

(12) BELGISCHER PATENTANTRAG

(41) Veröffentlichungsdatum : 03/01/2023

(21) Antragsnummer : BE2021/5418

(22) Anmeldetag : 25/05/2021

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

(51) Internationale Klassifikation : C04B 7/47

(30) Prioritätsangaben :

(71) Anmelder :

thyssenkrupp Industrial Solutions AG
AG
45143, ESSEN
Deutschland

thyssenkrupp AG
AG
45143, ESSEN
Deutschland

(72) Erfinder :

WILLMS Eike
44309 DORTMUND
Deutschland

KIMMIG Constantin
59494 SOEST
Deutschland

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Zementklinker

(57)Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Zementklinker (50) aufweisend die Schritte: Vorwärmen von Rohmaterial (20) in einem Vorwärmer (12), Kalzinieren des vorgewärmten Rohmaterials (26) in einem Kalzinators (14), Brennen des vorgewärmten und vorkalzinieren Rohmehls (32) in einem Ofen (16) zu Zementklinker (38), wobei dem Ofen (16) ein Verbrennungsgas (42) mit einem Sauerstoffanteil von mehr als 20%, insbesondere mehr als 40%, vorzugsweise mehr als 60% zugeführt wird, und Kühlen des Zementklinkers (38) in einem Kühler (18), wobei der Kühler (18) in Förderrichtung des Zementklinkers (38) einen ersten Kühlerbereich (18a) und einen zweiten Kühlerbereich (18b) aufweist und wobei die Abluft des ersten Kühlerbereichs (18a) das Verbrennungsgas (42) bildet, wobei das Abgas (24) des zweiten Kühlerbereichs (18b) dem Kalzinators (14) zugeführt wird und einen Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere maximal 10%, vorzugsweise maximal 5% aufweist.

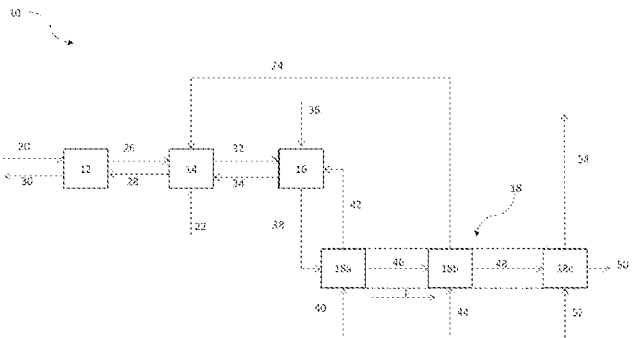


Fig. 1

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Zementklinker

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Zementklinker.

- 5 Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, sauerstoffhaltiges Gas zur Verbrennung von Brennstoff in den Drehrohrofen oder den Kalzinator einer Zementherstellungsanlage einzuführen. Zur Reduzierung der Abgasmenge und um auf aufwändige Reinigungsverfahren verzichten zu können, ist es beispielsweise aus der DE 10 2018 206 673 A1 bekannt, ein möglichst sauerstoffreiches Verbrennungsgas zu verwenden, 10 sodass der CO₂-Gehalt in dem Abgas hoch ist. Die DE 10 2018 206 673 A1 offenbart das Einleiten eines sauerstoffreichen Gases in den Kühlereinlassbereich zur Vorwärmung des Gases und Kühlung des Klinkers.

- Bei einer solchen Betriebsweise kommt es beispielsweise zu sehr hohen Temperaturen 15 innerhalb des Kalzinators und zu einer hohen Feststoffbeladung des Gases, beispielsweise im Kalzinator. Dies führt zu Materialansätzen in dem Kalzinator und somit schlimmstenfalls zu einem Verstopfen und einer Beschädigung der Kalzinatorinnenwand.

- Davon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine 20 Anlage zur Herstellung von Zementklinker bereitzustellen, welche die oben genannten Nachteile überwindet und gleichzeitig eine Abscheidung von CO₂ aus dem Abgas auf einfache Weise ermöglicht.

- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des 25 unabhängigen Verfahrensanspruchs 1 und durch eine Zementherstellungsanlage mit den Merkmalen des unabhängigen Vorrichtungsanspruchs 11 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

- Ein Verfahren zum Herstellen von Zementklinker umfasst nach einem ersten Aspekt die 30 Schritte:

Vorwärmen von Rohmehl in einem Vorwärmer,

Kalzinieren des vorgewärmten Rohmehls in einem Kalzinator,

Brennen des vorgewärmten und vorkalzinieren Rohmehls in einem Ofen zu Zementklinker, wobei dem Ofen ein Verbrennungsgas mit einem Sauerstoffanteil von

mehr als 50%, insbesondere mehr als 80%, Vorzugsweise mehr als 95% zugeführt wird, und

Kühlen des Zementklinkers in einem Kühler, wobei der Kühler in Förderrichtung des Zementklinkers einen ersten Kühlerbereich und einen zweiten Kühlerbereich aufweist und wobei die Abluft des ersten Kühlerbereichs das dem Ofen zugeführte Verbrennungsgas bildet.

Das Abgas des zweiten Kühlerbereichs wird dem Kalzinator zugeführt und weist einen Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere maximal 10%, vorzugsweise maximal 5% auf. Vorzugsweise weist das Abgas des zweiten Kühlerbereichs einen CO₂ Anteil von mehr als 75% auf. Vorzugsweise wird das Abgas des zweiten Kühlerbereichs vollständig oder teilweise dem Kalzinator zugeführt, wobei die Menge an dem Kalzinator zugeführten Abgases vorzugsweise einstellbar ist.

Das Abgas des zweiten Kühlerbereichs dient vorzugsweise als Traggas in dem Kalzinator und sorgt für eine Erhöhung der Gasmenge innerhalb des Kalzinators und oder dem Vorwärmer. Dadurch wird eine Überhitzung des Kalzinators verhindert und die Feststoffbeladung in dem Kalzinatorgas gesenkt, sodass Materialablagerungen innerhalb des Kalzinators vermieden werden.

Das dem Ofen zugeführte Verbrennungsgas hat beispielsweise einen Sauerstoffanteil von mehr als 50%, insbesondere mehr als 80%, vorzugsweise mehr als 95%. Das Verbrennungsgas besteht beispielsweise vollständig aus reinem Sauerstoff, wobei der Sauerstoffanteil an dem Verbrennungsgas 100% beträgt.

Bei dem Sauerstoffanteil und dem CO₂ Anteil handelt es sich vorzugsweise um eine Angabe in Volumen%, insbesondere bezogen auf das trockene Gas.

Bei dem Ofen handelt es sich vorzugsweise um einen Drehrohrofen mit einem um seine Längsachse rotierbaren Drehrohr, das vorzugsweise in Förderrichtung des zu brennenden Materials leicht geneigt ist, sodass das Material bedingt durch die Rotation des Drehrohrs und die Schwerkraft in Förderrichtung bewegt wird. Der Ofen weist vorzugsweise an seinem einen Ende einen Materialeinlass zum Einlassen von vorgewärmten und vorkalzinierten Rohmehl und an seinem dem Materialeinlass

gegenüberliegenden Ende einen Materialauslass zum Auslassen des gebrannten Klinkers in den Kühler auf. An dem materialauslassseitigen Ende des Ofens ist vorzugsweise der Ofenkopf angeordnet, der den Brenner zum Brennen des Materials und vorzugsweise einen Brennstoffeinlass zum Einlassen von Brennstoff in den Ofen, 5 vorzugsweise zu dem Brenner, aufweist. Der Ofen weist vorzugsweise eine Sinterzone auf, in der das Material zumindest teilweise aufgeschmolzen wird und insbesondere eine Temperatur von 1500°C bis 1800°C, vorzugsweise 1450°C bis 1700°C aufweist.

An den Materialauslass des Ofens schließt sich vorzugsweise der Kühler zum Kühlen 10 des Zementklinkers an. Innerhalb des Kühlers wird der zu kühlende Zementklinker vorzugsweise über eine Fördereinrichtung in Förderrichtung in Richtung des Auslasses des Kühlers transportiert. In Förderrichtung weist der Kühler vorzugsweise zumindest zwei, vorzugsweise drei Kühlerbereiche auf. Der in Förderrichtung vordere, erste Kühlerbereich schließt sich insbesondere direkt an den Ofen an und ist vorzugsweise 15 derart angeordnet, dass der in dem Ofen gebrannte Zementklinker aus dem Materialauslass des Ofens, vorzugsweise schwerkraftbedingt, in den ersten Kühlerbereich fällt. Der erste Kühlerbereich weist beispielsweise einen statischen oder dynamischen Rost auf. Vorzugsweise wird dem Kühler ein erstes und ein zweites Kühlgas zugeführt. Insbesondere wird das erste Kühlgas dem ersten Kühlerbereich 20 zugeführt. Der erste Kühlerbereich weist insbesondere einen Kühlgaseinlass unterhalb des statischen oder dynamischen Rosts auf, durch welchen das erste Kühlgas eingeleitet wird und den statischen oder dynamischen Rost und den darauf liegenden zu kühlenden Zementklinker von unten durchströmt. Der erste Kühlerbereich weist vorzugsweise einen Abgasauslass zum Auslassen des ersten Kühlgases, wobei der Abgasauslass mit dem 25 Ofen, insbesondere dem Ofenkopf verbunden ist, sodass das Abgas zu dem Ofen geleitet wird und vorzugsweise vollständig das Verbrennungsgas des Ofens bildet.

Insbesondere wird das zweite Kühlgas dem zweiten Kühlerbereich zugeführt. Der zweite Kühlerbereich weist vorzugsweise einen dynamischen Rost zum Transport des zu 30 kühlenden Zementklinkers auf, wobei insbesondere ein Kühlgaseinlass unterhalb des dynamischen Rosts angeordnet ist, durch welchen das zweite Kühlgas eingeleitet wird und den dynamischen Rost und den darauf liegenden zu kühlenden Zementklinker von unten durchströmt. Der zweite Kühlerbereich weist vorzugsweise einen Abgasauslass zum Auslassen des zweiten Kühlgases auf. Der zweite Kühlerbereich schließt sich

vorzugsweise in Förderrichtung des Zementklinkers direkt an den ersten Kühlerbereich an und ist insbesondere gastechnisch von dem ersten Kühlbereich getrennt, sodass das erste Kühlgas ausschließlich durch den ersten Kühlerbereich strömt nicht in den zweiten Kühlbereich gelangt. Das zweite Kühlgas strömt vorzugsweise ausschließlich durch den zweiten Kühlerbereich und gelangt nicht in den ersten Kühlbereich. Zur gastechnischen Trennung des ersten und des zweiten Kühlerbereichs weist der Kühler vorzugsweise ein Trennmittel, wie eine Klappe, einen Vorhang oder eine Gasscheide auf. Bei dem Trennmittel handelt es sich beispielsweise um eine Druckdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Kühlerbereich, wodurch eine Trennung der Kühlgase innerhalb der Kühlerbereich erreicht wird.

Dem Kühler wird vorzugsweise zusätzlich ein drittes Kühlgas zugeführt, das in einen dritten Kühlerbereich eingeleitet wird. Der dritte Kühlerbereich weist vorzugsweise einen dynamischen Rost zum Transport des zu kühlenden Zementklinkers auf, wobei insbesondere ein Kühlgaseinlass unterhalb des dynamischen Rosts angeordnet ist, durch welchen das dritte Kühlgas eingeleitet wird und den dynamischen Rost und den darauf liegenden zu kühlenden Zementklinker von unten durchströmt. Der dritte Kühlerbereich weist vorzugsweise einen Abgasauslass zum Auslassen des dritten Kühlgases als Kühlerabluft auf. Der dritte Kühlerbereich schließt sich vorzugsweise in Förderrichtung des Zementklinkers direkt an den zweiten Kühlerbereich an und ist insbesondere gastechnisch von dem zweiten Kühlbereich getrennt, sodass das zweite Kühlgas ausschließlich durch den zweiten Kühlerbereich strömt und nicht in den dritten Kühlbereich gelangt. Das dritte Kühlgas strömt vorzugsweise ausschließlich durch den dritten Kühlerbereich und gelangt nicht in den ersten oder zweiten Kühlbereich. Zur gastechnischen Trennung des zweiten und des dritten Kühlerbereichs weist der Kühler vorzugsweise ein weiteres Trennmittel, wie eine Klappe, einen Vorhang oder eine Gasscheide auf.

Das vorangehend beschriebene Verfahren führt zu einem geringeren CO₂ Partialdruck in dem Ofen, wodurch eine Restkalzinierung des nicht vollständig kalzinierten Materials erfolgt und wobei lediglich eine geringe Wärmeenergie für diese Restkalzination aufgewendet werden muss. Bedingt durch den erhöhten CO₂ Partialdruck ist die CO₂ Konzentration bezogen auf das feuchte Abgas von vorzugsweise geringer als 40%, und der Aufwand für das Abreinigen von so genannten Ansätzen wird verringert. Unter

Ansätzen sind feste Phasen zu versehen, die im allgemeinen Mineralphasen sind und ab Temperaturen oberhalb von 850°C in hohem Maß entstehen. Bei den Mineralphasen kann es sich bspw. um Spurrite, Belitphasen handeln. Um den Abreinigungsaufwand in einem passenden Rahmen zu halten, kann der Vorkalcinationsgrad reduziert werden, indem der Kalzinator mit Vorkalzinationsgraden von weniger als 90% bzw. bei geringeren Temperaturen betrieben wird. Eine Restkalzination erfolgt mit dem vorangehend beschriebenen Verfahren im Ofen aufgrund des geringeren CO₂ Partialdruckes schneller bei gleichen Temperaturen, wobei die Kalzination des Rohmaterials beispielsweise auch spontan ablaufen kann.

Gemäß einer ersten Ausführungsform wird dem ersten und dem zweiten Kühlerbereich jeweils separat ein Kühlgas zugeführt, wobei das dem zweiten Kühlerbereich zugeführte Kühlgas einen Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere 10%, vorzugsweise 5% aufweist. Das dem zweiten Kühlerbereich zugeführte zweite Kühlgas weist vorzugsweise einen CO₂- Anteil von mindestens 75%, insbesondere mindestens 80%, vorzugsweise mindestens 90% auf. Vorzugsweise wird dem zweiten Kühlgas und/ oder dem Abgas des zweiten Kühlerbereichs Sauerstoff zugeführt, sodass der Sauerstoffgehalt des Abgases vor dem Eintritt in den Kalzinator maximal 15%, insbesondere 10%, vorzugsweise 5% beträgt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Sauerstoffkonzentration des Kalzinatorabgases stromabwärts des Kalzinators ermittelt und die Sauerstoffkonzentration des dem Kalzinator zugeführten Abgases des zweiten Kühlerbereichs in Abhängigkeit der ermittelten Sauerstoffkonzentration geregelt.

Vorzugsweise wird der Sauerstoffgehalt des Kalzinatorabgases mittels einer Messeinrichtung ermittelt und die Menge an Abgas und/ oder der Sauerstoffanteil des Abgases des zweiten Kühlerbereichs in Abhängigkeit des ermittelten Sauerstoffanteils geregelt, insbesondere erhöht oder verringert. Insbesondere wird der Volumenstrom des Abgases des zweiten Kühlerbereichs konstant gehalten. Der ermittelte Sauerstoffanteil wird vorzugsweise mit einem vorab bestimmten Grenzwert verglichen und bei einer Abweichung von diesem Grenzwert wird die Menge an dem Kalzinator zugeführten Abgases des zweiten Kühlerbereichs und/ oder der Sauerstoffanteil des Abgases erhöht oder verringert. Bei einer Überschreitung des Grenzwertes des Sauerstoffanteils, wird die

Menge an dem Kalzinator zugeführten Abgases des zweiten Kühlerbereichs und/ oder der Sauerstoffanteil des Abgases vorzugsweise verringert. Bei einer Unterschreitung des Grenzwertes des Sauerstoffanteils, wird die Menge an dem Kalzinator zugeführten Abgases des zweiten Kühlerbereichs und/ oder der Sauerstoffanteil des Abgases vorzugsweise erhöht.

Das Abgas des zweiten Kühlerbereichs wird dem Kalzinator zugeführt und bildet beispielsweise teilweise das Verbrennungsgas des Kalzinators. Das Abgas des Ofens bildet ebenfalls zumindest teilweise oder vollständig das Verbrennungsgas des Kalzinators. Dem Ofen und dem Kalzinator wird vorzugsweise eine vorabbestimmte Menge an Sauerstoff zugeführt, wobei die jeweiligen Anteile an Sauerstoff zu dem Ofen und dem Kalzinator vorzugsweise einstellbar sind. Der Sauerstoffgehalt der dem Ofen zugeführten Verbrennungsluft wird vorzugsweise in Abhängigkeit des Sauerstoffgehalts des dem Kalzinator zugeführten Abgases des zweiten Kühlerbereichs eingestellt. Eine hohe Sauerstoffkonzentration in dem Verbrennungsgas zu dem Ofen, insbesondere in der Sinterzone des Ofens, ermöglicht eine verbesserte Verbrennungskinetik, wobei die Aufbereitung der Brennstoffe vereinfacht wird. Des Weiteren werden die Komplexität und die Betriebskosten der Ofenbrenner reduziert. Ein optional vorgelagerter Mahlprozess wird ebenfalls vereinfacht oder verursacht geringere Betriebskosten. Es ist ebenfalls denkbar, dass ein hoher Anteil an Ersatzbrennstoffen eingesetzt wird. Eine hohe Sauerstoffkonzentration innerhalb des Ofens sorgt für eine hohe Sinterzonentemperatur, wobei dadurch ein Klinker mit einem höheren Alitgehalt erzeugt wird, was eine Reduzierung des Klinkeranteils im Zement ermöglicht. Der Klinker wird beispielsweise durch weniger CO₂ intensive Materialien, wie Kalkstein, Flugaschen, kalzinierte Tone oder ähnliches ersetzt, woraus eine geringere CO₂ Emission des Zementes und nachfolgender Produkte bei gleichen Festigkeitswerten resultiert. Eine hohe Sinterzonentemperatur ermöglicht des Weiteren eine Reduzierung der Verweilzeit des Feststoffes im Ofen, da die Klinkerphasenbildung schneller erfolgt. Hierdurch ist es möglich, den Ofen mit einem höheren Klinkerdurchsatz zu betreiben

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird zumindest ein Teil des Abgases des zweiten Kühlerbereichs dem Vorwärmer zugeführt. Vorzugsweise ist die Menge an Abgas des zweiten Kühlerbereichs zu dem Kalzinator und dem Vorwärmer einstellbar. Insbesondere ist ein Dosierorgan, wie ein Ventil oder eine Klappe in einer Leitung

zwischen dem zweiten Kühlerbereich und dem Vorwärmer oder Kalzinator angeordnet. Eine Leitung des Abgases zumindest teilweise zu dem Vorwärmer ermöglicht eine optimale Einstellung der Brennbedingungen in dem Kalzinator.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird das Abgas des Vorwärmers einer Konditionierungseinrichtung zugeführt. Bei der Konditionierungseinrichtung handelt es sich beispielsweise um einen Filter, Wärmetauscher, Gasmischer, Kondensator oder Spühlturm. Vorzugsweise ist die Konditionierungseinrichtung in Strömungsrichtung des Gases hinter dem Vorwärmer angeordnet und insbesondere mit dem zweiten oder dritten
10 Kühlerbereich verbunden, sodass das Abgas der Konditionierungseinrichtung das erste oder zweite Kühlgas bildet. In der Konditionierungseinrichtung wird das Gas vorzugsweise entfeuchtet und/ oder gereinigt.

- Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird das Gas im Anschluss an die
15 Konditionierungseinrichtung dem zweiten Kühlerbereich zugeführt. Vorzugsweise bildet das mittels der Konditionierungseinrichtung behandelte Abgas des Vorwärmers zumindest teilweise oder vollständig das zweite Kühlgas.

- Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird das Gas im Anschluss an die
20 Konditionierungseinrichtung dem dritten Kühlerbereich zugeführt. Vorzugsweise bildet das mittels der Konditionierungseinrichtung behandelte Abgas des Vorwärmers zumindest teilweise oder vollständig das dritte Kühlgas.

- Das Abgas des dritten Kühlerbereichs wird gemäß einer weiteren Ausführungsform dem
25 zweiten Kühlerbereich zugeführt. Vorzugsweise wird dem dritten Kühlerbereich Wasser zugeführt, wobei der Wassergehalt des Abgases des dritten Kühlerbereichs vorzugsweise eingestellt wird. Vor dem Eintritt in den zweiten Kühlerbereich wird das Abgas des dritten Kühlerbereichs vorzugsweise entstaubt und/ oder gekühlt.

- 30 Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird dem zweiten Kühlerbereich Wasser zugeführt. Das Wasser wird vorzugsweise über eine Befeuchtungseinrichtung dem zweiten Kühlerbereich zugeführt. Die Befeuchtungseinrichtung umfasst vorzugsweise eine Mehrzahl von Sprühdüsen zur Eindüsung von Wasser in den zweiten Kühlerbereich. Insbesondere wird das Wasser separat zu dem zweiten Kühlgas in den zweiten

Kühlerbereich eingeleitet. Vorzugsweise wird in dem zweiten Kühlerbereich ein Wassergehalt von mehr als 10%, insbesondere mehr als 20%, vorzugsweise mehr als 30%, mittels der Befeuchtungseinrichtung eingestellt. Dadurch wird in dem Kalzinator ebenfalls eine entsprechende Feuchte eingestellt. Dies bewirkt einen verringerten Partialdruck des CO₂ im Kalzinator. Das Wasser in dem Abgas, insbesondere dem Vorwärmerabgas, kann leicht auskondensiert werden, was den CO₂ Partialdruck im Abgas erhöht, wodurch eine anschließende Abscheidung von CO₂ vereinfacht wird.

Vorzugsweise wird die Temperatur und/ oder der Volumenstrom des Abgases des zweiten Kühlerbereichs mittels einer Messeinrichtung ermittelt und die Menge an über die Befeuchtungseinrichtung in den zweiten Kühlerbereich eingeleitetem Wasser wird in Abhängigkeit der ermittelten Temperatur und/ oder Volumenstrom geregelt, insbesondere erhöht oder verringert. Insbesondere wird der Volumenstrom des Abgases konstant gehalten. Der ermittelte Volumenstrom und/ oder die ermittelte Temperatur werden vorzugsweise mit einem jeweiligen vorab bestimmten Grenzwert verglichen und bei einer Abweichung von diesem Grenzwert wird die Menge an Wasser in den zweiten Kühlerbereich erhöht oder verringert. Bei einer Überschreitung des Grenzwertes des Volumenstroms und/ oder der Temperatur, wird die Menge an Wasser in den zweiten Kühlerbereich vorzugsweise erhöht. Bei einer Unterschreitung des Grenzwertes des Volumenstroms und/ oder der Temperatur, wird die Menge an Wasser in den zweiten Kühlerbereich vorzugsweise verringert.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das dem zweiten Kühlerbereich zugeführte Kühlgas einen Wassergehalt von mehr als 10%, insbesondere mehr als 20%, vorzugsweise mehr als 30%, auf. Vorzugsweise weist das Abgas des zweiten Kühlerbereichs einen Wassergehalt von mehr als 10%, insbesondere mehr als 20%, vorzugsweise mehr als 30%, auf.

Die Erfindung umfasst auch eine Zementherstellungsanlage aufweisend

- einen Vorwärmer zum Vorwärmen von Rohmehl,
- einen Kalzinator zum Kalzinieren des vorgewärmten Rohmehls,
- einen Ofen zum Bannen des Rohmehls zu Zementklinker, und
- einen Kühler zum Kühlen des Zementklinkers, wobei der Kühler in Förderrichtung des Klinkers einen ersten Kühlerbereich und einen zweiten

Kühlerbereich aufweist und wobei der erste Kühlerbereich gastechnisch mit dem Ofen verbunden ist, sodass das Abgas des ersten Kühlerbereichs dem Ofen als Verbrennungsgas zuführbar ist.

- 5 Der zweite Kühlerbereich ist gastechnisch mit dem Kalzinator verbunden, sodass das Abgas des zweiten Kühlerbereichs dem Kalzinator und optional zusätzlich dem Vorwärmer zuführbar ist.

- Die mit Bezug auf das Verfahren zur Herstellung von Zementklinker beschriebenen Vorteile und Ausgestaltungen treffen in vorrichtungsgemäßer Entsprechung auch auf die Zementherstellungsanlage zu.
- 10

- Vorzugsweise ist der zweite Kühlerbereich über eine Leitung zum Leiten von Gasen mit dem Kalzinator verbunden, die sich insbesondere von einem Kühlgasauslass des zweiten Kühlerbereichs zu einem Gaseinlass des Kalzinators erstreckt. Der zweite Kühlerbereich ist optional über eine Leitung zum Leiten von Gasen mit dem Vorwärmer verbunden. Der Kalzinator weist vorzugsweise eine Steigleitung auf, durch welche das Abgas des Ofens und das zu kalzinierende Rohmaterial zumindest teilweise im Gleichstrom strömt. Des Weiteren weist der Kalzinator vorzugsweise eine mit der Steigleitung verbundene Brennkammer oder einen Brenner zum Verbrennen von Brennstoff innerhalb des Kalzinators auf.
- 15
- 20

- Gemäß einer Ausführungsform ist in Gasströmungsrichtung hinter dem Vorwärmer eine Konditionierungseinrichtung zur Behandlung des Abgases des Vorwärmers angeordnet.
- 25

- Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Kühler einen dritten Kühlerbereich auf, der sich an den zweiten Kühlerbereich anschließt und wobei die Konditionierungseinrichtung gastechnisch mit dem zweiten oder dem dritten Kühlerbereich verbunden ist.
- 30

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der dritte Kühlerbereich mit dem zweiten Kühlerbereich zur Rückführung des Abgases des dritten Kühlerbereichs in den zweiten Kühlerbereich verbunden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Kühler eine Befeuchtungseinrichtung zur Befeuchtung des Kühlgases innerhalb des Kühlers auf.

Beschreibung der Zeichnungen

5 Die Erfindung ist nachfolgend anhand mehrerer Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die beiliegenden Figuren näher erläutert.

10 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Zementherstellungsanlage in einem Fließschema gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Zementherstellungsanlage in einem Fließschema gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

15 Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Zementherstellungsanlage in einem Fließschema gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Zementherstellungsanlage in einem Fließschema gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

20 Fig. 1 zeigt eine Zementherstellungsanlage 10 mit einem beispielsweise einsträngigen Vorwärmer 12 zur Vorwärmung von Rohmehl, einen Kalzinator 14 zum Kalzinieren des Rohmehls, einen Ofen 16, insbesondere einen Drehrohrofen zum Brennen des Rohmehls zu Klinker und einen Kühler 18 zum Kühlen des in dem Ofen 16 gebrannten Klinkers.

Der Vorwärmer 12 umfasst vorzugsweise eine Mehrzahl von Zyklonen zum Abscheiden des Rohmehls aus dem Rohmehlstrom. Beispielsweise weist der Vorwärmer 12 fünf Zyklone auf, die in vier Zyklonstufen untereinander angeordnet sind. Der Vorwärmer 12 weist insbesondere einen Materialeinlass zum Einlassen von Rohmaterial 20, insbesondere Rohmehl, vorzugsweise in die oberste Zyklonstufe des Vorwärmers 12 auf. Das Rohmaterial 20 durchströmt nacheinander die Zyklone der Zyklonstufen des Vorwärmers 12 im Gegenstrom zu dem Ofen- und/oder Kalzinatorabgas und wird dadurch zu Heißmehl 26 erwärmt. Beispielsweise ist zwischen der letzten und der

vorletzten Zyklonstufe der Kalzinator 14 angeordnet. Der Kalzinator 14 weist vorzugsweise ein Steigrohr mit mindestens einer Brennstelle zum Erhitzen des im Vorwärmer erwärmten Rohmaterials 26 auf, sodass eine Kalzinierung des Rohmehls in dem Kalzinator 14 erfolgt. Des Weiteren weist der Kalzinator 14 einen Brennstoffeinlass zum Einlassen von Brennstoff 22 in das Steigrohr des Kalzinators 14 auf. Der Kalzinator 14 weist vorzugsweise auch einen Gaseinlass zum Einlassen eines Gases, insbesondere Traggas 24, in das Steigrohr des Kalzinators 14 auf. Das Kalzinatorabgas 28 wird in den Vorwärmer 12, vorzugsweise in die vorletzte Zyklonstufe eingeleitet und verlässt den Vorwärmer 12 hinter der obersten Zyklonstufe als Vorwärmerabgas 30.

In Strömungsrichtung des Rohmehls ist dem Vorwärmer 12 und dem Kalzinator 14 der Ofen 16 nachgeschaltet, sodass das in dem Vorwärmer 12 vorgewärmte und in dem Kalzinator 14 kalzinierte Rohmaterial 32 in den Ofen 16 strömt. Der Materialeinlass des Ofens 16 ist vorzugsweise direkt mit dem Steigrohr des Kalzinators 14 verbunden, sodass das Ofenabgas 34 in den Kalzinator 14 und anschließend in den Vorwärmer 12 strömt. Bei dem Ofen 16 handelt es sich beispielhaft um einen Drehrohrföfen mit einem um seine Längsachse rotierbaren Drehrohr, das in einem leicht abfallenden Winkel angeordnet ist. Der Ofen 16 weist vorzugsweise an dem materialauslassseitigen Ende innerhalb des Drehrohrs einen Brenner und einen zugehörigen Brennstoffeinlass zum Einlass von Brennstoff 36 in den Ofen 16 auf. Der Materialauslass des Ofens 16 ist an dem dem Materialeinlass gegenüberliegenden Ende des Drehrohrs angeordnet, sodass das zu brennende Rohmaterial 32 innerhalb des Drehrohrs durch die Rotation des Drehrohrs in Richtung des Brenners und des Materialauslasses gefördert wird. Das Rohmaterial 32 wird innerhalb des Ofens 16 zu Zementklinker 38 gebrannt. Vorzugsweise ist die Temperatur innerhalb des Ofens 16, insbesondere in der Sinterzone des Ofens 16, etwa 1450°C bis 1800°C, vorzugsweise 1500°C bis 1700°C.

An den Materialauslass des Ofens 16 schließt sich der Kühler 18 zum Kühlen des Klinkers an. Der Klinker wird in Förderrichtung F durch den Kühler 18 gefördert. Der Kühler 18 weist in Förderrichtung F des zu kühlenden Klinkers 38 einen ersten Kühlerbereich 18a und einen zweiten Kühlerbereich 18b auf, der sich in Förderrichtung F an den ersten Kühlerbereich 36 anschließt. Des Weiteren weist der Kühler 18 einen dritten Kühlerbereich 18c auf, der sich in Förderrichtung F an den zweiten Kühlerbereich

18b anschließt. Der Ofen 16 ist über den Materialauslass des Ofens 16 mit dem Kühler 18 verbunden, sodass der in dem Ofen 16 gebrannte Klinker 38 in den Kühler 18 fällt.

Der erste Kühlerbereich 18a ist vorzugsweise unterhalb des Materialauslasses des Ofens 16 angeordnet, sodass der Zementklinker 38 von dem Ofen 16 in den ersten Kühlerbereich 18a fällt. Der erste Kühlerbereich 18a stellt einen Einlaufbereich des Kühlers 18 dar und weist vorzugsweise einen statischen Rost auf, der den aus dem Ofen 16 austretenden Klinker 38 aufnimmt. Der statische Rost ist insbesondere vollständig in dem ersten Kühlerbereich 18a des Kühlers 18 angeordnet. Vorzugsweise fällt der Klinker 38 aus dem Ofen 16 direkt auf den statischen Rost. Der statische Rost 40 erstreckt sich vorzugsweise derart, sodass der Klinker in Förderrichtung F entlang des statischen Rostes auf diesem gleitet. Der erste Kühlerbereich 18a weist beispielsweise zusätzlich zu dem statischen Rost oder ausschließlich einen dynamischen Rost zum Fördern des Klinkers in Förderrichtung F durch den Kühler 18.

An den ersten Kühlerbereich 18a, schließt sich der zweite Kühlerbereich 18b des Kühlers 18 an, dem der in dem ersten Kühlerbereich 18a gekühlte Heißklinker 46 zugeführt wird. In dem ersten Kühlerbereich 18a des Kühlers 18 wird der Klinker insbesondere auf eine Temperatur von weniger als 1100°C abgekühlt, wobei die Abkühlung derart erfolgt, dass ein vollständiges Erstarren von in dem Klinker vorhandenen flüssigen Phasen in feste Phasen erfolgt. Beim Verlassen des ersten Kühlerbereich 18a des Kühlers 18 liegt der Heißklinker 46 vorzugsweise vollständig in der festen Phase und einer Temperatur von maximal 1100°C, insbesondere maximal 1000°C, vor. In dem zweiten Kühlerbereich 18b des Kühlers 18 wird der Heißklinker 48 weiter abgekühlt, vorzugsweise auf eine Temperatur von weniger als 700°C. In dem dritten Kühlerbereich 18c wird der Klinker insbesondere auf eine Temperatur von etwa 100°C oder weniger abgekühlt und verlässt den Kühler 18 als Kaltklinker 50. Vorzugsweise kann der zweite Kühlgasstrom auf mehrere Teilgasströme aufgeteilt werden, die unterschiedliche Temperaturen aufweisen.

Der statische oder dynamische Rost des ersten Kühlerbereichs 18a weist beispielsweise Durchlässe auf, durch welche ein erstes Kühlgas 40 in den ersten Kühlerbereich 18a eintritt. Das erste Kühlgas 40 strömt vorzugsweise von unten durch den statischen oder dynamischen Rost in den ersten Kühlerbereich 18a. Bei dem ersten Kühlgasstrom 40 handelt es sich beispielsweise um reinen Sauerstoff oder ein Gas mit einem Anteil von

15 Vol% oder weniger Stickstoff und einem Anteil von 50 Vol% oder mehr Sauerstoff. Das erste Kühlgas 40 durchströmt den Klinker und strömt anschließend in den Ofen 16. Das erste Kühlgas 40, insbesondere das Abgas des ersten Kühlerbereichs 18a, bildet beispielsweise teilweise oder vollständig das Verbrennungsgas 42 des Ofens 16 aus. Der hohe Anteil an Sauerstoff in dem Verbrennungsgas 42 führt zu einem Vorwärmerabgas 30, das im Wesentlichen aus CO₂ und Wasserdampf besteht, und weist den Vorteil auf, dass auf aufwändige nachgeschaltete Reinigungsverfahren zur Abgasreinigung verzichtet werden kann. Des Weiteren wird eine Reduktion der Prozessgasmengen erreicht, sodass die Anlage erheblich kleiner dimensioniert werden kann.

Der erste und der zweite Kühlerbereich 18a und 18b sind vorzugsweise über ein Trennmittel gastechnisch voneinander getrennt, sodass das erste Kühlgas 40 ausschließlich in den ersten Kühlerbereich 18a strömt und diesen als Abgas 42, insbesondere Verbrennungsgas 42 für den Ofen 16, verlässt. Das erste Kühlgas 40 gelangt vorzugsweise nicht in den zweiten oder dritten Kühlerbereich 18b, 18c. Das zweite Kühlgas 44 strömt vorzugsweise ausschließlich in den zweiten Kühlerbereich 18b und verlässt diesen als Abgas 24, insbesondere Verbrennungsgas 24 für den Kalzinator 14. Das dritte Kühlgas 52 strömt vorzugsweise ausschließlich in den dritten Kühlerbereich 18c und verlässt diesen als Kühlerabluft 54. Es ist optional denkbar, dass der erste und der zweite Kühlerbereich 18a, 18b gastechnisch nicht voneinander getrennt sind, sodass die Kühlgase 40 und 44 sowohl in den ersten als auch in den zweiten Kühlbereich 18a, 18b strömen.

Vorzugsweise ist zwischen dem ersten und dem zweiten Kühlerbereich 18a, 18c und optional zwischen dem zweiten und dem dritten Kühlerbereich 18b und 18c ein Trennmittel zur gastechnischen Trennung der Kühlerbereiche angebracht. Bei dem Trennmittel handelt es sich beispielsweise um ein mechanisches Trennmittel, wie eine Klappe oder einen Vorhang. Das Trennmittel kann auch eine Gasscheide umfassen, bei welcher ein Trenngas, wie CO₂ zwischen den Kühlerabschnitten 18a-c aufgegeben wird. Bei dem Trennmittel kann es sich auch um eine Druckdifferenz handeln, die zwischen dem ersten und dem zweiten Kühlerbereich eingestellt wird. Eine solche Druckdifferenz bewirkt eine gezielte Trennung der Gase der Kühlbereiche.

Innerhalb des Kühlers 18 wird der zu kühlende Klinker in Förderrichtung F bewegt. Der zweite Kühlerbereich 18b weist vorzugsweise einen dynamischen, insbesondere bewegbaren, Rost auf, der sich in Förderrichtung F an den ersten Kühlerbereich 18a anschließt. Ein dynamischer Rost weist insbesondere eine Fördereinheit auf, die den Klinker in Förderrichtung F transportiert. Bei der Fördereinheit handelt es sich beispielsweise um einen Schubbodenförderer, der eine Mehrzahl von Förderelementen zum Transport des Schüttguts aufweist. Bei den Förderelementen handelt es sich bei einem Schubbodenförderer um eine Mehrzahl von Planken, vorzugsweise Rostplanken, die einen Belüftungsboden ausbilden. Die Förderelemente sind nebeneinander angeordnet und in Förderrichtung F und entgegen der Förderrichtung F bewegbar. Die als Förderplanken oder Rostplanken ausgebildeten Förderelemente sind vorzugsweise von Kühlgas durchströmbar, über die gesamte Länge des zweiten Kühlerbereichs 18b des Kühlers 18 angeordnet und bilden die Oberfläche aus, auf der der Klinker aufliegt. Die Fördereinheit kann auch ein Schubförderer sein, wobei die Fördereinheit einen stationären von Kühlgasstrom durchströmbar belüftungsboden und eine Mehrzahl von relativ zu dem Belüftungsboden bewegbaren Förderelementen aufweist. Die Förderelemente des Schubförderers sind vorzugsweise oberhalb des Belüftungsbodens angeordnet und weisen quer zur Förderrichtung verlaufende Mitnehmer auf. Zum Transport des Klinkers entlang des Belüftungsbodens sind die Förderelemente in Förderrichtung F und entgegen der Förderrichtung F bewegbar. Die Förderelemente des Schubförderers und des Schubbodenförderers können nach dem „walking-floor-Prinzip“ bewegbar sein, wobei die Förderelemente alle gleichzeitig in Förderrichtung und ungleichzeitig entgegen der Förderrichtung bewegt werden. Alternativ dazu sind auch andere Förderprinzipien aus der Schüttguttechnik denkbar.

Unterhalb des dynamischen Rosts sind optional eine Mehrzahl von Ventilatoren angeordnet, mittels welcher das zweite Kühlgas 44 von unten durch den dynamischen Rost geblasen wird. Bei dem zweiten Kühlgas 44 handelt es sich vorzugsweise um ein sauerstoffarmes Gas mit einem Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere maximal 10%, vorzugsweise maximal 5%. Der Sauerstoffanteil ist insbesondere der Sauerstoff in Vol% bezogen auf das trockene Gas. Insbesondere umfasst das zweite Kühlgas 44 eine Mischung aus CO₂ und Wasser. Das Abgas 24 des zweiten Kühlerbereichs 18b wird vorzugsweise vollständig oder teilweise dem Kalzinator 14 zugeführt und bildet vorzugsweise ein Traggas innerhalb des Kalzinators 14 aus. Das in

- den Kalzinator 14 eingeleitete Traggas 24 weist vorzugsweise einen Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere maximal 10%, vorzugsweise maximal 5% auf. Um einen solchen Sauerstoffanteil zu erreichen, weist vorzugsweise das Kühlgas einen solchen Sauerstoffanteil auf oder das Abgas 24 des zweiten Kühlerbereichs 18b wird vor dem
- 5 Eintritt in den Kalzinator einer Sauerstoffanreicherung unterzogen, um einen Sauerstoffgehalt von maximal 15% in dem Abgas 24 einzustellen. Vorzugsweise weist das Traggas 24, insbesondere das Abgas des zweiten Kühlerbereichs 18b einen CO₂-Gehalt von mindestens 75% bezogen auf das trockene Gas auf. Das Traggas 24 sorgt für einen verbesserten Feststofftransport
- 10 innerhalb des Kalzinators 14, wobei die Gasmenge innerhalb des Kalzinators 14 erhöht wird. Der geringe Sauerstoffanteil und hohe CO₂-Anteil in dem Traggas ermöglicht eine einfache Abscheidung des CO₂ in dem Vorwärmerabgas 30, beispielsweise mit einem Kryogenverfahren.
- 15 Die Menge an Traggas 24, das in den Kalzinator 14 geleitet wird, ist vorzugsweise einstellbar. Insbesondere wird die Menge an Traggas 24 und oder der Sauerstoffanteil des Traggases 24 geregelt. Vorzugsweise wird der Sauerstoffgehalt des Kalzinatorabgases 28 mittels einer Messeinrichtung ermittelt und die Menge an Traggas und/ oder der Sauerstoffanteil des Traggases 24 in Abhängigkeit des ermittelten
- 20 Sauerstoffanteils geregelt, insbesondere erhöht oder verringert. Insbesondere wird der Volumenstrom des Abgases 24 konstant gehalten. Der ermittelte Sauerstoffanteil wird vorzugsweise mit einem vorab bestimmten Grenzwert verglichen und bei einer Abweichung von diesem Grenzwert wird die Menge an Traggas 24 und/ oder der Sauerstoffanteil des Traggases 24 erhöht oder verringert. Bei einer Überschreitung des
- 25 Grenzwertes des Sauerstoffanteils, wird die Menge an Traggas 24 und/ oder der Sauerstoffanteil des Traggases 24 vorzugsweise verringert. Bei einer Unterschreitung des Grenzwertes des Sauerstoffanteils, wird die Menge an Traggas 24 und/ oder der Sauerstoffanteil des Traggases 24 vorzugsweise erhöht.
- 30 An den zweiten Kühlerbereich 18b schließt sich beispielhaft der dritte Kühlerbereich 18c an, der beispielsweise einen dynamischen Rost, wie vorangehend beschrieben, zum Transport des Heißklinkers 48 in Förderrichtung F aufweist. Dem dritten Kühlerbereich 18c wird vorzugsweise in drittes Kühlgas 52 zugeführt und nach dem Kühlen des

Heißklinkers 48 in dem dritten Kühlerbereich 18c aus diesem als Kühlerabluft 52 aus dem Kühler 18 abgeführt. Bei dem dritten Kühlgas 52 handelt es sich beispielsweise um Luft.

Fig. 2 zeigt eine Zementherstellungsanlage 10, die im Wesentlichen der in Fig. 1 dargestellten Zementherstellungsanlage 10 entspricht. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im Unterschied zur Fig. 1 wird in der Zementherstellungsanlage der Fig. 2 das Abgas 24 des zweiten Kühlerbereichs in zwei Teilgasströme separiert, wobei ein erster Teilgasstrom 24a als Traggas zum Kalzinator 14 geleitet und ein zweiter Teilgasstrom 24b zum Vorwärmer 12 geleitet wird. Vorzugsweise ist die Menge der Teilgasströme bezogen auf das Abgas 24 einstellbar. Dadurch ist die Gasmenge zu dem Kalzinator 14 und den Vorwärmer 12 einstellbar, sodass ein optimaler Brennstoffverbrauch in dem Kalzinator 14 erreichbar ist.

Fig. 3 zeigt eine Zementherstellungsanlage 10, die im Wesentlichen der in Fig. 1 dargestellten Zementherstellungsanlage 10 entspricht. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im Unterschied zur Fig. 1 weist die Zementherstellungsanlage 10 eine Konditionierungseinrichtung 56 auf, wobei das Vorwärmerabgas 30 zumindest teilweise der Konditionierungseinrichtung 56 zugeführt wird. Bei der Konditionierungseinrichtung 56 handelt es sich beispielsweise um einen Filter, Wärmetauscher, Gasmischer, Kondensator oder Spühlturm. Die Konditionierungseinrichtung 56 ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass sie das Vorwärmerabgas behandelt, insbesondere kühlt, Staub oder gröbere Partikel aus dem Vorwärmegas filtert und/ oder den Wassergehalt des Vorwärmerabgases erhöht oder verringert. Die Konditionierungseinrichtung 56 ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass sie das Vorwärmerabgas behandelt, sodass es beim Verlassen der Konditionierungseinrichtung 56 einen Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere maximal 10%, vorzugsweise maximal 5% aufweist und vorzugsweise eine Mischung aus CO₂ und Wasser umfasst insbesondere mit einem CO₂-Anteil von vorzugsweise mindestens 75%. Das in der Konditionierungseinrichtung 56 behandelte Vorwärmerabgas bildet vorzugsweise vollständig oder teilweise das zweite Kühlgas 44 und wird in den zweiten Kühlerbereich 18b eingeleitet.

Im Unterschied zu der Zementherstellungsanlage der Fig. 1 weist die Zementherstellungsanlage 10 der Fig. 3 eine Befeuchtungseinrichtung 58 auf, die zur

Einleitung, insbesondere Eindüsung, von Wasser in den zweiten Kühlerbereich 18b ausgebildet und angeordnet ist. Vorzugsweise wird in dem zweiten Kühlerbereich 18b ein Wassergehalt von mehr als 10%, insbesondere mehr als 20%, vorzugsweise mehr als 30%, mittels der Befeuchtungseinrichtung 58 eingestellt. Dadurch wird in dem Kalzinator 14 ebenfalls eine entsprechende Feuchte eingestellt. Das Kalzinatorabgas 28 und das Vorwärmerabgas 30 weisen vorzugsweise eine entsprechende Feuchte auf. Dies bewirkt, vorzugsweise nach der Kondensation der im Abgas enthaltenen Feuchte, beispielsweise in einen Kondensator oder Gaswäscher, einen erhöhten Partialdruck des CO₂ in dem Abgas, insbesondere dem Vorwärmerabgas 30, wodurch eine anschließende Abscheidung von CO₂ mit einem geringeren elektrischen Energieaufwand ermöglicht wird.

Vorzugsweise wird die Temperatur und/ oder der Volumenstrom des Abgases 24 des zweiten Kühlerbereichs 18b mittels einer Messeinrichtung ermittelt und die Menge an über die Befeuchtungseinrichtung 58 in den zweiten Kühlerbereich 18b eingeleitetem Wasser wird in Abhängigkeit der ermittelten Temperatur und/ oder Volumenstrom geregelt, insbesondere erhöht oder verringert. Insbesondere wird der Volumenstrom des Abgases 24 konstant gehalten. Der ermittelte Volumenstrom und/ oder die ermittelte Temperatur werden vorzugsweise mit einem jeweiligen vorab bestimmten Grenzwert verglichen und bei einer Abweichung von diesem Grenzwert wird die Menge an Wasser in den zweiten Kühlerbereich 18b erhöht oder verringert. Bei einer Überschreitung des Grenzwertes des Volumenstroms und/ oder der Temperatur, wird die Menge an Wasser in den zweiten Kühlerbereich 18b vorzugsweise erhöht.

Vorzugsweise wird ein Teilstrom des Vorwärmerabgases 30 der Konditionierungseinrichtung 56 zugeführt, wobei der übrige Teilstrom des Vorwärmerabgases 30 abgeführt wird. Es ist ebenfalls denkbar, dass das Vorwärmerabgas 30 vollständig der Konditionierungseinrichtung 56 zugeführt wird und im Anschluss an die Konditionierungseinrichtung 56 lediglich ein Teilstrom das zweite Kühlgas 44 ausbildet und der übrige Teilstrom aus der Zementherstellungsanlage 10 abgeführt wird.

Fig. 4 zeigt eine Zementherstellungsanlage 10, die im Wesentlichen der in Fig. 3 dargestellten Zementherstellungsanlage 10 entspricht. Gleiche Elemente sind mit

gleichen Bezugszeichen versehen. Im Unterschied zur Fig. 3 wird in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 das mittels der Konditionierungseinrichtung 56 behandelte Vorwärmerabgas 30 dem dritten Kühlerbereich 18c zugeführt und bildet teilweise oder vollständig das dritte Kühlgas 52. Das Abgas 54 des dritten Kühlerbereichs 18c wird
5 vorzugsweise vollständig oder teilweise dem zweiten Kühlerbereich 18b zugeführt und bildet das zweite Kühlgas 44. Der dritte Kühlerbereich 18c weist beispielhaft eine weitere Befeuchtungseinrichtung 58, die zur Einleitung von Wasser in den dritten Kühlerbereich 18c ausgebildet ist.

10 Vorzugsweise ist zwischen dem zweiten Kühlerbereich 18b und dem dritten Kühlerbereich 18c eine weitere in Fig. 4 nicht dargestellte Konditionierungseinrichtung angeordnet und derart ausgebildet, dass sie das Abgas des dritten Kühlerbereichs 18c derart behandelt, dass es beim Verlassen der Konditionierungseinrichtung 56 einen Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere maximal 10%, vorzugsweise maximal
15 5% aufweist und vorzugsweise eine Mischung aus CO₂ und Wasser umfasst insbesondere mit einem CO₂-Anteil von vorzugsweise mindestens 75%. Das in der weiteren Konditionierungseinrichtung behandelte Vorwärmerabgas bildet vorzugsweise vollständig oder teilweise das zweite Kühlgas 44 und wird in den zweiten Kühlerbereich 18b eingeleitet. Dies ermöglicht eine Verringerung der Abgasmenge des Kühlers 18.

Bezugszeichenliste

	10	Zementherstellungsanlag
	12	Vorwärmer
	14	Kalzinator
5	16	Ofen
	18	Kühler
	18a	erster Kühlerbereich
	18b	zweiter Kühlerbereich
	18c	dritter Kühlerbereich
10	20	Rohmaterial
	22	Brennstoff
	24	Abgas des zweiten Kühlerbereichs / Traggas zum Kalzinator
	26	Heißmehl / erwärmtes Rohmaterial
	28	Kalzinatorabgas
15	30	Vorwärmerabgas
	32	kalziniertes Rohmaterial
	34	Ofenabgas
	36	Brennstoff
	38	heißer Zementklinker
20	40	erstes Kühlgas
	42	Abgas des ersten Kühlerbereichs / Verbrennungsgas zum Ofen
	44	zweites Kühlgas
	46	Heißklinker
	48	Heißklinker
25	50	Kaltklinker
	52	drittes Kühlgas
	54	Kühlerabluft
	56	Konditionierungseinrichtung
	58	Befeuchtungseinrichtung
30	F	Förderrichtung des Klinkers innerhalb des Kühlers 18

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Zementklinker (50) aufweisend die Schritte:
Vorwärmen von Rohmaterial (20) in einem Vorwärmer (12),
5 Kalzinieren des vorgewärmten Rohmaterials (26) in einem Kalzinator (14),
Brennen des vorgewärmten und kalzinierten Rohmehls (32) in einem Ofen (16) zu Zementklinker (38), wobei dem Ofen (16) ein Verbrennungsgas (42) mit einem Sauerstoffanteil von mehr als 50%, insbesondere mehr als 80%, vorzugsweise mehr als 90% zugeführt wird, und
10 Kühlen des Zementklinkers (38) in einem Kühler (18), wobei der Kühler (18) in Förderrichtung des Zementklinkers (38) einen ersten Kühlerbereich (18a) und einen zweiten Kühlerbereich (18b) aufweist und wobei die Abluft des ersten Kühlerbereichs (18a) das Verbrennungsgas (42) bildet,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 das Abgas (24) des zweiten Kühlerbereichs (18b) dem Kalzinator (14) zugeführt wird und einen Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere maximal 10%, vorzugsweise maximal 5% aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei dem ersten und dem zweiten Kühlerbereich (18a,b) jeweils separat ein Kühlgas (40, 44) zugeführt wird und wobei das dem
20 zweiten Kühlerbereich (18b) zugeführte Kühlgas (44) einen Sauerstoffanteil von maximal 15%, insbesondere 10%, vorzugsweise 5% aufweist.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die
25 Sauerstoffkonzentration des Gases (28) stromabwärts des Kalzinators (14) ermittelt wird und die Sauerstoffkonzentration des dem Kalzinator (14) zugeführten Abgases (24) des zweiten Kühlerbereichs (18b) in Abhängigkeit der ermittelten Sauerstoffkonzentration geregelt wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Teil des Abgases (24) des zweiten Kühlerbereichs (18b) dem Vorwärmer (12) zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Vorwärmerabgas (30) einer Konditionierungseinrichtung (56) zur Behandlung,

insbesondere thermischen Behandlung, Befeuchtung und/ oder Reinigung, zugeführt wird.

- 5 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Gas im Anschluss an die Konditionierungseinrichtung (56) dem zweiten Kühlerbereich (18b) zugeführt wird.
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Kühler (18) einen dritten Kühlerbereich (18c) aufweist, der sich an den zweiten Kühlerbereich (18b) anschließt und wobei das Gas im Anschluss an die Konditionierungseinrichtung (56) dem dritten Kühlerbereich (18c) zugeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Abgas (54) des dritten Kühlerbereichs (18c) dem zweiten Kühlerbereich (18b) zugeführt wird.
- 15 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei dem zweiten Kühlerbereich (18b) Wasser zugeführt wird.
- 20 10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das dem zweiten Kühlerbereich (18b) zugeführte Kühlgas (44) einen Wassergehalt von mehr als 10%, insbesondere mehr als 20%, vorzugsweise mehr als 30%, aufweist.
- 25 11. Zementherstellungsanlage (10) aufweisend
- einen Vorwärmer (12) zum Vorwärmen von Rohmaterial (20),
 - einen Kalzinator (14) zum Kalzinieren des vorgewärmten Rohmaterials (26),
 - 30 - einen Ofen (16) zum Bannen des kalzinierten Rohmaterials (32) zu Zementklinker (38), und
 - einen Kühler (18) zum Kühlen des Zementklinkers (38), wobei der Kühler (18) in Förderrichtung (F) des Zementklinkers (38) einen ersten Kühlerbereich (18a) und einen zweiten Kühlerbereich (18b) aufweist und wobei der erste Kühlerbereich (18a) gastechnisch mit dem Ofen (16) verbunden ist, sodass das Abgas (42) des ersten Kühlerbereichs (18a) dem Ofen (16) als Verbrennungsgas zuführbar ist
- dadurch gekennzeichnet, dass**

der zweite Kühlerbereich (18b) gastechnisch mit dem Kalzinator (16) verbunden ist, sodass das Abgas (24) des zweiten Kühlerbereichs (18b) dem Kalzinator (14) zuführbar ist.

- 5 12. Zementherstellungsanlage (10) nach Anspruch 11, wobei in Gasströmungsrichtung hinter dem Vorwärmer (12) eine Konditionierungseinrichtung (56) zur Behandlung des Vorwärmerabgases (30) angeordnet ist.
- 10 13. Zementherstellungsanlage (10) nach Anspruch 11 oder 12, wobei der Kühler (18) einen dritten Kühlerbereich (18c) aufweist, der sich an den zweiten Kühlerbereich (18b) anschließt und wobei die Konditionierungseinrichtung (56) gastechnisch mit dem zweiten oder dem dritten Kühlerbereich (18b, c) verbunden ist.
- 15 14. Zementherstellungsanlage (10) nach Anspruch 13, wobei der dritte Kühlerbereich (18c) mit dem zweiten Kühlerbereich (18b) zur Rückführung des Abgases (54) des dritten Kühlerbereichs (18c) in den zweiten Kühlerbereich (18b) verbunden ist.
- 20 15. Zementherstellungsanlage (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei der Kühler (18) eine Befeuchtungseinrichtung (58) zur Befeuchtung des Kühlgases innerhalb des Kühlers (18) aufweist.

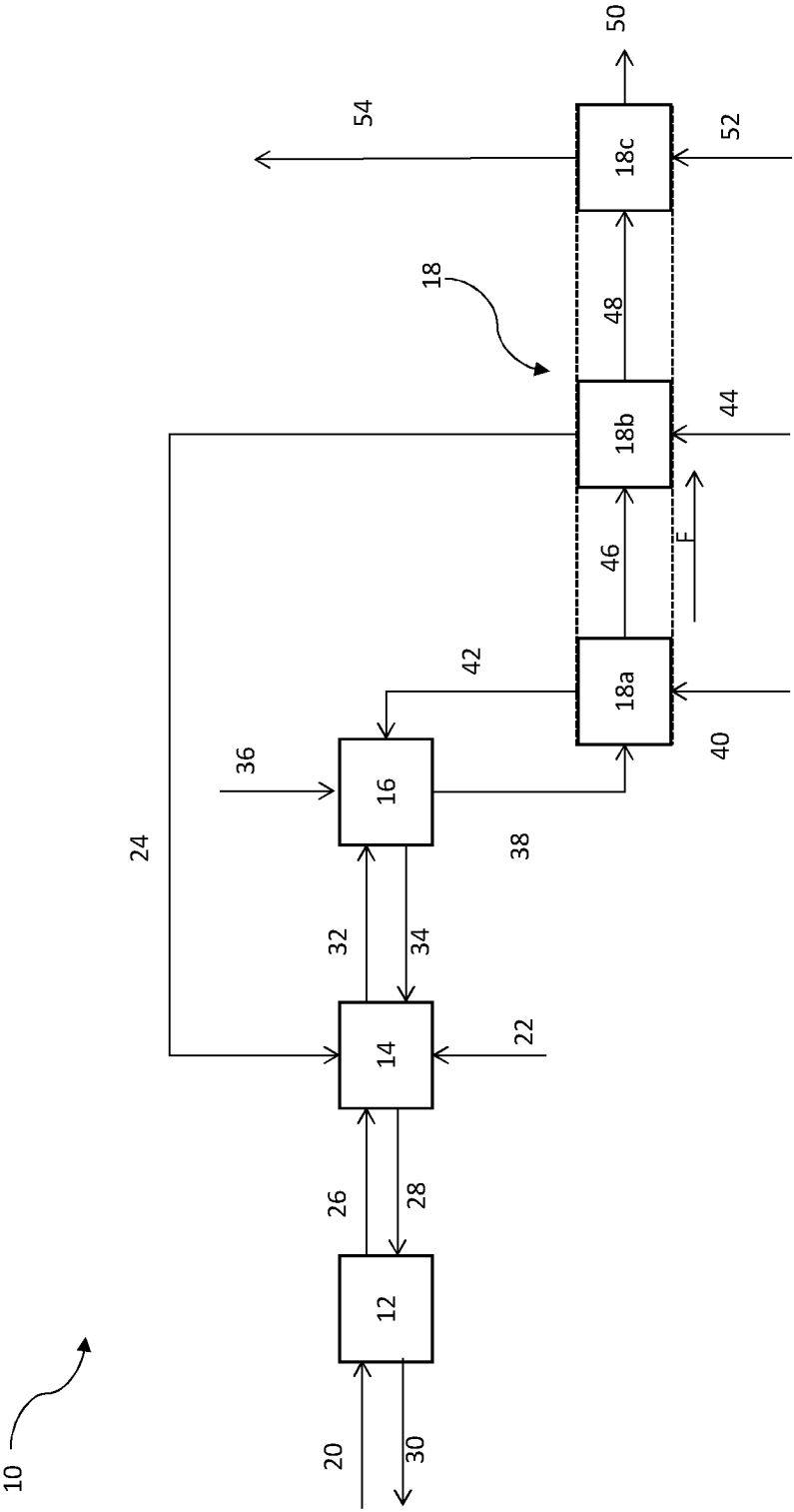


Fig. 1

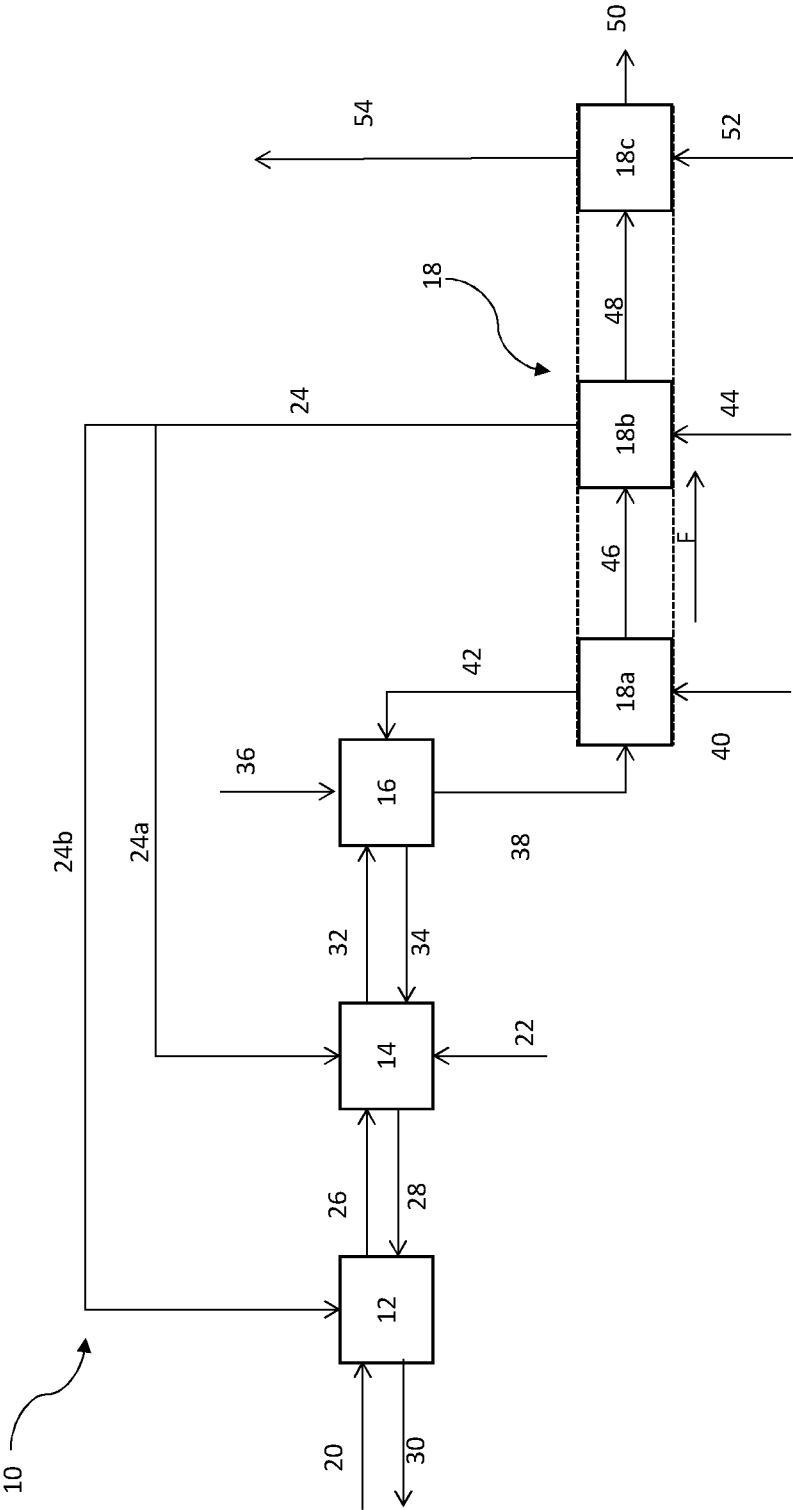


Fig. 2

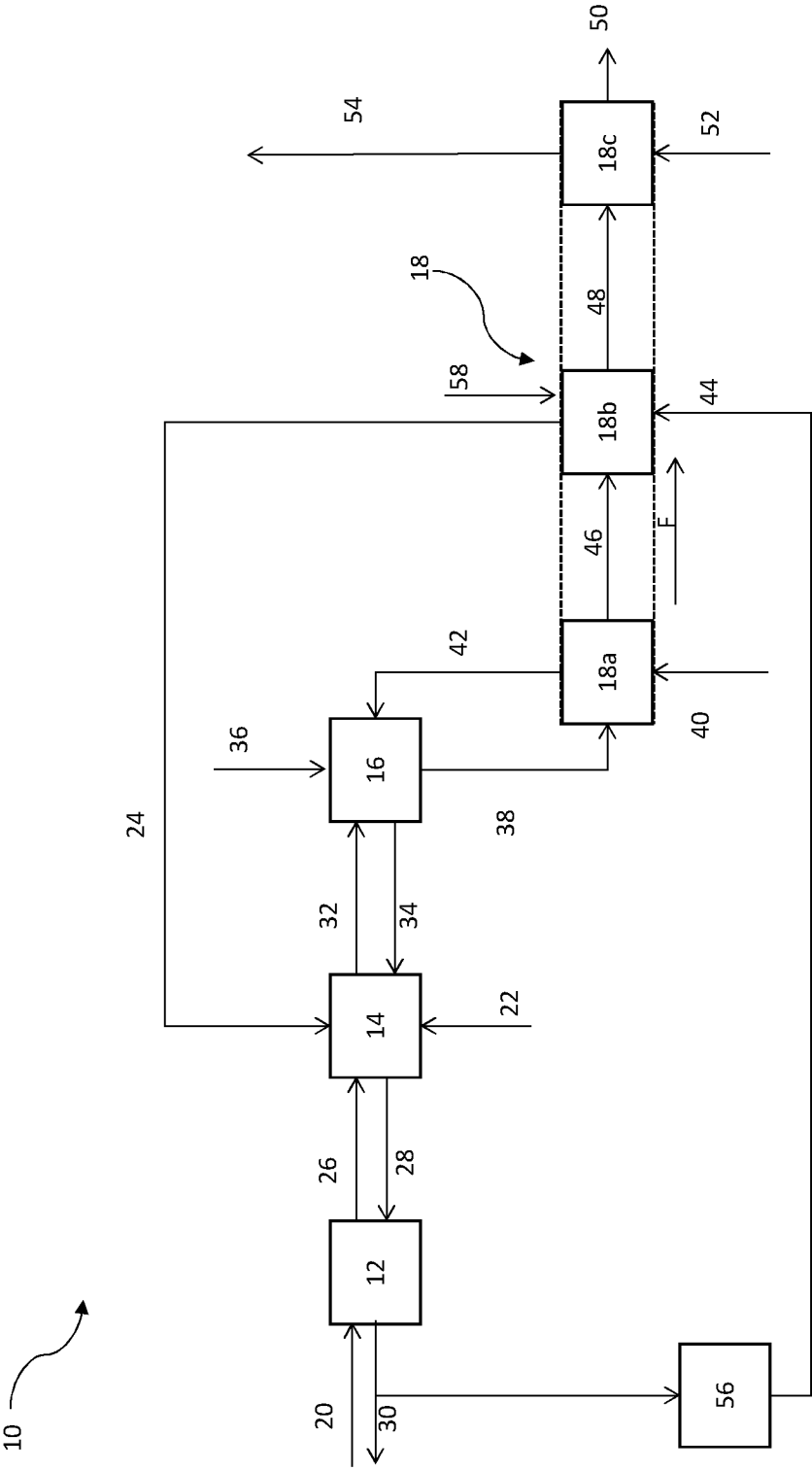


Fig. 3

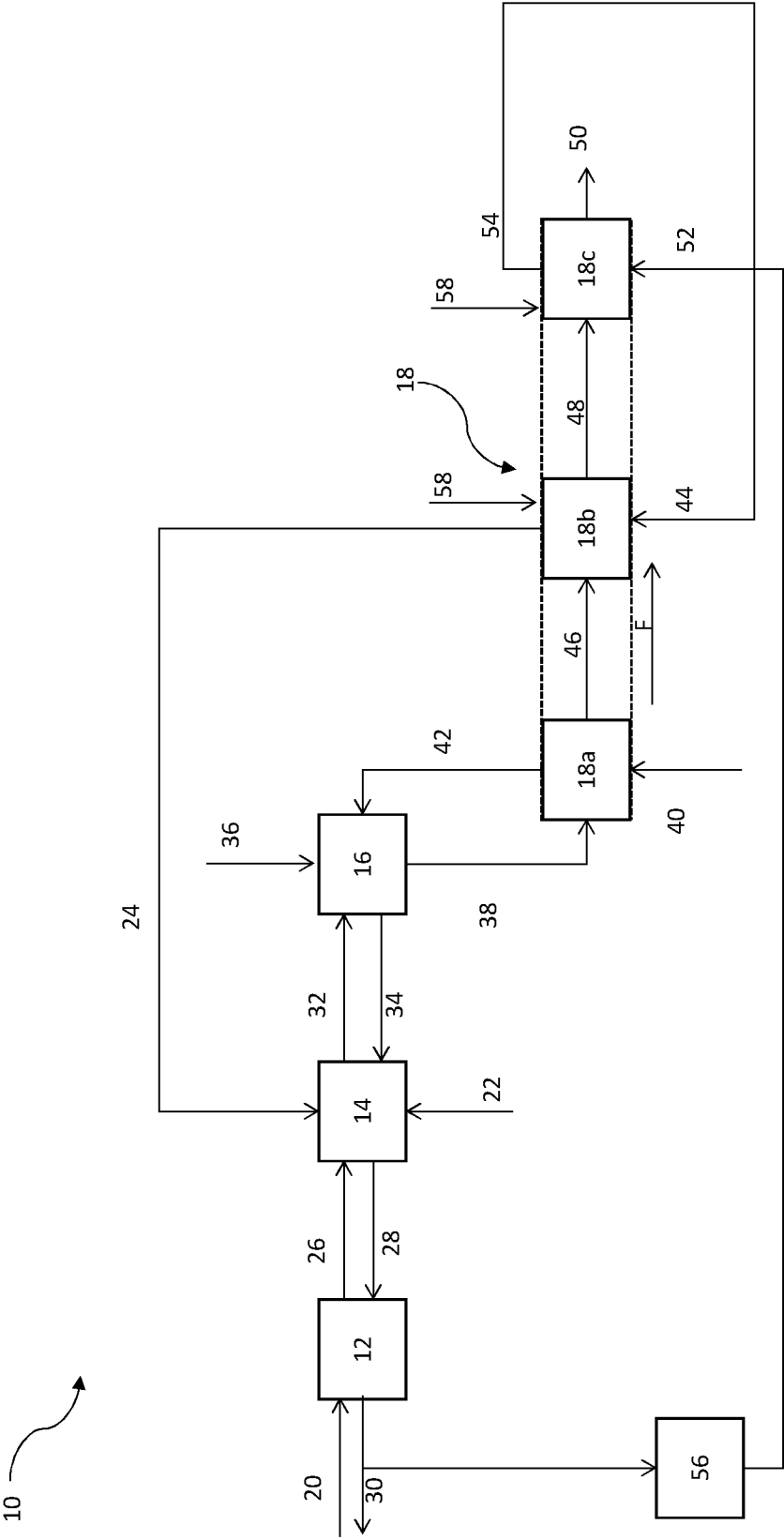


Fig. 4

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

RECHERCHENBERICHT INTERNATIONALER ART NACH ARTIKEL XI.23.,

§10 DES BELGISCHEN WIRTSCHAFTSGESETZBUCHES

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG	AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS 210329P00BE
Nationales Aktenzeichen 202105418	Anmeldedatum 25-05-2021
Anmeldeland	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name) thyssenkrupp Industrial Solutions AG, et al	
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art 05-06-2021	Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat SN78955
I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)	
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC Siehe Recherchenbericht	
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE	
Recherchierter Mindestprüfstoff	
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
IPC	Siehe Recherchenbericht
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen	
III. ☐ EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	
IV. ☐ MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 202105418

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. C04B7/47

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

C04B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 44 038 A1 (LOERKE PAUL [DE]) 30. März 2000 (2000-03-30) * das ganze Dokument * -----	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art

7. Februar 2022

Absendedatum des Berichts über die Recherche internationaler Art

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Roesky, Rainer

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 202105418

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentdokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der
Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

DE 19844038 A1 30-03-2000 KEINE



SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr. SN78955	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 25.05.2021	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Anmeldung Nr. BE202105418
Internationale Patentklassifikation (IPK) INV. C04B7/47			
Anmelder thyssenkrupp Industrial Solutions AG, et al			

Dieser Bescheid enthält Angaben und entsprechende Seiten zu folgenden Punkten:

- ☒ Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- ☐ Feld Nr. II Priorität
- ☐ Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- ☐ Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- ☒ Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- ☐ Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- ☐ Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung
- ☒ Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

Formblatt BE237A (Deckblatt) (Januar 2007)	Prüfer Roesky, Rainer
--	--------------------------

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Feld Nr. I Grundlage des Bescheids

1. Dieser Bescheid wurde auf der Grundlage des vor dem Beginn der Recherche eingereichten Satzes von Ansprüchen erstellt.
2. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der Anmeldung offenbart wurde, ist der Bescheid auf folgender Grundlage erstellt worden:
 - a. Art des Materials:
 - ☐ Sequenzprotokoll
 - ☐ Tabelle(n) zum Sequenzprotokoll
 - b. Form des Materials:
 - ☐ in Papierform
 - ☐ in elektronischer Form
 - c. Zeitpunkt der Einreichung:
 - ☐ in der eingereichten Anmeldung enthalten
 - ☐ zusammen mit der Anmeldung in elektronischer Form eingereicht
 - ☐ nachträglich eingereicht
3. ☐ Wurden mehr als eine Version oder Kopie eines Sequenzprotokolls und/oder einer dazugehörigen Tabelle eingereicht, so sind zusätzlich die erforderlichen Erklärungen, dass die Information in den nachgereichten oder zusätzlichen Kopien mit der Information in der Anmeldung in der eingereichten Fassung übereinstimmt bzw. nicht über sie hinausgeht, vorgelegt worden.
4. Zusätzliche Bemerkungen:

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Anmeldung Nr.
BE202105418

Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit	Ja: Ansprüche 1-10, 12-15 Nein: Ansprüche 11
Erfinderische Tätigkeit	Ja: Ansprüche Nein: Ansprüche 1-15
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja: Ansprüche: 1-15 Nein: Ansprüche:

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

siehe Beiblatt

Ad Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1 Es wird auf das folgende Dokument verwiesen:

D1 DE 198 44 038 A1 (LOERKE PAUL [DE]) 30. März 2000 (2000-03-30)

2 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand des Anspruchs 11 nicht neu ist.

2.1 D1 (Figur 1) beschreibt eine Zementherstellungsanlage dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Kühlerbereich (24) gastechnisch (26) mit dem Kalzinator (9) verbunden ist, sodass das Abgas des zweiten Kühlerbereichs dem Kalzinator zuführbar ist.

Daher ist der Gegenstand des Anspruchs 11 nicht neu.

3 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand der Ansprüche 1-10, 12-15 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit beruht.

3.1 D1 beschreibt in §79 eine aus dem Kühler über eine Leitung 26 als Tertiärluft dem Calcinator zugeführte Kühlluft.

Luft hat einen Sauerstoffgehalt von 21% und daher unterscheidet sich der Anspruch 1 von D1 durch einen Sauerstoffgehalt von maximal 15%.

In der Anmeldung (§1-4) wird argumentiert, dass im Vergleich zu hoch sauerstoffreichen Gases im Calcinator der niedrigere Gehalt Anbackungen verhindert. Es wird jedoch nichts in Vergleich zu einer Sauerstoffatmosphäre gesagt, welche bereits einen vergleichsweise niedrigeren Sauerstoffgehalt hat.

Daher ist in der Anmeldung kein technischer Effekt beschrieben, der im Zusammenhang mit einer geringfügigen Erniedrigung des Sauerstoffgehalts des Kühlgases von 20% auf 15% direkt verbunden ist.

Bei der Variierung des Kühlgases und dessen Atmosphäre handelt es sich jedoch nur um eine von mehreren naheliegenden Möglichkeiten, aus denen der Fachmann ohne erfinderisches Zutun den Umständen entsprechend eine wählen würde, um die gestellte Aufgabe zu lösen.

- 3.2 Die abhängigen Ansprüche 2-10 und 12-15 scheinen keine zusätzlichen Merkmale zu enthalten, die in Kombination mit den Merkmalen eines Anspruchs, auf den sie rückbezogen sind, die Erfordernisse in Bezug auf erfinderische Tätigkeit erfüllen, weil in den Ansprüchen 2-10, 11-15 nur Massnahmen beschrieben sind bei denen es sich nur um eine von mehreren naheliegenden Möglichkeiten handelt, aus denen der Fachmann ohne erfinderisches Zutun den Umständen entsprechend eine wählen würde, um die gestellte Aufgabe zu lösen.

Ad Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

- 1 **Die Ansprüche 1, 2, 10 sind nicht klar.**
- 1.1 Es ist nicht klar ob es sich bei den Mengenangaben in den Ansprüchen 1, 2, 10 um vol% oder Gew% handelt.