



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **234 336 A3**

4(51) C 04 B 7/44

## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP C 04 B / 268 386 1

(22) 15.10.84

(45) 02.04.86

(71) VEB Zementwerke Rüdersdorf, 1253 Rüdersdorf, Heinitzstraße 10, DD

(72) Müller, Martin, Dipl.-Ing.; Pallmann, Stephan, Dipl.-Ing.; Fieback, Klaus, Dr.-Ing.; Hartmann, Peter, Dipl.-Ing.; Wieloch, Joachim, Dr.-Ing.; Fritsche, Peter, Dipl.-Ing., DD

(54) **Vorrichtung zur Herstellung von alkaliarmem Zementklinker**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung von alkaliarmem Zementklinker und bezieht sich auf das Gebiet der Zementherstellung nach dem Trocken- und Halbtrockenverfahren. Ziel der Erfindung ist eine einfache und kostengünstige Vorrichtung, mit der alkaliarmer Zementklinker hochproduktiv und umweltfreundlich herstellbar ist, die die anfallenden Abprodukte in eine nutzungsfähige Form überführt und die die Nutzung von Sekundärwärme ermöglicht. Dieses Ziel wird durch die Lösung der Aufgabe erreicht, eine Vorrichtung zu entwickeln, bei der aus Rauchgasen von Zementklinkerbrennanlagen schädigende Bestandteile, insbesondere Alkaliverbindungen, entfernt werden. Das erfolgt erfindungsgemäß durch Anordnung eines mit Waschflüssigkeit betriebenen Wasserstrahlreaktors an einer Rauchgasentnahmestelle zwischen dem Vorwärmer und dem Drehrohrofen von Zementklinkerbrennanlagen. Dabei erfolgt nach der Gasentnahme ein intensiver Wärme- und Stoffaustausch zwischen der Waschflüssigkeit und dem mittels Unterdruck entnommenen Rauchgas. An den Wasserstrahlreaktor ist ein Auffangbehälter angeschlossen, in dem das Gemisch aus Waschflüssigkeit und verbliebenem feuchtem Rauchgas getrennt wird, wobei die festen Bestandteile ausfallen. Dem Auffangbehälter ist ein Schlammabscheider nachgeschaltet.

### **Erfindungsanspruch:**

1. Vorrichtung zur Herstellung von alkaliarmem Zementklinker, bestehend aus Vorwärmer, Drehrohrofen und Gasreinigung, **gekennzeichnet dadurch**, daß zwischen dem Vorwärmer (2) und dem Drehrohrofen (1) an einer Rauchgasentnahmestelle (3) ein Wasserstrahlreaktor (4) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß sich an dem der Rauchgasentnahmestelle (3) gegenüberliegenden Ende des Wasserstrahlreaktors (4) ein Auffangbehälter (5) anschließt, der ein Schwimmerventil (15) für die Frischwasserzufuhr, eine Chemikalienzugabe (19) und einen Reingasaustrittsstutzen (6) aufweist.
3. Vorrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß von dem Reingasaustrittsstutzen (6) eine Reingasrohrleitung (21), in die ein Stützlüfter (7) eingebunden ist, in die Vorwärmerrauchgasleitung (22) führt, wobei die Reingasrohrleitung (21) hinter dem Stützlüfter (7) einen Reingasaustritt (24) zur Atmosphäre besitzt und daß eine Rauchgasgemischleitung (23) über einen Rauchgaslüfter (8) zu dem Elektrofilter (9) verlegt ist.
4. Vorrichtung nach den Punkten 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß dem Auffangbehälter (5), dem ein Wärmetauscher (14) mit Vor- und Rücklaufleitungen (13) zugeordnet ist, ein Schlammabscheider (10) mit der Pumpe (18) nachgeschaltet ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

### **Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Zementherstellung nach dem Trocken- und Halbtrockenverfahren und betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung von alkaliarmem Zementklinker aus alkalihaltigen und andere Schadstoffe enthaltenden Rohmaterialien und schadstoffhaltigen Brennstoffen. Diese erfinderische Lösung ist vorzugsweise für das Brennen von Zementklinker mittels Vorwärmer, Drehrohrofen und Kühler geeignet.

### **Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Die Rohmaterialien für die Zementherstellung beinhalten entsprechend den geologischen Bedingungen insbesondere einen bestimmten Anteil an Alkali-, Chlor- und Schwefelverbindungen. Darüber hinaus trifft das auch für die erforderlichen Brennstoffe zu.

Diese Chemikalien verdampfen bei der Herstellung von Zementklinker in den heißen Ofenzonen, insbesondere im Sinterbereich, und werden mit dem Abgasstrom in Richtung Vorwärmer transportiert. In den kälteren Bereichen des Ofensystems kondensieren diese chemischen Verbindungen und gelangen mit dem Materialstrom wieder in die Sinterzone. Dabei führt der innere Kreislauf zur Anreicherung von Alkaliverbindungen, die klebende Staubablagerungen bzw. -ansätze in den Vorwärmern und Qualitätsverluste bei den produzierten Zementen zur Folge haben.

Bekannt ist, daß bestimmte Zuschlagstoffe, die Kieselsäure in amorpher bzw. löslicher Form enthalten, nur dann zu Beton verarbeitet werden können, wenn der dazu verwendete Zement einen Alkaligehalt von  $\leq 0,6 \text{ Ma.-% Na}_2\text{O-Äquivalent}$  besitzt, da anderenfalls der Beton durch Alkalitreiben zerstört wird. Das bedeutet, daß vorrangig für Territorien mit Zuschlagstoffen, die Kieselsäure in amorpher bzw. löslicher Form aufweisen, der Alkaligehalt der einzusetzenden Zemente auf  $0,6 \text{ Ma.-% Na}_2\text{O-Äquivalent}$  bei der Zementherstellung zu senken ist.

Nach dem Stand der Technik ist die Senkung des Alkaligehaltes des Zementklinkers durch sogenannte Bypass-Systeme möglich. Dabei wird der Alkalikreislauf im Übergangsbereich zwischen Vorwärmer und Drehrohrofen unterbrochen, indem man einen Teil des Abgases (Rauchgas) oder die gesamte Abgasmenge des Drehrohrofens aus dem System entnimmt, entstaubt und dem System wieder zugeführt oder in die Atmosphäre abläßt. Die anfallenden Stäube werden verworfen.

Man führt das Gas an einer Stelle aus dem Ofen, an der die Alkaliverbindungen möglichst gasförmig vorliegen und an der nur geringe Staubkonzentration gegeben ist. Danach wird das Gas mittels kalter Luft intensiv gekühlt, wobei es problematisch ist zu verhindern, daß die Stäube die Wandungen der Kühleinrichtung berühren und daß die Alkaliverbindungen auf dem Wege bis zur Kühleinrichtung kondensieren, um Kleberscheinungen bzw. Anbackungen zu vermeiden. Nach der Kühlung erfolgt in der Regel eine Befeuchtung, sogenannte Konditionierung, des Bypass-Gases, um anschließend die Staubabscheidung in einer elektrischen Gasreinigungsvorrichtung durchführen zu können. Das abgekühlte Bypass-Gas wird dann entweder direkt in die Atmosphäre geleitet oder hinter dem Vorwärmer dem Rauchgas der Ofenanlage zugeführt.

Zu solchen Lösungen gehören unter anderen die Erfindungsvorschläge gemäß DE-OS 2.335.045, DE-OS 2.613.610, DE-PS 2.708.486 C2, DE-OS 2.742.099 und DE-OS 2.838.692.

Die nach dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen und Anlagen zur Herstellung von alkaliarmem Zementklinker sind bau- und ausrüstungstechnisch sehr aufwendig. Weitere Nachteile dieser bekannten Lösungen sind die Betriebsschwierigkeiten, wenn die Alkaliverbindungen bereits vor dem Absaugen des Gases kondensieren und an den Staub gebunden sind, die fehlende oder mangelhafte Entsorgung der Abgase von Schadstoffen, wie vor allem  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$ , die Wärmeverluste, die bis zu 50 % des Gesamtwärmeaufwandes betragen, und die Nichtnutzung von Sekundärwärme für Verbraucher außerhalb der Zementklinkerbrennanlagen.

### **Ziel der Erfindung**

Es ist das Ziel der Erfindung, eine einfache und kostengünstige Vorrichtung zu schaffen, mit der alkaliarmer Zementklinker hochproduktiv und umweltfreundlich herstellbar ist, die die anfallenden Abprodukte in eine nutzungsfähige Form überführt und die die Nutzung von Sekundärwärme ermöglicht.

### **Darlegung des Wesens der Erfindung**

Der erfinderischen Lösung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Herstellung von alkaliarmem Zementklinker zu entwickeln, bei der aus den Rauchgasen, die Temperaturen von  $750^\circ\text{C}$  und höher aufweisen, schädigende Bestandteile, insbesondere Alkaliverbindungen, oder auch  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_x$ , Cl und Stäube, entfernt werden.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß im Bereich des Überganges von Vorwärmer zu Drehrohrofen an einer Rauchgasentnahmestelle ein mit Waschflüssigkeit, vorzugsweise Wasser, betriebener Wasserstrahlreaktor, zu dem eine Pumpe gehört, angeordnet ist, wobei sich an dem der Rauchgasentnahmestelle gegenüberliegenden Ende ein Auffangbehälter anschließt, der ein Schwimmerventil für die Frischwasserzufuhr, eine Chemikalienzugabe und einen Reingasaustrittsstutzen besitzt. Von diesem Reingasaustrittsstutzen führt eine Reingasrohrleitung, in die ein Stützlüfter eingebunden ist, in die Vorwärmerrauchgasleitung. Die Reingasrohrleitung weist hinter dem Stützlüfter einen Reingasaustritt zur Atmosphäre auf.

Die Reingasrohrleitung und die Vorwärmerrauchgasleitung vereinigen sich zu einer Rauchgasgemischleitung, die über einen Rauchgaslüfter zu einem Elektrofilter verlegt ist.

Dem Auffangbehälter, in dem sich ein Wärmetauscher mit Vor- und Rücklaufleitungen befindet, ist ein Schlammabscheider, der mit einer Kühlung ausgestattet sein kann, mit einer Pumpe nachgeschaltet. Alternativ ist zur Schlammabscheidung auch ein gesonderter Wasserkreislauf mit Schlammabscheider möglich.

Der Auffangbehälter kann auch selbst zum Beispiel durch Doppelmantelkonstruktion als Wärmetauscher ausgebildet sein.

Diese neue Vorrichtung zur Herstellung von alkaliarmem Zementklinker funktioniert in der Weise, daß an der Rauchgasentnahmestelle Rauchgas als sogenanntes Bypass-Gas mittels Unterdruck, den der Wasserstrahlreaktor erzeugt, entnommen wird. Dabei erfolgt ein plötzlicher, intensiver und vollständiger Wärme- und Stoffaustausch zwischen der Waschflüssigkeit und dem entnommenen Rauchgas, wobei Waschflüssigkeit und Gas die gleiche Temperatur annehmen, Staub und wasserlösliche Chemikalien von der Gasform in die wäßrige Phase übergehen und das  $\text{SO}_2$  an das  $\text{CaO}$  des Staubes gebunden wird. Die Alkalien lösen sich zu einem wesentlichen Teil im Wasser und sind zum anderen restlichen Teil in den unlöslichen Rückständen enthalten.

Von dem Wasserstrahlreaktor wird das Gemisch aus Waschflüssigkeit und verbliebenem feuchten Rauchgas nach erfolgtem Wärme- und Stoffaustausch direkt in den Auffangbehälter geleitet, in dem auf Grund der Dichteunterschiede eine Trennung dieses Gemisches erfolgt, wobei die festen Bestandteile ausfallen.

Von der dem Wasserstrahlreaktor zugeordneten Pumpe wird die Waschflüssigkeit aus dem Auffangbehälter angesaugt und im Kreislauf über den Wasserstrahlreaktor wieder dem Auffangbehälter zugeführt.

Entsprechend dem Anfall an festen Rückständen wird entweder die gesamte dem Wasserstrahlreaktor zugeführte Wassermenge aus dem Auffangbehälter über den Schlammabscheider geleitet, oder die Schlammabscheidung wird mittels des gesonderten Wasserkreislaufes vorgenommen, in den der Schlammabscheider eingebunden ist.

Aus dem Schlammabscheider tritt außerdem Schlamm gereinigte Waschflüssigkeit aus, die gegebenenfalls wieder aufgewärmt wird.

Zur Regenerierung der Waschflüssigkeit gibt man in ihren Kreislauf Chemikalien wie pH-Wert-Regulierungsmittel, Flockungsmittel und Tenside.

Mit dieser Vorrichtung sind Zementklinker mit einem Alkaligehalt von  $\leq 0,6 \text{ Ma.-% Na}_2\text{O}$ -Äquivalent herstellbar. Die dabei produzierten Abprodukte können wieder für die Zementherstellung oder zum Beispiel als Düngemittel eingesetzt werden. Um die Sekundärwärme zu nutzen, verbindet man den im Auffangbehälter installierten Wärmetauscher oder den als Wärmetauscher ausgebildeten Auffangbehälter durch Rohrleitungen beispielsweise mit einem Heizungssystem.

#### Ausführungsbeispiele

Die Erfindung wird nachstehend anhand von zwei Ausführungsbeispielen beschrieben.

Dabei zeigen

Figur 1: eine Zementklinkerbrennanlage für das Halbtrockenverfahren,

Figur 2: eine Zementklinkerbrennanlage für das Trockenverfahren.

Im ersten Ausführungsbeispiel (Halbtrockenverfahren nach Figur 1) ist an einer zwischen Drehrohrföfen 1 und Rostvorwärmer 2 liegenden Rauchgasentnahmestelle 3 ein Wasserstrahlreaktor 4 angeordnet. Dieser Wasserstrahlreaktor 4 mündet in einen Auffangbehälter 5, der einen Wärmetauscher 14 zur Sekundärenergienutzung, mit den Vor- und Rücklaufleitungen 13, ein Schwimmerventil 15 sowie eine Chemikalienzugabe 19 enthält. An den Auffangbehälter 5 schließt sich die Waschflüssigkeitsleitung 20 an, in der die Pumpe 12 und der Wärmetauscher 17 angeordnet sind. Weiterhin ist die Reinigungsleitung 25 an den Auffangbehälter 5 angeschlossen, in der der Schlammabscheider 10 ist mit einer Kühlung 16 ausgestattet. Im Wasserstrahlreaktor 4 wird mittels der im Umlauf gepumpten Waschflüssigkeit ein Unterdruck erzeugt. Dadurch wird das Rauchgas an der Rauchgasentnahmestelle 3 aus dem Rostvorwärmer 2 abgesaugt und es kommt infolge dieses Absaugvorganges zu einem plötzlichen und intensiven Wärme- und Stoffaustausch zwischen dem umlaufend gepumpten Wasser als Waschflüssigkeit und dem Bypass-Gas. Das Wasser-Rauchgas-Gemisch wird in den Auffangbehälter 5 geleitet, in dem aufgrund der Dichteunterschiede eine Trennung des Gemisches in flüssige und gasförmige Phase erfolgt.

Das von umweltschädigenden Bestandteilen weitestgehend befreite, feuchte und abgekühlte Bypass-Gas verläßt über den Reingasaustrittsstutzen 6 den Auffangbehälter 5 und wird mittels des Stützlufters 7 in der Reingasrohrleitung 21 entweder zum Reingasaustritt 24 in die Atmosphäre oder in die Vorwärmerrauchgasleitung 22 zur Konditionierung zugemischt, wonach das Rauchgasgemisch über den Rauchgaslüfter 8 und die Rauchgasgemischleitung 23 in das Elektrofilter 9 geleitet wird.

Die Waschflüssigkeit oder ein Teil derselben wird aus dem Auffangbehälter 5 über einen Hydrozyklon 10 geleitet und nach der Schlammabscheidung über den Wärmetauscher 17, in dem mittels des Waschflüssigkeitskreislaufes die gereinigte Waschflüssigkeit erwärmt und mit der Pumpe 18 in den Auffangbehälter 5 zurückgeführt wird, geführt. Um die Wassermenge im System konstant zu halten, gibt man dem Auffangbehälter 5 über das Schwimmerventil 15 Frischwasser zu, das zuvor für die Kühlung 16 des Hydrozyklons 10 benutzt wird, um ein Konzentrationsgefälle für die Abscheidung der wasserlöslichen Bypass-Gasbestandteile zu erreichen. Der abgeschiedene Schlamm 11 kann entsprechend der bereits genannten Beispiele weiter verwertet werden.

Nach dem zweiten Ausführungsbeispiel (Trockenverfahren gemäß Figur 2) ist der Wasserstrahlreaktor 4 im Übergang zwischen Schachtvorwärmer 2 und Drehrohrföfen 1 an einer Rauchgasentnahmestelle 3 angeordnet. Der Wasserstrahlreaktor 4 ist feuerfest ausgekleidet und mündet in den Auffangbehälter 5, der mit dem Wärmetauscher 14 zur Sekundärenergienutzung und den Vor- und Rücklaufleitungen 13 sowie einem Schwimmerventil 15 ausgestattet ist. In der Waschflüssigkeitsleitung 20 sind zur Schlammabscheidung der Hydrozyklon 10 und zum Betrieb des Wasserstrahlreaktors 4 die Pumpe 12 angeordnet.

Im Wasserstrahlreaktor 4 wird mittels der im Umlauf gepumpten Waschflüssigkeit ein Unterdruck erzeugt.

Dadurch erfolgt die Bypass-Gasentnahme an der Rauchgasentnahmestelle 3. In der Folge werden Gas und Waschflüssigkeit intensiv durchmischt, wobei impulsiver und vollständiger Wärme- und Stoffaustausch zwischen beiden Medien eintreten.

Anschließend wird das Wasser-Bypass-Gasgemisch in den Auffangbehälter 5 geleitet, in dem sich aufgrund der Dichteunterschiede die gasförmige Phase von der flüssigen Phase trennt. Danach entweicht das gereinigte, feuchte und abgekühlte Bypass-Gas über den Reingasaustrittsstutzen 6 aus dem Auffangbehälter 5, wobei die Gasförderung mittels des Stützlufters 7 in der Reingasrohrleitung 21 erfolgt. Das gereinigte und abgekühlte Bypass-Gas wird zur Konditionierung des

Schachtvorwärmerabgases eingesetzt. Zu diesem Zweck mündet die Reingasrohrleitung 21 in die Vorwärmerrauchgasleitung 22. Das so erzeugte Gasgemisch wird mittels des Rauchgaslüfters 8 in der Rauchgasgemischleitung 23 zum Elektrofilter 9 gefördert. Somit kann die nach dem Stand der Technik bisher angewandte aufwendige Konditionierung der Vorwärmerabgase von Trockendrehöfen entfallen. Um die Wassermenge im System konstant zu halten, wird Frischwasser über das Schwimmerventil 15 dem Auffangbehälter 5 zugegeben.

Da die Staubkonzentration des Bypass-Gases bei der Zementherstellung nach dem Trockenverfahren größer als bei der Zementherstellung nach dem Halbtrockenverfahren ist, wird der Hydrozyklon 10 zwischen dem Auffangbehälter 5 und der Pumpe 12 angeordnet und bedarf keiner Kühlung, da mit der ausgebrachten großen Menge Schlamm 11 eine Anreicherung der löslichen Bestandteile über die Sättigung vermieden wird.

Spezifische Vorteile der Erfindung sind der geringe Alkaligehalt des Zementklinkers, die insgesamt niedrigen Investkosten für die baulichen und ausrüstungstechnischen Anlagenteile, dabei insbesondere die Einsparung von aufwendigen Konditionieranlagen und zusätzlichen Bypass-Gasfiltern, der damit verbundene geringe Platzbedarf für die entsprechenden Zementklinkerbrennanlagen, die vollständige Entfernung von Staub und  $\text{SO}_2$  aus dem Bypass-Gas und damit die umweltentlastende Arbeitsweise.

Ein großer volkswirtschaftlicher Vorteil besteht auch darin, daß sich die ohnehin kurzen Rohrleitungsstränge nicht zusetzen und keine klebenden Staubablagerungen in den betreffenden Aggregaten eintreten, wodurch die effektive Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung wegen Vermeidung von Betriebsstörungen gegenüber bisher angewendeten Anlagen gesichert ist. Von Vorteil ist weiterhin, daß zielgerichtet Abprodukte entstehen, die volkswirtschaftlich verwertbar sind und daß eine effektive Nutzung von Sekundärwärme möglich ist.

FIG. 1

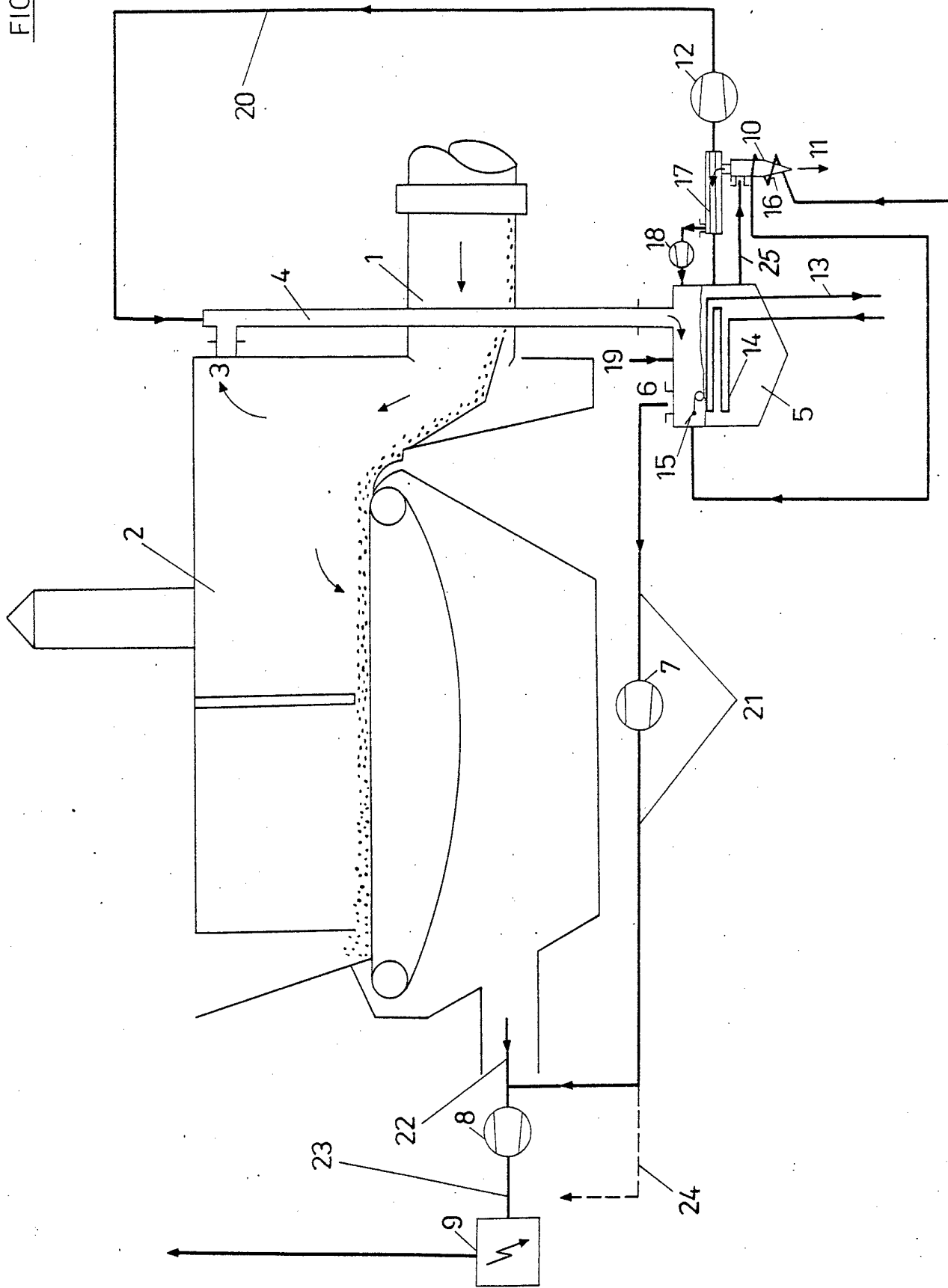


FIG. 2

