

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Juni 2018 (21.06.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/108323 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F23L 15/04 (2006.01) *C01B 3/34* (2006.01)
F23L 7/00 (2006.01) *C03B 5/237* (2006.01)
F23D 14/66 (2006.01) *F23C 9/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/025357

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. Dezember 2017 (05.12.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 015 012.2

15. Dezember 2016 (15.12.2016) DE
17020157.8 20. April 2017 (20.04.2017) EP

(71) Anmelder: **LINDE AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Klosterhofstr. 1, 80331 München (DE).

(72) Erfinder: **MIETH, Rainer**; Freisinger Strasse 65a, 85435 Erding (DE). **MAIER, Alexander**; Grünlandweg 6a, 83607 Holzkirchen (DE). **ULMER, Sebastian**; Begasweg 20, 81477 München (DE). **SEYS, Michael**; Elisabethstrasse 21, 80796 München (DE). **JAROSCH, Maximilian**; Kranichweg 2, 81827 München (DE). **CALCO, Jose, Rodeiguez**; Schneeglöckchenstr. 79, 80995 München (DE).

(74) Anwalt: **GELLNER, Bernd**; Linde AG, Technology & Innovation Corporate Intellectual Property, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

(54) Title: METHOD FOR RECOVERING HEAT FROM A FLUE GAS GENERATED BY A BURNER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS EINEM VON EINEM BRENNER ERZEUGTEN RAUCHGAS

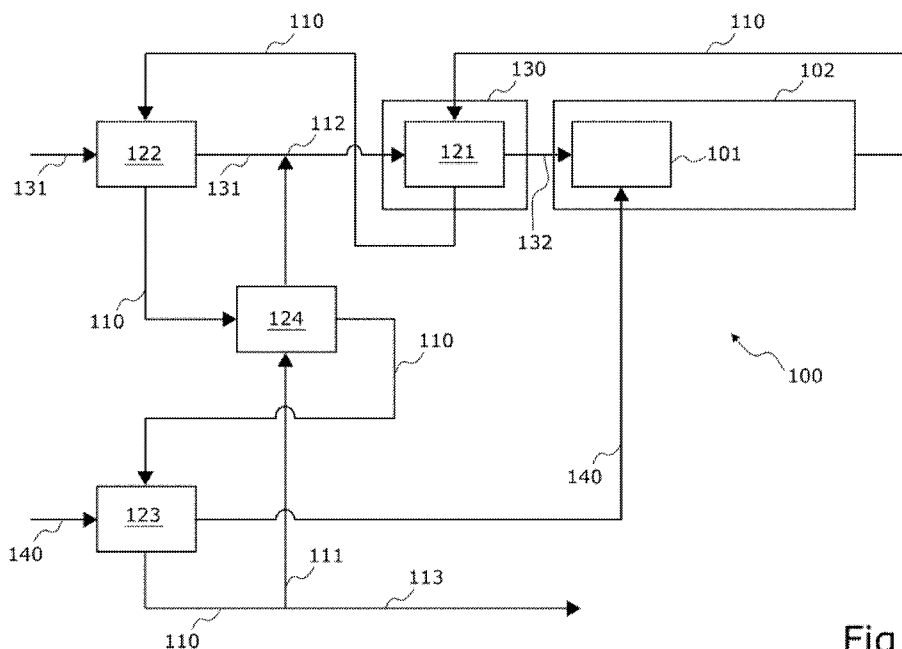


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for recovering heat from a flue gas generated by a burner (101). Thermal energy of the flue gas is transmitted to reformation reactants in a reformer unit (130) via a recuperative heat recovery process, wherein the flue gas is at least partly recirculated and supplied to the reformer unit (130) as reformation reactant. A fuel is supplied to the reformer unit (130) together with the recirculated flue gas as reformation reactant, wherein a reformation reaction of the fuel and of the recirculated flue gas is carried out in the reformer unit (130) in order to form a syngas using the thermal energy transmitted from the flue gas, and the syngas generated in the reformer unit is supplied to the burner (101) and burned by the burner in order to form the flue gas.



WO 2018/108323 A1



DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmerückgewinnung aus einem von einem Brenner (101) erzeugten Rauchgas, wobei thermische Energie des Rauchgases durch eine rekuperative Wärmerückgewinnung auf Reformierungsprodukte in einer Reformereinheit (130) übertragen wird, wobei das Rauchgas zumindest teilweise rezirkuliert und als Reformierungsprodukt der Reformereinheit (130) zugeführt wird, wobei der Reformereinheit (130) zusammen mit dem rezirkuliertem Rauchgas als Reformierungsprodukt ein Brennstoff zugeführt wird, wobei in der Reformereinheit (130) mit Hilfe der aus dem Rauchgas übertragenen thermischen Energie eine Reformierungsreaktion des Brennstoffs und des rezirkulierten Rauchgases zu einem Synthesegas durchgeführt wird und wobei das in der Reformereinheit erzeugte Synthesegas dem Brenner (101) zugeführt und von dem Brenner zu dem Rauchgas verbrannt wird.

Beschreibung

Verfahren zur Wärmerückgewinnung aus einem von einem Brenner erzeugten Rauchgas

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein Wärmerückgewinnungssystem zur
5 Wärmerückgewinnung aus einem von einem Brenner erzeugten Rauchgas.

Stand der Technik

- 10 In Brennern kann ein Brennstoff, z.B. Erdgas oder Methan, zusammen mit einem Oxidationsmittel, z.B. Luft oder Sauerstoff, zu einem Rauchgas verbrannt werden. Derartige Brenner können zum Befeuern von Öfen verwendet werden, z.B. von Glasöfen, um Glas von seinem festen Aggregatzustand in seinen flüssigen zu überführen.
- 15 Das von einem derartigen Brenner erzeugte Rauchgas hat vergleichsweise hohe Temperaturen von üblicherweise bis zu 1500°C oder höher und kann genutzt werden, um den Brennstoff und/oder das Oxidationsmittel vorzuwärmen. Zu diesem Zweck kann ein sog. diskontinuierlich betriebener Regenerator verwendet werden, welcher zumeist zwei Regeneratorbetten aufweist und abwechselnd in einem ersten und einem
20 zweiten Betriebsmodus betrieben werden kann. Während des ersten Betriebsmodus kann das heiße Rauchgas durch ein erstes Regeneratorbett geführt werden und dieses aufwärmen. Sobald dieses vom Rauchgas durchströmte erste Regeneratorbett auf eine ausreichende Temperatur aufgewärmt ist, wird zwischen den Betriebsmodi umgeschaltet und das Rauchgas kann in dem zweiten Betriebsmodus durch ein
25 zweites Regeneratorbett geführt werden. Durch das aufgewärmte erste Regeneratorbett kann in diesem zweiten Betriebsmodus das Brenngas und/oder das Oxidationsmittel geführt und vorgewärmt und anschließend dem Brenner zugeführt werden. Analog können Brenngas und/oder Oxidationsmittel in dem ersten Betriebsmodus durch das aufgewärmte zweite Regeneratorbett geführt und darin
30 vorgewärmt werden.

Eine derartige herkömmliche Wärmerückgewinnung aus von einem Brenner erzeugtem Rauchgas kann zumeist nur mit geringer Effizienz durchgeführt werden, so dass nur

ein vergleichsweise geringer Anteil der thermischen Energie des Rauchgases auf den Brennstoff bzw. das Oxidationsmittel übertragen werden kann. Das Rauchgas kann nach Durchlauf durch das entsprechende Regeneratorbett noch vergleichsweise hohe Temperaturen von bis zu über 800°C besitzen. Demgemäß kann ein entsprechend großer Anteil der im Rauchgas enthaltenen Energie nicht durch die Brennstoff- bzw. Oxidationsmittelvorwärmung zurückgewonnen werden, was zu einer vergleichsweise geringen Effizienz des entsprechenden Brenners führt.

Es ist daher wünschenswert, eine verbesserte Wärmerückgewinnung aus von einem Brenner erzeugtem Rauchgas bereitzustellen.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß werden ein Verfahren zur Wärmerückgewinnung aus einem von einem Brenner erzeugten Rauchgas sowie ein Wärmerückgewinnungssystem für einen Brenner mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Das erfindungsgemäße Wärmerückgewinnungssystem ist dazu eingerichtet, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Vorteile und bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie des erfindungsgemäßen Wärmerückgewinnungssystems ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung jeweils in analoger Weise.

Erfindungsgemäß wird thermische Energie des Rauchgases durch eine rekuperative Wärmerückgewinnung auf Reformierungsedukte unter anderem in einer Reformereinheit übertragen. Das Rauchgas wird zumindest teilweise als rezirkuliertes Rauchgas und als Reformierungsedukt der Reformereinheit zugeführt. Zusammen mit dem rezirkulierten Rauchgas wird der Reformereinheit ein Brennstoff als Reformierungsedukt zugeführt. In der Reformereinheit wird mit Hilfe der aus dem Rauchgas übertragenen thermischen Energie eine Reformierungsreaktion des Brennstoffs und des rezirkulierten Rauchgases zu einem Synthesegas durchgeführt. Das in der Reformereinheit erzeugte Synthesegas wird dem Brenner zugeführt und von dem Brenner zu dem Rauchgas verbrannt.

- Insbesondere wird dabei zunächst die thermische Energie von dem abgeführten Rauchgas auf die Reformierungsedukte übertragen und anschließend wird das abgekühlte Rauchgas zumindest teilweise rezirkuliert und der Reformereinheit als Reformierungsedukt zugeführt. Es ist jedoch auch denkbar, dass thermische Energie von einem Teil des abgeführten Rauchgases auf die Reformierungsedukte übertragen wird und dass ein anderer Teil des abgeführten Rauchgases als Reformierungsedukt der Reformereinheit zugeführt wird.
- 10 Das erfindungsgemäße Wärmerückgewinnungssystem weist eine Rauchgasabführung auf, die dazu eingerichtet ist, das von einem Brenner erzeugte Rauchgas abzuführen. Beispielsweise kann diese Rauchgasabführung an einem Ofen, einer Brennkammer oder dergleichen angeordnet sein, welcher bzw. welche mit dem Brenner befeuert wird. Die Rauchgasabführung ist mit der Reformereinheit verbunden und dazu eingerichtet,
- 15 in der Reformereinheit thermische Energie für die endotherme Reformierungsreaktion bereit zu stellen sowie abgeführtes Rauchgas zumindest teilweise als rezirkuliertes Rauchgas als Reformierungsedukt der Reformereinheit zuzuführen. Weiterhin ist insbesondere eine Brennstoffzufuhr vorgesehen, die dazu eingerichtet ist, Brennstoff als Reformierungsedukt der Reformereinheit zuzuführen.
- 20 Zum Übertragen der thermischen Energie von dem abgeführten Rauchgas in der Rauchgasabführung auf die Reformierungsedukte in der Reformereinheit durch die rekuperative Wärmerückgewinnung ist eine (erste) Wärmeübertragungseinheit vorgesehen. Diese (erste) Wärmeübertragungseinheit ist beispielsweise als
- 25 Wärmetauscher, z.B. als Kühlschlange, ausgebildet und kann zweckmäßigerweise in die Rauchgasabführung integriert sein. Eine Synthesegasführung ist dazu eingerichtet, von der Reformereinheit erzeugtes Synthesegas dem Brenner zuzuführen.
- Des Weiteren ist es ebenso denkbar, nur einen Teil des Brennstoffes in die
- 30 Reformierungseinheit zu leiten und im Brenner eine Mischung aus Synthesegas und Brennstoff zu verbrennen.
- Insbesondere ist eine Steuereinheit zum Steuern des Wärmerückgewinnungssystems vorgesehen, beispielsweise eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), eine
- 35 Numerische Steuerung (NC) oder eine Computerisierte Numerische Steuerung (CNC),

welche dazu eingerichtet ist eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

Unter Synthesegas ist zweckmäßigerweise ein Gasgemisch aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid zu verstehen. Es versteht sich, dass dieses Gasgemisch noch andere
5 Stoffe aufweisen kann, Wasserstoff und Kohlenmonoxid stellen jedoch insbesondere den größten Stoffanteil dar. Das rezirkulierte Rauchgas enthält unter anderem insbesondere Kohlendioxid sowie Wasserdampf, welche als Edukte für die Reformierungsreaktion fungieren. Im Zuge der Reformierungsreaktion reagieren
10 Methan, Kohlendioxid und Wasser zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Bevorzugt wird daher Erdgas und/oder Methan als Brennstoff verwendet.

Die Reformierungsreaktion kann katalytisch oder auch nicht katalytisch durchgeführt werden und ist eine endotherme chemische Reaktion. Die für die Reaktion benötigte
15 Reaktionswärme wird direkt dem Rauchgas entzogen. Durch die Erfindung kann somit aus dem Rauchgas zurückgewonnene Energie direkt verwendet werden und in dem Brennstoff gespeichert werden, indem die chemisch gebundene Energie des Brennstoffs durch die endotherme Reformierungsreaktion erhöht wird. Dies ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung des Brennstoff-Heizwertes. Durch eine derartige
20 Erhöhung des Brennstoff-Heizwertes kann wiederum die Menge an unterfeuertem Brennstoff reduziert werden, wodurch der Brennstoffverbrauch des Brenners verringert werden kann. In gleicher Weise kann die für die Verbrennung benötigte Sauerstoff- bzw. Oxidationsmittelmenge reduziert werden. Verbunden damit ergibt sich insbesondere eine reduzierte Rauchgasmenge. Umweltbelastungen und Emissionen,
25 z.B. Kohlenstoffdioxid- und Stickoxidausstoß, können verringert werden. Betriebskosten und elektrischer Verbrauch zum Betreiben des Brenners können reduziert und die Effizienz des Brenners kann erhöht werden.

Mit Hilfe der endothermen Reformierungsreaktion kann dem Rauchgas deutlich mehr
30 Wärme entzogen werden, als es bei herkömmlichen Wärmerückgewinnungsmethoden der Fall ist, insbesondere bei zyklisch betriebenen Regeneratoren. Ein derartiges herkömmliches Verfahren zur Wärmerückgewinnung mit Hilfe eines diskontinuierlich betriebenen Regenerators ist beispielsweise in der EP 0 953 543 B1 beschrieben. Dabei werden Schritte (A) und (B) in zyklischer Weise wiederholt. In Schritt (A) wird ein
35 erstes Regenerationsbett von einem Abgas eines Ofens durchströmt und aufgewärmt.

In einem anschließenden Schritt (B) werden Reaktanten durch das aufgewärmte erste Regenerationsbett geleitet und in einer endothermen chemischen Reaktion zur Reaktion gebracht, wodurch Reaktionsprodukte erzeugt werden und das erste Regenerationsbett gekühlt wird. Analog wird in dem Schritt (B) ein zweites
5 Regenerationsbett von dem Ofenabgas durchströmt und aufgewärmt. In dem Schritt (A) werden analog Reaktanten durch das aufgewärmte zweite Regenerationsbett geleitet und die endotherme chemische Reaktion durchgeführt. Insbesondere das Aufwärmen von Regeneratorbetten derartiger herkömmlicher Regeneratoren kann zumeist nur mit vergleichsweise geringer Effizienz durchgeführt werden und aus dem
10 Abgas kann nur vergleichsweise wenig Wärme entzogen werden.

Im Gegensatz dazu ist es für die Erfindung nicht nötig, dass mittels des Rauchgases zunächst ein Regeneratorbett aufgewärmt werden muss, um Wärme zwischen zu speichern. Stattdessen kann die durch die rekuperative Wärmerückgewinnung
15 genutzte thermische Energie des Rauchgases direkt ohne Zwischenspeicherung für die Erzeugung des Synthesegases weiterverwendet werden. Die Erfindung ermöglicht somit eine Wärmerückgewinnung aus von einem Brenner erzeugten Rauchgas und Erzeugung von Synthesegas mit Hilfe dieser rückgewonnenen Wärme mit hoher Effizienz. Weiterhin kann die Menge an eingesetztem Material reduziert werden, da
20 nicht mehrere Regeneratorbetten und entsprechende zusätzliche Leitungen, Ventile, usw. benötigt werden.

Die Reformereinheit ist insbesondere als ein kontinuierlich betriebener Reformer ausgebildet, d.h. der Reformer wird kontinuierlich von Rauchgas und Brennstoff
25 durchströmt und produziert kontinuierlich Synthesegas. Beispielsweise kann die Reformereinheit zu diesem Zweck kontinuierlich von dem Rauchgas umströmt werden, um kontinuierlich thermische Energie auf die Reformereinheit zu übertragen.

Vorteilhafterweise kann das Rauchgas, nachdem es abgekühlt wurde, um die
30 Reformierungsreaktion anzutreiben, weiter abgekühlt werden und zur Vorwärmung von weiteren Stoffen, Gasen, Elementen usw. verwendet werden, wie nachfolgend beschrieben wird. Somit kann die Wärmerückgewinnung aus dem Rauchgas noch weiter erhöht werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung wird weitere thermische Energie des Rauchgases auf den Brennstoff übertragen, um diesen vorzuwärmen, bevor der Brennstoff der Reformereinheit zugeführt wird. Zu diesem Zweck ist vorzugsweise eine zweite Wärmeübertragungseinheit vorgesehen, die dazu eingerichtet ist, thermische
5 Energie von abgeführtem Rauchgas in der Rauchgasabführung auf den Brennstoff zu übertragen. Durch diese Vorwärmung des Brennstoffs kann die Effizienz des Wärmerückgewinnungssystems weiter erhöht werden.

Vorzugsweise wird weitere thermische Energie des Rauchgases auf ein
10 Oxidationsmittel übertragen, um dieses vorzuwärmen. Das vorgewärmte Oxidationsmittel wird dem Brenner zugeführt und von dem Brenner zusammen mit dem Synthesegas zu dem Rauchgas verbrannt. Zu diesem Zweck ist vorzugsweise eine Oxidationsmittelzufuhr vorgesehen, die dazu eingerichtet ist, das Oxidationsmittel dem Brenner zuzuführen. Eine dritte Wärmeübertragungseinheit ist vorteilhafterweise dazu
15 eingerichtet, thermische Energie von abgeführtem Rauchgas in der Rauchgasabführung auf das Oxidationsmittel in der Oxidationsmittelzufuhr zu übertragen. Bevorzugt kann Luft und/oder Sauerstoff und/oder mit Sauerstoff angereicherte Luft als Oxidationsmittel verwendet werden. Durch diese Vorwärmung des Oxidationsmittels kann die Effizienz des Brenners weiter erhöht werden.

20 Vorteilhafterweise wird weitere thermische Energie des Rauchgases auf das rezirkulierte Rauchgas übertragen, um dieses vorzuwärmen, bevor das rezirkulierte Rauchgas der Reformereinheit zugeführt wird. Zu diesem Zweck ist vorzugsweise eine vierte Wärmeübertragungseinheit vorgesehen. Die vierte Wärmeübertragungseinheit
25 ist zweckmäßigerweise stromabwärts der zweiten Wärmeübertragungseinheit in die Rauchgasabführung integriert. Zweckmäßigerweise wird somit wärmeres Rauchgas stromaufwärts in der Rauchgasabführung verwendet, um kälteres Rauchgas weiter stromabwärts in der Rauchgasabführung aufzuwärmen. Durch diese Vorwärmung des rezirkulierten Rauchgases kann die Effizienz des Wärmerückgewinnungssystems
30 weiter erhöht werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform wird weitere thermische Energie des Rauchgases auf eine Dampfeinheit übertragen. Mit Hilfe der aus dem Rauchgas übertragenen thermischen Energie wird in der Dampfeinheit Wasserdampf erzeugt. Zu
35 diesem Zweck ist vorzugsweise eine fünfte Wärmeübertragungseinheit vorgesehen.

- Die Dampfeinheit ist vorteilhaft mit der Reformereinheit verbunden. Vorzugsweise wird der erzeugte Wasserdampf zusammen mit dem Brennstoff und dem rezirkulierten Rauchgas der Reformereinheit zugeführt und in der Reformereinheit wird mit Hilfe der aus dem Rauchgas übertragenen thermischen Energie die Reformierungsreaktion des Brennstoffs, des rezirkulierten Rauchgases und des Wasserdampfs zu dem Synthesegas durchgeführt. Eine derartige Ausgestaltung bietet sich insbesondere an, falls das Rauchgas nicht ausreichend Wasserdampf aufweist für die effektive Durchführung der Reformierungsreaktion.
- 10 Die erste bis fünfte Wärmeübertragungseinheit kann jeweils als regenerative oder rekuperative Wärmeübertragungseinheit ausgebildet sein. Beispielsweise können die Wärmeübertragungseinheiten jeweils als Wärmetauscher ausgebildet sein, etwa als Kühlturbine oder als Plattenwärmetauscher. Es versteht sich, dass das Wärmerückgewinnungssystem nicht notwendigerweise all diese fünf
- 15 Wärmeübertragungseinheiten aufweisen muss, sondern auch nur einzelne dieser Wärmeübertragungseinheit aufweisen kann. Weiterhin sind die Bezeichnungen "erste" Wärmeübertragungseinheit, "zweite" Wärmeübertragungseinheit, "dritte" Wärmeübertragungseinheit usw. nicht derart zu verstehen, dass dadurch eine bestimmte Reihenfolge oder Relevanz angegeben werden soll. Diese einzelnen
- 20 Wärmeübertragungseinheiten können in geeigneter Reihenfolge in die Rauchgasabführung integriert sein. Zweckmäßigerweise sind die zweite bis fünfte Wärmeübertragungseinheit jeweils stromabwärts der ersten Wärmeübertragungseinheit angeordnet. Die Wärmeübertragung in den einzelnen Wärmeübertragungseinheiten kann einstufig oder auch mehrstufig erfolgen.
- 25 Der Brenner kann vorteilhafterweise zum Beheizen eines Ofens verwendet werden, vorzugsweise eines Glasofens zum Schmelzen von Glas. Der Ofen kann somit effizient betrieben werden. Betriebskosten, elektrischer Verbrauch, Umweltbelastungen und Emissionen beim Betrieb des Ofens können reduziert werden.
- 30 Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.
- Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung schematisch
- 35 dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

5 Figuren 1 bis 2 zeigen jeweils schematisch eine bevorzugte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Wärmerückgewinnungssystems, das jeweils dazu eingerichtet ist, eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

Ausführungsform(en) der Erfindung

10

In Figur 1 ist eine bevorzugte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Wärmerückgewinnungssystems schematisch dargestellt und mit 100 bezeichnet, das dazu eingerichtet ist, eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

15

In einem Ofen 102, z.B. einem Glasofen, ist ein Brenner 101 angeordnet, um diesen Ofen 102 zu befeuern. In dem Brenner 101 wird ein Synthesegas, z.B. ein Gemisch aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid, zusammen mit einem Oxidationsmittel, z.B. Luft, zu einem Rauchgas, insbesondere einer Mischung aus Kohlendioxid und

20 Wasserdampf, verbrannt.

Eine Rauchgasabführung 110 ist vorgesehen, um das von dem Brenner 101 erzeugte Rauchgas aus dem Ofen 102 abzuführen.

25 In diese Rauchgasabführung 110 ist eine Vielzahl von kontinuierlich betriebenen Wärmeübertragungseinheiten 121, 122, 123, 124 integriert, welche jeweils z.B. als Wärmetauscher ausgebildet sind.

30 Eine erste, rekuperative Wärmeübertragungseinheit 121 ist dazu eingerichtet, thermische Energie von dem abgeführten Rauchgas in der Rauchgasabführung 110 durch eine rekuperative Wärmerückgewinnung auf Reformierungsedukte einer Reformereinheit 130 zu übertragen.

35 Über eine Brennstoffzufuhr 131 wird der Reformereinheit 130 ein Brennstoff als Reformierungsedukt zugeführt, insbesondere Erdgas. Eine zweite

Wärmeübertragungseinheit 122 ist stromabwärts zu der ersten Wärmeübertragungseinheit 121 in die Rauchgasabführung 110 integriert. Mittels dieser zweiten Wärmeübertragungseinheit 122 wird weitere thermische Energie von dem abgeführten Rauchgas in der Rauchgasabführung 110 auf den Brennstoff in der Brennstoffzufuhr 131 übertragen. Somit kann der Brennstoff vorgewärmt werden, bevor er der Reformereinheit 130 zugeführt wird.

Über eine Oxidationsmittelzufuhr 140 wird dem Brenner 101 das Oxidationsmittel zugeführt. Über eine dritte Wärmeübertragungseinheit 123 wird weitere thermische Energie von dem abgeführten Rauchgas in der Rauchgasabführung 110 auf das Oxidationsmittel in der Oxidationsmittelzufuhr 140 übertragen. Das Oxidationsmittel wird somit vorgewärmt, bevor es dem Brenner 101 zugeführt wird.

Stromabwärts der dritten Wärmeübertragungseinheit 123 wird die Rauchgasabführung 110 geteilt. Über eine Rezirkulierleitung 111 wird zumindest ein Teil des Rauchgases als rezirkuliertes Rauchgas rückgeführt und an einem Knotenpunkt 112 in die Brennstoffzufuhr 131 geleitet. Somit wird dieses rezirkulierte Rauchgas als Reformierungsedukt zusammen mit dem Brennstoff in der Brennstoffzufuhr 131 der Reformereinheit 130 zugeführt. Nicht benötigtes Rauchgas wird über eine Abführleitung 113 aus dem Wärmerückgewinnungssystem 100 abgeführt und z.B. an die Atmosphäre abgegeben.

Stromaufwärts der dritten Wärmeübertragungseinheit 123 ist eine vierte Wärmeübertragungseinheit 124 in die Rauchgasabführung 110 integriert. Mittels dieser vierten Wärmeübertragungseinheit 124 wird weitere thermische Energie von dem Rauchgas in der Rauchgasabführung 110 auf das rezirkulierte Rauchgas in der Rezirkulierleitung 111 übertragen. Somit wird das rezirkulierte Rauchgas vorgewärmt, bevor es als Reformierungsedukt der Reformereinheit 130 zugeführt wird.

Mit Hilfe der thermischen Energie, die mittels der ersten Wärmeübertragungseinheit 121 aus dem abgeführten Rauchgas auf die Reformierungsedukte in der Reformereinheit 130 übertragen wird, wird in der Reformereinheit 130 eine Reformierungsreaktion durchgeführt. Im Zuge dieser Reformierungsreaktion wird der vorgewärmte Brennstoff zusammen mit dem vorgewärmten, rezirkulierten Rauchgas zur Reaktion gebracht und das Synthesegas wird erzeugt.

Über eine Synthesegasführung 132 wird dieses von der Reformereinheit 130 erzeugte Synthesegas dem Brenner 101 zugeführt. Des Weiteren ist es möglich, nur einen Teil des Brennstoffs in die Reformierungseinheit 130 zu leiten und somit dem Brenner eine
5 Mischung aus Synthesegas und Brennstoff zuzuführen.

In Figur 2 ist eine weitere bevorzugte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Wärmerückgewinnungssystems schematisch dargestellt und mit 100' bezeichnet. Identische Bezugszeichen in den Figuren bezeichnen gleiche oder baugleiche
10 Elemente.

Im Beispiel von Figur 2 ist die dritte Wärmeübertragungseinheit 123 stromaufwärts der vierten Wärmeübertragungseinheit 124 in der Rauchgasabführung 110 angeordnet. Weiterhin weist das Wärmerückgewinnungssystem 100' gemäß Figur 2 eine fünfte
15 Wärmeübertragungseinheit 125 auf, welche stromabwärts der vierten Wärmeübertragungseinheit 124 in die Rauchgasabführung 110 integriert ist.

Mittels der fünften Wärmeübertragungseinheit 125 wird thermische Energie von dem abgeführten Rauchgas in der Rauchgasabführung 110 auf Wasser in einer
20 Wasserzufuhr 150 übertragen. Das Wasser in der Wasserzufuhr 150 wird durch diese Wärmeübertragung so weit erhitzt, dass Wasserdampf erzeugt wird. Über eine Dampfzufuhr 151 wird dieser Wasserdampf an einem Knotenpunkt 152 in die Rezirkulierleitung 111 geleitet. Der Wasserdampf wird somit zusammen mit dem rezirkulierten Rauchgas an dem Knotenpunkt 112 in die Brennstoffzufuhr 131 geleitet.

25 Somit wird der Wasserdampf zusammen mit dem Brennstoff und dem rezirkulierten Rauchgas als Reformierungsedukt in die Reformereinheit 130 geleitet und dort im Zug der Reformierungsreaktion zur Reaktion gebracht, wodurch das Synthesegas erzeugt wird.

30

Bezugszeichenliste

	100	Wärmerückgewinnungssystem
	100'	Wärmerückgewinnungssystem
5	101	Brenner
	102	Ofen, Glasofen
	110	Rauchgasabführung
10	111	Rezirkulierleitung
	112	Knotenpunkt
	113	Abführleitung
	121	Wärmeübertragungseinheit, Wärmetauscher
	122	Wärmeübertragungseinheit, Wärmetauscher
15	123	Wärmeübertragungseinheit, Wärmetauscher
	124	Wärmeübertragungseinheit, Wärmetauscher
	125	Wärmeübertragungseinheit, Wärmetauscher
	130	Reformereinheit
20	131	Brennstoffzufuhr
	132	Synthesegaszufuhr
	140	Oxidationsmittelzufuhr
25	150	Wasserzufuhr
	151	Dampfzufuhr
	152	Knotenpunkt

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmerückgewinnung aus einem von einem Brenner (101) erzeugten Rauchgas, wobei thermische Energie des Rauchgases durch eine rekuperative Wärmerückgewinnung auf Reformierungsedukte in einer Reformereinheit (130) übertragen wird, wobei das Rauchgas zumindest teilweise rezirkuliert und als Reformierungsedukt der Reformereinheit (130) zugeführt wird, wobei der Reformereinheit (130) zusammen mit dem rezirkulierten Rauchgas als Reformierungsedukt ein Brennstoff zugeführt wird, wobei in der Reformereinheit (130) mit Hilfe der aus dem Rauchgas übertragenen thermischen Energie eine Reformierungsreaktion des Brennstoffs und des rezirkulierten Rauchgases zu einem Synthesegas durchgeführt wird und wobei das in der Reformereinheit erzeugte Synthesegas dem Brenner (101) zugeführt und von dem Brenner zu dem Rauchgas verbrannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei weitere thermische Energie des Rauchgases auf den Brennstoff (130) übertragen wird, um diesen vorzuwärmen, bevor der Brennstoff der Reformereinheit (130) zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei weitere thermische Energie des Rauchgases auf ein Oxidationsmittel übertragen wird, um dieses vorzuwärmen, wobei das vorgewärmte Oxidationsmittel dem Brenner (101) zugeführt und von dem Brenner (101) zusammen mit dem Synthesegas zu dem Rauchgas verbrannt wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei weitere thermische Energie des Rauchgases auf das rezirkulierte Rauchgas übertragen wird, um dieses vorzuwärmen, bevor das rezirkulierte Rauchgas der Reformereinheit (130) zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei weitere thermische Energie des Rauchgases auf eine Dampfeinheit (150) übertragen wird und wobei in der Dampfeinheit (150) mit Hilfe der aus dem Rauchgas übertragenen thermischen Energie Wasserdampf erzeugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der erzeugte Wasserdampf zusammen mit dem Brennstoff und dem rezirkulierten Rauchgas der Reformereinheit (130) zugeführt wird und wobei in der Reformereinheit mit Hilfe der aus dem Rauchgas übertragenen thermischen Energie die Reformierungsreaktion des Brennstoffs, des rezirkulierten Rauchgases und/oder des Wasserdampfs zu dem Synthesegas durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Erdgas und/oder Methan als Brennstoff verwendet werden.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche soweit rückbezogen auf Anspruch 3, wobei Luft und/oder Sauerstoff und/oder mit Sauerstoff angereicherte Luft als Oxidationsmittel verwendet werden.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Brenner (101) verwendet wird, um einen Ofen (102) zu beheizen, insbesondere einen Glasofen.
10. Wärmerückgewinnungssystem (100, 100') für einen Brenner (101) mit einer Rauchgasabführung (110), die dazu eingerichtet ist, ein von dem Brenner (101) erzeugtes Rauchgas abzuführen, einer Reformereinheit (130), wobei die Rauchgasabführung (110) mit der Reformereinheit (130) verbunden und dazu eingerichtet ist, abgeführtes Rauchgas zumindest teilweise zu rezirkulieren und als Reformierungsedukt der Reformereinheit (130) zuzuführen, einer rekuperativen Wärmeübertragungseinheit (121), die dazu eingerichtet ist, thermische Energie von abgeführtem Rauchgas in der Rauchgasabführung (110) durch eine rekuperative Wärmerückgewinnung auf Reformierungsedukte in der Reformereinheit (130) zu übertragen, wobei die Reformereinheit (110) dazu eingerichtet ist, mit Hilfe der aus dem abgeführten Rauchgas übertragenen thermischen Energie eine Reformierungsreaktion eines Brennstoffs und des rezirkulierten Rauchgases als Reformierungsedukte zu einem Synthesegas durchzuführen, und mit einer Synthesegasführung (132), die dazu eingerichtet ist, von der Reformereinheit (130) erzeugtes Synthesegas dem Brenner (131) zuzuführen, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (100, 100') dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche durchzuführen.

11. Wärmerückgewinnungssystem (100, 100') nach Anspruch 10 mit einer zweiten Wärmeübertragungseinheit (122), die dazu eingerichtet ist, thermische Energie von abgeführtem Rauchgas in der Rauchgasabführung (110) auf den Brennstoff zu übertragen.
12. Wärmerückgewinnungssystem (100, 100') nach Anspruch 10 oder 11 mit einer Oxidationsmittelzufuhr (140), die dazu eingerichtet ist, ein Oxidationsmittel dem Brenner (101) zuzuführen, und mit einer dritten Wärmeübertragungseinheit (123), die dazu eingerichtet ist, thermische Energie von abgeführtem Rauchgas in der Rauchgasabführung (110) auf Oxidationsmittel in der Oxidationsmittelzufuhr (140) zu übertragen.
13. Wärmerückgewinnungssystem (100, 100') nach einem der Ansprüche 10 bis 12 mit einer vierten Wärmeübertragungseinheit (124), die dazu eingerichtet ist, thermische Energie von abgeführtem Rauchgas in der Rauchgasabführung (110) auf das rezirkulierte Rauchgas weiter stromabwärts in der Rauchgasabführung (110) zu übertragen.
14. Wärmerückgewinnungssystem (100, 100') nach einem der Ansprüche 10 bis 13 mit einer Dampfeinheit (150), die mit der Reformereinheit (130) verbunden ist, und mit einer fünften Wärmeübertragungseinheit (125), die dazu eingerichtet ist, thermische Energie von abgeführtem Rauchgas in der Rauchgasabführung (110) auf die Dampfeinheit (150) zu übertragen.

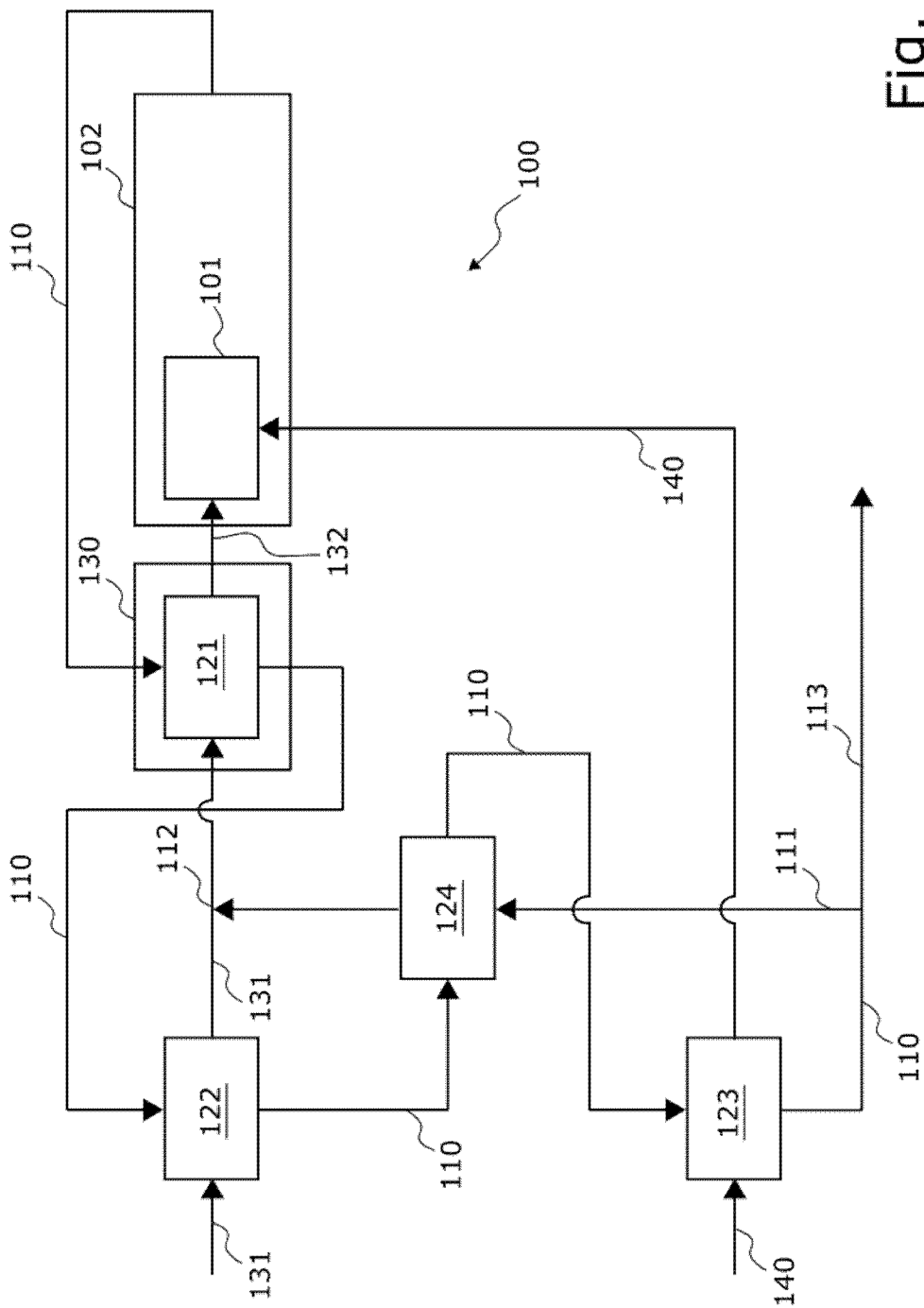


Fig. 1

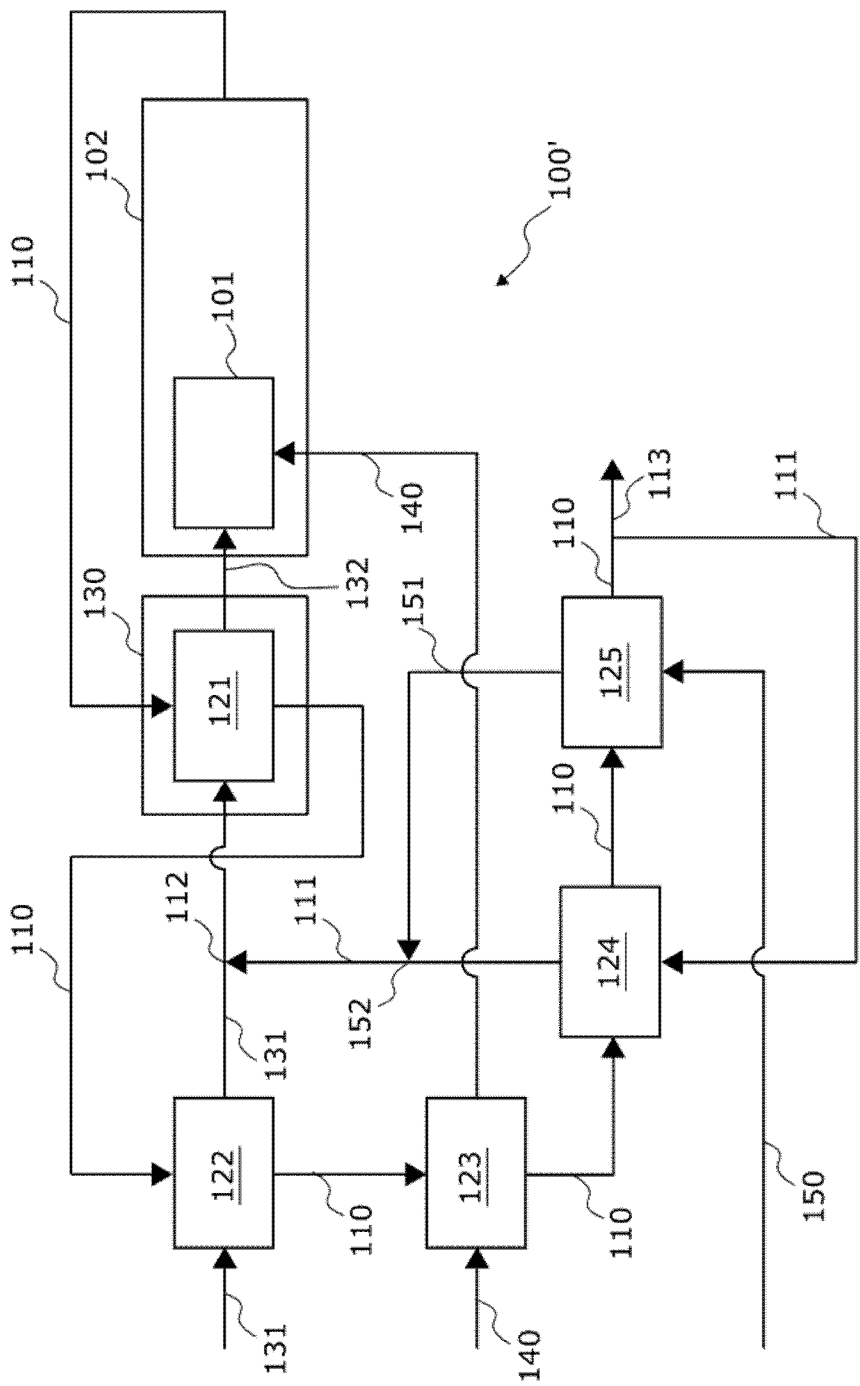


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/025357

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	F23L15/04 F23L7/00	F23D14/66 C01B3/34 C03B5/237
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
F23L F23C F23D C01B C03B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 595 059 A (HUBER DAVID J [US] ET AL) 21 January 1997 (1997-01-21) column 3, line 25 - line 30; figure 1 -----	1,5,7,8, 10,14
X	US 5 057 133 A (CHEN MICHAEL S [US] ET AL) 15 October 1991 (1991-10-15) column 7, line 42 - column 8, line 68 column 9, line 15 - line 31; figure 2 -----	1,2, 4-11,13, 14
X	US 2009/011290 A1 (CHUDNOVSKY YAROSLAV [US] ET AL) 8 January 2009 (2009-01-08) paragraph [0022] - paragraph [0030]; figures 1-3 ----- -/--	1,3,4, 8-10,12, 13
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
19 January 2018		29/01/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Harder, Sebastian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/025357

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/279333 A1 (KWEON CHOL-BUM [US] ET AL) 22 December 2005 (2005-12-22) paragraph [0049]; figure 2 -----	1,5-7, 10,14
X	US 4 900 333 A (BOS HUGO T P [NL]) 13 February 1990 (1990-02-13) column 2, line 58 - column 3, line 16; figure 1 -----	1-3, 5-12,14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/025357

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5595059	A	21-01-1997	CA 2170830 A1	03-09-1996
			IT PD960044 A1	26-08-1997
			JP H08261013 A	08-10-1996
			US 5595059 A	21-01-1997

US 5057133	A	15-10-1991	BR 9102722 A	04-02-1992
			CN 1059323 A	11-03-1992
			DE 69114056 D1	30-11-1995
			DE 69114056 T2	04-04-1996
			EP 0464603 A2	08-01-1992
			ES 2081392 T3	01-03-1996
			JP 2533817 B2	11-09-1996
			JP H04231328 A	20-08-1992
			MX 173549 B	14-03-1994
			US 5057133 A	15-10-1991

US 2009011290	A1	08-01-2009	US 2009011290 A1	08-01-2009
			WO 2009005685 A1	08-01-2009

US 2005279333	A1	22-12-2005	US 2005279333 A1	22-12-2005
			US 2007137191 A1	21-06-2007

US 4900333	A	13-02-1990	DE 3764340 D1	20-09-1990
			EP 0262727 A1	06-04-1988
			NL 8602404 A	18-04-1988
			US 4900333 A	13-02-1990

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F23L15/04 F23L7/00 F23D14/66	C01B3/34 C03B5/237
ADD.	F23C9/00	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F23L F23C F23D C01B C03B		
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 UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 595 059 A (HUBER DAVID J [US] ET AL) 21. Januar 1997 (1997-01-21) Spalte 3, Zeile 25 - Zeile 30; Abbildung 1 -----	1,5,7,8, 10,14
X	US 5 057 133 A (CHEN MICHAEL S [US] ET AL) 15. Oktober 1991 (1991-10-15) Spalte 7, Zeile 42 - Spalte 8, Zeile 68 Spalte 9, Zeile 15 - Zeile 31; Abbildung 2 -----	1,2, 4-11,13, 14
X	US 2009/011290 A1 (CHUDNOVSKY YAROSLAV [US] ET AL) 8. Januar 2009 (2009-01-08) Absatz [0022] - Absatz [0030]; Abbildungen 1-3 ----- -/-	1,3,4, 8-10,12, 13
☒ 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen 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 internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
19. Januar 2018		29/01/2018
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 Harder, Sebastian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/279333 A1 (KWEON CHOL-BUM [US] ET AL) 22. Dezember 2005 (2005-12-22) Absatz [0049]; Abbildung 2 -----	1,5-7, 10,14
X	US 4 900 333 A (BOS HUGO T P [NL]) 13. Februar 1990 (1990-02-13) Spalte 2, Zeile 58 - Spalte 3, Zeile 16; Abbildung 1 -----	1-3, 5-12,14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/025357

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US 5595059	A	21-01-1997	CA	2170830	A1		03-09-1996	
			IT	PD960044	A1		26-08-1997	
			JP	H08261013	A		08-10-1996	
			US	5595059	A		21-01-1997	

US 5057133	A	15-10-1991	BR	9102722	A		04-02-1992	
			CN	1059323	A		11-03-1992	
			DE	69114056	D1		30-11-1995	
			DE	69114056	T2		04-04-1996	
			EP	0464603	A2		08-01-1992	
			ES	2081392	T3		01-03-1996	
			JP	2533817	B2		11-09-1996	
			JP	H04231328	A		20-08-1992	
			MX	173549	B		14-03-1994	
			US	5057133	A		15-10-1991	

US 2009011290	A1	08-01-2009	US	2009011290	A1		08-01-2009	
			WO	2009005685	A1		08-01-2009	

US 2005279333	A1	22-12-2005	US	2005279333	A1		22-12-2005	
			US	2007137191	A1		21-06-2007	

US 4900333	A	13-02-1990	DE	3764340	D1		20-09-1990	
			EP	0262727	A1		06-04-1988	
			NL	8602404	A		18-04-1988	
			US	4900333	A		13-02-1990	
