zusammen mit frischem kohlenstoffhaltigem Material erneut in die Vergasungszone eindüst.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß man die Ausgangsstoffe für die carbothermische Reaktion in Korngrößen von 10-20 mm, 20-40 mm und/oder 40-60 mm einsetzt, wobei bevorzugt zur optimalen Gasverteilung abwechselnd Schichten verschiedener Korngrößenbereiche übereinander geschüttet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß man die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks, Eisenschrott und ggf. Quarz beschickt, wobei man als Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion bei 1300 bis 1800°C Ferrosilizium gewinnt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß man die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks oder Anthrazit und Kalk beschickt, wobei man als Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion bei 1800°C bis 2300°C Calciumcarbid gewinnt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß man einen Teil des Kalks in Form von bei der Carbidvergasung anfallendem und anschließend feinpulverisiertem Kalkhydrat zusammen mit dem feinteiligen Kohlenstoffreichen Material in die Vergasungszone eindüst.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß man die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks und oxidischem Eisenerz beschickt, wobei man als Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion bei 1300 bis 1800°C metallisches Eisen gewinnt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß man die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks oder Anthrazit, Kalk, Eisen und/oder Eisenschrott und/oder Eisenoxid, und ggf. Quarz beschickt, wobei man als Reaktionsprodukte der carbothermischen Reduktionen bei 1800 bis 2300°C Calciumcarbid und Ferrosilizium gewinnt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß man die Vorheizzone und die Reduktionszone mit Koks, Calciumphosphat und Quarz beschickt, wobei man als Reaktionsprodukt der carbothermischen Reduktion bei 1300 bis 1700°C elementaren Phosphor gewinnt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 12, dadurch gekennzeichnet, daß man als Zusatzgas CO, CO₂, N₂, Wasserdampf oder im Kreislauf geführtes Synthesegas einsetzt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 13, dadurch gekennzeichnet, daß man in der Symmetrieachse der Vorheizzone eine seitlich und nach oben geschlossene Pyrolysezone vorsieht, durch die von oben mindestens ein Teil des zur Vergasung und carbothermischen Reduktion bestimmten kohlenstoffreichen Materials zugeführt und darin entgast und verkokt wird, wobei die flüchtigen Entgasungs- und Verkokungsprodukte zwangsweise in dieser Zone bei von 400°C bis auf 1100 bis 1500°C ansteigenden Temperaturen pyrolysiert werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß man in die Pyrolysezone von oben Wasserdampf einführt und durch dessen Umsetzung mit Kohlenstoff einen bestimmten Wasserstoffgehalt des rohen Synthesegases einstellt.
16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß man in die Pyrolysezone als kohlenstoffreiches Material zerkleinerte Altreifen von Kraftfahrzeugen einsetzt.
17. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zur Herstellung von Synthesegas (CO + H₂) durch autotherme Vergasung feinteiliger, kohlenstoffreicher Materialien mit Sauerstoff in Gegenwart von Ausgangsstoffen für eine endotherme carbothermische Reduktion, enthaltend einen

Schachtofen, der im Betriebszustand, von oben nach unten betrachtet, eine langgestreckte Vorheizzone, eine Reduktionszone und eine Sammel- und Nachreaktionszone, die offen ineinander übergehen, sowie eine mit der Reduktionszone offen verbundene Vergasungszone umfaßt; Düsen für die gemeinsame Zuführung von Kohlenstaub, Sauerstoff und ggf. Zusatzgasen, Zuführleitungen für die Ausgangsstoffe der carbothermischen Reduktion und eine Abzugsleitung für rohes Synthesegas am Kopf des Schachtofens; und Abzugsleitungen aus der Sammel- und Nachreaktionszone am Boden des Schachtofens zum Abzug von geschmolzener Schlacke und schmelzflüssigem Reaktionsprodukt aus der carbothermischen Reduktion, dadurch gekennzeichnet, daß der Schachtofen ein schachtförmiger Abstichgenerator (8) mit kreisförmigem Querschnitt und mittig nach oben eingestülptem Boden ist; daß im Betriebszustand die Reduktionszone (10) die Vergasungszone (7) umschließt; daß die Sammel- und Nachreaktionszone (12) die Bodeneinstülpung (9) ringförmig umgibt; daß mindestens eine Düse (4) durch die Bodeneinstülpung (9) eingeführt ist mit angeschlossenen Leitungen (3, 5, 6) für die gemeinsame Zuführung von feinteiligem, kohlenstoffreichem Material, Sauerstoff und ggf. Zusatzgasen und staubförmigen Ausgangsstoffen für die carbothermische Reduktion.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß sie im oberen Teil des Abstichgenerators (8) senkrecht und kreisförmig angeordnete Trennbleche (26) zur Abgrenzung eines säulenförmigen Raumes in der Symmetrieachse des Abstichgenerators (8) oberhalb der Vergasungszone (7); eine Transportleitung (25) zur Beschickung des säulenförmigen Raumes mit der Kohlenstoffkomponente der Ausgangsstoffe für die carbothermische Reduktion; sowie mindestens 2 Transportleitungen (15) für die Zufuhr weiterer Ausgangsstoffe für die carbothermische Reduktion unter Ausbildung eines die Innenwandung des Abstichgenerators (8) schützenden ringförmigen Schüttungsmantels aufweist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennbleche (26) durch den Kopf des Abstichgenerators (8) von außen nach innen durch Aufbringen von Schüssen quasi endlos bis zum Abschmelzen oberhalb der Vergasungszone (7) verbrauchsabhängig nachführbar sind.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtheit der kreisförmig angeordneten Trennbleche (26) die Form eines Rohres hat.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18-20, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennbleche gitterartig durchbrochen und gasdurchlässig sind.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17-21, dadurch gekennzeichnet, daß der Boden des Abstichgenerators (8) mit der Sammel- und Nachreaktionszone (12) mit Gefälle versehen ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17-22, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstichgenerator (8) mit einem seitlichen Tragring (29) versehen und auf einem Zahnkranz, mit Antrieb (30) ausgestattet und 1 bis 20 Winkelgrade zur Lotrechten geneigt, drehbar angeordnet ist; daß der Abstichgenerator (8) einen Deckel (27) trägt; daß Deckel (27), Düse (4) und die durch den Deckel geführten bzw. an die Düse angeschlossenen Zuführ- und Abzugsleitungen fixiert und zum Abstichgenerator (8) hin mit Dichtungen (28) gegen Gasdurchtritt beweglich abgedichtet sind.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17-23, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Bodeneinstülpung eingeführte Düse (4) von einer mit Kühlmittel beschickten Kühlkammer umgeben ist.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17-23, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens 2 Düsen (4) vorgesehen sind, wobei deren Spitzen und die Wandung des Abstichgenerators (8) im Bereich der Bodenausstülpung durch von Kühlmittel durchflossene Kühlkammern (31) vor Hitze geschützt werden.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17-25, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenwandung der Sammel- und Nachreaktionszone (12) mit feuerfestem Material (32) ausgekleidet ist.

Fig. 1

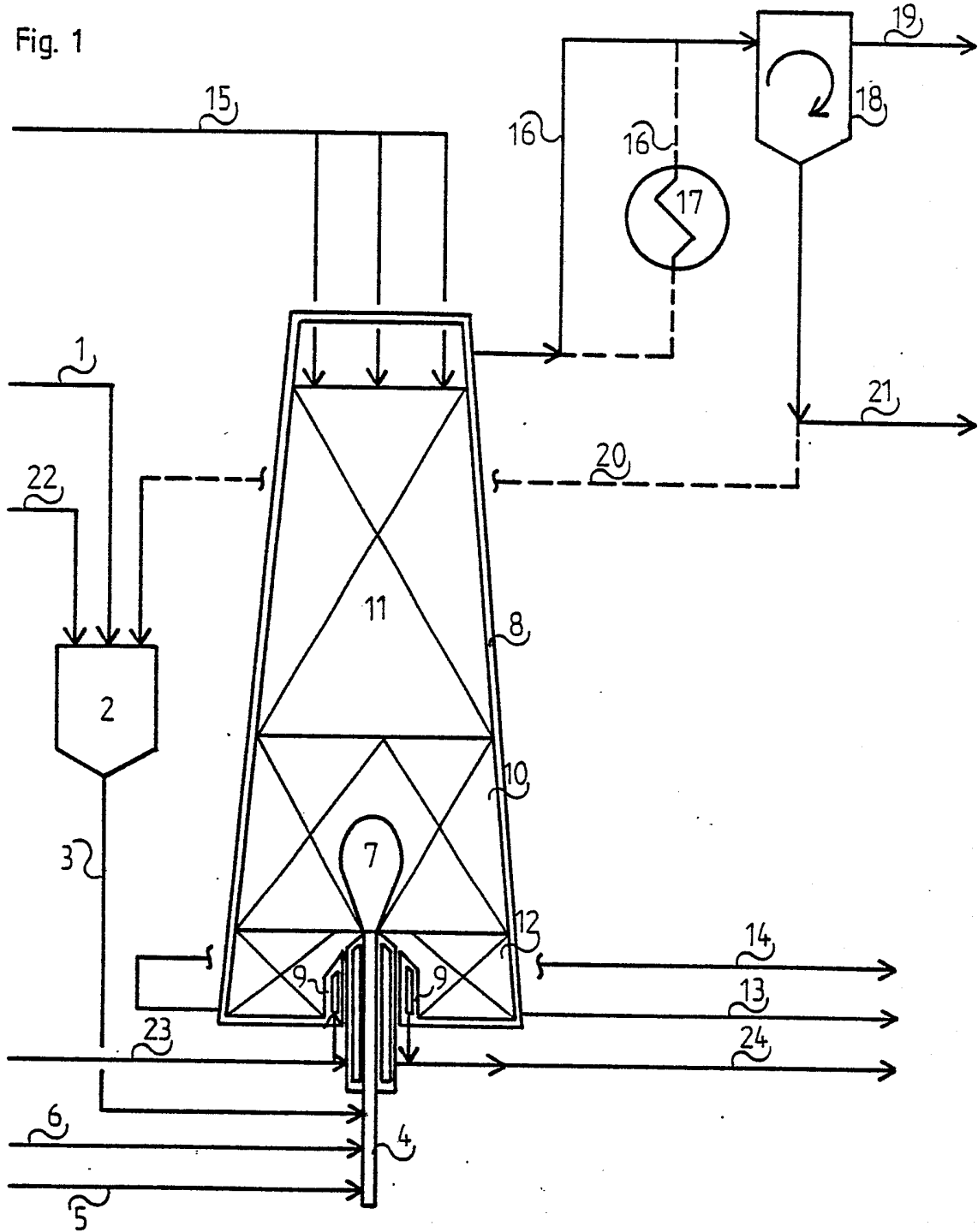


Fig.2

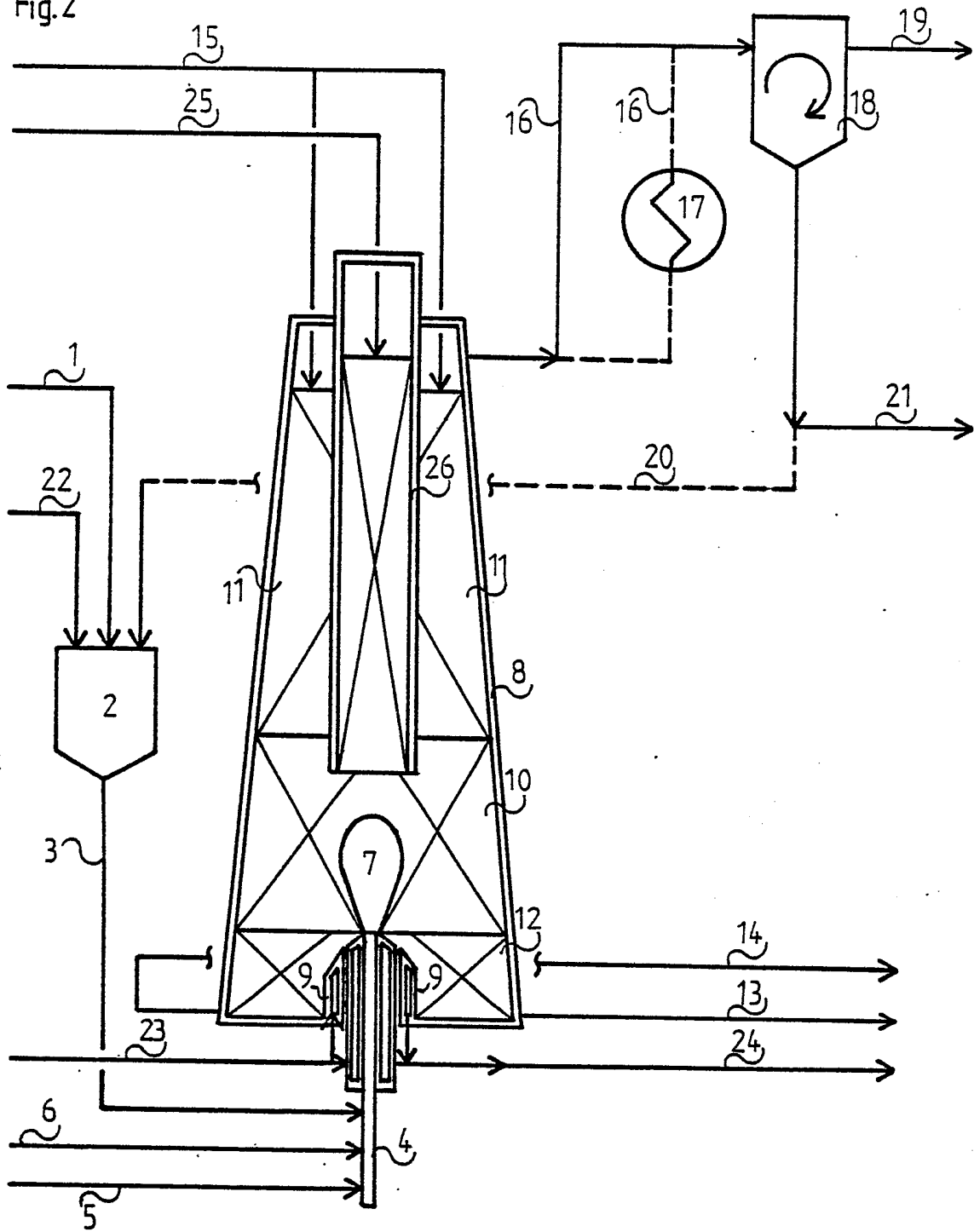


Fig 3

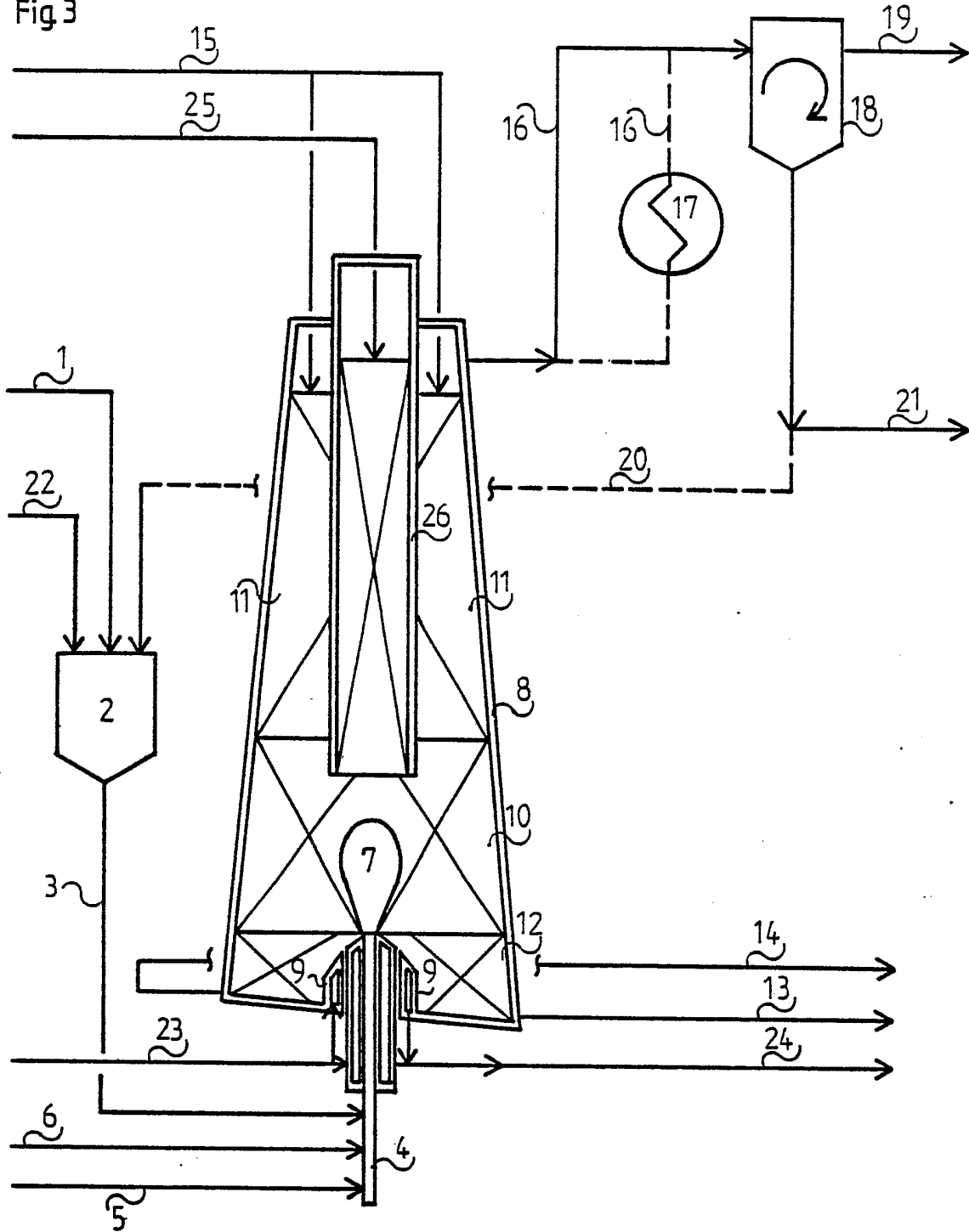
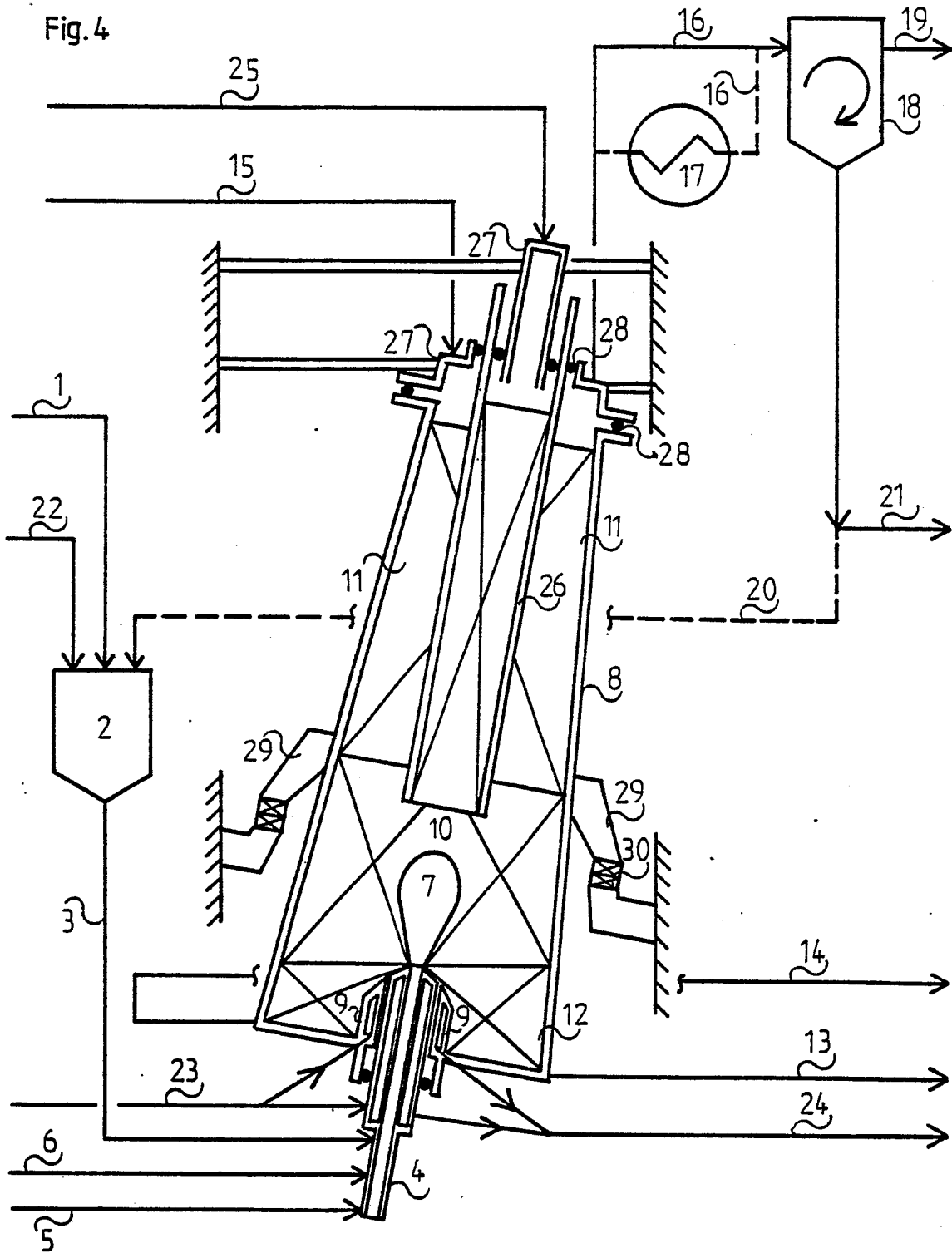


Fig. 4



5/5

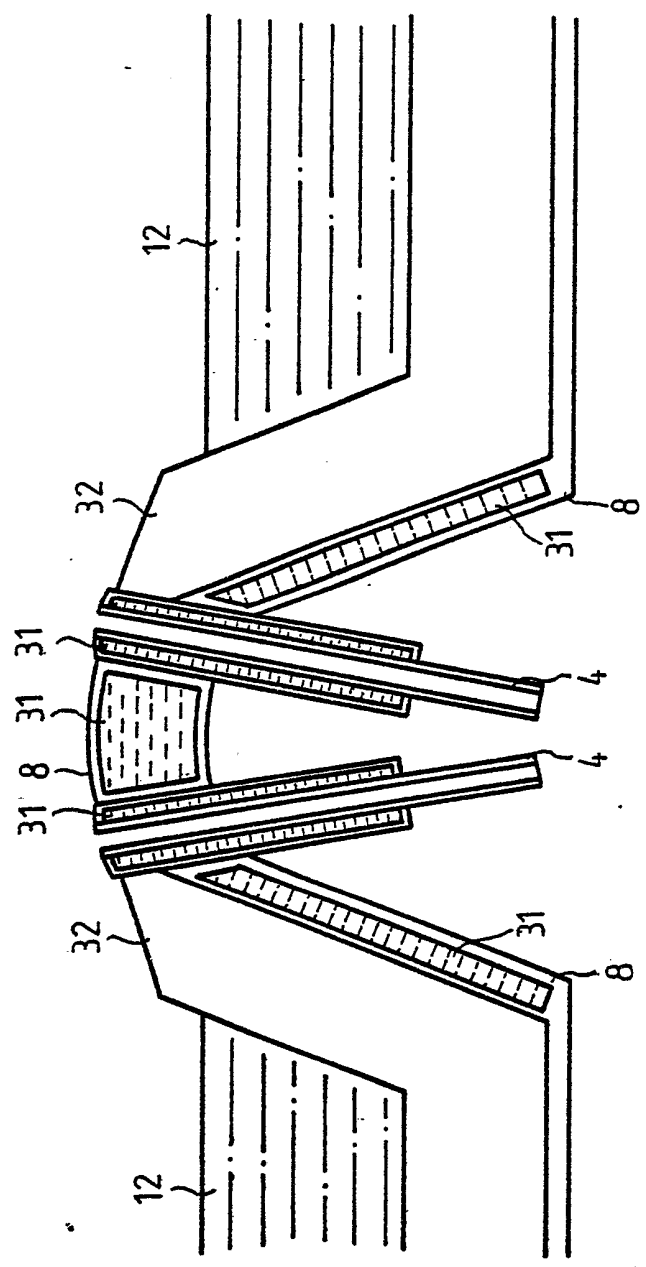


Fig. 5