(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
09. September 2022 (09.09.2022)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/184935 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F27B 7/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/055694

(22) Internationales Anmeldedatum:
07. März 2022 (07.03.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
21161138.9 05. März 2021 (05.03.2021) EP

(71) Anmelder: **S.A. LHOIST RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT** [—/BE]; Rue Charles Dubois 28, 1342 Ottignies-Louvain-la-Neuve (BE).

(72) Erfinder: **KACZINSKI, Carsten**; Zugstr. 13, 44319 Dortmund (DE).

(74) Anwalt: **COHAUSZ & FLORACK PATENT- UND RECHTSANWÄLTE PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT MBB**; Bleichstraße 14, 40211 Düsseldorf (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, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, 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, ST, SV, SY, TH,

(54) **Title:** ROTARY KILN AND METHOD FOR CALCINING CARBONATE-CONTAINING MATERIAL, IN PARTICULAR LIMESTONE OR DOLOMITE

(54) **Bezeichnung:** DREHROHROFEN UND VERFAHREN ZUM BRENNEN VON KARBONATHALTIGEM GUT, INSBESONDERE KALKSTEIN ODER DOLOMIT

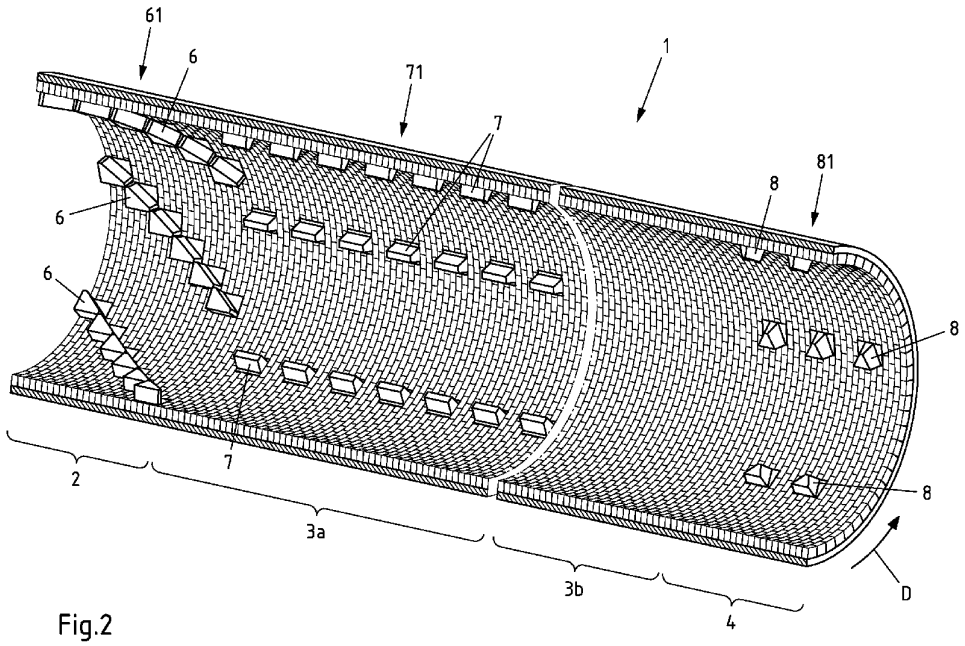


Fig.2

(57) **Abstract:** The present invention relates to a rotary kiln for calcining carbonate-containing material, in particular limestone or dolomite, comprising: a rotary tube (1) having an inlet end (2a) for feeding in the material to be calcined and an outlet end (4a) for discharging the calcined material; and a calciner unit (5) which is arranged in the region of the outlet end (4a), the rotary tube (1) having an inlet zone (2) at its inlet end (2a) and having an outlet zone (4) at its outlet end (4a), with a preheating zone (3a) and a calcining zone (3b) being arranged between the inlet zone (2) and the outlet zone (4) in the transport direction of the material. The rotary kiln is characterised according to the invention in that a plurality of projections (7) is arranged in the preheating zone (3a) of the rotary tube (1), the projections (7) being arranged in groups (71) one behind the another and substantially in parallel with the longitudinal axis of

WO 2022/184935 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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)*

the rotary tube (1), with projections (7) of adjacent groups (71) of projections (7) that are adjacent in the circumferential direction of the rotary tube (1) being offset relative to one another in the longitudinal direction of the rotary tube (1) such that spiral transport paths (S) for the material to be calcined are formed in the preheating zone (3a). The present invention further relates to a method for calcining carbonate-containing material, in particular limestone or dolomite.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drehrohrofen zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere von Kalkstein oder Dolomit, umfassend ein Drehrohr (1) mit einem Einlaufende (2a) zur Aufgabe des zu brennenden Gutes und einem Auslaufende (4a) zur Ausleitung des gebranntes Gutes, und eine im Bereich des Auslaufendes (4a) angeordnete Brennereinheit (5), wobei das Drehrohr (1) an seinem Einlaufende (2a) eine Einlaufzone (2) aufweist und an seinem Auslaufende (4a) eine Auslaufzone (4) aufweist, wobei zwischen der Einlaufzone (2) und Auslaufzone (4) in Transportrichtung des Gutes eine Vorwärmzone (3a) und eine Brennzone (3b) angeordnet sind. Der Drehrohrofen ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass in der Vorwärmzone (3a) des Drehrohrs (1) eine Mehrzahl von Vorsprüngen (7) angeordnet ist, wobei die Vorsprünge (7) als Gruppen (71) im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs (1) hintereinander angeordnet sind, wobei in Umfangsrichtung des Drehrohrs (1) benachbart angeordnete Vorsprünge (7) benachbarter Gruppen (71) von Vorsprüngen (7) in Längsrichtung des Drehrohrs (1) versetzt zueinander angeordnet sind, derart, dass in der Vorwärmzone (3a) spiralförmige Transportpfade (S) für das zu brennende Gut gebildet sind. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere von Kalkstein oder Dolomit.

Drehrohrofen und Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere Kalkstein oder Dolomit

Die Erfindung betrifft einen Drehrohrofen zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere Kalkstein oder Dolomit, umfassend ein Drehrohr mit einem Einlaufende zur Aufgabe des zu brennenden Gutes und einem Auslaufende zur Ausleitung des gebranntes Gutes, und eine im Bereich des Auslaufendes angeordnete Brennereinheit, wobei das Drehrohr an seinem Einlaufende eine Einlaufzone aufweist und an seinem Auslaufende eine Auslaufzone aufweist, wobei zwischen der Einlaufzone und Auslaufzone in Transportrichtung des Gutes eine Vorwärmzone und eine Brennzone angeordnet sind. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere Kalkstein und Dolomit, in einem solchen Drehrohrofen.

Drehrohröfen zum Brennen von karbonathaltigem Gut sind aus dem Stand der Technik seit Jahrzehnten bekannt und haben sich als effizient und zuverlässig arbeitender Ofentyp zum kontinuierlichen Kalzinieren verschiedener Arten von Materialien bewährt. Druckschriftlicher Stand der Technik findet sich beispielsweise in der EP 0 004 756 A2 oder der US 5,873,714.

Zentraler Bestandteil eines Drehrohrofens ist ein langes zylindrisches Drehrohr (oftmals 100 m oder länger), welches typischerweise mit etwa 2 bis 7% zur Horizontalen geneigt ist. Das Drehrohr dreht sich langsam mit 0,5 bis 1,5 U/min um seine Achse und das in das Drehrohr an dessen Einlaufende mittels Förderschnecke o.ä. eingebrachte zu brennende Gut bewegt sich schwerkraftbedingt langsam durch das Drehrohr in Richtung einer im durch einen im Bereich des Ofenauslaufs angeordneten Brenner erzeugten Flamme. Dabei wandert das zu brennende Gut von der wenige Meter langen Einlaufzone in die Vorwärmzone (teilweise auch als Übergangszone bezeichnet), in der bereits Temperaturen von ca. 1100 – 1200 °C

vorliegen, und von dort in eine ausgedehnte Brennzone mit maximalen Temperaturen von 1500 – 1600°C. Hier findet dementsprechend zu einem ganz überwiegenden Teil die eigentliche Kalzinierung des zu brennenden Gutes statt. An die Brennzone schließt sich wiederum die nur wenige Meter lange Auslaufzone des Drehrohrs an, von wo das dann gebrannte Gut in der Regel durch einen Schacht auf eine Kühleinheit fällt. Üblicherweise ist der Ofen bis zu etwa 8 bis 20% des Ofendurchmessers mit dem zu brennenden Gut gefüllt.

Im Sinne eines effizienten Ofenbetriebs werden stets hohe Durchsatzraten angestrebt, wobei gleichzeitig sicherzustellen ist, dass die Kalzinierung des zu brennenden Gutes vollständig ist und dass das gesamte Kohlendioxid aus dem Material entfernt wird. Für eine schnelle und vollständige Kalzinierung ist dabei eine gründliche Durchmischung des zu brennenden Gutes von entscheidender Bedeutung.

Ein weiteres Problem im praktischen Betrieb stellt die Staubentwicklung dar. Diese führt einerseits zu Materialverlust und andererseits zu einer Freisetzung von Stäuben in die Umwelt, was aus ökologischen Gründen nachteilig ist und zudem konzentrationsabhängig eine Gesundheitsgefährdung darstellen kann.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Drehrohrofen zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere von Kalkstein oder Dolomit, der eingangsgenannten Art anzugeben, welcher einen hohen Materialdurchsatz und dabei eine möglichst vollständige Kalzinierung des zu brennenden Gutes sicherstellt. Ferner wird im Ofenbetrieb eine signifikante Reduzierung der Staubentwicklung angestrebt.

Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die vorstehend genannte Aufgabe mit einem Drehrohrofen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass in der Vorwärmzone des Drehrohrs eine Mehrzahl von Vorsprüngen angeordnet ist, wobei die Vorsprünge als Gruppen im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs hintereinander angeordnet sind, wobei in Umfangsrichtung des Drehrohrs benachbart angeordnete Vorsprünge benachbarter Gruppen von

Vorsprüngen in Längsrichtung des Drehrohrs versetzt zueinander angeordnet sind, derart, dass in der Vorwärmzone spiralförmige Transportpfade für das zu brennende Gut gebildet sind.

Der erfindungsgemäße Drehrohrofen zeichnet sich durch einen zuverlässigen Betrieb bei hohem, gleichmäßigem Materialdurchsatz aus. Insbesondere durch das Vorsehen einer Mehrzahl von Vorsprüngen – fachsprachlich auch „Mitnehmer" genannt –, die erfindungsgemäß als Gruppen im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs hintereinander angeordnet sind, ergibt sich eine stark verbesserte Durchmischung des zu brennenden Gutes und damit eine schnellere Kalzinierung in gleichen Zeitintervallen, da infolge der gründlichen Durchmischung nicht nur das oberflächlich liegende Gut im Gutbett hohen Kalzinierungstemperaturen ausgesetzt ist.

Durch die erfindungsgemäß vorgesehene versetzte Anordnung von in Umfangsrichtung des Drehrohrs benachbart angeordneten Vorsprüngen, wobei die Vorsprünge jeweils zu benachbarten Gruppen von Vorsprüngen gehören, werden spiralförmige Transportpfade für das zu brennende Gut gebildet. Dadurch wird ein vergleichsweise schneller Transport des zu brennenden Gutes durch das Drehrohr ermöglicht, was in Kombination mit der verbesserten Durchmischung des Gutes insgesamt zu einem höheren Ofendurchsatz führt und somit die Effizienz des Brennverfahrens steigert.

Aufgrund der bereits in der Vorwärmzone herrschenden sehr hohen Temperaturen ist nach einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung bevorzugt, dass zumindest einige der Vorsprünge, bevorzugt alle, jeweils ein feuerfestes Material enthalten. Hierbei kann es sich um verschiedene hoch temperaturbeständige Materialien handeln. Als besonders geeignet erweist sich Beton, insbesondere Feuerbeton, wie aus dem Stand der Technik an sich bekannt.

Für die erfindungsgemäß in der Vorwärmzone vorgesehenen Vorsprünge haben sich in Versuchen der Anmelderin verschiedene Geometrien als geeignet herausgestellt. Bevorzugt werden prismatische Geometrien, insbesondere in Form eines Trapezprismas, speziell eines gleichschenkligen Trapezprismas. Ein solches Trapezprisma ist bevorzugt parallel zur Längserstreckung des Drehrohrs ausgerichtet und weist dementsprechend zwei zum Radius des Drehrohrs geneigte Schenkelflächen auf. Diese können einen Winkel zur Trapezbasis zwischen 15° und 85°, bevorzugt zwischen 35° und 75° und besonders bevorzugt zwischen 60° und 70°, einschließen.

Hinsichtlich der Dimensionierung der Vorsprünge wurden durch die Anmelderin umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Dabei hat sich ergeben, dass sich besonders gute Ergebnisse in Bezug auf eine gründliche Durchmischung des zu brennenden Gutes bei geringer Staubentwicklung dann erzielen lassen, wenn zumindest einige Vorsprünge eine Höhe in bezogen auf das Drehrohr radialer Richtung zwischen 50 mm und 500 mm, bevorzugt zwischen 100 mm und 300 mm und besonders bevorzugt von ca. 200 mm, aufweisen.

Ferner lassen sich besonders gute Ergebnisse im Sinne einer gründlichen Gutdurchmischung und eines schnellen Transportes des Gutes durch die Vorwärmzone des Drehrohrs dadurch erzielen, dass zumindest einige Vorsprünge eine Länge in Längsrichtung des Drehrohrs zwischen 50 mm und 2000 mm, speziell zwischen 100 mm und 1000 mm, bevorzugt zwischen 200 mm und 750 mm und besonders bevorzugt zwischen 350 mm und 450 mm, typischerweise ca. 400 mm, aufweisen.

Ferner kann die Breite zumindest einiger Vorsprünge senkrecht zur Längsrichtung des Drehrohrs zwischen 50 mm und 1000 mm, bevorzugt zwischen 100 mm und 500 mm und besonders bevorzugt zwischen 150 mm und 300 mm, typischerweise 300 mm, betragen.

Wie bereits erwähnt, haben sich bei den Vorsprüngen insbesondere trapezförmige Geometrien als besonders vorteilhaft herausgestellt. Hinsichtlich der Dimensionierung der im Wesentlichen senkrecht zur Ofenlängsachse stehenden Trapezfläche wird bevorzugt, dass die Breite der unteren Trapezbasis zwischen 100 mm und 400 mm, bevorzugt zwischen 150 mm und 300 mm, typischerweise bei ca. 300 mm, liegt und die Breite der oberen Basis zwischen 30 mm und 200 mm, bevorzugt zwischen 50 mm und 200 mm und besonders bevorzugt zwischen 70 mm und 130 mm, typischerweise ca. 100 mm, beträgt.

Erfindungsgemäß sind die Vorsprünge als Gruppen im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs hintereinander angeordnet. Dabei wird gemäß den Untersuchungen der Anmelderin bevorzugt, dass das Verhältnis zwischen der Länge eines Vorsprungs in Längsrichtung des Drehrohrs und dem Abstand zwischen zwei in Längsrichtung des Drehrohrs benachbarten Vorsprüngen zwischen ca. 2:1 und 1:2, bevorzugt zwischen ca. 1,5:1 und 1:1,5, liegt und besonders bevorzugt ca. 1:1 beträgt. Hierdurch wird einerseits eine gründliche Gutdurchmischung sichergestellt, andererseits sind die Abstände derart bemessen, dass sich hinreichend breite spiralförmige Transportpfade zwischen den Vorsprüngen ergeben.

Die erfindungsgemäß in der Brennzone vorgesehenen Vorsprünge können dauerhaft mit der inneren Ausmauerung des Drehrohrs verbunden sein. Um jedoch eine sichere Verbindung zwischen der inneren Ausmauerung des Drehrohrs und den Vorsprüngen sicherzustellen, ist nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass zumindest einige der Vorsprünge mittels einer verschweißten metallischen Verankerung an der Innenseite des Drehrohrmantels befestigt sind.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass über den Umfang des Drehrohrs verteilt 3 bis 9, speziell 4 bis 8, besonders bevorzugt 5 bis 7, und ganz besonders bevorzugt 6 Gruppen in Längsrichtung hintereinander angeordneter Vorsprünge vorgesehen sind.

Die erfindungsgemäß vorgesehenen Gruppen von im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs hintereinander angeordneten Vorsprüngen können entlang der gesamten Länge der Vorwärmzone angeordnet sein. Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass sich die Gruppen von Vorsprüngen über ein Fünftel bis ein Drittel der Gesamtlänge des Drehrohrs erstrecken.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann ferner vorgesehen sein, dass in der Einlaufzone des Drehrohrs wenigstens ein weiterer Vorsprung, bevorzugt eine Mehrzahl von weiteren Vorsprüngen, vorgesehen ist, wobei der wenigstens eine weitere Vorsprung wenigstens eine zur Längsachse des Drehrohrs geneigte Gleitfläche zur Förderung des zu brennenden Gutes aus der Einlaufzone in die Vorwärmzone aufweist.

Dabei wird ausgenutzt, dass das zu brennende Gut durch die Rotation des wenigstens einen weiteren Vorsprungs durch das Gutbett auf der wenigstens einen Gleitfläche desselben zu liegen kommt und infolge der besonderen Neigung der Gleitfläche schwerkraftbedingt zügig in Richtung der Vorwärmzone gleitet. Hierbei versteht es sich, dass die Drehrichtung des Drehrohrs und die Ausrichtung der Gleitfläche in Umfangsrichtung des Drehrohrs entsprechend zueinander anzupassen sind. Gleichzeitig wird auch hierdurch die Staubbildung erheblich reduziert, da ein Zermahlen des zu brennenden Gutes an den Verschleißringen der Ofeneinlaufabdichtung infolge einer Rückwärtsbewegung des Gutes in der Einlaufzone wirksam verhindert wird.

Bei der Gleitfläche des wenigstens einen weiteren Vorsprungs können unterschiedliche Neigungswinkel vorgesehen sein. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Gleitfläche des wenigstens einen weiteren Vorsprungs eine Neigung zur Längsachse des Drehrohrs von 15° bis 70°, insbesondere von 35° bis 55°, auf. Besonders gute Ergebnisse wurden bei einem Neigungswinkel zwischen 40° und 50°, speziell ca. 45° erzielt.

Aufgrund der in der Einlaufzone des Drehrohrs bereits herrschenden hohen Temperaturen wird bevorzugt, dass der wenigstens eine weitere Vorsprung ein feuerfestes Material enthält. Hierbei kann es sich um verschiedene hoch temperaturbeständige Materialien handeln, wie aus dem Stand der Technik an sich bekannt. Als besonders geeignet erweist sich Beton, insbesondere Feuerbeton, wie an sich aus dem Stand der Technik bekannt.

Für den wenigstens einen weiteren Vorsprung haben sich in Versuchen der Anmelderin verschiedene Geometrien als geeignet herausgestellt. Bevorzugt werden prismatische Geometrien, insbesondere in Form eines geraden Prismas dreieckiger Grundfläche, speziell in Form eines rechtwinkligen Dreiecks, bei der die wenigstens eine Gleitfläche durch die Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks gebildet wird.

Für eine besonders gute Wirksamkeit in Bezug auf die Förderung des zu brennenden Gutes von der Einlaufzone in Richtung der Vorwärmzone ist die Höhe des wenigstens einen Vorsprungs, d.h. die Erstreckung in bezogen auf das zylindrische Drehrohr radialer Richtung, von Bedeutung. Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der wenigstens eine weitere Vorsprung eine sich in radialer Richtung des Drehrohrs erstreckende Höhe von 100 mm bis 500 mm, bevorzugt von 160 mm bis 300 mm und besonders bevorzugt von 180 mm bis 250 mm, typischerweise ca. 200 mm, auf. Hierdurch ist sichergestellt, dass auf der wenigstens einen Gleitfläche des wenigstens einen weiteren Vorsprungs hinreichend viel Gut aufliegt und durch die Neigung der Gleitfläche in der Folge in Richtung der Vorwärmzone gleitet. Ferner kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine weitere Vorsprung eine sich im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs erstreckende Länge von 100 mm bis 2000 mm, bevorzugt 300 mm bis 500 mm und ganz besonders bevorzugt 350 mm bis 450 mm, typischerweise ca. 400 mm, aufweist.

Der wenigstens eine weitere Vorsprung kann dauerhaft mit der inneren Ausmauerung des Drehrohrs verbunden sein. Um jedoch eine sichere Verbindung zwischen der

inneren Ausmauerung des Drehrohrs und dem wenigstens einen weiteren Vorsprung sicherzustellen, ist nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der wenigstens eine weitere Vorsprung mittels einer metallischen Verankerung, insbesondere einer verschweißten metallischen Verankerung an der Innenseite des Drehrohrmantels befestigt ist.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Einlaufzone des Drehrohrs eine Mehrzahl von weiteren Vorsprüngen vorgesehen ist, wobei die weiteren Vorsprünge derart als Gruppe aneinandergereiht angeordnet sind, dass die jeweiligen Gleitflächen der weiteren Vorsprünge eine gemeinsame Gleitfläche für das zu brennende Gut bilden. Hierdurch wird eine besonders wirkungsvolle Förderung des zu brennenden Gutes von der Einlaufzone des Drehrohrs zu dessen Vorwärmzone erreicht. Hierbei können die einzelnen weiteren Vorsprünge auf Stoß, d.h. im Wesentlichen spaltfrei aneinandergereiht sein. Ebenso ist eine Aneinanderreihung mit dazwischen liegendem Spalt möglich, um beispielsweise thermische Ausdehnungen zu berücksichtigen, wobei die Spaltbreite jedoch derart bemessen sein muss, dass die Funktion einer gemeinsamen Gleitfläche erhalten bleibt.

Dadurch, dass durch mehrere als Gruppe aneinandergereihte weitere Vorsprünge eine gemeinsame Gleitfläche breitgestellt wird, kann einerseits eine besonders lange Gleitfläche bereitgestellt werden, welche sich praktisch entlang der gesamten Ausdehnung der Einlaufzone erstreckt. Gleichzeitig können im Falle einer Beschädigung beispielsweise eines einzelnen weiteren Vorsprungs aus der Gruppe aneinandergereihter weiterer Vorsprünge dieser gezielt ersetzt werden, ohne die Gesamtkonstruktion demontieren zu müssen.

Die Gruppe aneinandergereihter weiterer Vorsprünge kann eine unterschiedliche Zahl an weiteren Vorsprüngen umfassen. Insbesondere kann die gemeinsame Gleitfläche für das zu brennende Gut durch 3 bis 9 weitere Vorsprünge, insbesondere durch 5 bis

7 weitere Vorsprünge und ganz besonders bevorzugt durch 6 weitere Vorsprünge gebildet werden.

Besonders bevorzugt im Sinne einer möglichst einfachen Konstruktion des erfindungsgemäßen Drehrohrofens ist, dass die Mehrzahl von weiteren Vorsprüngen im Wesentlichen identisch zueinander ausgebildet sind, derart, dass eine gemeinsame Gleitfläche mit im Wesentlichen konstantem Gefälle bzw. Gleitwinkel zur Längsachse des Drehrohrs ausgebildet ist.

Eine weitere Verbesserung der Förderung des zu brennenden Gutes durch die Einlaufzone des Drehrohrs wird dadurch erzielt, dass über den Umfang des Drehrohrs 2 bis 8, insbesondere 4 bis 6 und ganz besonders bevorzugt 6 weitere Vorsprünge oder Gruppen aneinandergereihter weiterer Vorsprünge, angeordnet sind.

Nach einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Drehrohr im Bereich der Auslaufzone wenigstens einen zusätzlichen Vorsprung, bevorzugt eine Gruppe von zusätzlichen Vorsprüngen, zur Vermeidung der Clusterbildung im gebrannten Gut aufweist. Hierdurch setzt im Bereich des Auslaufendes eine besonders gleichmäßige Kühlung des gesamten gebrannten Gutes ein, wodurch sich die Ofenleistung und die Qualität des gebrannten Gutes wirksam verbessern lässt und zudem nachgelagerte Anlagenkomponenten, beispielsweise Rostkühler, vor Überhitzung geschützt werden. Dies führt wiederum zu einer verlängerten Lebensdauer des gesamten Ofens.

Bevorzugt ist dabei im Bereich der Auslaufzone eine Mehrzahl von zusätzlichen Vorsprüngen vorgesehen, wobei die zusätzlichen Vorsprünge in Umfangsrichtung des Drehrohrs als Gruppen angeordnet sind. Dabei sind die gruppenweise über den Umfang angeordneten zusätzlichen Vorsprünge in Längsrichtung des Drehrohrs bevorzugt versetzt zueinander angeordnet, um die Materialdurchmischung und damit die Gleichmäßigkeit der Kühlwirkung zu maximieren. Dabei sind wiederum in

Längsrichtung des Drehrohrs bevorzugt eine Mehrzahl von Gruppen zusätzlicher Vorsprünge – beispielsweise drei – vorgesehen.

Die zusätzlichen Vorsprünge können unterschiedliche Geometrien aufweisen. Besonders bevorzugt ist die Geometrie eines Pyramidenstumpfes mit der Grundfläche eines gleichschenkligen spitzwinkligen Dreiecks mit aus Stabilitätsgründen bevorzugt abgestumpfter Spitze, wobei der abgestumpfte spitze Winkel in Drehrichtung des Drehrohrs vorauseilt und somit durch das gebrannte Gut gleichsam durchpflügt. Um eine hinreichende Hitzebeständigkeit sicherzustellen, kann vorgesehen sein, dass die zusätzlichen Vorsprünge Beton, insbesondere Feuerbeton nach dem Stand der Technik enthalten. Bevorzugt weisen die zusätzlichen Vorsprünge eine Höhe zwischen 100 mm und 300 mm, bevorzugt von ca. 200 mm, und eine Länge in Umfangsrichtung des Drehrohrs (Höhe der gleichschenkligen dreieckigen Basisfläche des Pyramidenstumpfes) zwischen 300 mm und 500 mm, bevorzugt von ca. 400 mm auf. Die Breite der dem spitzen Winkel der gleichschenkligen dreieckigen Basisfläche gegenüberliegenden Dreiecksseite weist zwischen 50 mm und 150 mm, bevorzugt ca. 300 mm auf.

Die eingangs genannte Aufgabe wird verfahrensmäßig nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung mit einem Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere von Kalkstein oder Dolomit, gelöst, welches folgende Schritte aufweist:

- Einleiten des karbonathaltiges Gutes in das Drehrohr eines Drehrohrofens nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
- Brennen des karbonathaltiges Gutes, wobei sich das karbonathaltige Gut durch das Drehrohr von der Einlaufzone durch die Vorwärmzone und die Brennzone zur Auslaufzone bewegt, wobei sich das Drehrohr in einer Drehrichtung dreht,
- Förderung des karbonathaltigen Gutes durch die Vorwärmzone, wobei die Gruppen von im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs hintereinander angeordnet Vorsprüngen derart in Längsrichtung des Drehrohrs versetzt zueinander angeordnet sind und die Rotationsgeschwindigkeit und

Neigung des Drehrohrs derart angepasst sind, dass das Gut auf spiralförmigen Transportpfaden durch die Vorwärmzone gefördert wird.

Für das Verfahren gelten die vorstehend genannten Vorteile entsprechend. Insbesondere wird ein effizientes Brennverfahren vorgeschlagen, welches sich durch einen hohen Materialdurchsatz durch den Drehrohrofen, eine gleichmäßig hohe Produktqualität bei dem gebrannten Gut infolge vollständiger Kalzinierung sowie durch eine einfache Durchführbarkeit auszeichnet. Speziell wird in der Vorwärmzone durch die Gruppen von Vorsprüngen eine gründliche Durchmischung des zu brennenden Gutes bei minimaler Staubbildung erreicht.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Drehrohr eines Drehrohrofens in perspektivischer Ansicht,

Fig. 2 das Drehrohr der Fig. 1 in unterbrochener perspektivischer Längsschnittansicht,

Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt der Vorwärmzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Längsschnittansicht,

Fig. 4 einen Vorsprung der Vorwärmzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Ansicht,

Fig. 5 die zweidimensionale unterbrochene Darstellung der „abgewickelten“ Offeninnenwand des Drehrohrs der Fig. 2 in stark schematischer Form,

Fig. 6 eine Ausschnittvergrößerung des Drehrohrs der Fig. 1 mit teilweise ausgeschnittener Ofenwand in perspektivischer Ansicht,

Fig. 7 einen vergrößerten Ausschnitt der Einlaufzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Längsschnittansicht,

Fig. 8 einen weiteren Vorsprung in der Einlaufzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Ansicht,

Fig. 9 einen vergrößerten Ausschnitt der Auslaufzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Längsschnittansicht, und

Fig. 10 einen zusätzlichen Vorsprung in der Auslaufzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Ansicht.

In Fig. 1 ist das Drehrohr 1 eines Drehrohrofens mit üblichen Lagerungs- und Antriebskomponenten, auf die im Folgenden nicht näher eingegangen wird, dargestellt. Das Drehrohr 1 umfasst ein – hier vorderseitig dargestelltes – Einlaufende 2a und ein rückseitiges Auslaufende 4a. Entlang der Längserstreckung des Drehrohrs 1 umfasst das Drehrohr 1 in Bezug auf den Materialaufgabe-, Brenn- und Materialaustragprozess eine Einlaufzone 2, eine Vorwärmzone 3a (auch „Übergangszone“ genannt), eine Brennzone 3b sowie eine Auslaufzone 4 (s. auch Fig. 2 und 5). Im Bereich des Auslaufendes 4a ist eine Brennerlanze 5 angeordnet, mittels derer im Betrieb des Drehrohrofens eine in das Drehrohr 1 hineinragende Flamme erzeugt wird. Weist das Drehrohr 1 beispielsweise eine Gesamtlänge von ca. 90 m auf, so beträgt die Länge der Einlaufzone 2 typischerweise ca. 2 m, die der Vorwärmzone 3a ca. 32 m, die Länge der Brennzone 3b ca. 53 m und die der Auslaufzone 4 ca. 3 m. Die höchsten durch die Brennerflamme erzeugten Temperaturen werden im Betrieb des Drehrohrofens in der Brennzone 3b erzielt und betragen ca. 1500 – 1600°C, so dass in dieser Zone der ganz überwiegende Teile der Kalzinierungsreaktion abläuft.

Wie in der perspektivischen Längsschnittansicht des Drehrohrs 1 der Fig. 2 dargestellt, umfasst das Drehrohr 1 in der Vorwärmzone 3a eine Mehrzahl von Vorsprüngen 7 (auch „Mitnehmer“ genannt). Diese sind, wie erkennbar, als Gruppen

71 parallel zur Längsachse des Drehrohrs 1 hintereinander angeordnet. Über den Innenumfang des Drehrohrs 1 verteilt sind insgesamt sechs Gruppen 71 von Vorsprüngen 7 vorgesehen, wie insbesondere der Darstellung der „abgewickelten" Offeninnenwand der Fig. 5 zu entnehmen ist. Die Vorsprünge 7 sind derart angeordnet, dass in Umfangsrichtung des Drehrohrs 1 benachbart angeordnete Vorsprünge 7 benachbarter Gruppen 71 von Vorsprüngen 7 in Längsrichtung des Drehrohrs 1 versetzt zueinander angeordnet sind (s. Fig. 5). Da, wie in Fig. 2 und 5 erkennbar, die gruppenweise in Reihen angeordneten Vorsprünge 7 identische Reihen bilden – d.h. die Länge der Vorsprünge 7 und der Zwischenräume zwischen den Vorsprüngen 7 ist für jede Gruppe 71 identisch – , sind dementsprechend auch benachbarte ganze Gruppen 71 in Längsrichtung des Drehrohrs 1 zueinander versetzt. Die Gruppen 71 der Vorsprünge 7 nehmen bevorzugt ein Drittel bis ein Fünftel der Gesamtlänge des Drehrohrs 1 in Anspruch.

Eine genauere Darstellung der Vorsprünge 7 zeigt Fig. 3. Hier und in Fig. 4 ist zunächst erkennbar, dass die Vorsprünge 7 jeweils als Trapezprisma ausgebildet sind mit einer Länge von vorliegend ca. 400 mm und einer Höhe von vorliegend ca. 200 mm. Ferner beträgt die Breite der unteren Trapezbasis ca. 300 mm, während die obere Trapezbasis eine Breite von vorliegend ca. 100 mm aufweist. Damit werden entlang der Längserstreckung der Vorsprünge 7 geneigte Schenkelflächen 7a definiert, vorliegend in einem Winkel von ca. 76° zur unteren Trapezbasis. Durch die trapezförmige Ausbildung der Vorsprünge 7 ist sichergestellt, dass das im Ofenbetrieb durch die Vorsprünge 7 in der Vorwärmzone 3a durchmischte Gut nicht unter erhöhter Staubbildung von den Vorsprüngen 7 herabfällt, sondern entlang der Schenkelflächen 7a herabgleitet.

Wie anhand der in Fig. 4 dargestellten Ofenausmauerung erkennbar ist, entspricht die Länge der Zwischenräume zwischen den aneinandergereihten Vorsprüngen 7 einer Gruppe 71 etwa der Länge der Vorsprünge 7 selbst und die Vorsprünge 7 jeweils benachbarter Gruppen 71 sind somit zueinander auf „Lücke" versetzt. Hierdurch werden spiral- oder schneckenförmige Transportpfade durch die Vorwärmzone 3a

des Drehrohrs 1 gebildet (in Fig. 5 als schräge gestrichelte Linien S dargestellt), auf denen das zu brennende Gut schnell durch die Vorwärmzone 3a transportiert werden kann.

In der Längsschnittdarstellung der Fig. 2 ist weiterhin erkennbar, dass in der Einlaufzone 2 des Drehrohrs 1 eine Mehrzahl weiterer Vorsprünge 6 angeordnet sind, die eine spezifische Form aufweisen und als Gruppen 61 in gestufter Form aneinandergereiht angeordnet sind, wie im Folgenden beschrieben wird. Die Vorsprünge 6 werden fachsprachlich auch als „Verdränger" bezeichnet.

Wie in den Fig. 1, 2 sowie 5 – 8 gezeigt, sind die als Gruppe 61 von vorliegend sechs aneinandergereihten weiteren Vorsprünge 6 im Wesentlichen zueinander identisch ausgebildet und weisen gemäß Fig. 8 vorliegend im Wesentlichen die Form eines geraden Prismas mit der Grundfläche eines rechtwinkligen, gleichschenkligen Dreiecks auf, wobei die nichtrechtwinkligen Winkel des Dreiecks abgestumpft sind. Jeder weitere Vorsprung 6 weist eine Gleitfläche 6a auf, welche zur Längsachse des Drehrohres 1 geneigt angeordnet ist. Bevorzugt ist dabei ein Neigungswinkel von ca. 45° gewählt. Wie erwähnt, sind die weiteren Vorsprünge 6 in gestufter Form aneinander gereiht, und zwar derart, dass durch die einzelnen Gleitflächen 6a der weiteren Vorsprünge 6 eine gemeinsame Gleitfläche 6a* gebildet wird, welche vorliegend ebenfalls in einem Winkel von ca. 45° zur Längsachse des Drehrohrs 1 geneigt ist.

Ferner sind die Gleitflächen 6a der weiteren Vorsprünge 6 bzw. die gemeinsame Gleitfläche 6a* der gruppenweise aneinandergereihten Vorsprünge 6 relativ zur Drehrichtung D des Drehrohrs 1 derart ausgerichtet, dass im Betrieb des Ofens das zu brennende Gut (nicht dargestellt) auf den Gleitflächen 6a der weiteren Vorsprünge 6 zu liegen kommt, und aufgrund der gewählten Neigung der Gleitflächen 6a zur Längsachse des Drehrohrs 1 schwerkraftbedingt zügig in Richtung der Vorwärmzone 3 gleitet, ohne dass es dabei zu einer unerwünschten Rückwärtsbewegung des zu brennenden Gutes in Richtung des Einlaufendes 2a kommt.

Wie in Fig. 1 und 5 gezeigt, sind über den Umfang verteilt an der Innenwand des Drehrohrs 1 eine Mehrzahl von Gruppen 61 gestuft aneinandergereihter weiterer Vorsprünge 6 vorgesehen. Vorliegend ist eine Anzahl von sechs Gruppen 61 gewählt.

Ferner ist in Fig. 2 dargestellt, dass in der Auslaufzone 4 des Drehrohrs 1 eine Mehrzahl von zusätzlichen Vorsprüngen 8 vorgesehen ist, wobei die zusätzlichen Vorsprünge 8 in Umfangsrichtung des Drehrohrs 1 als Gruppen 81 und in Längsrichtung des Drehrohrs 1 dabei versetzt zueinander angeordnet sind. Diese zusätzlichen Vorsprünge 8 (fachsprachlich „Schwerter“) dienen zur Vermeidung der Clusterbildung im gebrannten Gut. Wie in Fig. 10 gezeigt, weisen diese zusätzlichen Vorsprünge 8 die Form eines Pyramidenstumpfes mit der Grundfläche eines gleichschenkligen spitzwinkligen Dreiecks auf, wobei der spitze Winkel in Drehrichtung D des Drehrohrs 1 vorauseilt und aus Stabilitätsgründen leicht abgestumpft ist. Die Auslaufzone 4 mit den zusätzlichen Vorsprüngen 8 ist der besseren Übersichtlichkeit halber nochmal in Fig. 9 im Detail dargestellt. Die relative Anordnung der einzelnen Gruppen 81 der zusätzlichen Vorsprünge 8 („Schwerter“) zueinander und zu den Gruppen 71 der Vorsprünge 7 („Mitnehmer“) in der Vorwärmzone zeigt Fig. 5.

In Fig. 5 ist nun in stark schematischer Form eine Darstellung der „abgewickelten“ Ofeninnenwand des Drehrohrs 1 gezeigt. Dies bedeutet, dass die Verteilung sämtlicher vorgesehener Vorsprünge 7 („Mitnehmer“) in der Vorwärmzone 3a, weitere Vorsprünge 6 („Verdränger“) in der Einlaufzone 2 sowie zusätzlicher Vorsprünge 8 („Schwerter“) in der Auslaufzone 4 des Drehrohrs 1 in zweidimensionaler Darstellung gezeigt ist, wobei die Brennzone 3b, in der vorliegend keine Vorsprünge vorgesehen sind, aus Platzgründen nicht vollständig dargestellt ist. Demnach sind in der Einlaufzone 2 über den Umfang verteilt sechs Gruppen 61 jeweils fünf gestuft aneinandergereihter weiterer Vorsprünge 6 („Verdränger“) vorgesehen. In der sich an die Einlaufzone 2 anschließenden Vorwärmzone 3 sind ebenfalls sechs Gruppen 71 in Längsrichtung des Drehrohrs 1 hintereinander angeordneter erfindungsgemäßer

Vorsprünge 7 („Mitnehmer“) vorgesehen. In Umfangsrichtung benachbart angeordnete Vorsprünge 7 sind versetzt zueinander positioniert, wie durch die Hilfslinie V in Fig. 5 dargestellt. Durch diese versetzte Anordnung ergeben sich im Drehrohr 1 spiralförmige Transportpfade, auf denen das zu brennende Gut sich hindernisfrei durch die Vorwärmzone 3a bewegen kann. Die spiralförmigen Transportpfade sind in der zweidimensionalen Darstellung der Fig. 5 exemplarisch als parallele schräg verlaufende Linien S dargestellt.

Ferner sind in Fig. 5 die in der Auslaufzone 4 des Drehrohrs 1 vorgesehenen zusätzlichen Vorsprünge 8 („Schwerter“) dargestellt. Diese sind, wie erwähnt, in Umfangsrichtung des Drehrohrs 1 in Gruppen 81 angeordnet, wobei die zusätzlichen Vorsprünge 8 einer Gruppe 81 in Längsrichtung zueinander versetzt sind, um eine maximale Menge an gebranntem Gut zu bearbeiten. Der Versatz in Längsrichtung des Drehrohrs 1 ist in Fig. 5 durch die Hilfslinie V‘ dargestellt. Vorliegend sind zwei Gruppen 81 à fünf zusätzlichen Vorsprüngen 8 vorgesehen. Die am Auslaufende 4 des Drehrohrs angeordnete Gruppe 81 umfasst lediglich drei zusätzliche Vorsprünge 8. Im Gegensatz zu den Vorsprüngen 6 der Einlaufzone 2 reichen die zusätzlichen Vorsprünge 8 nicht bis ans Auslaufende 4a des Drehrohrs 1 heran. Vielmehr kann ein gewisser Abstand von bevorzugt ca. 1 m gewählt sein.

Patentansprüche

1. Drehrohrofen zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere von Kalkstein oder Dolomit, umfassend ein Drehrohr (1) mit einem Einlaufende (2a) zur Aufgabe des zu brennenden Gutes und einem Auslaufende (4a) zur Ausleitung des gebranntes Gutes, und eine im Bereich des Auslaufendes (4a) angeordnete Brennereinheit (5), wobei das Drehrohr (1) an seinem Einlaufende (2a) eine Einlaufzone (2) aufweist und an seinem Auslaufende (4a) eine Auslaufzone (4) aufweist, wobei zwischen der Einlaufzone (2) und Auslaufzone (4) in Transportrichtung des Gutes eine Vorwärmzone (3a) und eine Brennzone (3b) angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der Vorwärmzone (3a) des Drehrohrs (1) eine Mehrzahl von Vorsprüngen (7) angeordnet ist, wobei die Vorsprünge (7) als Gruppen (71) im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs (1) hintereinander angeordnet sind, wobei in Umfangsrichtung des Drehrohrs (1) benachbart angeordnete Vorsprünge (7) benachbarter Gruppen (71) von Vorsprüngen (7) in Längsrichtung des Drehrohrs (1) versetzt zueinander angeordnet sind, derart, dass in der Vorwärmzone (3a) spiralförmige Transportpfade (S) für das zu brennende Gut gebildet sind.

2. Drehrohrofen nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorsprünge jeweils ein feuerfestes Material enthalten,
wobei optional das feuerfeste Material Beton, insbesondere Feuerbeton, ist.

3. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

zumindest einige Vorsprünge (7) eine prismatische Geometrie, insbesondere die Geometrie eines Trapezprismas, bevorzugt eines gleichschenkligen Trapezprismas, aufweisen.

4. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
zumindest einige Vorsprünge (7) eine Höhe in bezogen auf das Drehrohr (1) radialer Richtung zwischen 50 mm und 500 mm, bevorzugt zwischen 100 mm und 300 mm und besonders bevorzugt von ca. 200 mm, aufweisen,
und/oder zumindest einige Vorsprünge (7) eine Länge in Längsrichtung des Drehrohrs (1) zwischen 50 mm und 2000 mm, speziell zwischen 100 mm und 1000 mm, bevorzugt zwischen 200 mm und 750 mm und besonders bevorzugt zwischen 350 mm und 450 mm, aufweisen,
und/oder dass zumindest einige Vorsprünge (7) eine Breite senkrecht zur Längsrichtung des Drehrohrs (1) zwischen 50 mm und 1000 mm, bevorzugt zwischen 100 mm und 500 mm und besonders bevorzugt zwischen 150 mm und 300 mm, aufweisen.

5. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 3 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
zumindest einige Vorsprünge (7) die Geometrie eines Trapezprismas aufweisen, wobei die Breite der unteren Trapezbasis zwischen 100 mm und 400 mm, bevorzugt zwischen 150 mm und 300 mm, liegt und die Breite der oberen Basis zwischen 30 mm und 200 mm, bevorzugt zwischen 50 mm und 200 mm und besonders bevorzugt zwischen 70 mm und 130 mm.

6. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
das Verhältnis zwischen der Länge eines Vorsprung (7) in Längsrichtung des Drehrohrs (1) und dem Abstand zwischen zwei in Längsrichtung des Drehrohrs (1) benachbarten Vorsprüngen (7) zwischen ca. 2:1 und 1:2, bevorzugt zwischen

ca. 1,5:1 und 1:1,5, liegt und besonders bevorzugt ca. 1:1 beträgt.

7. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
wenigstens einige der Vorsprünge (7) an der Innenwand des Drehrohrs (1) mittels einer metallischen Verankerung, insbesondere einer verschweißten metallischen Verankerung, befestigt sind.

8. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
über den Umfang des Drehrohrs (1) verteilt 3 bis 9, speziell 4 bis 8, besonders bevorzugt 5 bis 7, und ganz besonders bevorzugt 6 Gruppen (71) in Längsrichtung hintereinander angeordneter Vorsprünge (7) vorgesehen sind.

9. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die Gruppen von im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs (1) hintereinander angeordneten Vorsprüngen (7) sich über ein Fünftel bis ein Drittel der Gesamtlänge des Drehrohrs (1) erstrecken.

10. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
in der Einlaufzone (2) des Drehrohrs (1) wenigstens ein weiterer Vorsprung (6), bevorzugt eine Mehrzahl von weiteren Vorsprüngen (6), vorgesehen ist, wobei der wenigstens eine weitere Vorsprung (6) wenigstens eine zur Längsachse des Drehrohrs (1) geneigte Gleitfläche (6a) zur Förderung des zu brennenden Gutes aus der Einlaufzone (2) in die Vorwärmzone (3a) aufweist.

11. Drehrohrofen nach Anspruch 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
in der Einlaufzone (2) des Drehrohrs (1) eine Mehrzahl von weiteren

Vorsprüngen (6) vorgesehen ist, wobei die weiteren Vorsprünge (6) derart als Gruppe (61) aneinandergereiht angeordnet sind, dass die jeweiligen Gleitflächen (6a) der weiteren Vorsprünge eine gemeinsame Gleitfläche (6a*) für das zu brennende Gut bilden.

12. Drehrohrofen nach Anspruch 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
sich die durch die Mehrzahl von weiteren Vorsprüngen (6) gebildete gemeinsame Gleitfläche (6a*) im Wesentlichen über die gesamte Länge der Einlaufzone (2) erstreckt.

13. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die wenigstens eine Gleitfläche (6a) des wenigstens einen weiteren Vorsprungs (6) eine Neigung zur Längsachse des Drehrohrs (1) von 15° bis 70°, insbesondere von 25° bis 65°, speziell von 35° bis 55° und besonders bevorzugt von 40° bis 50°, aufweist.

14. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
im Bereich der Auslaufzone (4) eine Mehrzahl von zusätzlichen Vorsprüngen vorgesehen ist, wobei die zusätzlichen Vorsprünge (8) in Umfangsrichtung des Drehrohrs (1) als Gruppen (81), in Längsrichtung des Drehrohrs (1) dabei bevorzugt versetzt zueinander, angeordnet sind,
worin optional in Längsrichtung des Drehrohrs (1) eine Mehrzahl von Gruppen (81) zusätzlicher Vorsprünge (8) vorgesehen sind.

15. Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Gut, insbesondere von Kalkstein oder Dolomit,
g e k e n n z e i c h n e t durch folgende Schritte:

- Einleiten des karbonathaltiges Gutes in das Drehrohr (1) eines Drehrohrofens nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
- Brennen des karbonathaltiges Gutes, wobei sich das karbonathaltige Gut durch das Drehrohr von der Einlaufzone (2) durch die Vorwärmzone (3a) und die Brennzone (3b) zur Auslaufzone (4) bewegt, wobei sich das Drehrohr in einer Drehrichtung (D) dreht,
- Förderung des karbonathaltigen Gutes durch die Brennzone (3), wobei die Gruppen (71) von im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs (1) hintereinander angeordnet Vorsprüngen (7) derart in Längsrichtung des Drehrohrs (1) versetzt zueinander angeordnet sind und die Rotationsgeschwindigkeit und Neigung des Drehrohrs(1) derart angepasst sind, dass das Gut auf spiralförmigen Transportpfaden (S) durch die Vorwärmzone (3a) gefördert wird.

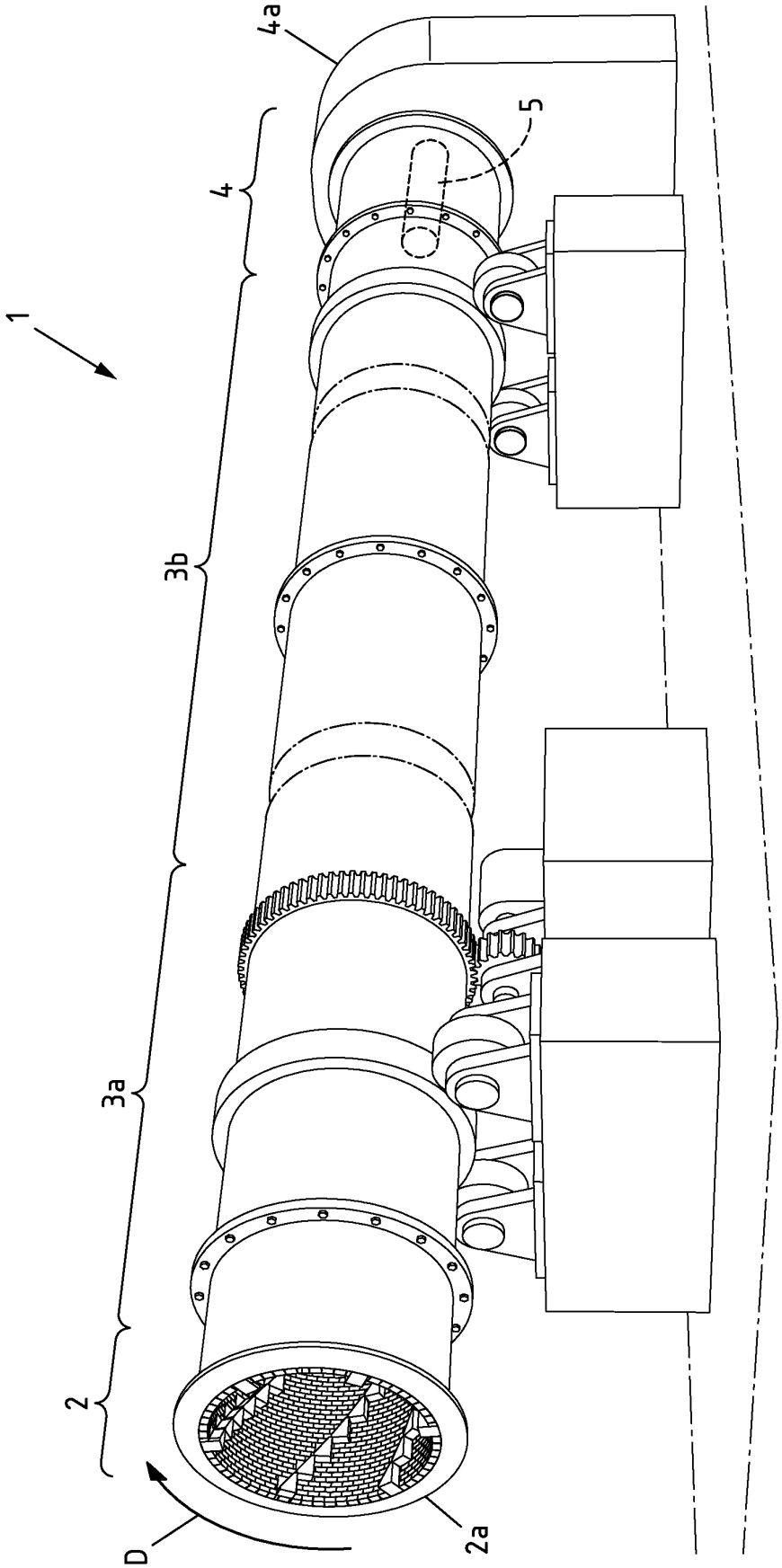


Fig.1

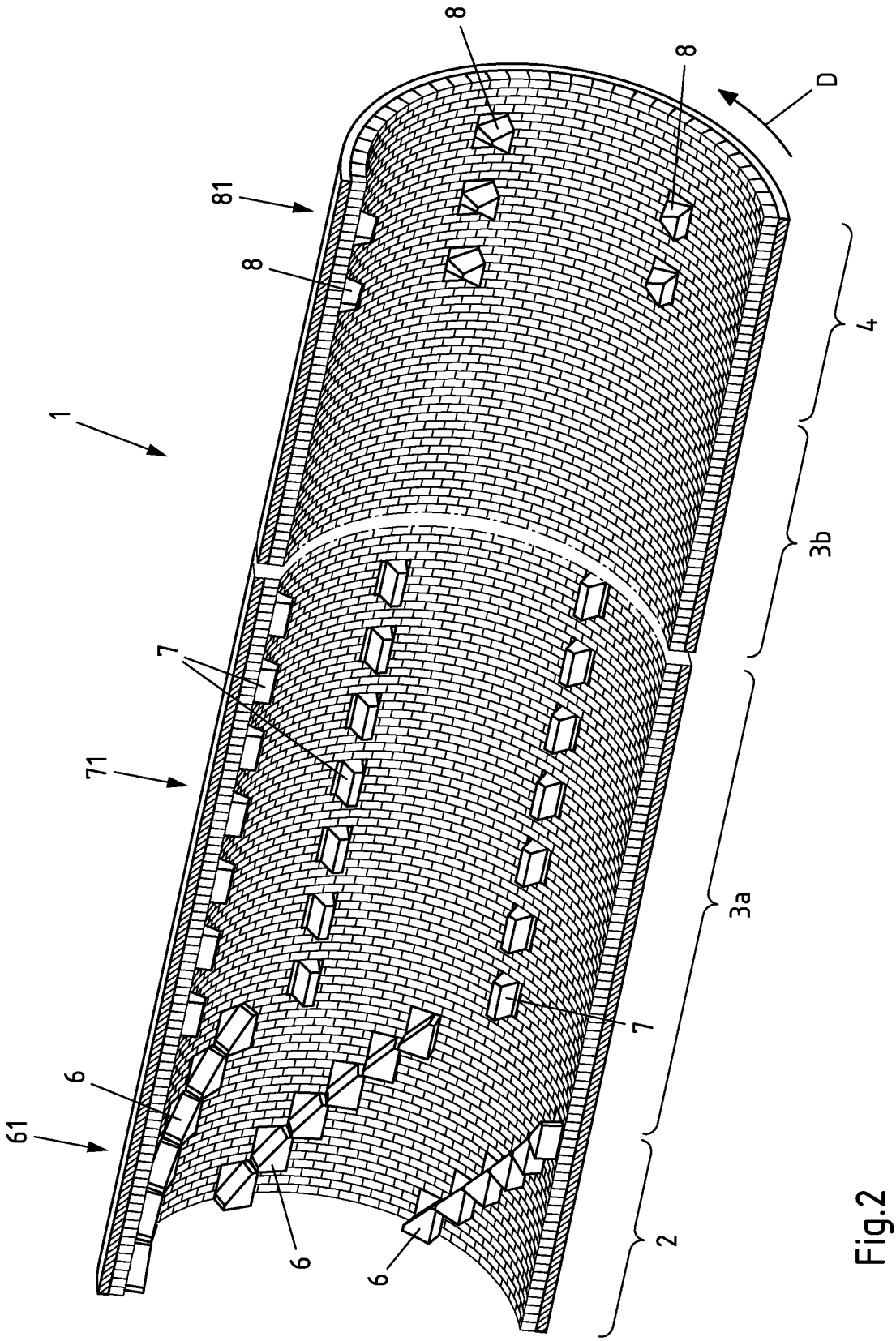


Fig.2

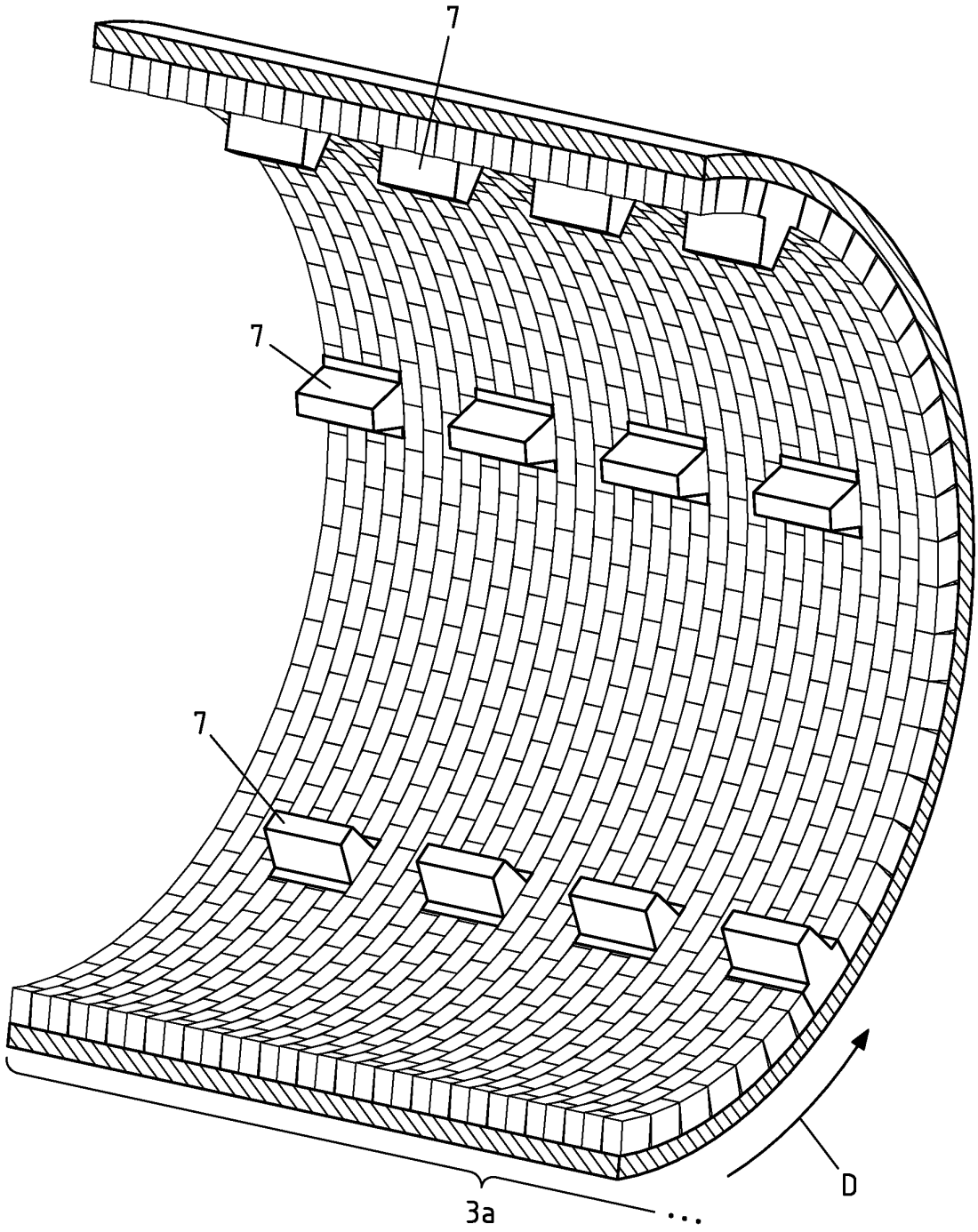


Fig.3

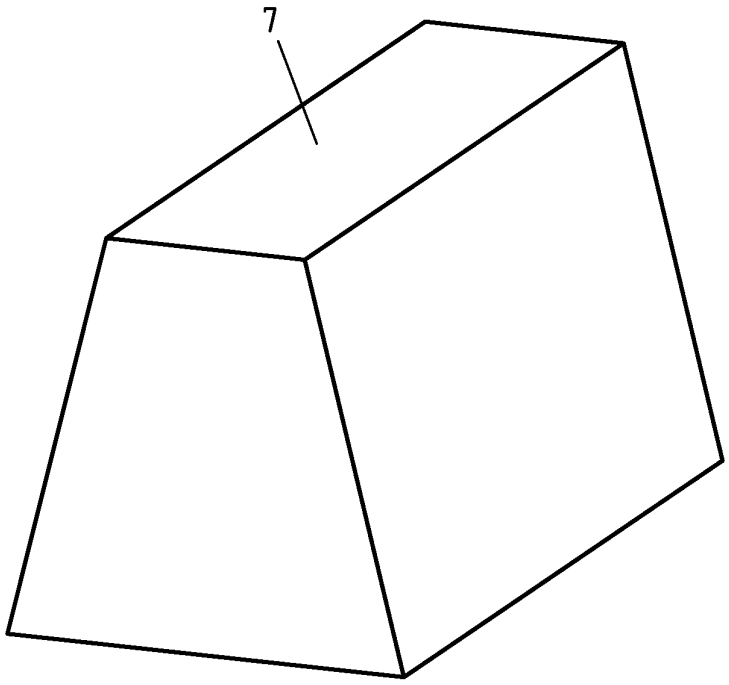


Fig.4

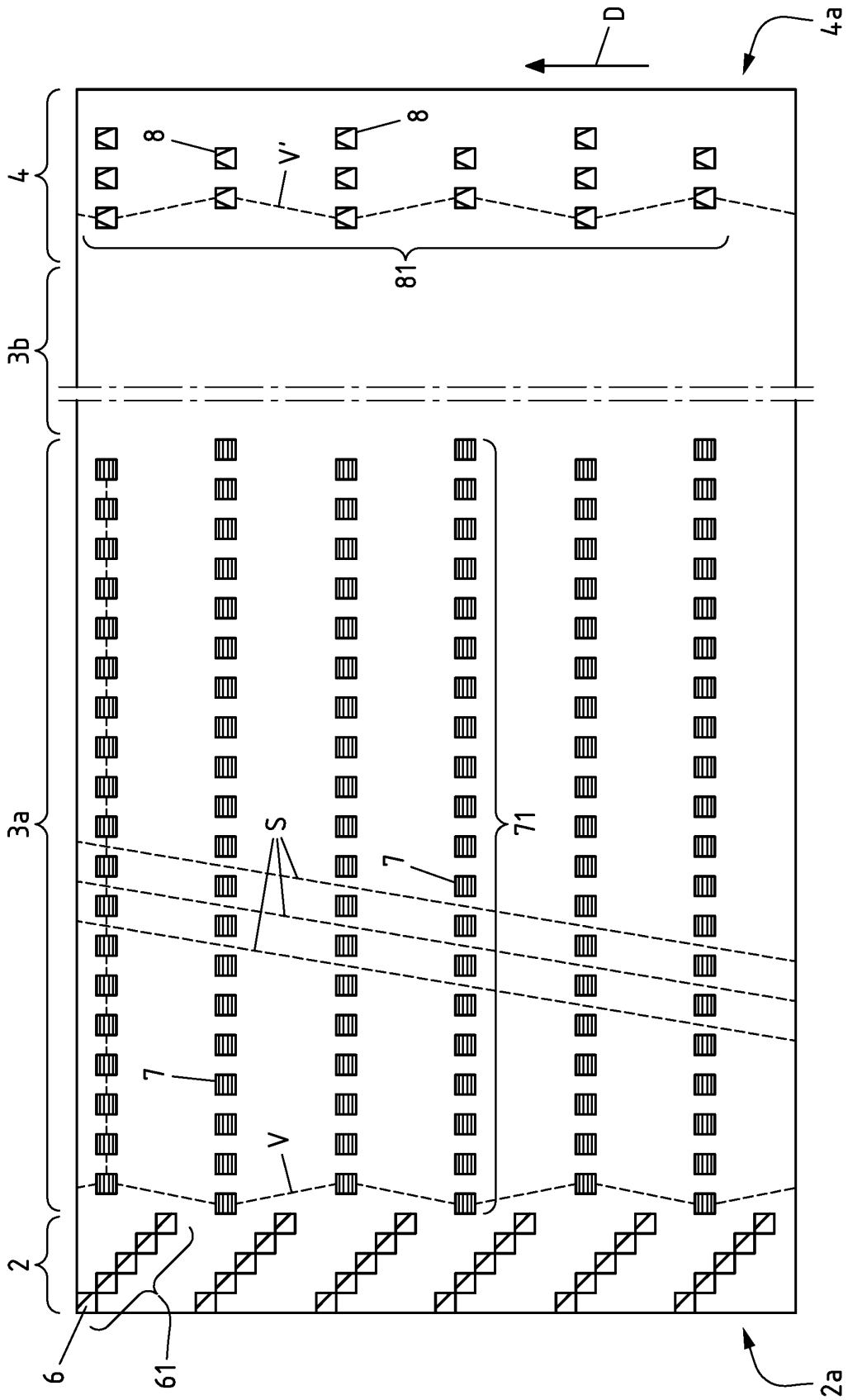


Fig.5

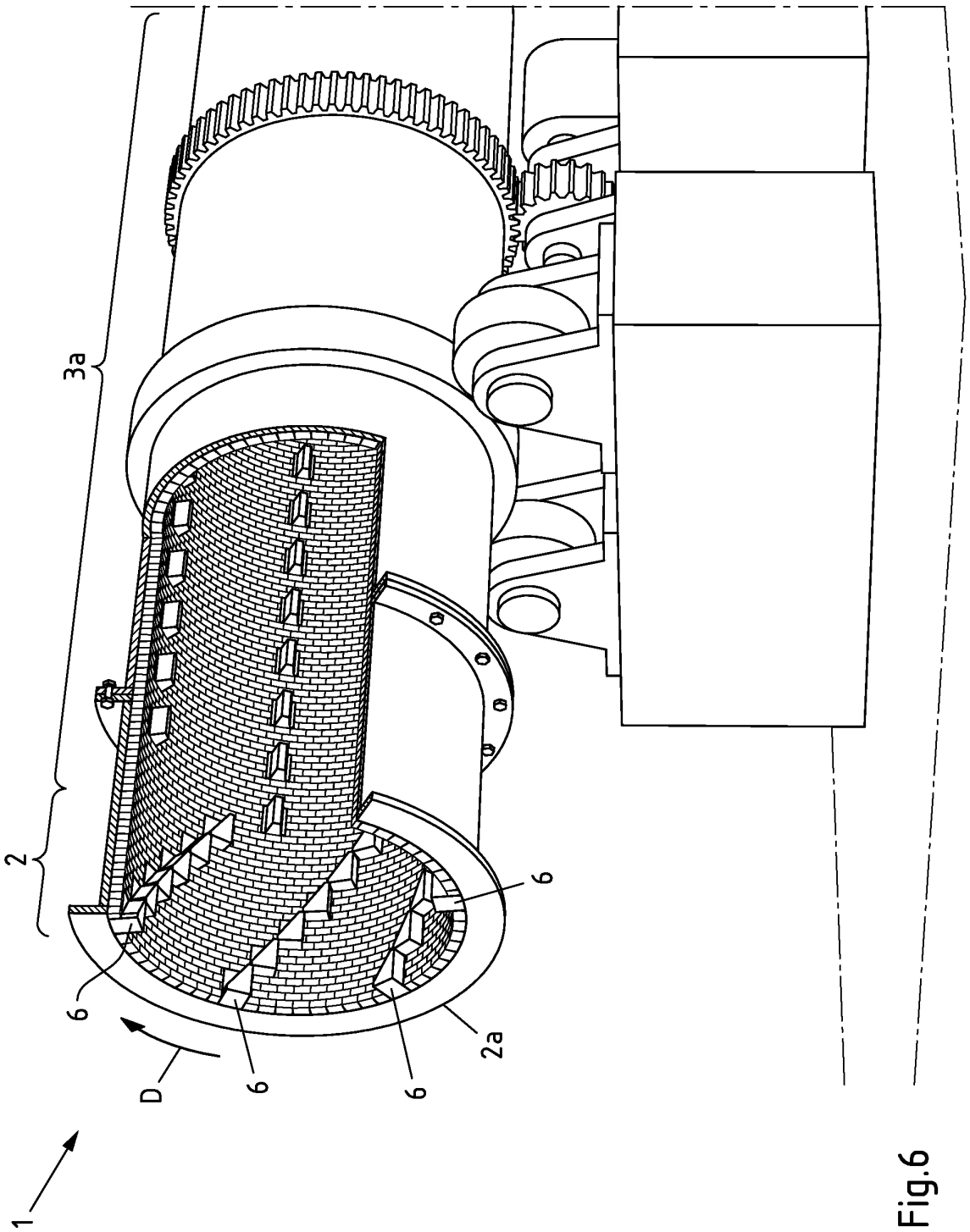


Fig.6

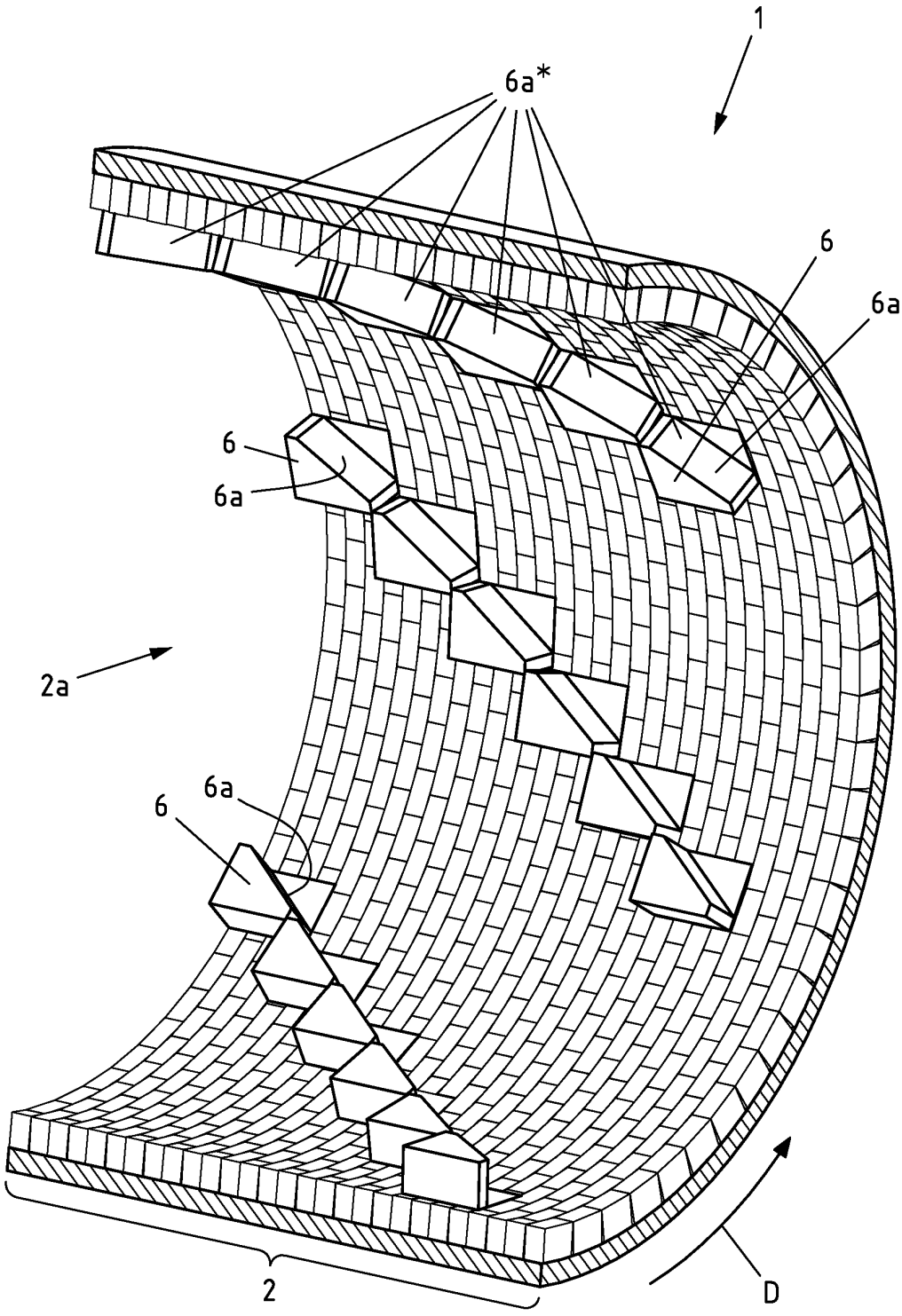


Fig.7

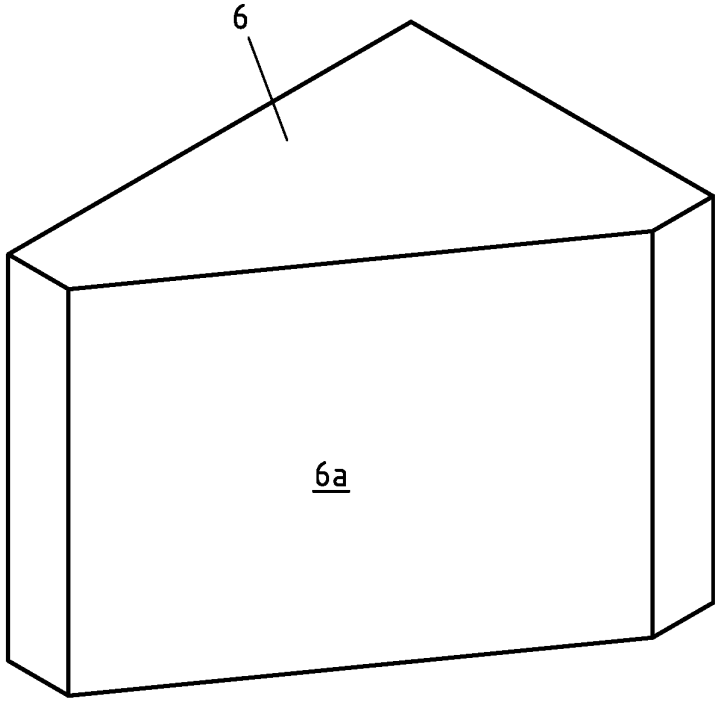


Fig.8

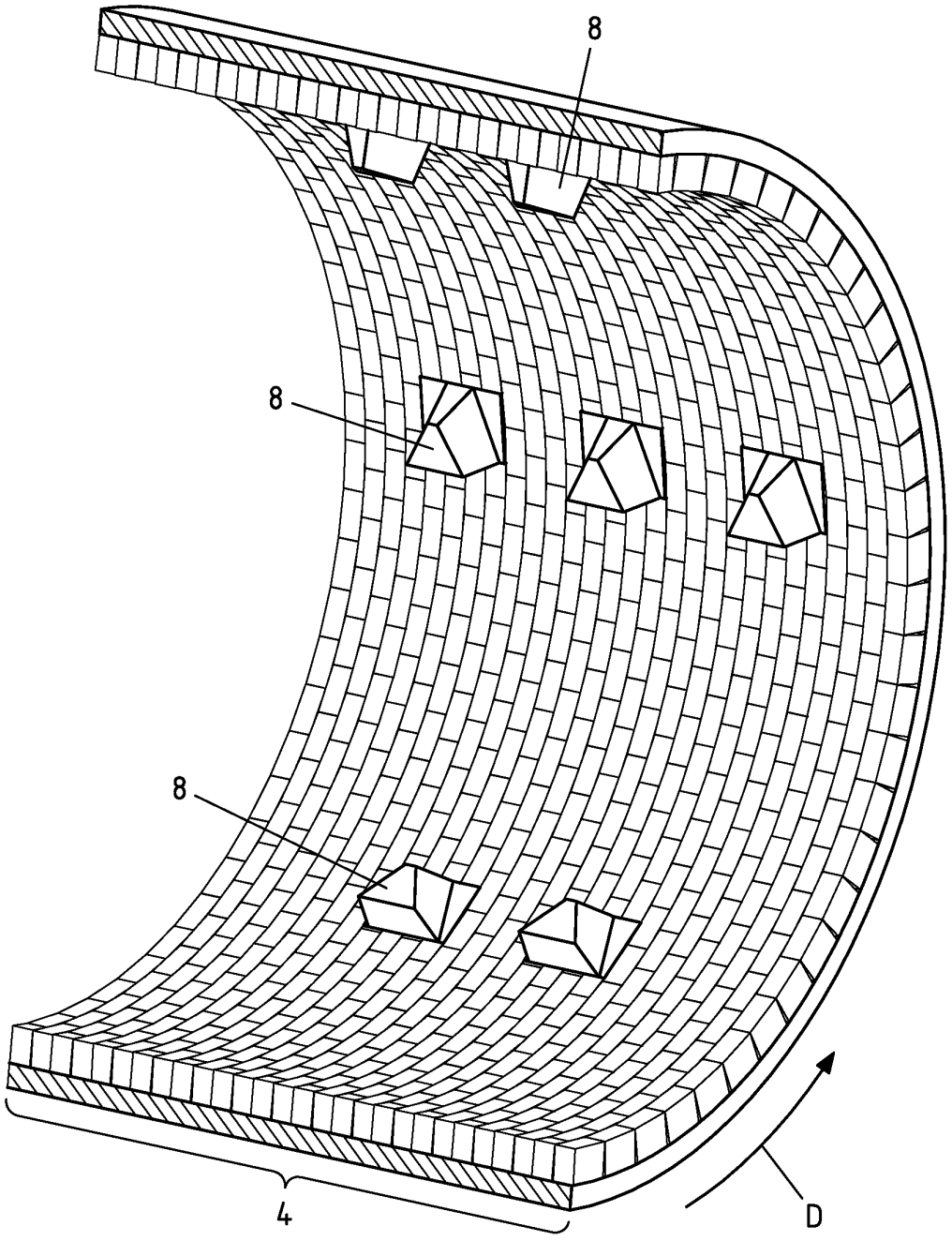


Fig.9

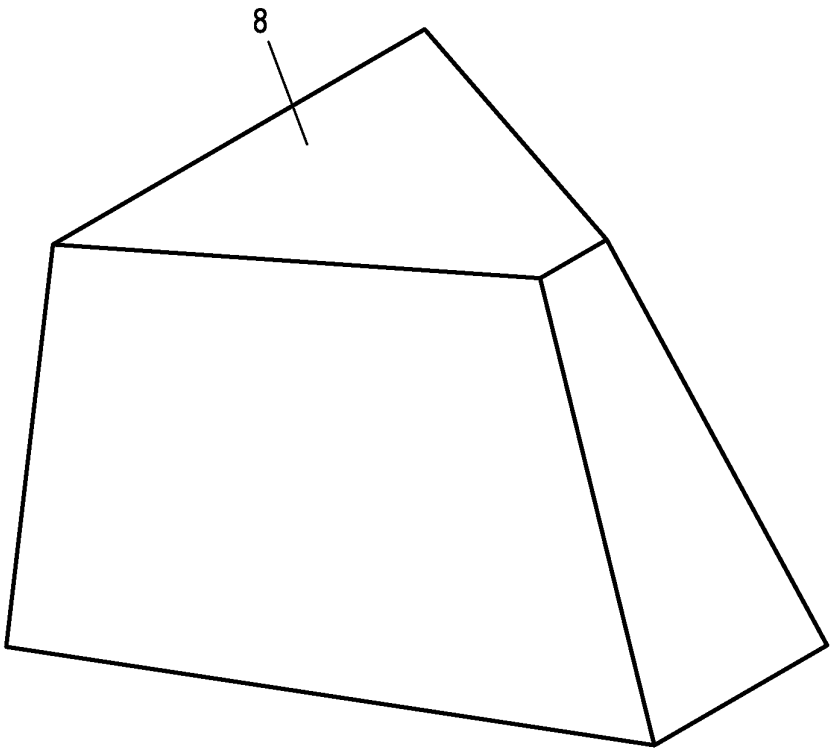


Fig.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/055694

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F27B 7/16(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; F23G; F26B

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	FR 443783 A (ADOLF NEGRO [HU]) 02 October 1912 (1912-10-02)	1-10,13-15
A	page 1, left-hand column, line 27 - page 2, left-hand column, line 20; figures 1, 2	11,12
A	DE 400236 C (NILS WINQVIST) 14 August 1924 (1924-08-14) the whole document	1-15
A	US 1544504 A (TOMLINSON CLIFFORD J) 30 June 1925 (1925-06-30) page 3, left-hand column, line 22 - page 3, right-hand column, line 73; figure 1	1-15
A	US 3124338 A (AMERICAN CEMENT CORPORATION) 10 March 1964 (1964-03-10) column 2, line 30 - column 3, line 59; figures 1-8	1-15

☐ 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
31 March 2022	**11 April 2022**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Pipoli, Tiziana** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2022/055694

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
FR	443783	A	02 October 1912	NONE	
DE	400236	C	14 August 1924	NONE	
US	1544504	A	30 June 1925	NONE	
US	3124338	A	10 March 1964	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/055694

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F27B7/16
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F27B F23G F26B

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 A	FR 443 783 A (ADOLF NEGRO [HU]) 2. Oktober 1912 (1912-10-02) Seite 1, linke Spalte, Zeile 27 - Seite 2, linke Spalte, Zeile 20; Abbildungen 1, 2	1-10, 13-15 11,12
A	DE 400 236 C (NILS WINQVIST) 14. August 1924 (1924-08-14) das ganze Dokument	1-15
A	US 1 544 504 A (TOMLINSON CLIFFORD J) 30. Juni 1925 (1925-06-30) Seite 3, linke Spalte, Zeile 22 - Seite 3, rechte Spalte, Zeile 73; Abbildung 1	1-15
A	US 3 124 338 A (AMERICAN CEMENT CORPORATION) 10. März 1964 (1964-03-10) Spalte 2, Zeile 30 - Spalte 3, Zeile 59; Abbildungen 1-8	1-15

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" 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
31. März 2022	11/04/2022

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	Pipoli, Tiziana

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/055694

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 443783	A 02-10-1912	KEINE	
DE 400236	C 14-08-1924	KEINE	
US 1544504	A 30-06-1925	KEINE	
US 3124338	A 10-03-1964	KEINE	