



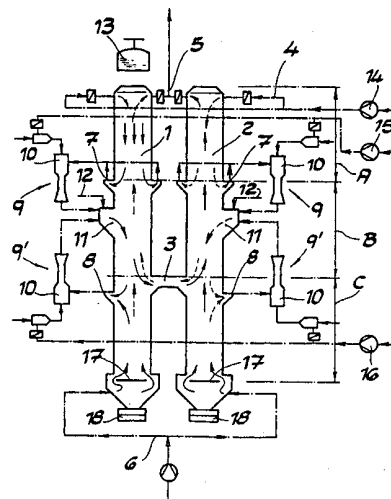
(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : C04B 2/12	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/51946 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. September 2000 (08.09.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/01296 (22) Internationales Anmeldedatum: 17. Februar 2000 (17.02.00) (30) Prioritätsdaten: 99103847.2 27. Februar 1999 (27.02.99) EP (71)(72) Anmelder und Erfinder: ZEISEL, Peter [DE/DE]; Overhoffstrasse 3, D-44791 Bochum (DE). (74) Anwalt: ALBRECHT, Rainer; Andrejewski, Honke & Sozien, Theaterplatz 3, D-45127 Essen (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US. Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	

(54) Title: METHOD FOR BURNING LUMPY COMBUSTION MATERIAL, ESPECIALLY LIMESTONE, DOLOMITE AND MAGNESITE, AND REGENERATIVE SHAFT FURNACE FOR CARRYING OUT THIS METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BRENNEN VON STÜCKIGEM BRENNGUT, INSBESONDERE VON KALKSTEIN, DOLOMIT UND MAGNESIT, UND REGENERATIVSCHACHTOFEN ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

(57) Abstract

The invention relates to a method for burning lumpy combustion material, especially limestone, dolomite and magnesite, in a regenerative shaft furnace consisting of at least two shafts (1, 2), which have a pre-heating area (A) and a combustion area (B) and which are connected above a cooling zone (C) by a transfer channel (3). The combustion air is delivered to the top of one shaft (1), heated by hot combustion material as it circulates in the pre-heating area (A) and brought into contact with fuel before entering the combustion area (B). The combustion area (B) of the shaft (1) is circulated by the combustion gas which is produced when the fuel is burned. Cooling air is supplied at the lower end of the shaft (1), said cooling air being heated by the hot combustion material leaving the combustion area as it circulates the cooling area (C). According to the invention, the combustion air heated in the pre-heating area (A) and at least one partial flow of the cooling air heated in the cooling area (C) is extracted from the shaft (1) and conveyed to a combustion chamber (11) with the fuel. The combustion gas for the combustion area (B) is produced in this combustion chamber. The invention also relates to a regenerative shaft furnace for carrying out the method.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Brennen von stückigem Brenngut, insbesondere von Kalkstein, Dolomit und Magnesit, in einem Regenerativschachtofen aus mindestens zwei Schächten (1, 2), die eine Vorwärmzone (A) sowie eine Brennzone (B) aufweisen und oberhalb einer Kühlzone (C) durch einen Überströmkanal (3) verbunden sind. Die Verbrennungsluft wird am Kopf eines Schachtes (1) aufgegeben, bei der Durchströmung der Vorwärmzone (A) von heissem Brenngut erwärmt und vor Eintritt in die Brennzone (B) mit Brennstoff zusammengebracht. Die Brennzone (B) des Schachtes (1) wird von Verbrennungsgas, das bei der Verbrennung des Brennstoffes entsteht, durchströmt. Am unteren Ende des Schachtes (1) wird Kühlluft zugeführt, die bei der Durchströmung der Kühlzone (C) von heissem, die Brennzone verlassenden Brenngut erwärmt wird. Erfindungsgemäss werden die in der Vorwärmzone (A) erwärmte Verbrennungsluft und zumindest ein Teilstrom der in der Kühlzone (C) erwärmten Kühlluft aus dem Schacht (1) abgezogen und mit Brennstoff einer Brennkammer (11) zugeführt, in der das Verbrennungsgas für die Brennzone (B) erzeugt wird. Gegenstand der Erfindung ist auch ein Regenerativschachtofen zur Durchführung des Verfahrens.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

**Verfahren zum Brennen von stückigem Brenngut,
insbesondere von Kalkstein, Dolomit und Magnesit, und
Regenerativschachtofen zur Durchführung des Verfahrens**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Brennen von
stückigem Brenngut, insbesondere von Kalkstein, Dolomit
und Magnesit, in einem Regenerativschachtofen aus
mindestens zwei Schächten, die eine Vorwärmzone sowie
eine Brennzone aufweisen und oberhalb einer Kühlzone
10 durch einen Überströmkanal verbunden sind, wobei

Verbrennungsluft am Kopf eines Schachtes aufgegeben,
bei der Durchströmung der Vorwärmzone von heißem
Brenngut erwärmt und vor Eintritt in die Brennzone
15 mit Brennstoff zusammengebracht wird,

die Brennzone des Schachtes von Verbrennungsgas, das
bei der Verbrennung des Brennstoffes entsteht,
durchströmt wird,

20 Verbrennungsgas durch den Überströmkanal in den
Parallelschacht geleitet wird und diesen von unten
nach oben unter Wärmeabgabe an das im
Parallelschacht befindliche Brenngut durchströmt und

25 Kühlluft am unteren Ende des Schachtes zugeführt und
bei der Durchströmung der Kühlzone von heißem, die
Brennzone verlassenden Brenngut erwärmt wird.

30 Bei dem aus DE-Z: ZEMENT-KALK-GIPS, Nr. 6, 1970, Seiten
277 bis 284, bekannten Verfahren, das aufgrund seines
geringen Energiebedarfes in der Praxis erhebliche
Verbreitung gefunden hat, wird der Brennstoff den

Schächten über Lanzen, die in der Schüttung hängen, oder in Hohlräumen unterhalb feuerfester Brücken, die am Ende der Vorwärmzone im Schacht angeordnet sind, aufgegeben. Die Vorwärmzone der Schächte wird als Regenerator
5 genutzt. Die Verbrennungsluft wird am oberen Ende eines Schachtes zugeführt, strömt im Gleichstrom durch die Vorwärmzone, erwärmt sich hier an der heißen Schüttung des Brenngutes und trifft an den Lanzenmündungen auf den Brennstoff. Es kommt zu einer Verbrennung. Das
10 Verbrennungsgas strömt im Gleichstrom von den Lanzenmündungen zum Überströmkanal und gelangt in den Parallelschacht. Hier strömt das Verbrennungsgas im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes zur Vorwärmzone, in der es Überschusswärme an das in den
15 Parallelschacht aufgegebene Brenngut abgibt. Anschließend wird das Abgas am Kopf des Parallelschachtes abgezogen und einer Entstaubung zugeführt. In festgelegten Zeitabständen, in der Praxis zumeist nach etwa 10 bis 15 Minuten, werden die Verbrennungsluftzuführung, die
20 Abgasabführung und die Brennstoffzuführung umgeschaltet. Die Verbrennungsluft und der Brennstoff werden dann dem Parallelschacht zugeführt, und das Abgas wird an der Oberseite des ersten Schachtes abgezogen.

25 Bei dem bekannten Verfahren nimmt die Kühlluft, die an der Unterseite der Kühlzonen beider Schächte aufgegeben wird, am Verbrennungsprozess nicht teil. Die Kühlluft erwärmt sich bei der Durchströmung der Kühlzone und wird dem in den Parallelschacht eingeleiteten Verbrennungsgas
30 zugemischt. Die Kühlluft vergrößert den Abgasmengenstrom, der an der Oberseite des Parallelschachtes abgezogen wird, und hat überdies einen Verdünnungseffekt. Die

zugemischte Kühlluft bewirkt, dass der CO₂-Gehalt des Abgasstromes nur etwa 20 bis 22 Vol.-% beträgt.

Gasströme mit einem hohen CO₂-Gehalt sind als Wertstoff, z.B. bei der Karbonatherstellung, nutzbar. In der Zucker- und Soda-Industrie sowie bei der Kalziumpräzipitatherstellung werden Gasströme mit einem CO₂-Gehalt von mindestens 30 Vol.-% benötigt. Für diese Anwendungen ist das Abgas, das beim Brennen von Kalkstein, Dolomit u. dgl. in einem Regenerativschachtofen anfällt, nicht geeignet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs beschriebene Verfahren so weiter auszubilden, dass die Luftmenge flexibel steuerbar ist und insbesondere auch so eingestellt werden kann, dass das beim Brennen von Kalkstein, Dolomit u. dgl. anfallende Abgas einen CO₂-Gehalt von mehr als 30 Vol.-% aufweist. Der Wärmebedarf des Regenerativschachtofens soll sich dabei nicht erhöhen.

Ausgehend von dem eingangs beschriebenen Verfahren wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die in der Vorwärmzone erwärmte Verbrennungsluft und zumindest ein Teilstrom der in der Kühlzone erwärmten Kühlluft aus dem Schacht abgezogen und mit Brennstoff einer Brennkammer zugeführt werden, in der das Verbrennungsgas für die Brennzone erzeugt wird. Ein sehr hoher CO₂-Gehalt des aus dem Regenerativschachtofen abgezogenen Abgases ist erreichbar, wenn die gesamte Kühlluft der Brennkammer zugeführt und als Oxidationsmittel für den Brennstoff verwendet wird.

Vorzugsweise werden mit einem vorgewärmten Treibgas betriebene Injektoren verwendet, um die erwärmte Verbrennungsluft und die erwärmte Kühlluft aus dem Schacht abzusaugen und der Brennkammer zuzuführen. Das Treibmedium wird zweckmäßig in einer zentralen Brennkammer oder in dezentral angeordneten Brennkammern auf etwa 800 bis 1.000 °C vorgewärmt.

Die an den Schacht angeschlossene Brennkammer zur Erzeugung des in der Brennzone benötigten Verbrennungsgases ist jeweils mit einem Brenner oder mit einer kleinen Anzahl von Brennern, vorzugsweise zwei Brennern, ausgerüstet, was die Brennstoffzuführung vereinfacht. Die Temperatur in der Brennkammer wird durch den am oberen Ende der Kühlzone abgesaugten Gasstrom geregelt. Die Nutzung der Kühlluft zur Verbrennung hat den Vorteil, dass das Luftverhältnis des Regenerativschachtofens einstell- und veränderbar ist. Luftverhältnis bezeichnet hier die dem Regenerativschachtofen insgesamt als Kühlluft und Verbrennungsluft zugeführte Luftmenge, bezogen auf die für eine stöchiometrische Verbrennung des Brennstoffes benötigte Mindestluftmenge. Bei einem im wesentlichen vorgegebenen Kühlluftmengenstrom kann die der Vorwärmzone zugeführte Verbrennungsluftmenge so eingestellt werden, dass das Luftverhältnis λ kleiner ist als 1,3. Bei einem Luftverhältnis $\lambda = 1,2$ stellt sich im Abgas des erfindungsgemäß betriebenen Regenerativschachtofens bei Erdgasfeuerung und Aufgabe eines Kalksteins mit einem CaCO_3 -Gehalt von ca. 98 Gew.-% und einem Rest- CO_2 -Gehalt im Kalk von ca. 1 Gew.-% ein CO_2 -Gehalt im Abgas

von ca. 34 Vol.-% ein. Der Wärmebedarf des Ofens beträgt ca. 3.478 kJ/kg Kalk.

Durch die Anordnung der Brennkammer und durch die Positionierung der Absaugöffnungen für die Kühlluft können Gleichstrom- und Gegenstrom-Brennzonen festgelegt werden. In der Gleichstrom-Brennzone wird das Verbrennungsgas in der Bewegungsrichtung des Brenngutes, in der Gegenstrom-Brennzone entgegen der Bewegungsrichtung des Brenngutes geführt. Durch Veränderung des Verhältnisses von Gleichstrom- und Gegenstrom-Brennzone kann der Brennvorgang beeinflusst und kann der Reaktivität des Brenngutes Rechnung getragen werden. Insofern ergeben sich durch das erfindungsgemäße Verfahren weitere Variationsmöglichkeiten.

Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Verbrennungsgas oberhalb des Überströmkanals in den Schacht eingeleitet wird und eine Brennzone durchströmt, die von der an den Schacht angeschlossenen Brennkammer bis zum Überströmkanal reicht. Die Brennzone des Schachtes arbeitet als Gleichstrom-Brennzone, während die Brennzone des parallelen Schachtes von dem Verbrennungsgas im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes durchströmt wird.

Gemäß einer weiteren Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Verbrennungsgas etwa auf der Höhe des Überströmkanals eingeleitet. Ein Verbrennungsgasteilstrom durchströmt eine Brennzone des Schachtes unterhalb des Überströmkanals im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes und wird mit der in der Kühlzone erwärmten

Kühlluft unterhalb des Überströmkanals aus dem Schacht abgezogen und in die Brennkammer zurückgeführt. Der andere Teil des Verbrennungsgases gelangt durch den Überströmkanal in den Parallelschacht und durchströmt dessen Brennzone im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes. Bei dieser Verfahrensführung wird das Brenngut in einer kurzen Gleichstrom-Brennzone zwischen Brennkammer und der unterhalb des Überströmkanals angeordneten Absaugöffnung gebrannt. Der überwiegende Teil des Brennvorganges erfolgt jedoch in der Gegenstrom-Brennzone des Parallelschachtes.

Eine weitere Variationsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass beide Schächte mit Brennkammern ausgerüstet sind, die etwa auf der Höhe des Überströmkanals an den Schacht angeschlossen sind und gleichzeitig mit Brennstoff sowie jeweils einem Teilstrom der in der Vorwärmzone des ersten Schachtes erwärmten Verbrennungsluft beaufschlagt werden. Ein Teil der aus den Brennkammern in die Schächte eingeleiteten Verbrennungsgase durchströmt eine Gleichstrom-Brennzone des betreffenden Schachtes unterhalb des Überströmkanals im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes und wird mit einem in der Kühlzone erwärmten Kühlluftstrom unterhalb des Überströmkanals aus dem Schacht abgezogen und in die an den Schacht angeschlossene Brennkammer zurückgeführt. Der andere Teil des Verbrennungsgases durchströmt eine Gegenstrom-Brennzone des zweiten Schachtes im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes. Bei dieser Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Brenngut in beiden Schächten gleichzeitig im Gleichstrom gebrannt. Ferner ist in dem

Schacht, aus dem das Abgas oberseitig abgeführt wird, eine Gegenstrom-Brennzone vorhanden, in der das Brenngut durch von unten nach oben geführtes Verbrennungsgas gebrannt wird.

5

Die beschriebene Aufteilung in zwei Gleichstrom-Brennzonen und eine Gegenstrom-Brennzone ist auch erreichbar, wenn die in der Vorwärmzone des ersten Schachtes erwärmte Verbrennungsluft mit Brennstoff einer Brennkammer zugeführt wird, die an den Überströmkanal angeschlossen ist. Ein Teil des aus der Brennkammer austretenden Verbrennungsgases durchströmt in beiden Schächten eine Gleichstrom-Brennzone unterhalb des Überströmkanals im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes und wird mit einem in der Kühlzone erwärmten Kühlluftstrom unterhalb des Überströmkanals aus den Schächten abgezogen und in die Brennkammer zurückgeführt. Der andere Teil des Verbrennungsgases durchströmt eine Gegenstrom-Brennzone des zweiten Schachtes im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes.

10
15
20

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Regenerativschachtofen gemäß den Ansprüchen 9 bis 14 zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens.

25

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung erläutert. Es zeigen schematisch

30 Fig. 1 eine Anlage mit einem Regenerativschachtofen zum Brennen von stückigem Brenngut,

insbesondere von Kalkstein, Dolomit,
Magnesit u.dgl.,

5 Fig. 2 bis 5 weitere Ausführungen des erfindungsgemäßen
Regenerativschachtofens.

Der Regenerativschachtofen der in Fig. 1 dargestellten
Anlage umfasst zwei Schächte 1, 2, die jeweils eine
Vorwärmzone A, eine von heißem Verbrennungsgas durch-
10 strömte Brennzzone B und eine Kühlzone C aufweisen und
oberhalb der Kühlzone C durch einen Überströmkanal 3
verbunden sind. Oberhalb der Vorwärmzone A beider
Schächte 1, 2 sind wechselweise schaltbare Einrichtungen
4, 5 für die Zuführung von Verbrennungsluft und den Abzug
15 von Abgas vorgesehen. Unterhalb der Kühlzone C beider
Schächte 1, 2 sind Einrichtungen 6 für die Zuführung von
Kühlluft angeschlossen.

Die Schächte 1, 2 weisen am unteren Ende der Vorwärmzone
20 A und am oberen Ende der Kühlzone C Gasaustrittsöffnungen
7, 8 auf, an die Absaugeinrichtungen 9, 9' angeschlossen
sind. Die Absaugeinrichtungen 9, 9' arbeiten mit Injek-
toren 10, die mit vorgewärmter Treibluft gespeist sind,
und verbinden die Gasaustrittsöffnungen 7, 8 des
25 Schachtes 1 bzw. 2 mit einer an den Schacht ange-
schlossenen Brennkammer 11, die vorzugsweise mit zwei
Brennern ausgerüstet ist. Gasförmiger, flüssiger oder
fester Brennstoff wird über eine Brennstoffleitung 12
zugeführt. Bei der Verbrennung entstehendes Verbrennungs-
30 gas wird in die Brennzzone B des Schachtes 1 oder 2
eingeleitet.

Der Regenerativschachtofen kann im Saugzug- oder Druckbetrieb arbeiten, so dass je nach Arbeitsweise in den Schächten 1, 2 Unterdruck oder Überdruck herrscht. Im Ausführungsbeispiel ist ein Druckbetrieb vorgesehen, d.h., alle Luftströme werden durch Druckgebläse zugeführt. Die Befeuerung der Schächte 1, 2 wird periodisch, also in bestimmten einstellbaren Zeitintervallen, von dem Schacht 1 auf den Schacht 2 und umgekehrt umgeschaltet. Während der Umschaltpausen werden die Schächte 1, 2 durch übliche Beschickungseinrichtungen, z.B. mittels Kübeln 13, mit Brenngut beschickt.

Die Fig. 1 zeigt mit durchgezogenen Richtungspfeilen die Luftführung, wenn das Verbrennungsgas am Kopf des Schachtes 1 aufgegeben und das Abgas am Kopf des Schachtes 2 abgezogen wird. Mittels eines Gebläses 14 wird Verbrennungsluft über eine Rohrleitung und eine offene Klappe in den Kopf des Schachtes 1 gedrückt. Die Zuführungsleitung am Ofenkopf des Schachtes 2 ist durch eine Klappe geschlossen. Die in den Schacht 1 eingeleitete Luft strömt durch die Brenngutschüttung in der Vorwärmzone A nach unten und erwärmt sich hierbei auf ca. 700 bis 800 °C. Von der Absaugeinrichtung 9 wird die erwärmte Verbrennungsluft aus dem Schacht 1 abgesaugt und in die Brennkammer 11 eingespeist. Die Absaugeinrichtung 9 weist einen Injektor 10 auf, der mit einem vorgewärmten Luftstrom als Treibmedium gespeist wird. Die Treibmittelzuführung erfolgt durch ein Gebläse 15. Das Treibmittel gelangt über eine Rohrleitung in eine zentrale Brennkammer oder in dezentral angeordnete Brennkammern, wo es mit Brennstoff auf Temperaturen von 800 bis 1.000 °C vorgewärmt wird. In der Zuführleitung sind

Absperrklappen vorgesehen, die im Wechsel geöffnet und geschlossen werden.

Die unterseitig in die Kühlzone C des Schachtes 1 eingespeiste Kühlluft erwärmt sich bei der Durchströmung der
5 Kühlzone C. Sie wird allein oder zusammen mit Gleichstromgas mittels der Absaugeinrichtung 9' aus dem Schacht 1 abgesaugt und in die Brennkammer 11 gedrückt. Die Absaugeinrichtung 9' ist ebenfalls mit einem Injektor
10 10 ausgerüstet, der mit einem vorgewärmten Treibmedium gespeist wird. Die Zuführung des Treibmittels erfolgt mit einem Gebläse 16. Das Treibmedium gelangt über eine Rohrleitung und eine geöffnete Klappe in eine Brennkammer, wo es mit Brennstoff auf 800 bis 1.000 °C zentral
15 oder dezentral vorgewärmt wird.

Die Temperatur der Brennkammer 11 kann über die vom Injektor 10 in die Brennkammer geförderte Umwälzgasmenge, bestehend aus Kühlluft und Gleichstromgas, geregelt
20 werden. Alle in den Schacht 1 eingeblasenen Luftströme, das in der Brennzone B aus dem Brenngut entweichende CO₂ und das Verbrennungsgas, welches bei der Verbrennung in der Brennkammer 11 entsteht, gelangen durch den Überströmkanal 3 in den Parallelschacht 2, in welchem sie
25 im Gegenstrom zum Brenngut zum Kopf des Parallelschachtes 2 strömen. In der Brennzone B des Parallelschachtes 2 geben die Gase Wärme im Gegenstrom an das entsäuernde Brenngut ab. In der Vorwärmzone A des Parallelschachtes 2 wird die im Abgas enthaltene überschüssige Wärme vom
30 Brenngut gespeichert. Durch eine geöffnete Klappe am Ofenkopf und eine Rohrleitung strömt das Abgas mit einer

des Überströmkanals 3 aus dem Schacht 1 abgezogen und in die Brennkammer 11 zurückgeführt. Der andere Teil des Verbrennungsgases gelangt durch den Überströmkanal 3 in den Parallelschacht 2 und durchströmt die Brennzone B des Parallelschachtes 2 im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes. Die Gleichstrom-Brennzone ist kürzer als die Gegenstrom-Brennzone. Durch die Festlegung des Gleichstrom- und Gegenstromanteils kann der Brennvorgang beeinflusst und kann auf die Reaktivität des Brenngutes Rücksicht genommen werden.

Auch im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 weisen beide Schächte 1, 2 eine Brennkammer 11 auf, die etwa auf der Höhe des Überströmkanals 3 am Umfang der Schächte 1, 2 angeordnet sind. Im Unterschied zu den zuvor beschriebenen Ausführungen werden die Brennkammern 11 sowie die der Kühlzone C zugeordneten Absaugeinrichtungen 9' stets gleichzeitig betrieben. Die Brennkammern 11 werden mit Brennstoff sowie jeweils einem Teilstrom der in der Vorwärmzone A des ersten Schachtes 1 erwärmten Verbrennungsluft beaufschlagt. Ein Teil der aus den Brennkammern 11 in die Schächte 1, 2 eingeleiteten Verbrennungsgase durchströmt eine Gleichstrom-Brennzone B1 des betreffenden Schachtes 1 oder 2 unterhalb des Überströmkanals 3 im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes und wird mit einem in der Kühlzone C erwärmten Kühlluftstrom unterhalb des Überströmkanals C aus dem Schacht abgezogen und in die an den Schacht angeschlossene Brennkammer 11 zurückgeführt. In beiden Schächten 1, 2 ist also immer eine Gleichstrom-Brennzone B1 vorhanden, in der das Brenngut durch einen in der Bewegungsrichtung des Brenngutes geführten Gasstrom

Temperatur von ca. 100 °C zu einer nicht dargestellten Entstaubungseinrichtung.

Das fertig gebrannte Brenngut wird von Austragseinrichtungen 17 in darunter liegende Silos und über Schleusen 18 aus dem Regenerativschachtofen ausgetragen. Nach Ablauf der einstellbaren Brennzeit, der sogenannten Brennperiode, wird die Brennstoffzufuhr zum Schacht 1 abgeschaltet und wird der Schacht 2 zum Brennschacht. Die sich dann in den Schächten einstellende Gasströmung ist durch gestrichelte Richtungspfeile dargestellt.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 weisen beide Schächte 1, 2 eine Brennkammer 11 auf, die oberhalb des Überströmkanals 3 am Umfang der Schächte 1, 2 angeordnet ist. Das oberhalb des Überströmkanals 3 in den Schacht 1 oder 2 eingeleitete Verbrennungsgas durchströmt eine Gleichstrom-Brennzone B, die von der an den Schacht angeschlossenen Brennkammer 11 bis zum Überströmkanal 3 reicht. Die Brennzone B des Parallelschachtes 2 arbeitet hingegen als Gegenstrom-Brennzone.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 weisen beide Schächte 1, 2 eine Brennkammer 11 auf, die etwa auf der Höhe des Überströmkanals 3 am Umfang der Schächte 1, 2 angeordnet sind und durch die Absaugeinrichtungen 9, 9' mit oberhalb und unterhalb des Überströmkanals angeordneten Gasaustrittsöffnungen 7, 8 der Schächte 1, 2 verbunden sind. Ein Verbrennungsgasteilstrom durchströmt eine Brennzone B des Schachtes 1 unterhalb des Überströmkanals 3 im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes und wird mit der in der Kühlzone C erwärmten Kühlluft unterhalb

gebrannt wird. Der andere Teil des Verbrennungsgases durchströmt eine Gegenstrom-Brennzone B2 des zweiten Schachtes 2 im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes und verlässt den Schacht 2 am kopfseitigen
5 Ausgang. In gewissen Zeitintervallen werden nur die Klappen an den Schächten 1, 2 umgesteuert. Nach dem Umschalten wird die Verbrennungsluft der Vorwärmzone A des Schachtes 2 erwärmt und wird das Abgas am Kopf des Schachtes 1 abgezogen.

10

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 ist an den Überströmkanal 3 eine Brennkammer 11 angeschlossen, die durch Absaugeinrichtungen 9, 9' mit oberhalb und unterhalb des Überströmkanals 3 angeordneten Gasaus-
15 trittsöffnungen beider Schächte 1 und 2 verbunden ist. Die in der Vorwärmzone A des ersten Schachtes 1 erwärmte Verbrennungsluft wird mit Brennstoff der an den Überströmkanal 3 angeschlossen Brennkammer 11 zugeführt. Ein Teil des aus der Brennkammer 11 austretenden
20 Verbrennungsgases durchströmt in beiden Schächten 1 und 2 eine Gleichstrom-Brennzone B1 unterhalb des Überströmkanals 3 im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes und wird mit einem in der Kühlzone C erwärmten Kühlluftstrom unterhalb des Überströmkanals 3 aus den
25 Schächten 1, 2 abgezogen und in die Brennkammer 11 zurückgeführt. Der andere Teil des Verbrennungsgases durchströmt eine Gegenstrom-Brennzone B2 des zweiten Schachtes 2 entgegen der Bewegungsrichtung des Brenngutes. In gewissen Zeitabständen werden nur die
30 Klappen am oberen Ende der Schächte 1, 2 umgesteuert, so dass nach Ablauf der Brennperiode die Verbrennungsluft von Schacht 1 auf Schacht 2 umgestellt wird und das

Abgas, das vorher Schacht 2 verließ, jetzt aus dem Schacht 1 ausströmt.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 weisen die Schächte 1, 2 einen gemeinsamen Kühlturm 19 auf, der die Kühlzone C und oberhalb der Kühlzone C eine von Verbrennungsgas im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes durchströmte Gleichstrom-Brennzone B1 enthält. Ferner weisen die Schächte 1, 2 am unteren Ende ihrer Vorwärmzone A und der Kühlturm 19 am oberen Ende der Kühlzone C Gasaustrittsöffnungen 7, 8 auf, an die Absaugeinrichtungen 9, 9' angeschlossen sind. Die Absaugeinrichtungen 9, 9' sind mit einer mit Brennstoff gespeisten Brennkammer 11 verbunden, die an den Überströmkanal 3 angeschlossen ist und der Erzeugung des in die Brennzonen B eingeleiteten Verbrennungsgases dient. Es stellen sich die anhand der Fig. 4 bereits beschriebenen Strömungsverhältnisse ein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Brennen von stückigem Brenngut, insbesondere von Kalkstein, Dolomit und Magnesit, in einem
5 Regenerativschachtofen aus mindestens zwei Schächten (1, 2), die eine Vorwärmzone (A) sowie eine Brennzone (B) aufweisen und oberhalb einer Kühlzone (C) durch einen Überströmkanal (3) verbunden sind, wobei
- 10 Verbrennungsluft am Kopf eines Schachtes (1) aufgegeben, bei der Durchströmung der Vorwärmzone (A) von heißem Brenngut erwärmt und vor Eintritt in die Brennzone (B) mit Brennstoff zusammengebracht wird,
- 15 die Brennzone (B) des Schachtes (1) von Verbrennungsgas, das bei der Verbrennung des Brennstoffes entsteht, durchströmt wird,
- 20 Verbrennungsgas durch den Überströmkanal (3) in den Parallelschacht (2) geleitet wird und diesen von unten nach oben unter Wärmeabgabe an das im Parallelschacht (2) befindliche Brenngut durchströmt und
- 25 Kühlluft am unteren Ende des Schachtes (1) zugeführt und bei der Durchströmung der Kühlzone (C) von heißem, die Brennzone (B) verlassenden Brenngut erwärmt wird,
- 30 **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass die in der Vorwärmzone (A) erwärmte Verbrennungsluft und zumindest ein Teilstrom der in der Kühlzone (C) erwärmten

Kühlluft aus dem Schacht (1) abgezogen und mit Brennstoff einer Brennkammer (11) zugeführt werden, in der das Verbrennungsgas für die Brennzone (B) erzeugt wird.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erwärmte Verbrennungsluft und die erwärmte Kühlluft mit Injektoren (10) aus dem Schacht (1) abgesaugt und der Brennkammer (11) zugeführt werden und dass die Injektoren (10) mit einem vorgewärmten Treibgas
10 betrieben werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur in der Brennkammer (11) durch den am oberen Ende der Kühlzone (C)
15 abgesaugten Gasstrom geregelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die der Vorwärmzone (A) zugeführte Verbrennungsluftmenge so eingestellt wird, dass das Luft-
20 verhältnis λ aus der dem Regenerativschachtofen insgesamt zugeführten Luftmenge und der für eine stöchiometrische Verbrennung des Brennstoffes benötigten Mindestluftmenge kleiner ist als 1,3.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbrennungsgas oberhalb des Überströmkanals (3) in den Schacht (1) eingeleitet wird und eine Brennzone (B) durchströmt, die von der an den Schacht (1) angeschlossenen Brennkammer (11) bis zum
30 Überströmkanal (3) reicht.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbrennungsgas etwa auf der Höhe des Überströmkanals (3) eingeleitet wird, dass ein Verbrennungsgasteilstrom eine Gleichstrom-Brennzone (B1) des Schachtes (1) unterhalb des Überströmkanals (3) im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes durchströmt und mit der in der Kühlzone (C) erwärmten Kühlluft unterhalb des Überströmkanals (3) aus dem Schacht (1) abgezogen und in die Brennkammer (11) zurückgeführt wird und dass der andere Teil des Verbrennungsgases durch den Überströmkanal (3) in den Parallelschacht (2) gelangt und eine Gegenstrom-Brennzone (B2) des Parallelschachtes (2) im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes durchströmt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass beide Schächte (1, 2) mit Brennkammern (11) ausgerüstet sind, die etwa auf der Höhe des Überströmkanals (3) an den Schacht (1, 2) angeschlossen sind und gleichzeitig mit Brennstoff sowie jeweils einem Teilstrom der in der Vorwärmzone (A) des ersten Schachtes (1) erwärmten Verbrennungsluft beaufschlagt werden, dass jeweils ein Teil der aus den Brennkammern (11) in die Schächte (1, 2) eingeleiteten Verbrennungsgase eine Gleichstrom-Brennzone (B1) des betreffenden Schachtes unterhalb des Überströmkanals (3) im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes durchströmt und mit einem in der Kühlzone (C) erwärmten Kühlluftstrom unterhalb des Überströmkanals (3) aus dem Schacht abgezogen und in die an den Schacht angeschlossene Brennkammer (11) zurückgeführt wird und dass der andere Teil des Verbrennungsgases eine

Gegenstrom-Brennzone (B2) des zweiten Schachtes (2) im Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes durchströmt.

5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die in der Vorwärmzone (A) des
ersten Schachtes (1) erwärmte Verbrennungsluft mit
Brennstoff einer Brennkammer (11) zugeführt wird, die an
den Überströmkanal (3) angeschlossen ist, dass ein Teil
10 des aus der Brennkammer (11) austretenden Verbrennungsgases eine Gleichstrom-Brennzone (B1) unterhalb des
Überströmkanals (3) im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung
des Brenngutes durchströmt und mit einem in der Kühlzone
(C) erwärmten Kühlluftstrom unterhalb des Überströmkanals
15 (3) abgezogen und in die Brennkammer (11) zurückgeführt
wird und dass der andere Teil des Verbrennungsgases eine
Gegenstrom-Brennzone (B2) des zweiten Schachtes (2) im
Gegenstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes durch-
strömt.

20

9. Regenerativschachtofen zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, mit

25 mindestens zwei Schächten (1, 2), die jeweils eine
Vorwärmzone (A), eine von heißem Verbrennungsgas
durchströmte Brennzone (B) und eine Kühlzone (C)
aufweisen und oberhalb der Kühlzone (C) durch einen
Überströmkanal (3) verbunden sind,

30 wechselweise schaltbaren Einrichtungen (4, 5)
oberhalb der Vorwärmzone (A) beider Schächte (1, 2)

für die Zuführung von Verbrennungsluft und den Abzug von Abgas und

5 Einrichtungen (6) unterhalb der Kühlzone (C) beider Schächte (1, 2) für die Zuführung von Kühlluft,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Schächte (1, 2) am unteren Ende der Vorwärmzone (A) und am oberen Ende der Kühlzone (C) Gasaustrittsöffnungen (7, 10 8) aufweisen, an die Absaugeinrichtungen (9, 9') angeschlossen sind, und dass die Absaugeinrichtungen (9, 9') mit mindestens einer mit Brennstoff gespeisten Brennkammer (11) zur Erzeugung des in die Brennzonen (B) eingeleiteten Verbrennungsgases verbunden sind.

15

10. Regenerativschachtofen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass beide Schächte (1, 2) eine Brennkammer (11) aufweisen, die oberhalb des Überströmkanals (3) am Umfang der Schächte (1, 2) angeordnet ist.

20

11. Regenerativschachtofen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass beide Schächte (1, 2) eine Brennkammer (11) aufweisen, die etwa auf der Höhe des Überströmkanals (3) am Umfang der Schächte (1, 2) angeordnet ist und 25 durch Absaugeinrichtungen (9, 9') mit oberhalb und unterhalb des Überströmkanals angeordneten Gasaustrittsöffnungen (7, 8) der Schächte (1, 2) verbunden ist.

12. Regenerativschachtofen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass an den Überströmkanal (3) eine Brennkammer (11) angeschlossen ist, die durch Absaugeinrichtungen (9, 9') mit oberhalb und unterhalb des Überström-

30

kanals (3) angeordneten Gasaustrittsöffnungen (7, 8) beider Schächte (1, 2) verbunden ist.

13. Regenerativschachtofen zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, mit

mindestens zwei Schächten (1, 2), die eine Vorwärmzone (A) sowie eine von heißem Verbrennungsgas durchströmte Brennzone (B) aufweisen und oberhalb einer Kühlzone (C) durch einen Überströmkanal (3) verbunden sind,

wechselweise schaltbaren Einrichtungen (4, 5) oberhalb der Vorwärmzone (A) beider Schächte (1, 2) für die Zuführung von Verbrennungsluft und den Abzug von Abgas und

Einrichtungen (6) unterhalb der Kühlzone (C) für die Zuführung von Kühlluft,

20

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Schächte (1, 2) einen gemeinsamen Kühlschacht (19) aufweisen, der die Kühlzone (C) und oberhalb der Kühlzone (C) eine von Verbrennungsgas im Gleichstrom zur Bewegungsrichtung des Brenngutes durchströmte Gleichstrom-Brennzone (B1) enthält, dass die Schächte (1, 2) am unteren Ende ihrer Vorwärmzone (A) und der Kühlschacht (19) am oberen Ende der Kühlzone (C) Gasaustrittsöffnungen (7, 8), an die Absaugeinrichtungen (9, 9') angeschlossen sind, und dass die Absaugeinrichtungen (9, 9') mit einer mit Brennstoff gespeisten Brennkammer (11) verbunden sind, die an den Überströmkanal (3) ange-

geschlossen ist und der Erzeugung des in die Brennzonen (B) eingeleiteten Verbrennungsgases dient.

14. Regenerativschachtofen nach einem der Ansprüche 9
5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Absaugeinrichtungen (9, 9') Injektoren (10) aufweisen, die mit einem vorgewärmten Treibgas gespeist sind.

Fig. 1

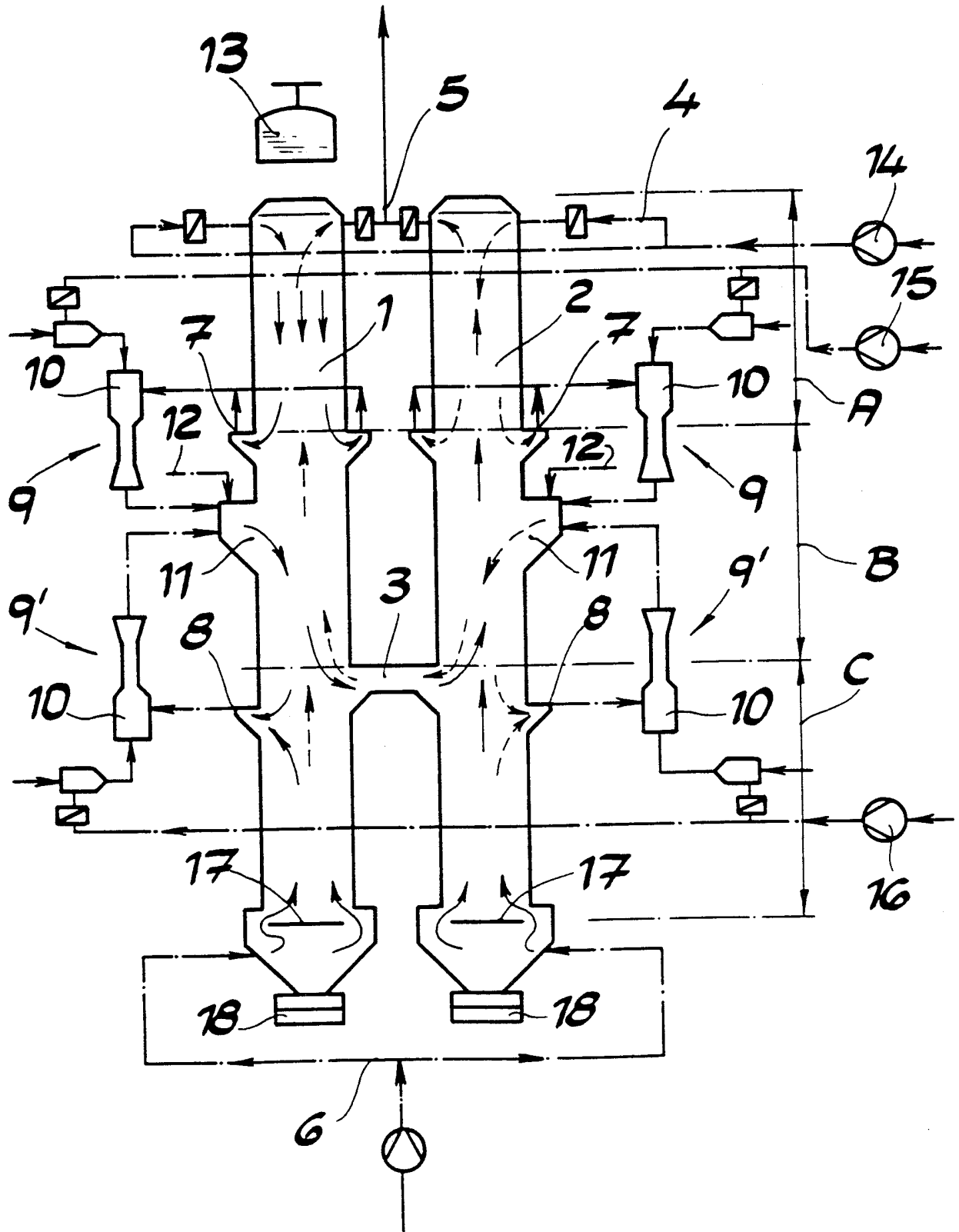


Fig. 2

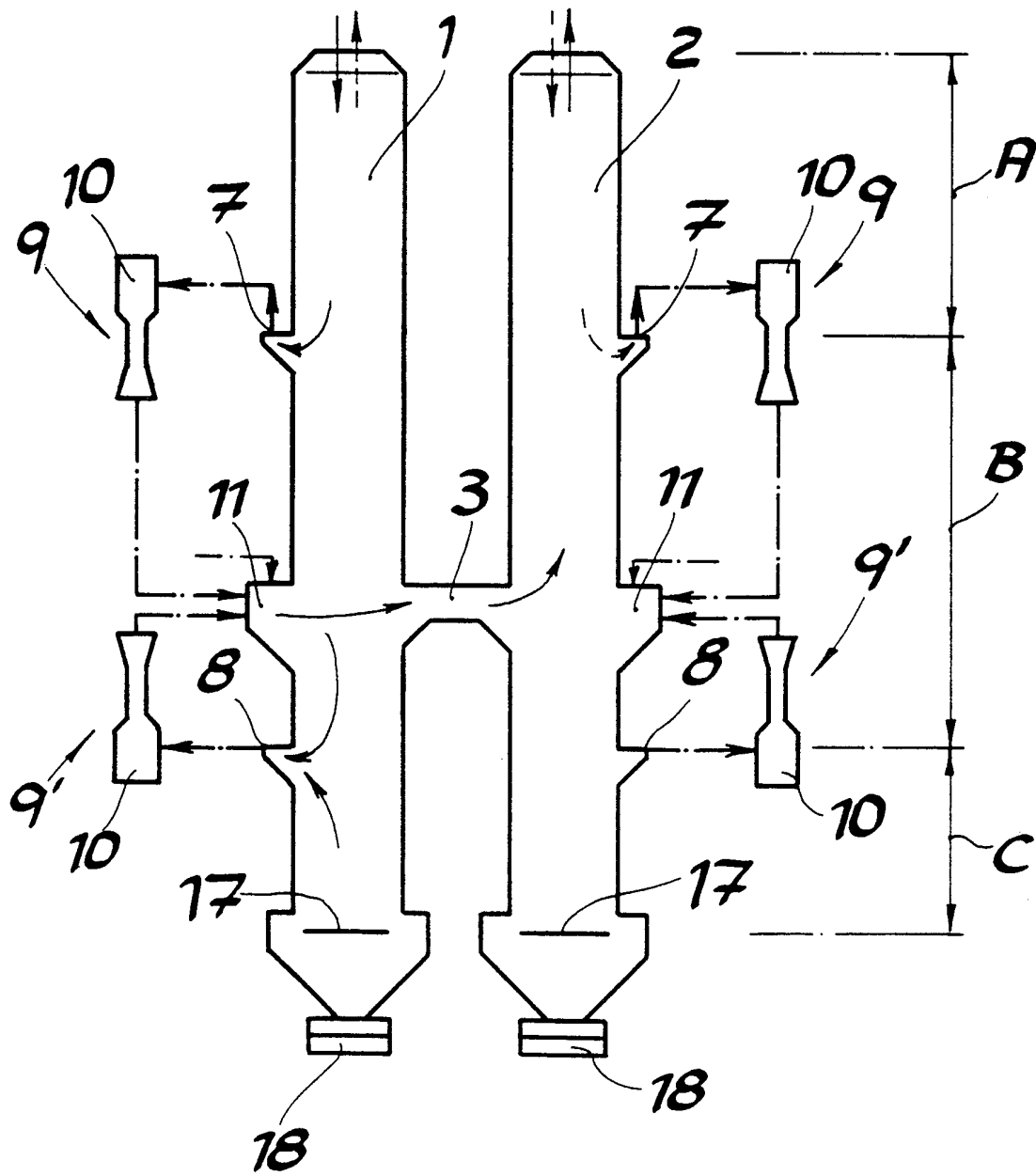


Fig. 4

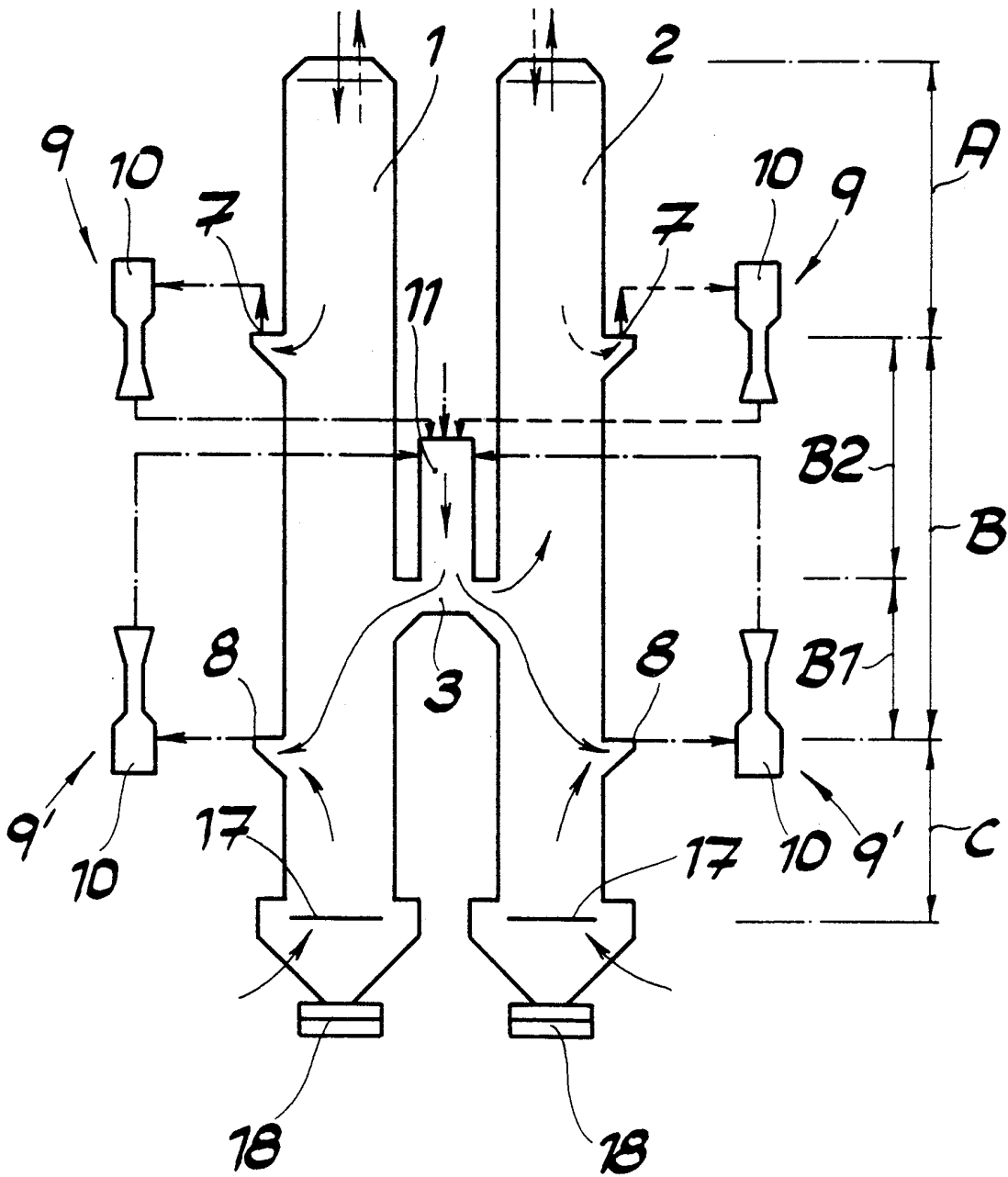


Fig. 5

