(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
17. September 2020 (17.09.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/182584 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F27B 1/00 (2006.01) *C04B 2/12* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/055742

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. März 2020 (04.03.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 203 210.9 08. März 2019 (08.03.2019) DE
BE2019/5148 08. März 2019 (08.03.2019) BE

(71) Anmelder: **MAERZ OFENBAU AG** [CH/CH]; Richard-Wagner-Str. 28, 8002 Zürich (CH). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **PIRINGER, Hannes**; Feldstrasse 22, 5712 Beinwil am See (CH). **BUCHER, Patrick**; Zelgliweg 11, 5012 Schönenwerd (CH).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (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, DJ, DK, DM, 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,

WO 2020/182584 A1

(54) **Title:** METHOD AND SHAFT FURNACE FOR BURNING CARBON-CONTAINING MATERIAL IN A SHAFT FURNACE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND SCHACHTOFEN ZUM BRENNEN VON KARBONHALTIGEM MATERIAL IN EINEM SCHACHTOFEN

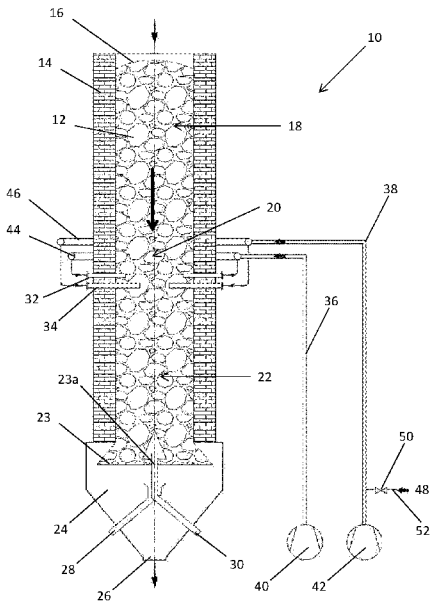


Fig. 1

(57) **Abstract:** The present invention relates to a shaft furnace (10) for burning in particular carbonate-containing material, said shaft furnace having: in the flow direction of the material, a pre-heating zone (18), at least one combustion zone (20), a cooling zone (22), and a material discharge (26) for discharging the material from the shaft furnace (10); a plurality of burner lances (32, 34; 54) which project into the combustion zone (20), at least one burner lance (32) having a first penetration depth into the combustion zone (20), and at least one further burner lance (34) having a second penetration depth, which is greater than the first penetration depth, into the combustion zone (20); at least one primary air line (36, 38) for conducting combustion air, said primary air line being connected to at least one burner lance (32, 34; 54); wherein the shaft furnace (10) has an oxygen line (52) for conducting oxygen into the combustion zone (20), and the oxygen line (52) is arranged such that oxygen flows from the oxygen line (52) to at least one burner lance (34) of the second penetration depth.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schachtofen (10) zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material aufweisend in Strömungsrichtung des Materials eine Vorwärmzone (18), mindestens eine Brennzone (20), eine Kühlzone (22), und einen Materialauslass (26) zum Auslassen des Materials aus dem Schachtofen (10), eine Mehrzahl von Brennerlanzen (32, 34; 54), die in die Brennzone (20) hineinragen, wobei zumindest eine Brennerlanze (32) eine erste Einstecktiefen in die Brennzone (20) und zumindest eine weitere Brennerlanze (34) eine zweite Einstecktiefe in die Brennzone (20) aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe, zumindest eine Primärluftleitung (36, 38) zum Leiten von Verbrennungsluft, die mit zumindest einer Brennerlanze (32, 34; 54) in Verbindung steht, wobei der Schachtofen (10) eine Sauerstoffleitung (52) zum Leiten von Sauerstoff in die Brennzone (20) aufweist und die Sauerstoffleitung (52) derart angeordnet ist, dass Sauerstoff von der Sauerstoffleitung (52) zu zumindest einer Brennerlanze (34) der zweiten Einstecktiefe strömt.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)*

Verfahren und Schachtofen zum Brennen von karbonhaltigem Material in einem Schachtofen

Die Erfindung betrifft einen Schachtofen und ein Verfahren zum Brennen von karbonhaltigem Material.

Beim Brennen von stückigem Material besteht das Problem, die erforderliche Wärmemenge dem Material gleichmäßig zuzuführen, so dass jedes Korn bis zu seinem Kern durchgebrannt wird, ohne dass die Körner durch örtliche Überhitzung zusammensintern und im Ofen feste Brücken bilden. Dieses Problem ist besonders groß, wenn über einen Weichbrand hinausgehende, höhere Brenngrade verlangt werden.

Für kleinkörniges Brennmaterial und eine gleichmäßige Brenn- und damit Produktqualität sind Drehrohröfen am besten geeignet, da eine intensive Materialumwälzung einen guten und gleichmäßigen Wärmeübergang zu jedem Korn gewährleistet. Nachteilig ist jedoch, dass ihre Konstruktion sehr aufwendig ist und dass zu den entsprechend hohen Investitionskosten noch hohe Betriebskosten hinzukommen, bedingt durch hohen Verschleiß- und hohe Wärmeverluste durch Abstrahlung und durch Abgase, die sich bei der Anwendung höherer Temperaturen, wie sie für höhere Brenngrade bzw. andere Produktqualitäten, wie Mittel-, Hart- und Sinterbrand erforderlich sind, besonders stark auswirken. Drehrohröfen sind üblicherweise nur für das Brennen von Material mit einer Korngröße von 10mm bis 50mm geeignet noch kleinere und vor allem größere Körnungen können in Drehrohröfen nicht gebrannt werden.

Eine andere Methode, die zum Brennen erforderliche Wärmemenge dem Brenngut gleichmäßig zuzuführen, besteht im Beimischen von Brennstoff, d.h. von Hüttenkoks zum Brenngut in Mischfeueröfen. Mischfeueröfen sind jedoch nicht für kleinkörniges Brennmaterial geeignet. Außerdem haben sie den erheblichen Nachteil, dass die Asche der Koksverbrennung im fertig gebrannten Produkt verbleibt und somit zu einer mit Graufärbung verbundenen, minderen Produktqualität führt. Mischfeueröfen haben allerdings den Nachteil, dass sie sehr hohe Emissionen aufweisen. Prozessbedingt kommt es in Mischfeueröfen zur Bildung von einer erheblichen Menge an Kohlenmonoxid. Zusätzlich weisen Mischfeueröfen häufig sehr hohe Konzentrationen von organischen Kohlenwasserstoffen (TOC) sowie Schwefelwasserstoff (H_2S) auf.

Eine weitere Möglichkeit zum Brennen von Material stellen Schachtöfen dar. Bei ihnen wird der Brennstoff durch in das Brenngut eintauchende Brennerlanzen zugeführt, die über den Schachtquerschnitt verteilt angeordnet sind. Bisher besteht bei solchen Öfen die nicht überwundene Schwierigkeit, eine gleichmäßige Temperaturverteilung über den Schachtquerschnitt zu erzielen und insbesondere ein Zusammensintern von Brennmaterial durch örtliche Überhitzungen zu vermeiden.

Aus der EP1148311B1 ist ein Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Material bekannt, wobei die Brennerlanzen verschiebbar angeordnet sind, um eine gleichmäßige Brenntemperatur in der betreffenden Schachtebene zu erreichen. Praktische Versuche haben jedoch gezeigt, dass dieses Verfahren nicht zielführend ist. Es bilden sich üblicherweise Bereiche sehr hoher Temperaturen an den wandnahen Bereichen des Schachtofens aus, wobei die Bereiche innerhalb des Schachtofens eine deutlich geringere Temperatur aufweisen. Durch diesen Effekt wird keine homogene Produktqualität erreicht, da das Material über den Schachtquerschnitt mit unterschiedlichen Temperaturen gebrannt wird. Häufig kommt es auch dazu, dass die erforderliche Produktqualität nicht erreicht werden kann. Des Weiteren können Versuche, die Produktqualität in der Schachtmitte zu erreichen, zu Überhitzungen an der Außenseite des Schachtquerschnitts führen. Dabei kommt es beispielsweise zu Materialansätzen durch Sinterung von Staub oder Brennstoffasche oder sogar zu Schmelzphasen. Die Ansätze beeinflussen den Materialfluss negativ, wobei dieser durch die Schwerkraft erfolgt. Häufig entstehen durch die Ansätze auch Materialbrücken, die den Ofendurchfluss blockieren. Außerdem können die hohen Temperaturen an der Außenseite des Schachtquerschnitts die feuerfeste Ausmauerung beschädigen.

Davon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Schachtofen, sowie ein Verfahren zum Brennen von karbonhaltigem Material bereitzustellen, wobei eine gleichmäßige Temperaturverteilung über den Schachtquerschnitt auf möglichst einfache Weise erreicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Vorrichtungsansprüche 1 und 8, sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Verfahrensansprüche 14 und 16 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Ein Schachtofen zum Brennen von insbesondere karbonhaltigem Material umfasst nach einem ersten Aspekt in Strömungsrichtung des Materials eine Vorwärmzone, mindestens eine

Brennzone, eine Kühlzone und einen Materialauslass zum Auslassen des Materials aus dem Schachtofen. Der Schachtofen weist auch eine Mehrzahl von Brennerlanzen auf, die in die Brennzone hineinragen, wobei zumindest eine Brennerlanze eine erste Einstecktiefen in die Brennzone und zumindest eine weitere Brennerlanze eine zweite Einstecktiefe in die Brennzone aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe. Der Schachtofen weist auch zumindest eine Primärluftleitung auf zum Leiten von Verbrennungsluft, die mit zumindest einer Brennerlanze in Verbindung steht. Des Weiteren weist der Schachtofen eine Sauerstoffleitung auf zum Leiten von Sauerstoff in die Brennzone, wobei die Sauerstoffleitung derart angeordnet ist, dass Sauerstoff von der Sauerstoffleitung zu zumindest einer Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe strömt.

Bei dem zu brennenden Material handelt es sich beispielsweise um körniges Material mit einer für Korngröße von10 bis 50mm, vorzugsweise 40 bis 80mm, insbesondere 30 bis 60 mm.

Die Vorwärmzone schließt sich vorzugsweise direkt an einen Materialeinlass des Materials in den Schachtofen an und dient der Vorwärmung des Materials auf eine Temperatur von etwa 600°C bis 800°C. Die Brennzone schließt sich vorzugsweise direkt an die Vorwärmzone an und dient dem Brennen des Materials, wobei dieses vorzugsweise auf eine Temperatur von etwa 1200°C bis 1800°C erhitzt wird. Die Kühlzone schließt sich vorzugsweise direkt an die Brennzone an und dient der Kühlung des gebrannten Materials auf eine Temperatur von beispielsweise 100 °C. Der Materialauslass ist beispielsweise in einem sich die Kühlzone anschließenden Auslasstrichter angeordnet, wobei der Materialauslass beispielsweise einen Drehteller oder einen Schubtisch aufweist zum Austragen von Material aus der Kühlzone in den Auslasstrichter. Die Brennerlanzen sind vorzugsweise rohrförmig ausgebildet und dienen dem Leiten von Brennstoff in die Brennzone.

Die Sauerstoffleitung weist beispielsweise eine Sauerstofflanze auf, die sich in die Brennzone des Schachtofens erstreckt und einen Auslass zum Auslassen von Sauerstoff in die Brennzone aufweist. Vorzugsweise ist die Sauerstofflanze an der Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe oder direkt unterhalb der Brennerlanze angebracht. Es ist ebenfalls denkbar, dass die Sauerstofflanze durch die Brennerlanze verläuft. Die Brennerlanze weist insbesondere auch eine Auslassöffnung zum Einlassen von Brennstoff in die Brennzone auf. Vorzugsweise ist die Brennerlanze jedoch so ausgeführt, dass Sauerstoff zusammen mit Verbrennungsluft und Brennstoff durch die Brennerlanze strömt.

Eine Sauerstoffleitung zum Leiten von Sauerstoff in die Brennzone bietet den Vorteil einer verbesserten Verbrennung des Brennstoffs der Brennerlanzen der zweiten Einstecktiefe, wobei sichergestellt wird, dass in der Brennzone, vorzugsweise an dem in der Brennzone angeordneten Auslass der Brennerlanzen, eine ausreichende Menge an Sauerstoff vorhanden ist, um eine Verbrennung des Brennstoffs sicherzustellen. Durch das Leiten von Sauerstoff zu einer Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe wird außerdem eine Verbrennung des Brennstoffs der Brennerlanze mit der zweiten, tieferen Einstecktiefe verbessert. Dies führt zu einer gezielten Temperaturerhöhung in dem mittigen Bereich des Schachtofens, sodass einem Temperaturgefälle vom Wandbereich des Schachtofens zur Schachtofenmitte entgegengewirkt wird. Ein solcher Schachtofen ermöglicht eine über den Querschnitt des Schachtofens im Wesentlichen konstante Temperaturverteilung, wodurch ein gleichmäßiges Brennen des Materials in dem Schachtofen erreicht wird.

Gemäß einer ersten Ausführungsform steht die Sauerstoffleitung, vorzugsweise direkt, mit zumindest einer Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe in Verbindung, sodass Sauerstoff zur Verbrennung von Brennstoff in die Brennerlanze strömt. Insbesondere steht die Sauerstoffleitung mit allen Brennerlanzen der zweiten einstecktiefe in Verbindung. Vorzugsweise ist die Sauerstoffleitung nicht mit den Brennerlanzen der ersten Einstecktiefe verbunden. Die Sauerstoffleitung ist gemäß einer weiteren Ausführungsform ausschließlich mit den Brennerlanzen der zweiten Einstecktiefe verbunden. Die Brennerlanze weist beispielsweise einen Einlass zum Einlassen von Sauerstoff auf, in dem die Sauerstoffleitung angeordnet ist. Dadurch wird sichergestellt, dass der Sauerstoff zu der Brennerlanze und vorzugsweise ausschließlich zu der Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe geleitet wird.

Die Sauerstoffleitung weist gemäß einer weiteren Ausführungsform ein Mittel zum Regeln der Menge an durch die Sauerstoffleitung strömendem Sauerstoff auf. Bei dem Mittel handelt es sich beispielsweise um ein insbesondere einstellbares Ventil. Dies ermöglicht ein gezieltes Einstellen der Sauerstoffmenge in der Brennzone des Schachtofens.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Primärluftleitung eine erste Primärluftleitung zum Leiten von Verbrennungsluft, die mit der Brennerlanze der ersten Einstecktiefe in Verbindung steht und eine zweite Primärluftleitung zum Leiten von Verbrennungsluft, die mit der Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe in Verbindung steht, wobei die Sauerstoffleitung ausschließlich mit der zweiten Primärluftleitung verbunden ist, sodass Sauerstoff von der Sauerstoffleitung in die zweite Primärluftleitung strömt. Die erste Primärluftleitung ist vorzugsweise ausschließlich mit den Brennerlanzen der ersten

Einstecktiefe verbunden, wobei die zweite Primärluftleitung ausschließlich mit den Brennerlanzen der zweiten Einstecktiefe verbunden ist. Dadurch wird es ermöglicht den Brennerlanzen der ersten und der zweiten Einstecktiefe unterschiedliche Mengen an Sauerstoff zuzuführen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist eine weitere Brennerlanze vorgesehen, die eine dritte Einstecktiefe in die Brennzone aufweist, die größer ist als die erste und geringer als die zweite Einstecktiefe und wobei die Sauerstoffleitung mit zumindest einer Brennerlanze der dritten Einstecktiefe in Verbindung steht, sodass Sauerstoff in die Brennlanze strömt. Vorzugsweise ist die Sauerstoffleitung ausschließlich mit den Brennerlanzen der zweiten und dritten Einstecktiefe und nicht mit denen der ersten Einstecktiefe verbunden.

Das Mittel ist gemäß einer weiteren Ausführungsform derart ausgebildet, dass die Menge an Sauerstoff zu der zumindest einen Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe größer ist als die Menge an Sauerstoff zu der zumindest einen Brennerlanze der dritten Einstecktiefe. Vorzugsweise wird der Brennerlanze mit der größten Einstecktiefe die größte Menge an Sauerstoff zugeführt.

Die Erfindung umfasst auch einen Schachtofen zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material aufweisend in Strömungsrichtung des Materials eine Vorwärmzone, mindestens eine Brennzone, eine Kühlzone, und einen Materialauslass zum Auslassen des Materials aus dem Schachtofen, eine Mehrzahl von Brennerlanzen, die in die Brennzone hineinragen, wobei zumindest eine Brennerlanze eine erste Einstecktiefen in die Brennzone und zumindest eine weitere Brennerlanze eine zweite Einstecktiefe in die Brennzone aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe. Der Schachtofen weist auch eine erste Primärluftleitung zum Leiten von primärer Verbrennungsluft, die mit zumindest einer Brennlanze der ersten Einstecktiefe in Verbindung steht und eine zweite Primärluftleitung auf zum Leiten von primärer Verbrennungsluft, die mit zumindest einer Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe in Verbindung steht. Die zweite Primärluftleitung verläuft zumindest teilweise durch eine Vorwärmeinrichtung zum Erwärmen der Luft in der Primärluftleitung.

Der Schachtofen weist beispielsweise einen Schachtraum auf, der die Vorwärmzone, die Brennzone und die Kühlzone umfasst. Bei der Vorwärmeinrichtung handelt es sich beispielsweise um ein außerhalb des Schachtraums angeordnetes Aggregat, wie beispielsweise einen Wärmetauscher, zum Erwärmen der Primärluft. Die mit Bezug auf den Schachtofen voran genannten Ausführungen und Vorteile treffen auch auf den Schachtofen

mit der Vorwärmeinrichtung zu. Der Schachtofen mit Vorwärmeinrichtung weist beispielsweise die voran beschriebene Sauerstoffleitung auf.

Eine Vorwärmung der Primärluft der zweiten Primärluftleitung bietet den Vorteil einer verbesserte Verbrennung des Brennstoffs der Brennerlanzen der zweiten Einstecktiefe, wobei sichergestellt wird, dass in der Brennzone, vorzugsweise an dem in der Brennzone angeordneten Auslass der Brennerlanzen, eine optimale Temperatur herrscht, um eine Verbrennung des Brennstoffs sicherzustellen. Durch das Vorwärmen von Primärluft zu einer Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe wird außerdem eine Verbrennung des Brennstoffs der Brennerlanze mit der zweiten, tieferen Einstecktiefe verbessert. Dies führt zu einer gezielten Temperaturerhöhung in dem mittigen Bereich des Schachtofens, sodass einem Temperaturgefälle vom Wandbereich des Schachtofens zur Schachtofenmitte entgegengewirkt wird. Ein solcher Schachtofen ermöglicht eine über den Querschnitt des Schachtofens im Wesentlichen konstante Temperaturverteilung, wodurch ein gleichmäßiges Brennen des Materials in dem Schachtofen erreicht wird.

Die Vorwärmeinrichtung umfasst gemäß einer weiteren Ausführungsform die Vorwärmzone innerhalb des Schachtofens, wobei die Primärluftleitung zumindest teilweise durch Vorwärmzone verläuft. Dadurch wird eine besonders kompakte und energieeffiziente Bauweise des Schachtofens realisiert, wobei die Vorwärmzone als Wärmetauscher mit der Primärluftleitung dient.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die zweite Primärluftleitung ausschließlich mit zumindest einer Brennerlanze der zweiten Einstecktiefe verbunden, sodass die vorgewärmte primäre Verbrennungsluft ausschließlich Brennerlanzen der zweiten Einstecktiefe zugeführt wird.

Die zweite Primärluftleitung weist gemäß einer weiteren Ausführungsform eine Mehrzahl von Tauchleitungen auf, die sich zumindest teilweise oder vollständig durch die Vorwärmzone erstrecken. Bei den Tauschleitungen handelt es sich beispielsweise um eine Mehrzahl von konzentrisch zueinander angebrachten Rohrleitungen mit unterschiedlichem Durchmesser, in den die Primärluft strömt. Die Tauchleitung weist beispielsweise eine u-Form auf.

Die erste Einstecktiefe beträgt gemäß einer weiteren Ausführungsform maximal ein Drittel des Radius der Brennzone, insbesondere etwa 5 bis 20cm, vorzugsweise 10 bis 15cm. Gemäß einer weiteren Ausführungsform beträgt die zweite Einstecktiefe etwa ein Drittel des Radius

der Brennzone, insbesondere etwa 40 bis 80cm, vorzugsweise 50 bis 70cm, insbesondere 60cm.
Eine solche Einstecktiefe stellt die optimale Tiefe dar, um eine im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung über den Schachtofenquerschnitt zu ermöglichen.

Die Erfindung umfasst auch ein Verfahren zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material in einem Schachtofen, mit Schwerkraftförderung durch eine Vorwärmzone, mindestens eine Brennzone, und eine Kühlzone zu einem Materialauslass, wobei eine Brennstoffzufuhr in der Brennzone oder angrenzend an diese über eine Mehrzahl von Brennlanzen erfolgt, wobei zumindest eine Brennerlanze eine erste Einstecktiefe und eine weitere Brennerlanze eine zweite Einstecktiefe aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe und wobei primäre Verbrennungsluft zu den Brennerlanzen geleitet wird. Das Verfahren umfasst auch, dass Sauerstoff zusätzlich zu der primären Verbrennungsluft und/ oder in eine Primärluftleitung zum Leiten von Verbrennungsluft zu den Brennerlanzen der zweiten Einstecktiefe geleitet wird.

Die mit Bezug auf den Schachtofen zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material beschrieben Ausführungen und Vorteile treffen in verfahrensgemäßer Entsprechung auch auf das Verfahren zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material in einem Schachtofen zu.

Gemäß einer Ausführungsform wird die primäre Verbrennungsluft derart mit Sauerstoff angereichert, dass sie einen Sauerstoffgehalt von 40% bis 90% aufweist.

Die Erfindung umfasst auch ein Verfahren zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material in einem Schachtofen, mit Schwerkraftförderung durch eine Vorwärmzone, mindestens eine Brennzone und eine Kühlzone wobei eine Brennstoffzufuhr in der Brennzone oder angrenzend an diese über eine Mehrzahl von Brennlanzen erfolgt, wobei zumindest eine Brennerlanze eine erste Einstecktiefe und eine weitere Brennerlanze eine zweite Einstecktiefe aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe und wobei primäre Verbrennungsluft zu den Brennerlanzen geleitet wird, wobei die primäre Verbrennungsluft vorgewärmt wird. Die vorgewärmte primäre Verbrennungsluft wird ausschließlich den Brennerlanzen der zweiten Einstecktiefe zugeführt. Vorzugsweise wird die Primärluft zur Vorwärmung durch die Vorwärmzone geleitet.

Die mit Bezug auf den Schachtofen zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material beschrieben Ausführungen und Vorteile treffen in verfahrensgemäßer Entsprechung auch auf das Verfahren zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material in einem Schachtofen zu.

Gemäß einer Ausführungsform wird die primäre Verbrennungsluft derart vorgewärmt wird, dass sie eine Temperatur von 250°C bis 500°C aufweist.

Beschreibung der Zeichnungen

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

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Schachtofens mit einer Sauerstoffleitung in einer Schnittansicht gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig.2 und Fig.3 zeigt eine schematische Darstellung eines Schachtofens in einer Querschnittsansicht gemäß unterschiedlicher Ausführungsformen.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Schachtofens mit einer Primärluftvorwärmung in einer Schnittansicht gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 1 zeigt einen Schachtofen 10 zum Brennen von beispielsweise karbonhaltigem Material, mit einer Korngröße von etwa von10 bis 50mm, vorzugsweise 40 bis 80mm, insbesondere 30 bis 60 mm. Der Schachtofen 10 weist einen Schachtraum 12 auf, der sich vorzugsweise in vertikaler Richtung erstreckt und beispielsweise einen konstanten Querschnitt oder einen Querschnitt aufweist, welcher sich in Flussrichtung des Brenngutes erweitert. Beispielsweise weist der Schachtraum 12 einen runden, insbesondere kreisförmigen, oder eckigen, insbesondere viereckigen Querschnitt auf. Der Schachtraum 12 ist von einer Schachtwand 14 umgeben, die beispielsweise aus Stahl mit einer sich daran anschließenden gemauerten, feuerfesten Innenwand ausgebildet ist. Der Schachtraum 12 ist nach oben und unten offen ausgebildet, wobei der Schachtofen 10 einen Materialeinlass 16 aufweist, der als obere Öffnung des Schachtraumes 12 ausgebildet ist und sich vorzugsweise über den gesamten Querschnitt des Schachtraums 12 erstreckt. Der Materialeinlass 16 dient dem Einlassen von zu brennenden Material in den Schachtofen 10. Eine weitere Ausführungsform weist anstatt

des in Fig. 1 dargestellten offenen Materialeinlasses 16 eine Materialschleuse auf, welche es ermöglicht, das Brenngut aus einer Materialzufördereinrichtung in den Ofenschacht einzuschleusen, wobei die Materialschleuse die Aufgabe hat, den Eintritt von Umgebungsluft in den Ofenkopf weitgehend zu verhindern. Diese Ausführungsform wird vorzugsweise dann verwendet, wenn das Ofenabgas eine hohe Kohlendioxidkonzentration und eine geringe Sauerstoffkonzentration aufweisen soll wie das für nachgeschaltete Prozesse wie zum Beispiel Mahltrocknung von Kohle, Rübenzuckerprozess, Sodaprozess oder für die Erzeugung von gefälltem Kalziumkarbonat erforderlich ist. Die Strömungsrichtung des Materials ist in Fig. 1 mit einem Pfeil dargestellt und verläuft vertikal von oben nach unten durch den Schachtofen 10.

In Strömungsrichtung des Materials weist der Schachtofen 10 eine sich an den Materialeinlass 16 anschließende Vorwärmzone 18, eine Brennzone 20 und eine Kühlzone 22 auf. An die Kühlzone 22 schließt sich der Auslasstrichter 24 an, der in einem Materialauslass 26 zum Auslassen des Materials aus dem Schachtofen 10 mündet. In dem Auslasstrichter 24 ist beispielhaft eine Austragsvorrichtung 23 angeordnet, die dem Auslassen von Material aus der Kühlzone 22 des Schachtofens 10 in den Auslasstrichter 24 dient. Bei der Austragsvorrichtung 23 handelt es sich beispielsweise um einen Drehteller oder einen Schubtisch. Unterhalb des Materialauslasses 26 befindet sich beispielsweise entweder eine dicht schließende Materialaustragsklappe oder nach Bedarf eine dicht schließende Materialschleuse. Das Material strömt im Wesentlichen schwerkraftbedingt durch den Schachtofen 10 und wird im Gegenstrom thermisch behandelt. Die Höhe des Schachtraums 12 ist vorzugsweise durch die verfahrensgemäß im Zusammenhang mit der Einstellung der Fördergeschwindigkeit mittels der Austragsvorrichtung 23 zu bestimmenden Verweilzeiten des Brennmaterials bestimmt. Diese Verweilzeiten verteilen sich auf die obere, sich an den Materialeinlass 16 anschließende Vorwärmzone 18, auf die nach unten folgende Brennzone 20 und die bis zur Austragsvorrichtung 23 verlaufende Kühlzone 22. Vorzugsweise wird in der Vorwärmzone 18 das Brenngut bis auf eine Temperatur von bis zu ca. 800°C vorgewärmt, wobei die Brennzone 20 beispielsweise eine Temperatur von 800°C bis 1800°C aufweist und in der Kühlzone das Brenngut wieder bis auf ca. 100°C abgekühlt wird.

Der Schachtofen 10 weist einen oder mehrere Lufteinlässe 28, 30 zum Einbringen von Luft in den Schachtofen 10 auf. Beispielhaft sind in dem Schachtofen 10 der Fig. 1 zwei Lufteinlässe 28, 30 angeordnet, die Luft in den Auslasstrichter 24 sowie in den Verdrängungskörper 23a einleiten. Vorzugsweise wird die Luft mit einem Überdruck von bis zu 500 mbar in den Auslasstrichter 24 beispielsweise in den Verdrängungskörper 23a eingeblasen. Die Luft wird

im Folgenden als Sekundärluft bezeichnet. Die Sekundärluft durchströmt den Schachtofen 10, insbesondere den Schachtraum 12, von unten nach oben in vertikaler Richtung und im Gegenstrom zu dem Material. Der Materialeinlass 16 stellt beispielsweise gleichzeitig einen Luftauslass, genauer gesagt einen Auslass für das gesamte Ofenabgas des Schachtofens 10 dar.

Der Schachtofen 10 weist des Weiteren eine Mehrzahl von Brennerlanzen 32, 34 auf, die sich durch die Schachtwand 14 in die Brennzone 20 des Schachtraums 12 erstrecken. Beispielhaft sind die Brennerlanzen 32, 34 in Fig. 1 in zwei Ebenen angeordnet, wobei die Brennerlanzen 32 der oberen Ebene eine erste Einstecktiefe in den Schachtraum 12 aufweisen und die Brennerlanzen 34 der unteren Ebene eine zweite Einstecktiefe in den Schachtraum 12 aufweisen. Vorzugsweise ist die erste Einstecktiefe der Brennerlanzen 32 geringer als die zweite Einstecktiefe der Brennerlanzen 34 der unteren Ebene. Es ist ebenfalls denkbar, dass die unteren Brennerlanzen 34 eine geringere Einstecktiefe aufweisen als die darüber angeordneten oberen Brennerlanzen 32. Die Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe sind beispielhaft vollständig unterhalb der Brennerlanzen 32 der ersten Einstecktiefe angeordnet. Die Brennerlanzen 32, 34 erstrecken sich jeweils in radialer Richtung des Schachtraums 12 in diesen hinein, wobei sich die tiefer eingesteckten Brennerlanzen 34 beispielhaft in etwa über zwei Drittel des Radius des Schachtraums 12 erstrecken. Die weniger tief eingesteckten Brennerlanzen 32 erstrecken sich beispielhaft in etwa über ein Drittel des Radius des Schachtraums 12. Über die Brennerlanzen 32, 34 wird gasförmiger, pulverförmiger oder flüssiger Brennstoff zusammen mit Primärluft in die Brennzone 20 aufgegeben. Die unterschiedlichen Einstecktiefen der Brennerlanzen 32, 34 führen zu einer unterschiedlichen Tiefe der aus den Brennerlanzen 32, 34 austretenden Flammen innerhalb der Brennerzone 20 und sorgen somit für eine gleichmäßige Erwärmung des Materials. Vorzugsweise sind über den Querschnitt des Schachtraums 12 eine Mehrzahl von in Fig. 1 nicht dargestellten Messsonden zur Temperaturmessung angeordnet. Mittels der in einer Ebene der Brennzone 20 erfassten Temperaturwerte kann eine gleichmäßige Temperaturverteilung über den Querschnitt der Brennzone 20 überprüft werden. Eine Überprüfung der Temperaturverteilung ist ebenfalls durch eine gezielte Materialprobenentnahme an der Austragsvorrichtung 23 möglich, wobei Materialproben aus dem inneren und dem äußeren Bereich des Schachtraums 12 überprüft werden.

Die Brennerlanzen 32, 34 weisen beispielsweise einen nicht dargestellten Kühlmantel zum Kühlen eines innerhalb des Kühlmantels angeordneten Brennerrohrs auf. Vorzugsweise wird der Kühlmantel von einer Kühlflüssigkeit durchströmt. Es ist ebenfalls denkbar, dass der

Kühlmantel ohne Kühlflüssigkeit betrieben wird und aus einem hitzebeständigen Material ausgebildet ist.

Der Schachtofen 10 umfasst auch beispielhaft zwei Primärluftleitungen 36, 38 zum Leiten von Luft zu den Brennerlanzen 32, 34. Die Primärluftleitungen 36, 38 stehen mit jeweils einem Ventilator 40, 42, vorzugsweise einem Verdichter, in Verbindung, sodass die Luft durch die Primärluftleitungen 36, 38 in Richtung der Brennerlanzen beaufschlagt wird. Jede Primärluftleitung 36, 38 ist mit jeweils einer Ringleitung 44, 46 verbunden, die sich jeweils um den Umfang der Schachtwand 14 erstreckt. Die Ringleitungen 44, 46 sind beispielhaft oberhalb der Brennerlanzen 32, 34 angeordnet. Jede Ringleitung 44, 46 ist mit einer Mehrzahl von Brennerlanzen 32, 34 verbunden, wobei in Fig. 1 beispielhaft die Ringleitung 46, die oberhalb der Ringleitung 44 angeordnet ist, mit den Brennerlanzen 34 der größeren Einstecktiefe verbunden ist. Beispielhaft weist der Schachtofen eine erste Primärluftleitung 36 auf, die mit einer ersten Ringleitung 44 verbunden ist. Die untere, erste Ringleitung 44 ist beispielhaft ausschließlich mit den Brennerlanzen 32 der ersten Einstecktiefe verbunden, sodass Luft durch die erste Primärluftleitung 36 in die erste Ringleitung 44 und zu den Brennerlanzen 32 der ersten, geringeren Einstecktiefe strömt. Der Schachtofen weist auch eine zweite Primärluftleitung 38 auf, die mit einer zweiten Ringleitung 46 verbunden ist. Die obere, zweite Ringleitung 46 ist beispielhaft ausschließlich mit den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe verbunden, sodass Luft durch die zweite Primärluftleitung 38 in die zweite Ringleitung 46 und zu den Brennerlanzen 34 der zweiten, größeren Einstecktiefe strömt. An die zweite Primärluftleitung 38 ist eine Sauerstoffleitung 52 mit einem Sauerstoffeinlass 48 angeschlossen. Die Sauerstoffleitung 52 weist ein Ventil 50 zum Regeln der Menge an Sauerstoff auf. Die Sauerstoffleitung 52 ist mit der zweiten Primärluftleitung 38 verbunden, sodass Sauerstoff in die zweite Primärluftleitung 38 strömt. Die mit Sauerstoff angereicherte Primärluft strömt durch die zweite Primärluftleitung 38 in die obere, zweite Ringleitung 46 und anschließend in die Brennerlanzen 34 der zweiten, größeren Einstecktiefe. Die Menge an in die zweite Primärluftleitung 38 einströmenden Sauerstoff ist über das Ventil 50 einstellbar. Ausschließlich den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe wird Primärluft zugeführt, die mit Sauerstoff angereichert ist. Die Brennerlanzen 32 der ersten Einstecktiefe sind nicht mit dem Sauerstoffeinlass 48 verbunden. Vorzugsweise ist die durch die zweite Primärluftleitung strömende Verbrennungsluft derart mit Sauerstoff angereichert, dass das Gemisch aus Luft und Sauerstoff einen Sauerstoffgehalt von 40 bis 90% aufweist.

Es ist ebenfalls denkbar, dass die Brennerlanzen 32, 34 in mehr als zwei Ebenen oder nur einer Ebene angeordnet sind, wobei beispielsweise Brennerlanzen 32 der ersten Einstecktiefe

und Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe in einer Ebene gemeinsam angeordnet sind. Beispielweise weist der Schachtofen drei, vier oder fünf Ebenen von Brennerlanzen 32, 34 auf, wobei ausschließlich die Brennerlanzen 34 der größeren Einstecktiefe mit der Sauerstoffleitung 52 verbunden sind.

Im Betrieb des Schachtofens 10 wird zu brennendes Material über den Materialeinlass 16 von oben in den Schachtraum 12 aufgegeben und bewegt sich schwerkraftbedingt in vertikaler Richtung nach unten durch den Schachtraum 12 in Richtung der Austragsvorrichtung 23. Das Material wird dabei im Gegenstrom von Sekundärluft, bzw. Brennabgasen durchströmt. Die von unten durch die Lufteinlässe 28, 30 in den Schachtraum 12 eingelassene Sekundärluft wird in der Brennzone als Verbrennungsluft verwendet und dient zur Verbrennung eines durch die Brennerlanzen 32 ,34 in die Brennzone 20 aufgegeben Brennstoffs, wie beispielsweise Erdgas, Heizöl oder Kohlenstaub. Die Abgase der Verbrennung dienen der Vorwärmung des Materials in der Vorwärmzone 18 des Schachtraums 12. Im Anschluss an die Vorwärmzone 18 tritt das Material in die Brennzone 20 ein und wird dort gebrannt, beispielsweise. kalziniert und/oder gesintert. Anschließend wird es in der Kühlzone 22 durch die Sekundärluft gekühlt, wobei sich die Sekundärluft gleichzeitig erwärmt.

Fig. 2 und Fig. 3 zeigt jeweils einen Querschnitt durch den Schachtofen 10 gemäß Fig. 1, wobei unterschiedliche Anordnungen von Brennerlanzen 32, 34 gezeigt sind. Fig. 2 zeigt eine Mehrzahl von Brennerlanzen 32 einer ersten Einstecktiefe und eine Mehrzahl von Brennerlanzen 34 einer zweiten Einstecktiefe, die größer ist als die erste Einstecktiefe. Des Weiteren zeigt Fig. 2 beispielhaft noch eine Mehrzahl von Brennerlanzen 54 einer dritten Einstecktiefe, die geringer ist als die zweite und größer als die erste Einstecktiefe. Die Brennerlanzen 32, 34, 54 sind beispielhaft alle in einer Ebene und versetzt zueinander angeordnet. Beispielhaft wechseln sich die unterschiedlichen Einstecktiefen der Brennerlanzen 32, 34, 54 regelmäßig über den Umfang der Brennzone 20 ab.

Beispielsweise sind ausschließlich die Brennerlanzen 34 mit der Sauerstoffleitung 52 verbunden, wobei ausschließlich den Brennerlanzen 34 Sauerstoff, insbesondere mit Sauerstoff angereicherte Primärluft, zugeführt wird. Es ist außerdem denkbar, dass auch den Brennerlanzen 54 der dritten, mittleren Einstecktiefe Sauerstoff zugeführt wird, wobei die Menge an Sauerstoff, die den Brennerlanzen 54 der dritten Einstecktiefe zugeführt wird geringer sein kann als die Menge an Sauerstoff, die den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe zugeführt wird. Vorzugsweise wird den Brennerlanzen mit der größten Einstecktiefe die größte Menge an Sauerstoff zugeführt. Beispielhaft weist der Schachtofen 10

in der in Fig. 1 dargestellten Schnittebene zwölf Brennerlanzen 32 der ersten Einstecktiefe, vier Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe und acht Brennerlanzen 54 der dritten Einstecktiefe auf. Dies ist lediglich beispielhaft, wobei jegliche Anzahl von Brennerlanzen 32, 34, 54 unterschiedlicher Einstecktiefen denkbar ist. Beispielsweise wiesen die Brennerlanzen des Schachtofens 10 drei, vier oder mehr unterschiedliche Einstecktiefen auf, wobei den Brennerlanzen mit der größten Einstecktiefe die größte Menge an Sauerstoff zugeführt wird. Beispielsweise weist der Schachtofen eine dritte Primärluftleitung auf, die mit einer weiteren Sauerstoffleitung verbunden ist. Die dritte Primärluftleitung ist vorzugsweise die mit einer dritten Ringleitung verbunden, wobei die dritte Ringleitung mit den Brennerlanzen 54 der dritten Einstecktiefe verbunden ist, sodass mit Sauerstoff angereicherte Primärluft durch die dritte Primärluftleitung zu den Brennerlanzen 54 dritter Einstecktiefe strömt.

Fig. 3 zeigt weitere Ausführungsbeispiele der Anordnung der Brennerlanzen 32, 34 der ersten und zweiten Einstecktiefe. Beispielhaft sind zwölf Brennerlanzen 32 der ersten Einstecktiefe und vier Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe angeordnet. Den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe wird vorzugsweise mit Sauerstoff angereicherte Primärluft zugeführt, wobei den Brennerlanzen 32 der ersten Einstecktiefe Primärluft ohne Sauerstoffanreicherung zugeführt wird, sodass die den Brennerlanzen 32 der ersten Einstecktiefe zugeführte Primärluft einen geringeren Sauerstoffanteil aufweist als die den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe zugeführte Primärluft.

Fig. 4 zeigt einen Schachtofen 10, der zumindest zu einem großen Teil dem Schachtofen 10 der Fig. 1 entspricht, wobei gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Der Schachtofen 10 weist zusätzlich einen Gasauslass 56 zum Auslassen des Abgases aus dem Schachtofen 10. Ein solcher Gasauslass 56 ist beispielsweise auch in dem Schachtofen 10 der Fig. 1 vorhanden. Im Unterschied zu dem Schachtofen der Fig. 1 weist der in Fig. 4 dargestellte Schachtofen eine zweite Primärleitung 38 auf, die teilweise durch die Vorwärmzone des Schachtraums 12 verläuft. Vorzugsweise umfasst die zweite Primärluftleitung 38 eine erste Ringleitung 58 und eine zweite unterhalb der ersten Ringleitung 58 angeordnete Ringleitung 60. Die Ringleitungen 58, 60 sind um den äußeren Umfang des Schachtraums 12 herum angeordnet. Die zweite Primärluftleitung weist beispielhaft eine Mehrzahl von Tauchleitungen 62 auf, die beispielsweise entweder U-förmig oder als Doppelrohr ausgebildet sind und sich von der ersten Ringleitung 58 durch die Vorwärmzone 18 zu der zweiten Ringleitung 60 erstrecken. Vorzugsweise erstrecken sich die Tauchleitungen 62 über einen Teil oder die gesamte Vorwärmzone 18. Die zweite Ringleitung 60 der zweiten Primärluftleitung 38 ist mit der Ringleitung 46 verbunden, sodass vorgewärmte Primärluft zu

den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe strömt. Vorzugsweise wird ausschließlich den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe die vorgewärmte Primärluft zugeführt.

Im Betrieb des Schachtofens 10 wird ein Teil der in den Brenngasen enthaltenen Wärmeenergie für die Aufheizung der Primärluft verwendet, sodass ausschließlich den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe die vorgewärmte Primärluft zugeführt wird. Diese Aufheizung der Primärluft erfolgt innerhalb des Schachtraums 12, indem die Primärluft durch Tauchrohre 62 geführt wird, die beispielsweise in Umfangsrichtung des Schachtraums 12 vorzugsweise gleichmäßig auf den Schachtraumquerschnitt verteilt, in das Brennmaterial der Vorwärmzone 18 eintauchen. Vorzugsweise sind die Tauchrohre 62 identisch ausgebildet und sind vorzugsweise in gleichen Abständen zueinander angeordnet. Vorzugsweise weisen die Tauchrohre 62 ein Material auf, das eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Die Anordnung der Tauchrohre 62 im Schachtraum 12 in direktem Kontakt mit dem Brenngut und den Brenngasen führt zu einer besonders guten Wärmeübertragung durch Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung. Außerdem werden die Wärmeaustauschflächen der Tauchrohre 62 durch das unter Schwerkrafteinfluss an ihnen entlangströmende Brennmaterial selbsttätig gereinigt.

Eine Kombination der Ausführungsbeispiele der Figuren 1, 2, 3 und 4 ist ebenfalls denkbar. Beispielsweise weist die zweite Primärluftleitung 38 der Fig. 4 einen Sauerstoffeinlass zum Einlassen von Sauerstoff in die zweite Primärluftleitung 38 auf, sodass mit Sauerstoff angereicherte und vorgewärmte primäre Verbrennungsluft zu den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe geführt wird.

Die in den Figuren 2 und 3 gezeigten Querschnitte des Schachtofens 10 sind auch auf das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel des Schachtofens 10 anwendbar, wobei beispielsweise den Brennerlanzen 54 der dritten Einstecktiefe Primärluft einer geringeren Temperatur verglichen mit der den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe zugeführten Primärluft zugeführt wird. Beispielsweise wird den Brennerlanzen 54 der dritten Einstecktiefe Primärluft einer niedrigeren Temperatur verglichen mit der den Brennerlanzen 34 der zweiten Einstecktiefe zugeführten Primärluft zugeführt.

Bezugszeichenliste

10 Schachtofen
12 Schachtraum
14 Schachtwand
16 Materialeinlass
18 Vorwärmzone
20 Brennzone
22 Kühlzone
23 Austragsvorrichtung
23a Verdrängungskörper
24 Auslasstrichter
26 Materialauslass
28 Lufteinlass
30 Lufteinlass
32 Brennerlanze erster Einstecktiefe
34 Brennerlanze zweiter Einstecktiefe
36 erste Primärluftleitung
38 zweite Primärluftleitung
40 Ventilator
42 Ventilator
44 Ringleitung
46 Ringleitung
48 Sauerstoffeinlass
50 Ventil
52 Sauerstoffleitung
54 Brennerlanze dritter Einstecktiefe
56 Gasauslass
58 Ringleitung
60 Ringleitung
62 Tauchleitungen

Patentansprüche

1. Schachtofen (10) zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material aufweisend in Strömungsrichtung des Materials eine Vorwärmzone (18), mindestens eine Brennzone (20), eine Kühlzone (22), und einen Materialauslass (26) zum Auslassen des Materials aus dem Schachtofen (10),
   eine Mehrzahl von Brennerlanzen (32, 34; 54), die in die Brennzone (20) hineinragen, wobei zumindest eine Brennerlanze (32) eine erste Einstecktiefen in die Brennzone (20) und zumindest eine weitere Brennerlanze (34) eine zweite Einstecktiefe in die Brennzone (20) aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe,
   zumindest eine Primärluftleitung (36, 38) zum Leiten von Verbrennungsluft, die mit zumindest einer Brennerlanze (32, 34; 54) in Verbindung steht,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   der Schachtofen (10) eine Sauerstoffleitung (52) zum Leiten von Sauerstoff in die Brennzone (20) aufweist und die Sauerstoffleitung (52) derart angeordnet ist, dass Sauerstoff von der Sauerstoffleitung (52) zu zumindest einer Brennerlanze (34) der zweiten Einstecktiefe strömt.

2. Schachtofen (10) nach Anspruch 1, wobei die Sauerstoffleitung (52) mit zumindest einer Brennerlanze (34) der zweiten Einstecktiefe in Verbindung steht, sodass Sauerstoff zur Verbrennung von Brennstoff in die Brennerlanze (34) strömt.

3. Schachtofen (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Sauerstoffleitung (52) ausschließlich mit den Brennerlanzen (34) der zweiten Einstecktiefe verbunden ist.

4. Schachtofen (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Sauerstoffleitung (52) ein Mittel (50) zum Regeln der Menge an durch die Sauerstoffleitung (52) strömendem Sauerstoff aufweist.

5. Schachtofen (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Primärluftleitung (36, 38) eine erste Primärluftleitung (36) zum Leiten von Verbrennungsluft, die mit der Brennerlanze (32) der ersten Einstecktiefe in Verbindung steht und
   eine zweite Primärluftleitung (38) zum Leiten von Verbrennungsluft umfasst, die mit der Brennerlanze (34) der zweiten Einstecktiefe in Verbindung steht und wobei die

Sauerstoffleitung (52) ausschließlich mit der zweiten Primärluftleitung (38) verbunden ist, sodass Sauerstoff von der Sauerstoffleitung (52) in die zweite Primärluftleitung (38) strömt.

6. Schachtofen (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine weitere Brennerlanze (54) eine dritte Einstecktiefe in die Brennzone (20) aufweist, die größer ist als die erste und geringer als die zweite Einstecktiefe und wobei die Sauerstoffleitung (52) mit zumindest einer Brennerlanze (54) der dritten Einstecktiefe in Verbindung steht, sodass Sauerstoff in die Brennlanze (54) strömt.

7. Schachtofen (10) nach Anspruch 4 und 6, wobei das Mittel (50) derart ausgebildet ist, dass die Menge an Sauerstoff zu der zumindest einen Brennerlanzen (34) der zweiten Einstecktiefe größer ist als die Menge an Sauerstoff zu der zumindest einen Brennerlanzen (54) der dritten Einstecktiefe.

8. Schachtofen (10) zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material aufweisend in Strömungsrichtung des Materials eine Vorwärmzone (18), mindestens eine Brennzone (20), eine Kühlzone (22), und einen Materialauslass (26) zum Auslassen des Materials aus dem Schachtofen (10),
eine Mehrzahl von Brennerlanzen (32, 34; 54), die in die Brennzone (20) hineinragen, wobei zumindest eine Brennerlanze (32) eine erste Einstecktiefen in die Brennzone (20) und zumindest eine weitere Brennerlanze (34) eine zweite Einstecktiefe in die Brennzone (20) aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe,
eine erste Primärluftleitung (36) zum Leiten von primärer Verbrennungsluft, die mit zumindest einer Brennlanze (32) der ersten Einstecktiefe in Verbindung steht und
eine zweite Primärluftleitung (38) zum Leiten von primärer Verbrennungsluft, die mit zumindest einer Brennerlanze (34) der zweiten Einstecktiefe in Verbindung steht,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zweite Primärluftleitung (38) zumindest teilweise durch eine Vorwärmeinrichtung zum Erwärmen der Luft in der Primärluftleitung (38) verläuft.

9. Schachtofen (10) nach Anspruch 8, wobei die Vorwärmeinrichtung die Vorwärmzone (18) innerhalb des Schachtofens (10) umfasst und die Primärluftleitung (38) zumindest teilweise durch Vorwärmzone (18) verläuft.

10. Schachtofen (10) nach Anspruch 8 oder 9, wobei die zweite Primärluftleitung (38) ausschließlich mit zumindest einer Brennerlanze (34) der zweiten Einstecktiefe verbunden ist, sodass die vorgewärmte primäre Verbrennungsluft ausschließlich Brennerlanzen (34) der zweiten Einstecktiefe zugeführt wird.

11. Schachtofen (10) nach Anspruch 8, 9 oder 10, wobei die zweite Primärluftleitung (38) eine Mehrzahl von Tauchleitungen (62) aufweist, die sich zumindest teilweise oder vollständig durch die Vorwärmzone (18) erstrecken.

12. Schachtofen (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Einstecktiefe maximal ein Drittel des Radius der Brennzone (20), insbesondere etwa 5 bis 20cm, vorzugsweise 10 bis 15cm, beträgt.

13. Schachtofen (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die zweite Einstecktiefe etwa ein Drittel des Radius der Brennzone (20), insbesondere etwa 40 bis 80cm, vorzugsweise 50 bis 70cm, insbesondere 60cm beträgt.

14. Verfahren zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material in einem Schachtofen (10) wobei das Material durch eine Vorwärmzone (18), mindestens eine Brennzone (20), und eine Kühlzone (22) zu einem Materialauslass (26) strömt, wobei eine Brennstoffzufuhr in der Brennzone (20) oder angrenzend an diese über eine Mehrzahl von Brennlanzen (32, 34; 54) erfolgt, wobei zumindest eine Brennerlanze (32) eine erste Einstecktiefe und eine weitere Brennerlanze (34) eine zweite Einstecktiefe aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe und wobei primäre Verbrennungsluft zu den Brennerlanzen (32, 34; 54) geleitet wird
dadurch gekennzeichnet, dass
Sauerstoff zusätzlich zu der primären Verbrennungsluft und/ oder in eine Primärluftleitung (38) zum Leiten von Verbrennungsluft zu den Brennerlanzen (34; 54) der zweiten Einstecktiefe geleitet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die primäre Verbrennungsluft derart mit Sauerstoff angereichert wird, dass sie einen Sauerstoffgehalt von 40% bis 90% aufweist.

16. Verfahren zum Brennen von insbesondere karbonathaltigem Material in einem Schachtofen (10), wobei das Material durch eine Vorwärmzone (18), mindestens eine

Brennzone (20) und eine Kühlzone (22) strömt, wobei eine Brennstoffzufuhr in der Brennzone (20) oder angrenzend an diese über eine Mehrzahl von Brennlanzen (32, 34; 54) erfolgt, wobei zumindest eine Brennerlanze (32) eine erste Einstecktiefe und eine weitere Brennerlanze (34) eine zweite Einstecktiefe aufweist, die größer ist als die erste Einstecktiefe und wobei primäre Verbrennungsluft zu den Brennerlanzen (32, 34; 54) geleitet wird, wobei die primäre Verbrennungsluft vorgewärmt wird **dadurch gekennzeichnet, dass**

die vorgewärmte primäre Verbrennungsluft ausschließlich den Brennerlanzen (34) der zweiten Einstecktiefe zugeführt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die primäre Verbrennungsluft derart vorgewärmt wird, dass sie eine Temperatur von 250°C bis 500°C aufweist.

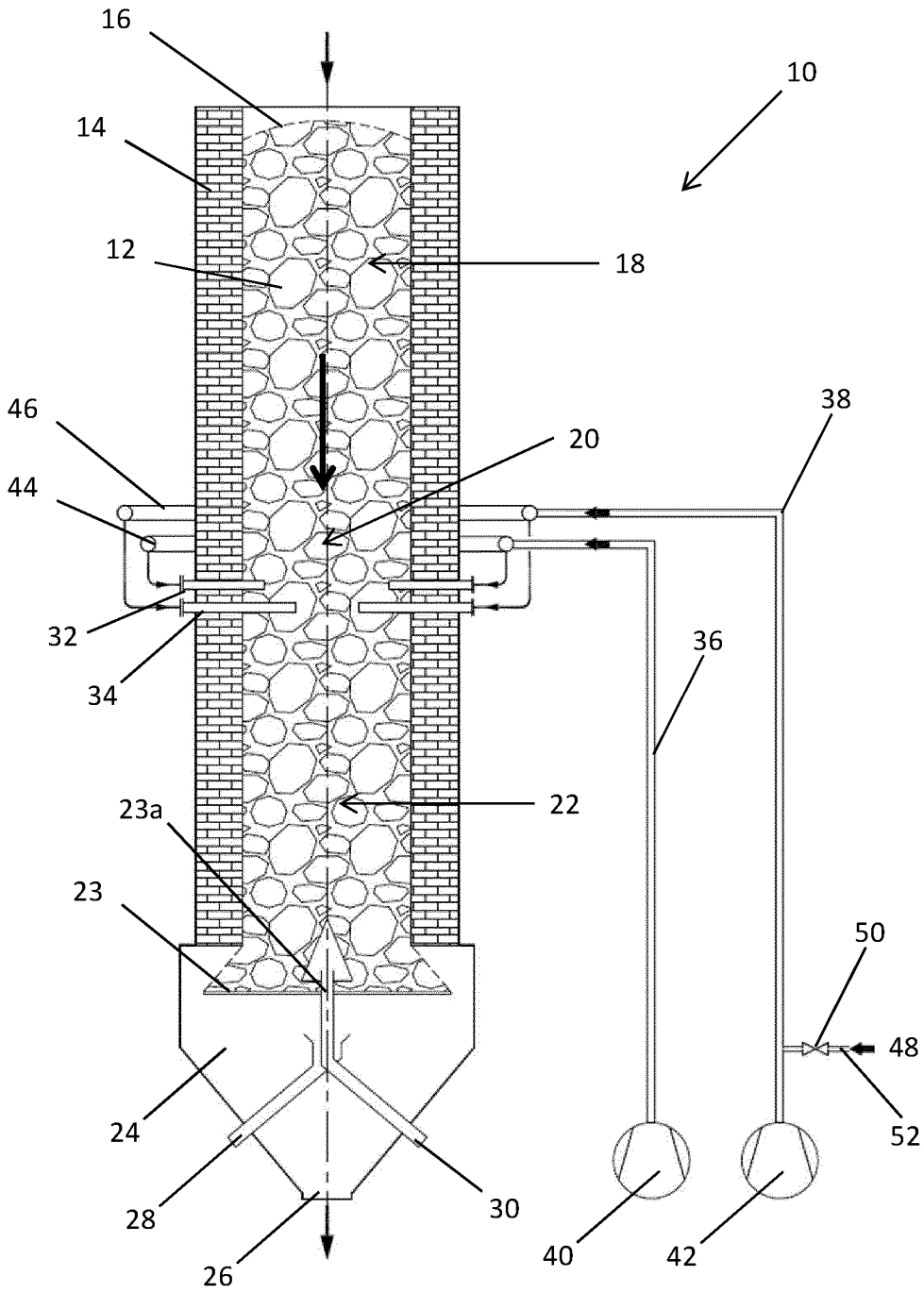


Fig. 1

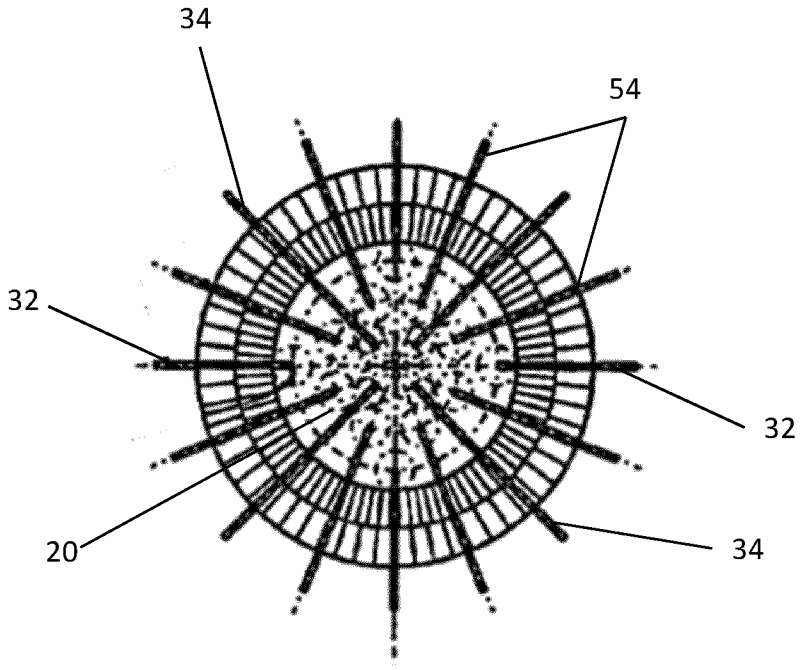


Fig. 2

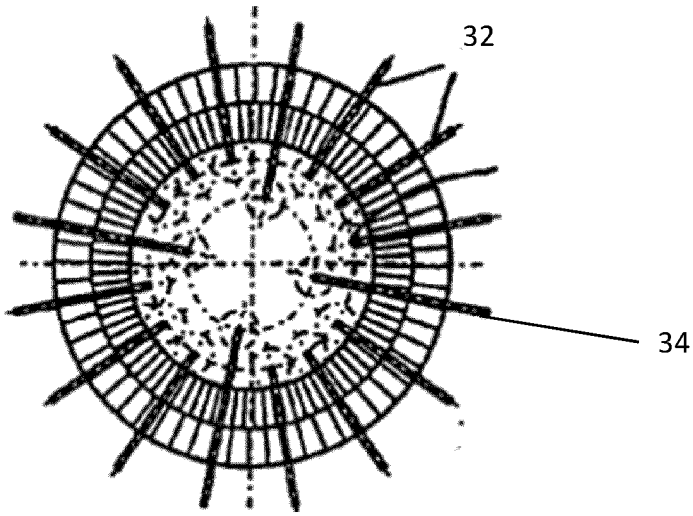


Fig. 3

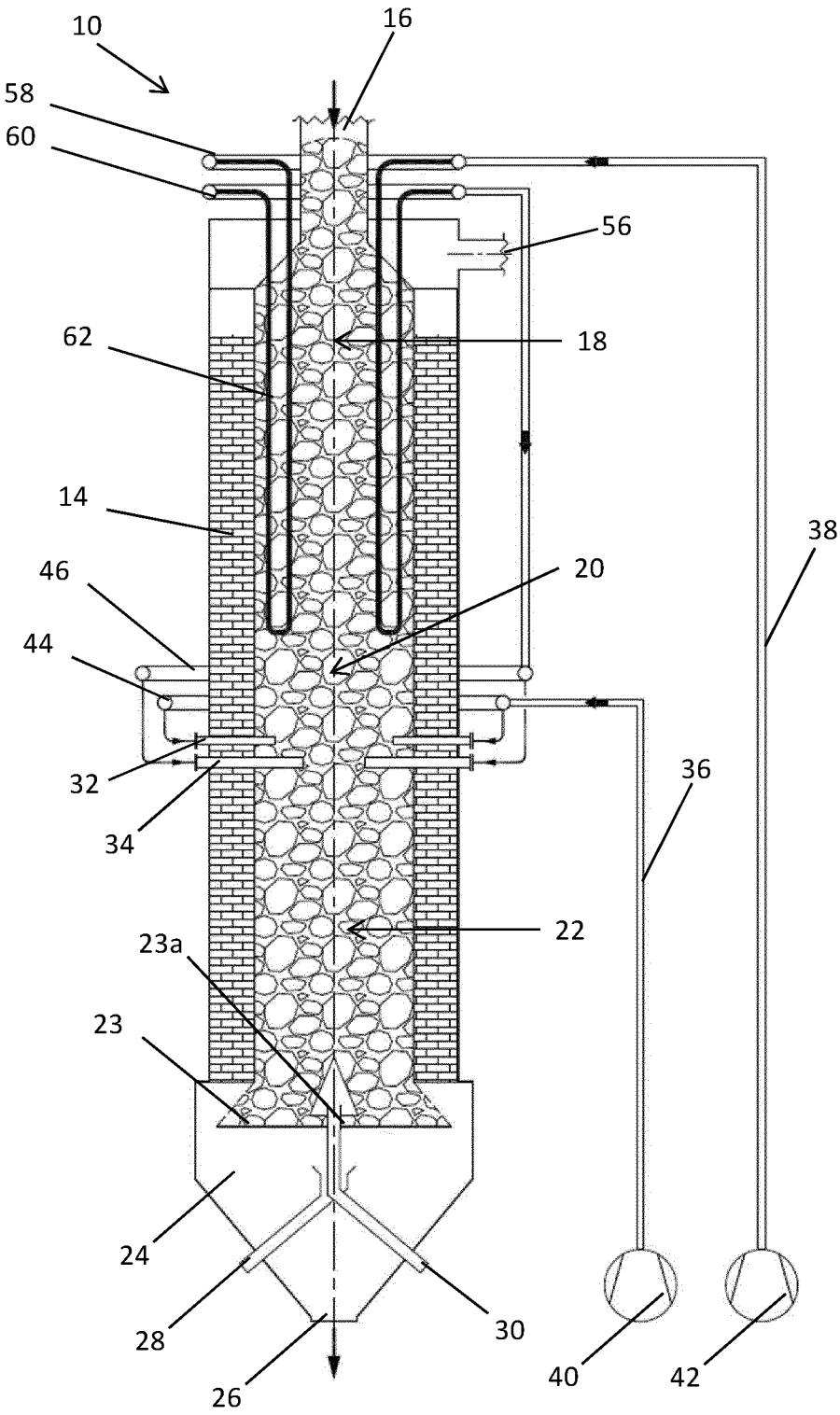


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/055742

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F27B 1/00(2006.01)i; ***C04B 2/12***(2006.01)i

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)

F27B; C04B

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	EP 1148311 A2 (MAERZ OFENBAU [CH]) 24 October 2001 (2001-10-24) cited in the application	1-13
Y	figures 1-5 column 1, line 26 - column 7, line 12	14-17
Y	US 3085022 A (ANTON KOCH) 09 April 1963 (1963-04-09) figures 1,2 column 1, line 11 - line 13 column 2, line 66 - column 3, line 11	14-17
Y	US 2018283788 A1 (HABIB ZIAD [BE] ET AL) 04 October 2018 (2018-10-04) figure 1a paragraph [0001] paragraph [0018] paragraph [0067]	14-17

☐ 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
20 March 2020	**30 March 2020**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Peis, Stefano** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2020/055742

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
EP 1148311 A2	24 October 2001	AT 309514 T	15 November 2005
		BR 0101435 A	13 November 2001
		CN 1317679 A	17 October 2001
		DE 50107945 D1	15 December 2005
		EA 200100339 A2	22 October 2001
		EP 1148311 A2	24 October 2001
		ES 2254352 T3	16 June 2006
		IL 142368 A	19 February 2004
		MX PA01003608 A	30 June 2005
		UA 72224 C2	15 October 2001
		US 2001029005 A1	11 October 2001
US 3085022 A	09 April 1963	NONE	
US 2018283788 A1	04 October 2018	BR 112018006691 A2	09 October 2018
		CN 108137405 A	08 June 2018
		DK 3359502 T3	14 October 2019
		EA 201890759 A1	31 August 2018
		EP 3359502 A1	15 August 2018
		FR 3041957 A1	07 April 2017
		HU E045770 T2	28 January 2020
		JP 2018532971 A	08 November 2018
		PL 3359502 T3	28 February 2020
		PT 3359502 T	29 October 2019
		SI 3359502 T1	31 December 2019
		US 2018283788 A1	04 October 2018
		WO 2017060303 A1	13 April 2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/055742

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F27B1/00 C04B2/12
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F27B 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 UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 148 311 A2 (MAERZ OFENBAU [CH]) 24. Oktober 2001 (2001-10-24) in der Anmeldung erwähnt	1-13
Y	Abbildungen 1-5 Spalte 1, Zeile 26 - Spalte 7, Zeile 12 -----	14-17
Y	US 3 085 022 A (ANTON KOCH) 9. April 1963 (1963-04-09) Abbildungen 1,2 Spalte 1, Zeile 11 - Zeile 13 Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 11 -----	14-17
Y	US 2018/283788 A1 (HABIB ZIAD [BE] ET AL) 4. Oktober 2018 (2018-10-04) Abbildung 1a Absatz [0001] Absatz [0018] Absatz [0067] -----	14-17

☐ 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
20. März 2020	30/03/2020

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

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/055742

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1148311 A2	24-10-2001	AT 309514 T	15-11-2005
		BR 0101435 A	13-11-2001
		CN 1317679 A	17-10-2001
		DE 50107945 D1	15-12-2005
		EA 200100339 A2	22-10-2001
		EP 1148311 A2	24-10-2001
		ES 2254352 T3	16-06-2006
		IL 142368 A	19-02-2004
		MX PA01003608 A	30-06-2005
		UA 72224 C2	15-10-2001
		US 2001029005 A1	11-10-2001
US 3085022 A	09-04-1963	KEINE	
US 2018283788 A1	04-10-2018	BR 112018006691 A2	09-10-2018
		CN 108137405 A	08-06-2018
		DK 3359502 T3	14-10-2019
		EA 201890759 A1	31-08-2018
		EP 3359502 A1	15-08-2018
		FR 3041957 A1	07-04-2017
		HU E045770 T2	28-01-2020
		JP 2018532971 A	08-11-2018
		PL 3359502 T3	28-02-2020
		PT 3359502 T	29-10-2019
		SI 3359502 T1	31-12-2019
		US 2018283788 A1	04-10-2018
		WO 2017060303 A1	13-04-2017