



**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 718 435 B1**

(51) Int. Cl.: **C04B 7/36** (2006.01)  
**B01D 53/86** (2006.01)  
**F27D 17/00** (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 000275/2022

(22) Anmeldedatum: 15.03.2022

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.09.2022

(30) Priorität: 24.03.2021  
AT GM 50051/2021

(24) Patent erteilt: 15.07.2024

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.07.2024

(73) Inhaber:  
Scheuch Management Holding GmbH, Weierfing 68  
4971 Auroldmünster (AT)

(72) Erfinder:  
Reinhold Holger, 4676 Aistersheim (AT)  
Sebastian Hagn, 4782 Sankt Florian am Inn (AT)  
Thomas Fellner, 5145 Neukirchen (AT)

(74) Vertreter:  
E. Blum & Co. AG, Hofwiesenstrasse 349  
8050 Zürich (CH)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Zementklinker.**

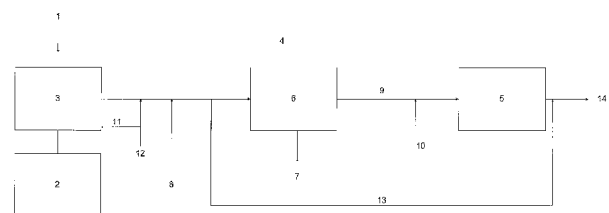
(57) Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Zementklinker mit den Schritten:

Brennen von Rohmaterial zu Zementklinker in einem Ofen (2),

Vorwärmen des Rohmaterials mit Rauchgasen des Ofens (2) in einem Vorwärmer (3),

Entstauben der aus dem Vorwärmer (3) ausgetretenen Rauchgase und

Entsticken der entstaubten Rauchgase in einer Entstickungsstufe (5), insbesondere in einer SCR-Anlage, wobei die aus dem Vorwärmer (3) ausgetretenen Rauchgase mit einer Temperatur von mehr als 260 °C, vorzugsweise von 300 °C bis 400 °C, insbesondere im Wesentlichen 350°C, in einem Heißgasfilter (6) entstaubt und mit im Wesentlichen derselben Temperatur von dem Heißgasfilter (6) bis zur Entstickungsstufe (5) geleitet werden.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Zementklinker mit den Schritten:

- Brennen von Rohmaterial zu Zementklinker in einem Ofen,
- Vorwärmen des Rohmaterials mit Rauchgasen des Ofens in einem Vorwärmer,
- Entstauben der aus dem Vorwärmer ausgetretenen Rauchgase und
- Entsticken der entstaubten Rauchgase in einer Entstickungsstufe, insbesondere in einer SCR-Anlage.

[0002] Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung von Zementklinker, aufweisend:

- einen Ofen zum Brennen von Rohmaterial zu Zementklinker,
- einen Vorwärmer, insbesondere mit einer Zyklonkaskade, zum Vorwärmen des Rohmaterials mit Rauchgasen des Ofens,
- ein Staubfilter zum Entstauben der aus dem Vorwärmer ausgetretenen Rauchgase,
- eine Entstickungsstufe, insbesondere eine SCR-Anlage, zum Entsticken der entstaubten Rauchgase.

[0003] Ein solches Verfahren zur Herstellung von Zementklinker wird in EP 3 149 422 B1 beschrieben. Wie üblich durchströmen die Rauchgase den Vorwärmerturm im Gegenstrom zu den Rohmaterialien, so dass die Rohmaterialien vor dem Drehrohröfen mit der Wärme der Rauchgase vorgewärmt werden können. Nach dem Verlassen des Vorwärmerturms werden die Rauchgase einer Rohmühle zugeführt, mit welcher frisches Rohmaterial vermahlen und getrocknet wird. Die Rauchgase, welche mit einer Temperatur von 280 bis 450°C aus dem Vorwärmerturm austreten, werden zur Trocknung der Rohmaterialien in der Rohmühle eingesetzt. Nach dem Durchströmen der Rohmühle werden die Rauchgase mit einem Schlauchfilter oder Elektrofilter entstaubt. Anschließend werden die Rauchgase einer SCR-Anlage („Selektive Katalytische Reduktion“) zugeführt, um die Stickoxide (NOX) in den Rauchgasen in unschädliche Verbindungen umzuwandeln. Schließlich werden die gereinigten Rauchgase über den Kamin abgegeben. Vor der SCR-Anlage ist ein Rekuperator angeordnet, mit dem Wärme von den gereinigten Rauchgasen nach der Entstickung auf die zu reinigenden Rauchgase vor der Entstickung übertragen wird, wodurch die zu reinigenden Rauchgase auf die Betriebstemperatur des Entstickungskatalysators aufgeheizt werden. Um die Wärmeverluste des Rekuperators auszugleichen, ist ein Wärmeverschiebungssystem mit zwei Wärmetauschern vorgesehen, welche eine Wärmeübertragung von den heißen Rauchgasen vor der Rohmühle auf die Rauchgase vor dem Rekuperator ermöglichen. Auch aus der früheren EP 2 545 337 B1 war es bereits bekannt gewesen, die beim Verbrennungsprozess im Ofen entstehende Wärme für das Wärmeverschiebungssystem der SCR-Anlage zu verwenden. Bei diesem Stand der Technik wurde ein Zyklon in den Abluftstrom eingesetzt, um den Staubgehalt der Rauchgase vor dem Wärmetauscher für die Übertragung der Ofenabwärme auf das Wärmeaustauschmedium zu reduzieren. In der EP 3 149 422 B1 wurde erkannt, dass die Entstaubung mit dem Zyklon nachteilig war, da sich der Staubgehalt nicht ausreichend reduzieren ließ, um nachteilige Staubablagerungen zu verhindern. Aus diesem Grund schlug das EP 3 149 422 B1 vor, einen Heißgasfilter vor den ersten Wärmetauscher des Wärmeverschiebungssystems zu schalten. Solche Heißgasfilter weisen keramische oder metallische Filterelemente auf, welche die Staubabscheidung am Filtermaterial bei Temperaturen von mehr als 260°C ermöglichen. Somit ist es aus dem EP 3 149 422 B1 grundsätzlich bereits bekannt, einen Heißgasfilter in die Zementklinkeranlage zu integrieren, jedoch lediglich mit dem Ziel, den Staubgehalt vor dem Wärmeverschiebungssystem für die SCR-Anlage so weit zu reduzieren, dass kompakte Wärmetauscher verwendet werden konnten. Die Zementklinkeranlage des EP 3 149 422 B1 hat sich zwar sehr bewährt, geht jedoch nachteiligerweise mit einem hohen apparativen Aufwand einher.

[0004] Demgegenüber besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, zumindest einzelne Nachteile des Standes der Technik zu lindern bzw. zu beheben. Bevorzugt setzt sich die Erfindung zum Ziel, die Energiebilanz der katalytischen Entstickung von Rauchgasen der Zementklinkerherstellung mit möglichst geringem apparativen Aufwand zu verbessern.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 4 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0006] Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden die aus dem Vorwärmer ausgetretenen Rauchgase mit einer Temperatur von mehr als 260 °C, vorzugsweise von 260 °C bis 500 °C, insbesondere von 300°C bis 400 °C, beispielsweise im Wesentlichen 350°C, in einem Heißgasfilter entstaubt und mit im Wesentlichen derselben Temperatur von dem Heißgasfilter bis zur Entstickungsstufe geleitet.

[0007] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist als Staubfilter ein Heißgasfilter vorgesehen, welches direkt mit der Entstickungsstufe verbunden ist, so dass die aus dem Vorwärmer ausgetretenen Rauchgase mit einer Temperatur von

mehr als 260 °C, vorzugsweise von 260 °C bis 500 °C, insbesondere im Wesentlichen 350°C, in dem Heißgasfilter entstaubt und mit im Wesentlichen derselben Temperatur der Entstickungsstufe zugeführt werden können.

**[0008]** Das erfindungsgemäße Verfahren verwirklicht eine „Low Dust“-Entstickung, bei welcher die Rauchgase vor der Entstickung entstaubt werden. Für die Entstaubung wird ein Heißgasfilter eingesetzt, welches eine Filterung der Rauchgase bei einer Temperatur von mehr als 260 °C ermöglicht. Erfindungsgemäß werden die Rauchgase zwischen der Entstaubung im Heißgasfilter und der Entstickung im Wesentlichen nicht abgekühlt. Somit ist das Heißgasfilter direkt mit der Entstickungsstufe verbunden, d.h. ohne Zwischenschaltung von Anlagenteilen, welche eine wesentliche Abkühlung der Rauchgase bewirken, insbesondere ohne Zwischenschaltung der Rohmühle, mit welcher die Rohmaterialien erzeugt werden. Die Abkühlung der Rauchgase zwischen dem Heißgasfilter und der Entstickungsstufe beträgt bevorzugt weniger als 30°C, insbesondere weniger als 20 °C, beispielsweise weniger als 10 °C. Vorteilhafterweise werden die Rauchgase daher unter Beibehaltung im Wesentlichen ihres gesamten Wärmegehalts über die gesamte Strecke vom Ausgang des Heißgasfilters bis zum Eingang der SCR-Anlage geführt. Dadurch ergibt sich zum einen der Vorteil, dass auf ein Wärmeverschiebungssystem verzichtet werden kann. Somit können die zusätzlichen Wärmetauscher für das Wärmeverschiebungssystem eingespart werden. Vorteilhaft ist weiters, dass die Rohmühle nicht zwischen das Heißgasfilter und die Entstickungsstufe, sondern bevorzugt nach der Entstickungsstufe (in Strömungsrichtung der Rauchgase gesehen) geschaltet ist. Dadurch wird vermieden, dass die Rauchgase mit Staub der Rohmaterialien beladen werden, welcher beim Stand der Technik des EP 3 149 422 B1 mit einem eigenen Staubfilter vor dem zweiten Wärmetauscher des Wärmeverschiebungssystems entfernt werden musste. Auch dieses Staubfilter zwischen Rohmühle und SCR-Anlage kann erfindungsgemäß eingespart werden. Durch die Reduktion der Anlagenkomponenten kann weiters das Risiko von Ausfällen reduziert werden. Wie bei „Low Dust“-SCR-Anlagen kann der Entstickungskatalysator der Entstickungsstufe kompakter bzw. kleiner als bei „High Dust“-SCR-Anlagen dimensioniert werden. Da es seltener zu einer Deaktivierung des Entstickungskatalysators kommt, wird die Standzeit erhöht.

**[0009]** Das Heißgasfilter weist zumindest ein Heißgasfilterelement, vorzugsweise zumindest eine insbesondere im Wesentlichen vertikal stehende Filterkerze, mit einem Heißgasfiltermaterial, insbesondere Keramik oder Metall, auf, mit welchem die Rauchgase gefiltert werden, so dass der Staub am Heißgasfilterelement abgeschieden wird. Der Staub kann vom Heißgasfilterelement abgereinigt und ausgetragen werden. Bei einer Ausführung des Heißgasfilterelements aus Keramik kann beispielsweise Siliziumcarbid vorgesehen sein.

**[0010]** Bei einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens ist weiters der Schritt vorgesehen:

Zuführen eines Reduktionsmittels, insbesondere Harnstoff oder Ammoniak, in die Rauchgase vor dem Entstickten der Rauchgase. Vorzugsweise wird das Reduktionsmittel unmittelbar vor der Entstickungsstufe in die Rauchgase eingeleitet. Zusätzlich oder alternativ kann das Reduktionsmittel zwischen dem Vorwärmer und dem Heißgasfilter zugeführt werden.

**[0011]** Die Entstickungsstufe ist bevorzugt als SCR-Anlage ausgebildet, welche einen Entstickungskatalysator aufweist, so dass die Stickoxide (NOx) in den Rauchgasen reduziert werden können.

**[0012]** Bei einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens ist weiters der Schritt vorgesehen:

Regenerative Thermische Oxidation (RTO) der Rauchgase nach dem Entstickten der Rauchgase.

**[0013]** Im Direktbetrieb bei der Zementherstellung werden durch den Einsatz der RTO die im Rauchgas enthaltenen organischen Substanzen oxidiert und so die Emissionen an einem Kamin stark reduziert.

**[0014]** Die Erfindung wird nachstehend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen in den Zeichnungen weiter erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von Zementklinker, bei welcher ein Heißgasfilter zwischen einem Vorwärmer und einer SCR-Anlage so angeordnet ist, dass die aus dem Vorwärmer abgezogenen Rauchgase bei einer Temperatur von mehr als 260 °C entstaubt und im Wesentlichen ohne Abkühlung der SCR-Anlage zugeführt werden.

Fig. 2 zeigt eine alternative Ausführungsform der Vorrichtung nach Fig. 1.

**[0015]** Fig. 1 zeigt eine Zementklinkeranlage, d.h. eine Vorrichtung 1 zur Herstellung von Zementklinker, welche Teil eines Zementwerks ist. Die Vorrichtung 1 weist einen Ofen 2, insbesondere einen Drehrohrföfen, auf, in welchem Rohmaterial, insbesondere Rohmehl, zu Zementklinker gesintert wird. Darüber hinaus ist ein Vorwärmer 3, insbesondere ein Vorwärmerturm, vorzugsweise mit einer Zyklonkaskade mit mehreren hintereinander geschalteten Zyklonen (nicht gezeigt), vorgesehen. Im Vorwärmer 3 wird das Rohmaterial vor dem Eintritt in den Ofen 2 mit Hilfe von Rauchgasen des Ofens 2 vorgewärmt. Am oberen Ende des Vorwärmers 3 werden die Rauchgase abgezogen. Mit einem Staubfilter 4 wird der Staubgehalt

der Rauchgase reduziert („Entstaubung“). Darüber hinaus weist die Vorrichtung 1 eine Entstickungsstufe 5 auf, welche als SCR-Anlage für die selektive katalytische Reduktion von Stickstoffverbindungen ausgerichtet ist („Entstickung“).

**[0016]** In der gezeigten Ausführung ist als Staubfilter 4 ein Heißgasfilter 6 vorgesehen. Das Heißgasfilter 6 weist zumindest ein Filterelement, vorzugsweise mehrere Filterelemente, insbesondere Filterkerzen, auf, an denen der Staub der Rauchgase abgeschieden wird. Der abgeschiedene Staub kann in den Vorwärmer aufgegeben oder einem Silo zugeführt werden (vgl. Pfeil 7). Nach dem Verlassen des Vorwärmers 3 werden die aus dem Vorwärmer 3 ausgetretenen Rauchgase zunächst mit einer Kühlvorrichtung, beispielsweise einer Wasserkühlung, auf eine Temperatur von beispielsweise im Wesentlichen 350°C abgekühlt (Pfeil 8) und danach mit dieser Temperatur in dem Heißgasfilter 6 entstaubt. Das Heißgasfilter 6 ist direkt, d.h. insbesondere ohne Zwischenschaltung eines Wärmeverschiebungssystems, einer Rohmühle und eines weiteren Staubfilters, mit der Entstickungsstufe 5 verbunden. Dadurch werden die entstaubten Rauchgase mit im Wesentlichen derselben Temperatur von im Wesentlichen 350°C vom Ausgang des Heißgasfilters 6 bis zum Eingang der Entstickungsstufe 5 geführt (vgl. Pfeil 9). Für die SCR der Stickstoffverbindungen wird vor der Entstickungsstufe 5 ein Reduktionsmittel in die Rauchgase aufgegeben. Das Reduktionsmittel kann unmittelbar vor der SCR-Anlage in die Rauchgase eingeleitet werden (vgl. Pfeil 10). Zusätzlich oder alternativ kann das Reduktionsmittel in den Vorwärmer 3 (vgl. Pfeil 11) oder in die Rauchgasleitung zwischen dem Vorwärmer 3 und dem Heißgasfilter 6 (vgl. Pfeil 12) eingeleitet werden.

**[0017]** In der gezeigten Ausführung ist zudem eine Bypassleitung 13 vorgesehen, welche zwischen dem Vorwärmer 3 und dem Heißgasfilter abgezweigt ist, um das Heißgasfilter 6 und die Entstickungsstufe 5 selektiv umgehen zu können. Nach der Entstickung können die Rauchgase einer Rohmühle zugeführt werden (vgl. Pfeil 14), mit welcher die Rohmaterialien für die Zementklinkerherstellung erzeugt gemahlen werden. Alternativ können die Rauchgase nach der Entstickung einem Kamin zugeführt werden.

**[0018]** In der Ausführung der Fig. 2 ist nach der Entstickungsstufe 5 eine RTO-Stufe 15 angeordnet, mit welcher eine regenerative thermische Oxidation der entstickten Rauchgase durchgeführt wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Zementklinker mit den Schritten:  
Brennen von Rohmaterial zu Zementklinker in einem Ofen (2),  
Vorwärmen des Rohmaterials mit Rauchgasen des Ofens (2) in einem Vorwärmer (3),  
Entstauben der aus dem Vorwärmer (3) ausgetretenen Rauchgase und  
Entsticken der entstaubten Rauchgase in einer Entstickungsstufe (5), insbesondere in einer SCR-Anlage,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die aus dem Vorwärmer (3) ausgetretenen Rauchgase mit einer Temperatur von mehr als 260 °C, vorzugsweise 300 °C bis 400 °C, insbesondere im Wesentlichen 350°C, in einem Heißgasfilter (6) entstaubt und mit im Wesentlichen derselben Temperatur von dem Heißgasfilter (6) bis zur Entstickungsstufe (5) geleitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch:  
Zuführen eines Reduktionsmittels, insbesondere Harnstoff oder Ammoniak, in die Rauchgase vor dem Entsticken der Rauchgase, vorzugsweise unmittelbar vor der Entstickungsstufe (5).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch:  
Regenerative Thermische Oxidation RTO der Rauchgase nach dem Entsticken der Rauchgase.
4. Vorrichtung zur Herstellung von Zementklinker, aufweisend:  
einen Ofen (2) zum Brennen von Rohmaterial zu Zementklinker,  
einen Vorwärmer (3), insbesondere mit einer Zyklonkaskade, zum Vorwärmen des Rohmaterials mit Rauchgasen des Ofens (3),  
ein Staubfilter (4) zum Entstauben der aus dem Vorwärmer (3) ausgetretenen Rauchgase,  
eine Entstickungsstufe (5), insbesondere eine SCR-Anlage, zum Entsticken der entstaubten Rauchgase,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
als Staubfilter (4) ein Heißgasfilter (6) vorgesehen ist, welches direkt mit der Entstickungsstufe (5) verbunden ist.

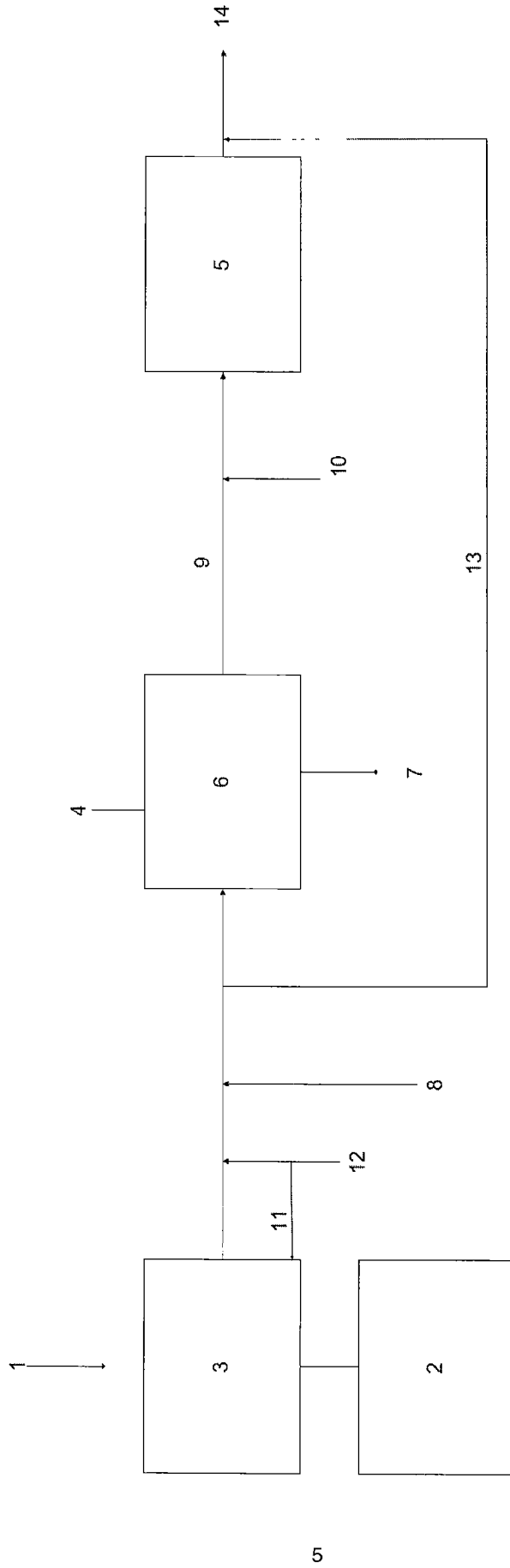


Fig. 1

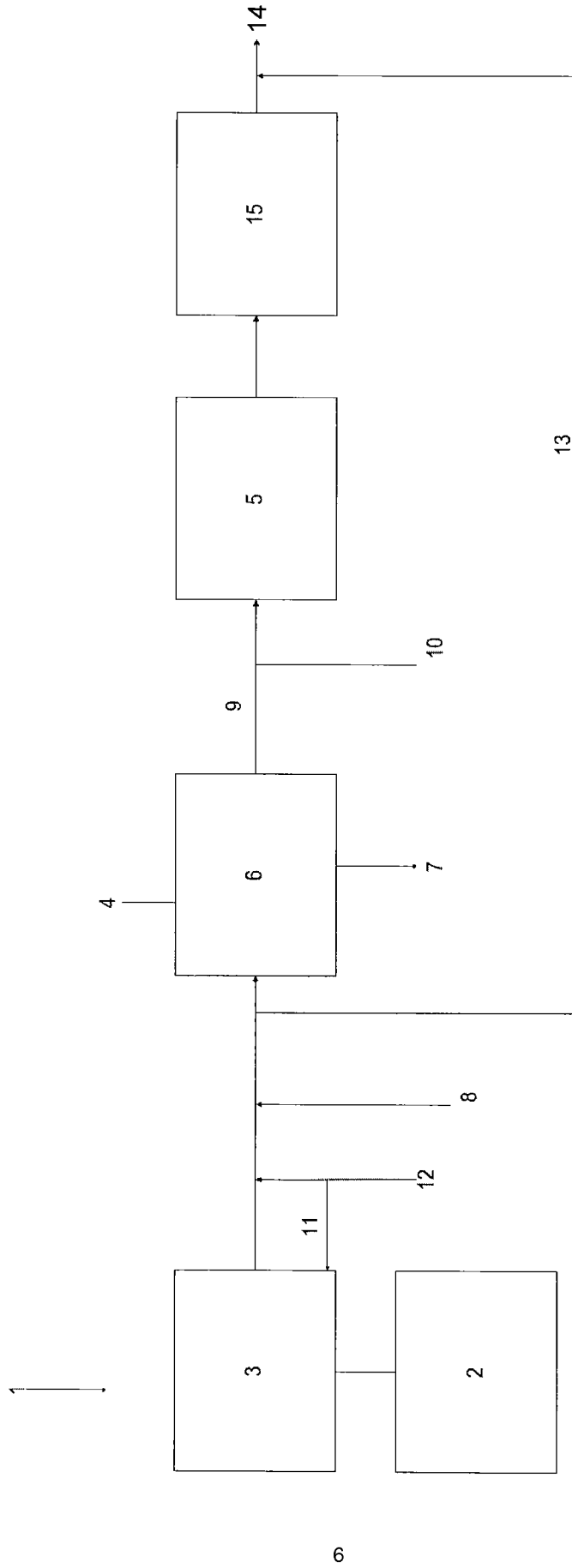


Fig. 2