(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 2022/184934 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/055693

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
21161137.1 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 BURNING CARBONATE-CONTAINING MATERIAL, IN PARTICULAR LIMESTONE OR DOLOMITE

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

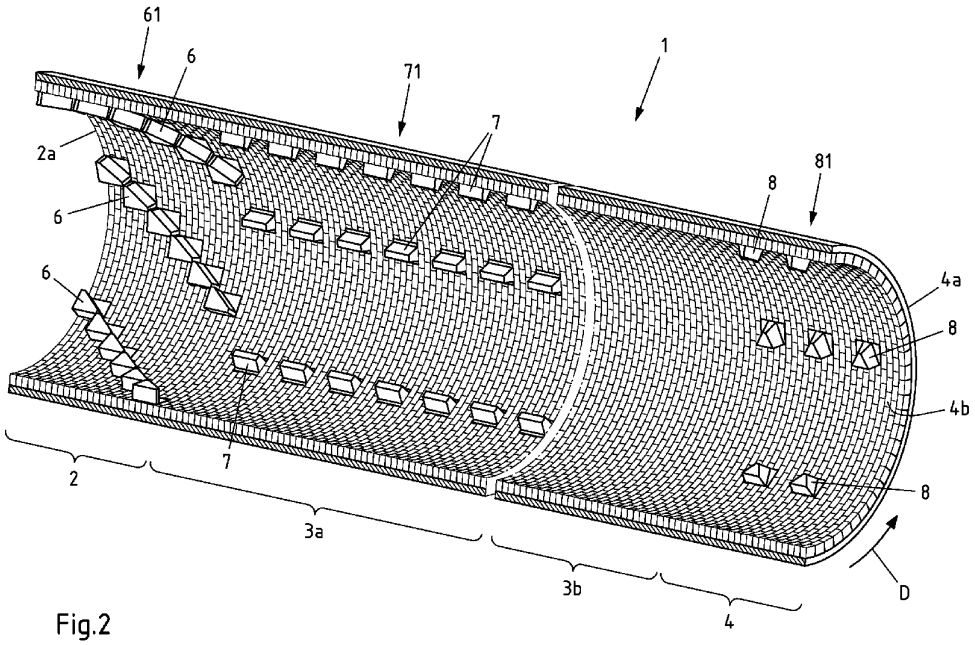


Fig.2

(57) **Abstract:** The present invention relates to a rotary kiln for burning carbonate-containing material, in particular limestone or dolomite, comprising a rotating cylinder (1) having an inlet end (2a) for feeding the material to be burned and an outlet end (4a) for discharging the burned material, and a burner unit (5) located in the region of the outlet end (4a). The rotating cylinder (1) has an inlet zone (2) at the inlet end (2a) thereof and an outlet zone (4) at the outlet end (4a) thereof, and a preheating zone (3a) and a burning zone (3b) are located between the inlet zone (2) and the outlet zone (4) in the transport direction of the material. According to the invention the rotary kiln is characterised in that at least one projection (8) is provided in the outlet zone (4) of the rotating cylinder (1), the at least one projection (8) having a contour tapering in the direction of rotation of the rotating cylinder (1). The present invention also relates

WO 2022/184934 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)*

to a method for burning 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 Auslaufzone (4) des Drehrohrs (1) wenigstens ein Vorsprung (8) angeordnet ist, wobei der wenigstens eine Vorsprung (8) eine sich in Drehrichtung des Drehrohrs (1) verjüngende Kontur aufweist. 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 0 674 145 A1, US 1,544,504 A, oder der US 3,124,338 A.

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 durch einen im Bereich des Ofenauslaufs angeordneten Brenner erzeugten Flamme. Üblicherweise ist der Ofen bis zu etwa 8 bis 20% des Ofendurchmessers mit dem zu brennenden Gut gefüllt. Das zu brennende Gut wandert von der idR 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, welche durch maximale Temperaturen von 1500 – 1600°C charakterisiert ist. Hier findet temperaturbedingt zu einem ganz überwiegenden Teil die eigentliche Kalzinierung des zu brennenden Gutes statt. An die Brennzone schließt sich wiederum die einige Meter lange Auslaufzone des Drehrohrs an, in der das gebrannte Gut bereits beginnt abzukühlen. Von dort fällt das gebrannte Gut in der Regel durch einen Schacht auf eine Kühleinheit, beispielsweise einen Rostkühler. Die konkreten Längen der einzelnen Zonen sind auch von der Gesamtlänge des Drehrohrs und der relativen Position der Brennerlanze und der Flammenlänge abhängig.

Im Sinne eines effizienten Ofenbetriebs werden stets hohe Durchsatzraten angestrebt, wobei gleichzeitig sicherzustellen ist, dass die Kalzinierung des zu brennenden Gutes vollständig ist und 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 ungleichmäßige Temperarturverteilung im gebrannten Gut dar, was unmittelbar eine Folge der Mischungscharakteristik des Gutes in einem Drehrohrofen ist. So bildet sich im Gutbett ein aktiver Anteil an der Oberfläche zum freien Ofenvolumen, welcher während der Rotation des Drehrohrs aktiv in Bewegung ist und in intensivem Temperaturaustausch mit der Ofenatmosphäre steht, während ein darunter liegender passiver Anteil zur Clusterbildung neigt und nicht an die Oberfläche gelangt. Dementsprechend kann der aktive Anteil im Gutbett in der Auslaufzone rasch abkühlen, während der passive Anteil mangels Austausch mit der in der Auslaufzone sich abkühlenden Ofenatmosphäre lange ein hohes Temperaturniveau hält. Dies kann dazu führen, dass sehr heißes gebranntes Gut aus dem passiven Anteil des Gutbetts die dem Drehrohr nachgelagerte Kühlvorrichtung durch Überhitzung beschädigt.

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. Insbesondere soll eine Beschädigung dem Drehrohr nachfolgender Komponenten, insbesondere solcher zum Kühlen des gebrannten Gutes, durch eine zu hohe Temperatur des gebrannten Gutes vermieden werden.

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 Auslaufzone des Drehrohrs wenigstens ein Vorsprung angeordnet ist, wobei der wenigstens eine Vorsprung eine sich in Drehrichtung des Drehrohrs verjüngende Kontur aufweist.

Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Drehrohrofens liegt darin, dass durch Anordnung wenigstens eines Vorsprungs in der Auslaufzone das gebrannte Gut entlang der gesamten Tiefe des Gutbetts effektiv durchmischt wird, so dass nicht nur bei dem aktiven, sondern auch bei dem passiven Anteil des Gutes ein intensiver Temperaturaustausch mit der sich in der Auslaufzone abkühlenden Ofenatmosphäre erfolgt. Dies führt wiederum dazu, dass in dem Gut keine Temperaturspitzen auftreten, so dass eine temperaturbedingte Beschädigung der dem Drehrohr nachfolgenden Komponenten, insbesondere der Kühleinheiten, durch das gebrannte Gut minimiert ist. Dadurch, dass der wenigstens eine Vorsprung eine sich in Drehrichtung des Drehrohrs verjüngende Kontur aufweist, bewegt er sich nach Art eines Pfluges durch das Material und durchmischt und durchkämmt es dabei intensiv. Hierdurch wird eine maximale Durchmischung erreicht und die Zweiteilung des Gutbetts in aktiven und passiven Anteil vollständig aufgehoben.

Infolge einer dadurch verbesserten Kühlleistung in der Auslaufzone kann insgesamt der Materialdurchsatz durch den Drehrohrofen und somit die Prozesseffizienz gesteigert werden.

Nach einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der wenigstens eine Vorsprung ein feuerfestes Material enthält. Hierdurch ist ein Einsatz auch bei sehr hohen Temperaturen problemlos möglich. Als feuerfestes Material eignet sich insbesondere Beton, speziell Feuerbeton, wie es dem Fachmann an sich bekannt ist.

Erfindungsgemäß weist der wenigstens eine Vorsprung eine sich in Drehrichtung des Drehrohrs verjüngende Kontur auf. Bevorzugt ist er dabei V-förmig ausgebildet, wobei die Spitze des „V“ in Drehrichtung des Drehrohrs ausgerichtet ist und somit das durchzumischende gebrannte Gut durchpflügt.

Die sich verjüngende Kontur kann auch durch eine prismatische Geometrie, insbesondere die Geometrie eines Dreiecksprismas, bevorzugt eines gleichschenkligen Dreiecksprismas, verkörpert sein. Ebenso ist die Geometrie eines Pyramidenstumpfes möglich, wobei bevorzugt eine Kante des Pyramidenstumpfes zwecks Ausbildung der sich in Dre rehrohrs verjüngende Kontur in Drehrichtung des Drehrohrs angeordnet ist. Die Kanten des Dreiecksprismas oder des Pyramidenstumpfes können dabei abgestumpft oder abgerundet sein, um ein Abbröckeln empfindlicher Kanten im Ofenbetrieb zu vermeiden.

Zur Dimensionierung des wenigstens einen Vorsprungs hat die Anmelderin intensive experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Demnach weist der wenigstens eine Vorsprung zum Zwecke einer besonders intensiven Durchmischung des gebrannten Gutes in der Auslaufzone des Drehrohrs vorteilhafterweise 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, auf.

Ferner kann der wenigstens eine Vorsprung eine Länge in Umfangsrichtung des Drehrohrs zwischen 50 mm und 2000 mm, insbesondere zwischen 100 mm und 1000 mm, bevorzugt zwischen 300 mm und 500 mm und ganz besonders bevorzugt von ca.

400 mm, aufweisen. Die maximale Breite des wenigstens einen Vorsprungs in Längsrichtung des Drehrohrs kann zwischen 50 mm und 600 mm, bevorzugt zwischen 300 mm und 500 mm und besonders bevorzugt ca. 400 mm, betragen.

Der erfindungsgemäß in der Auslaufzone vorgesehenen wenigstens eine Vorsprung kann dauerhaft mit der inneren Ausmauerung des Drehrohrs verbunden sein. Um eine besonders sichere Verbindung zwischen der inneren Ausmauerung des Drehrohrs und dem Vorsprung sicherzustellen, ist nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der wenigstens eine Vorsprung mittels einer metallischen Verankerung, insbesondere einer angeschweißten metallischen Verankerung, am inneren Drehofenmantel befestigt ist.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Auslaufzone eine Mehrzahl von Vorsprüngen vorgesehen ist, wobei die Vorsprünge abhängig vom Durchmesser des Drehrohrs über den Umfang des Drehrohrs verteilt in Gruppen von 1 bis 10, speziell 3 bis 7, bevorzugt 4 bis 6 Vorsprüngen angeordnet sind. Hierdurch werden die Durchmischungsleistung und damit einhergehend eine gleichmäßigere Kühlung des gebrannten Gutes bereits in der Auslaufzone entscheidend gesteigert.

Dabei erweist sich als vorteilhaft, wenn die Vorsprünge einer Gruppe von Vorsprüngen in Längsrichtung des Drehrohrs alternierend versetzt, beispielsweise nach Art einer Zickzacklinie, angeordnet sind. Ferner können in Längsrichtung des Drehrohrs eine Mehrzahl von Gruppen von Vorsprüngen hintereinander angeordnet sein. Durch beide Maßnahmen wird die Effektivität der Durchmischung des gebrannten Gutes in der Auslaufzone weiter gesteigert.

Ferner wird bevorzugt, dass am Auslaufende des Drehrohrs ein Randabschnitt vorgesehen ist, in welchem kein Vorsprung angeordnet ist. Hierdurch wird die vorgesehene Abwurfposition des gebrannten Gutes in den sich an das Drehrohr anschließenden Kühler gegenüber einem Drehrohr ohne Vorsprünge nicht verändert,

so dass eine nachträgliche Montage der Vorsprünge ohne weiteres möglich ist. In jedem Falle ist ein gleichmäßiges Materialbett im Kühler gewährleistet.

Nach einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Vorwärmzone des Drehrohrs eine Mehrzahl von weiteren Vorsprüngen angeordnet ist, wobei die weiteren Vorsprünge als Gruppen im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs hintereinander angeordnet sind. Hierdurch 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, sondern auch das im inneren des Materialbettes befindliche Gut hohen Kalzinierungstemperaturen ausgesetzt ist und somit schneller kalziniert werden kann.

Nach einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der vorstehenden Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass in Umfangsrichtung des Drehrohrs benachbart angeordnete weitere Vorsprünge benachbarter Gruppen von weiteren Vorsprüngen in Längsrichtung des Drehrohrs versetzt zueinander angeordnet sind, derart, dass in der Vorwärmzone spiralförmige Transportpfade für das zu brennende Gut gebildet sind. Dadurch wird ein vergleichsweise schnellerer 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 hierbei bevorzugt, dass zumindest einige der weiteren Vorsprünge, bevorzugt alle, jeweils ein feuerfestes Material enthalten. 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.

Für die erfindungsgemäß in der Vorwärmzone vorgesehenen weiteren 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 35° und 75° und bevorzugt zwischen 60° und 70°, einschließen. Die Länge eines solchen Trapezprismas in Längsrichtung des Drehrohrs beträgt bevorzugt ca. 400 mm und die Höhe bevorzugt ca. 200 mm. Bei trapezförmiger Ausgestaltung beträgt ferner die Breite der unteren Trapezbasis bevorzugt ca. 200 mm und die Breite der oberen Basis bevorzugt ca. 100 mm.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass über den Umfang des Drehrohrs verteilt 3 bis 9, bevorzugt 6 Gruppen in Längsrichtung hintereinander angeordneter weiterer Vorsprünge vorgesehen sind.

Die erfindungsgemäß vorgesehenen Gruppen von im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs hintereinander angeordneten weiteren 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 weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann ferner vorgesehen sein, dass in der Einlaufzone des Drehrohrs wenigstens ein zusätzlicher Vorsprung, bevorzugt eine Mehrzahl von zusätzlichen Vorsprüngen, vorgesehen ist, wobei der wenigstens eine zusätzliche 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 zusätzlichen 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° auf. Besonders gute Ergebnisse wurden bei einem Neigungswinkel zwischen 40° und 50°, speziell ca. 45° erzielt.

Auch der wenigstens eine zusätzliche Vorsprung kann ein feuerfestes Material enthalten. Hierbei kann es sich um verschiedene hoch temperaturbeständige Materialien handeln, wie aus dem Stand der Technik an sich bekannt. Als besonders geeignet erweist sich wiederum Beton, insbesondere Feuerbeton.

Für den wenigstens einen zusätzlichen 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 zusätzlichen Vorsprungs, d.h. die Erstreckung in bezogen auf das zylindrische Drehrohr radialer Richtung, von Bedeutung. Diese kann 100 mm bis 500 mm,

bevorzugt 150 mm bis 250 mm, typischerweise ca. 200 mm, betragen. Hierdurch ist sichergestellt, dass auf der wenigstens einen Gleitfläche des wenigstens einen zusätzlichen 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 zusätzliche Vorsprung eine sich im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs erstreckende Länge von 100 mm bis 2000 mm, bevorzugt 350 mm bis 450 mm, typischerweise ca. 400 mm, aufweist.

Der wenigstens eine zusätzliche Vorsprung kann mittels einer verschweißten metallischen Verankerung am inneren Drehofenmantel befestigt sein.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Einlaufzone des Drehrohrs eine Mehrzahl von zusätzlichen Vorsprüngen vorgesehen ist, wobei die zusätzlichen Vorsprünge derart als Gruppe aneinandergereiht angeordnet sind, dass die jeweiligen Gleitflächen der zusätzlichen 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.

Dadurch, dass durch mehrere als Gruppe aneinandergereihte zusätzliche 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 zusätzlichen Vorsprungs aus der Gruppe aneinandergereihter zusätzlicher Vorsprünge dieser gezielt ersetzt werden, ohne die Gesamtkonstruktion demontieren zu müssen. Die Mehrzahl von zusätzlichen Vorsprüngen ist bevorzugt im Wesentlichen identisch zueinander ausgebildet.

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 5 zusätzliche Vorsprünge oder Gruppen aneinandergereihter zusätzlicher Vorsprünge, angeordnet sind.

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 gebrannten Gutes durch die Auslaufzone, wobei der in der Auslaufzone angeordnete wenigstens eine Vorsprung das gebrannte Gut zur Verbesserung der Abkühlung durchkämmt.

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 eine gründliche Durchmischung des gebrannten Gutes in der Auslaufzone des Drehrohrs erreicht, so dass eine gleichmäßige Abkühlung des gesamten gebrannten Gutes bereits in der Auslaufzone beginnt. Hierdurch werden folgende Anlagenkomponenten, insbesondere Kühler und Transportrinnen, insbesondere aber die folgenden Transportbänder, vor Temperaturspitzen geschützt.

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 Auslaufzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Längsschnittansicht,

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

Fig. 5 eine zweidimensionale unterbrochene Darstellung der „abgewickelten" Ofeninnenwand des Drehrohrs der Fig. 2 in stark schematischer Form,

Fig. 6 einen vergrößerten Ausschnitt der Vorwärmzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Längsschnittansicht,

Fig. 7 einen Vorsprung in der Vorwärmzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Ansicht,

Fig. 8 einen vergrößerten Ausschnitt der Einlaufzone des Drehrohrs der Fig. 1 in perspektivischer Längsschnittansicht, und

Fig. 9 einen Vorsprung in der Einlaufzone 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. In einem Ausführungsbeispiel weist das Drehrohr 1 eine Gesamtlänge von ca. 90 m auf, wobei die Länge der Einlaufzone 2 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 beträgt. Es versteht sich, dass diese Längenangaben rein beispielhaft zu verstehen sind. Anders dimensionierte Drehrohre sind aus dem Stand der Technik ebenfalls bekannt. 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 Teil der Kalzinierungsreaktion abläuft.

Wie in der perspektivischen Längsschnittansicht des Drehrohrs 1 der Fig. 2 dargestellt, umfasst das Drehrohr 1 in der Auslaufzone 4 des Drehrohrs 1 eine Mehrzahl von Vorsprüngen 8, welche über den Umfang des Drehrohrs 1 in Gruppen 81 angeordnet sind. Jeder Vorsprung 8 weist seinerseits eine sich in Drehrichtung D des Drehrohrs 1 verjüngende Kontur auf, wie in den Detailzeichnungen der Fig. 3 und 4 noch genauer dargestellt ist. Im Einzelnen ist die sich verjüngende Kontur der Vorsprünge 8 (fachsprachlich auch „Schwerter“ genannt) als Pyramidenstumpf mit der Grundfläche eines gleichschenkligen spitzwinkligen Dreiecks ausgebildet (s. Fig. 4), wobei der spitze Winkel in Drehrichtung D des Drehrohrs 1 vorauseilt und aus Stabilitätsgründen leicht abgestumpft ist. Durch diese Form der Vorsprünge 8 ist es möglich, das gebrannte Gut in der Auslaufzone 4 nach Art eines Pfluges zu durchkämmen, wobei es zu einer intensiven Durchmischung kommt. Dies führt wiederum dazu, dass in dem Gut keine Temperaturspitzen auftreten, so dass die Gefahr einer temperaturbedingten Beschädigung der dem Drehrohr 1 nachfolgenden Komponenten (nicht dargestellt), insbesondere der Kühleinheiten, durch das gebrannte Gut minimiert ist. Um eine maximale Temperaturfestigkeit sicherzustellen, enthalten die Vorsprünge 8 vorliegend Feuerbeton. Ferner ist jeder Vorsprung 8 an der Innenwand des Drehrohrs 1 mittels einer metallischen Verankerung verschweißt.

Wie insbesondere in der zweidimensionalen Darstellung der „abgewickelten“ Offeninnenwand des Drehrohrs 1 (Fig. 5) erkennbar ist, umfasst eine Gruppe 81 von Vorsprüngen 8 sechs Vorsprünge, welche vorliegend alternierend in Längsrichtung des Drehrohrs1 versetzt angeordnet sind. Dies ist in Fig. 5 durch eine Zickzacklinie V‘ angedeutet. Ferner sind, wie Fig. 5 zeigt, in Längsrichtung des Drehrohrs 1 eine Mehrzahl von Gruppen 81 – vorliegend drei – von Vorsprüngen 8 hintereinander angerordnet, wobei die in Bezug auf das Auslaufende 4a des Drehrohrs 1 randständige Gruppe lediglich 3 Vorsprünge 8 umfasst. Insbesondere durch die alternierende Versetzung der Vorsprünge 8 einer Gruppe 81 wird die Effektivität der Durchmischung des gebrannten Gutes in der Auslaufzone 4 weiter gesteigert.

Zwischen dem Auslaufende 4a des Drehrohrs 1 und der randständigen Gruppe 81 von nur drei Vorsprüngen 8 ist ein ca. 400 mm breiter Randabschnitt 4b vorgesehen, in welchem kein Vorsprung 8 angeordnet ist, damit die originale Abwurfposition in den Kühlerschacht nicht durch die Vorsprünge 8 verändert wird.

Wie Fig. 5 weiter zeigt, sind in der Vorwärmzone 3a des Drehrohrs 1 eine Mehrzahl weiterer Vorsprünge 7 (fachsprachlich „Mitnehmer“) vorgesehen, wobei die weiteren Vorsprünge 7 als Gruppen 71 im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs 1 hintereinander angeordnet sind. Dabei sind in Umfangsrichtung des Drehrohrs 1 benachbart angeordnete weitere Vorsprünge 7 benachbarter Gruppen 71 in Längsrichtung des Drehrohrs 1 alternierend versetzt zueinander angeordnet, wie durch die Zickzacklinie V dargestellt. Durch diese alternierend versetzte Anordnung sind in der Vorwärmzone 3a spiralförmige Transportpfade S (in Fig. 5 dargestellt als schräge Linien) für das zu brennende Gut gebildet. Diese dienen dazu, dass zu brennende Gut bei konstantem Energieeinsatz schneller und mit verbesserter Vermischung durch die Vorwärmzone 3a zu transportieren. Ferner dienen sie der Reduzierung der Staubbildung in der Vorwärmzone 3. Die Gruppen 71 von in Längsrichtung des Drehrohrs 1 hintereinander angeordneten weiteren Vorsprüngen 7 können sich über ein Drittel bis ein Fünftel der Gesamtlänge des Drehrohrs

erstrecken. Wie in der vergrößerten Darstellung der Fig. 6 und 7 gezeigt, weisen diese weiteren Vorsprünge 7 („Mitnehmer“) die Form eines Trapezprismas auf mit geneigten Schenkelflächen 7a und einer Länge von vorliegend ca. 400 mm und einer Höhe von vorliegend ca. 200 mm. Der Neigungswinkel der Schenkelflächen 7a zur unteren Trapezbasis beträgt vorliegend ca. 76°. 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.

In der Längsschnittdarstellung der Fig. 2 und der zweidimensionalen Darstellung der Fig. 5 ist weiterhin erkennbar, dass in der Einlaufzone 2 des Drehrohrs 1 eine Mehrzahl zusätzlicher Vorsprünge 6 angeordnet ist, die eine spezifische Form aufweisen und als Gruppen 61 in gestufter Form aneinandergereiht angeordnet sind, wie im Folgenden beschrieben wird. Die zusätzlichen Vorsprünge 6 werden fachsprachlich auch als „Verdränger“ bezeichnet.

Wie in den Fig. 1, 2, 5 sowie 8 und 9 gezeigt, sind die als Gruppe 61 von vorliegend sechs aneinandergereihten zusätzlichen Vorsprünge 6 im Wesentlichen zueinander identisch ausgebildet und weisen gemäß Fig. 9 vorliegend im Wesentlichen die Form Dreiecksprismas mit der Grundfläche eines rechtwinkligen, gleichschenkligen Dreiecks auf, wobei die spitzen Winkel des Dreiecks aus Stabilitätsgründen abgestumpft sind. Jeder zusätzliche 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 zusätzlichen Vorsprünge 6 in gestufter Form aneinander gereiht, und zwar derart, dass durch die einzelnen Gleitflächen 6a der zusätzlichen 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 zusätzlichen Vorsprünge 6 und dementsprechend die gemeinsame Gleitfläche 6a* relativ zur Drehrichtung D des Drehrohrs 1 derart

ausgerichtet, dass im Betrieb des Ofens das zu brennende Gut auf den Gleitflächen 6a, 6a* zu liegen kommt, und aufgrund der gewählten Neigung der Gleitflächen 6a, 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 insbesondere in Fig. 1 und 5 gezeigt, sind über den Umfang verteilt an der Innenwand des Drehrohrs 1 sechs Gruppen 61 gestuft aneinandergereihter weiterer Vorsprünge 6 vorgesehen.

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 Auslaufzone (4) des Drehrohrs (1) wenigstens ein Vorsprung (8) angeordnet ist, wobei der wenigstens eine Vorsprung (8) eine sich in Drehrichtung des Drehrohrs (1) verjüngende Kontur aufweist.

2. Drehrohrofen nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Vorsprung (8) ein feuerfestes Material enthält,
wobei optional das feuerfeste Material Beton, insbesondere Feuerbeton, ist.

3. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Vorsprung (8) V-förmig ausgebildet ist.

4. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Vorsprung (8) eine prismatische Geometrie, insbesondere

die Geometrie eines Dreiecksprismas, bevorzugt eines gleichschenkligen Dreiecksprismas, oder die Geometrie eines Pyramidenstumpfes aufweist.

5. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Vorsprung (8) in Drehrichtung des Drehrohrs (1) abgestumpft oder abgerundet ist.

6. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Vorsprung (8) 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, aufweist,
und/oder dass der wenigstens eine Vorsprung (8) eine Länge in Umfangsrichtung des Drehrohrs (1) zwischen 50 mm und 2000 mm, insbesondere zwischen 100 mm und 1000 mm, bevorzugt zwischen 300 mm und 500 mm und ganz besonders bevorzugt von ca. 400 mm, aufweist,
und/oder dass der wenigstens eine Vorsprung (8) eine maximale Breite in Längsrichtung des Drehrohrs (1) zwischen 50 mm und 600 mm, bevorzugt zwischen 300 mm und 500 mm und besonders bevorzugt von ca. 400 mm, aufweist.

7. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Vorsprung (8) an der Innenwand des Drehrohrs (1) mittels einer metallischen Verankerung, insbesondere einer verschweißten metallischen Verankerung, befestigt ist.

8. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der Auslaufzone (4) eine Mehrzahl von Vorsprüngen (8) vorgesehen ist, wobei

die Vorsprünge (8) über den Umfang des Drehrohrs (1) verteilt in Gruppen (81) von 1 bis 10, speziell 3 bis 7, bevorzugt 4 bis 6 Vorsprüngen (8) angeordnet sind, worin optional die Vorsprünge (8) einer Gruppe (81) von Vorsprüngen (8) alternierend in Längsrichtung des Drehrohrs(1) versetzt angeordnet sind, und/oder worin optional in Längsrichtung des Drehrohrs (1) eine Mehrzahl von Gruppen (81) von Vorsprüngen (8) hintereinander angerordnet sind.

9. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
am Auslaufende (4a) des Drehrohrs (1) ein Randabschnitt (4b) vorgesehen ist, in welchem kein Vorsprung (8) angeordnet ist.

10. Drehrohrofen nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der Vorwärmzone (3a) des Drehrohrs (1) eine Mehrzahl von weiteren Vorsprüngen (7) angeordnet ist, wobei die weiteren Vorsprünge (7) als Gruppen (71) im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs (1) hintereinander angeordnet sind.

11. Drehrohrofen nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
in Umfangsrichtung des Drehrohrs (1) benachbart angeordnete weitere Vorsprünge (7) benachbarter Gruppen (71) von weiteren Vorsprüngen (7) in Längsrichtung des Drehrohrs (1) alternierend versetzt zueinander angeordnet sind, derart, dass in der Vorwärmzone (3a) spiralförmige Transportpfade (S) für das zu brennende Gut gebildet sind.

12. Drehrohrofen nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest einige der weiteren Vorsprünge (7) eine prismatische Geometrie, insbesondere die Geometrie eines Trapezprismas, bevorzugt eines

gleichschenkligen Trapezprismas, aufweisen.

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 Gruppen (71) von im Wesentlichen parallel zur Längsachse des Drehrohrs (1) hintereinander angeordneten weiteren Vorsprüngen (7) sich über ein Fünftel bis ein Drittel der Gesamtlänge des Drehrohrs (1) erstrecken.

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
in der Einlaufzone (2) des Drehrohrs (1) wenigstens ein zusätzlicher Vorsprung (6), bevorzugt eine Mehrzahl von zusätzlichen Vorsprüngen (6), vorgesehen ist, wobei der wenigstens eine zusätzliche 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, worin optional in der Einlaufzone (2) des Drehrohrs (1) eine Mehrzahl von zusätzlichen Vorsprüngen (6) vorgesehen ist, wobei die zusätzlichen Vorsprünge (6) derart als Gruppe (61) aneinandergereiht angeordnet sind, dass die jeweiligen Gleitflächen (6a) der zusätzlichen Vorsprünge eine gemeinsame Gleitfläche (6a*) für das zu brennende Gut bilden.

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 gebrannten Gutes durch die Auslaufzone (4), wobei der in der Auslaufzone (4) angeordnete wenigstens eine Vorsprung (8) das gebrannte Gut zur Verbesserung der Abkühlung durchkämmt.

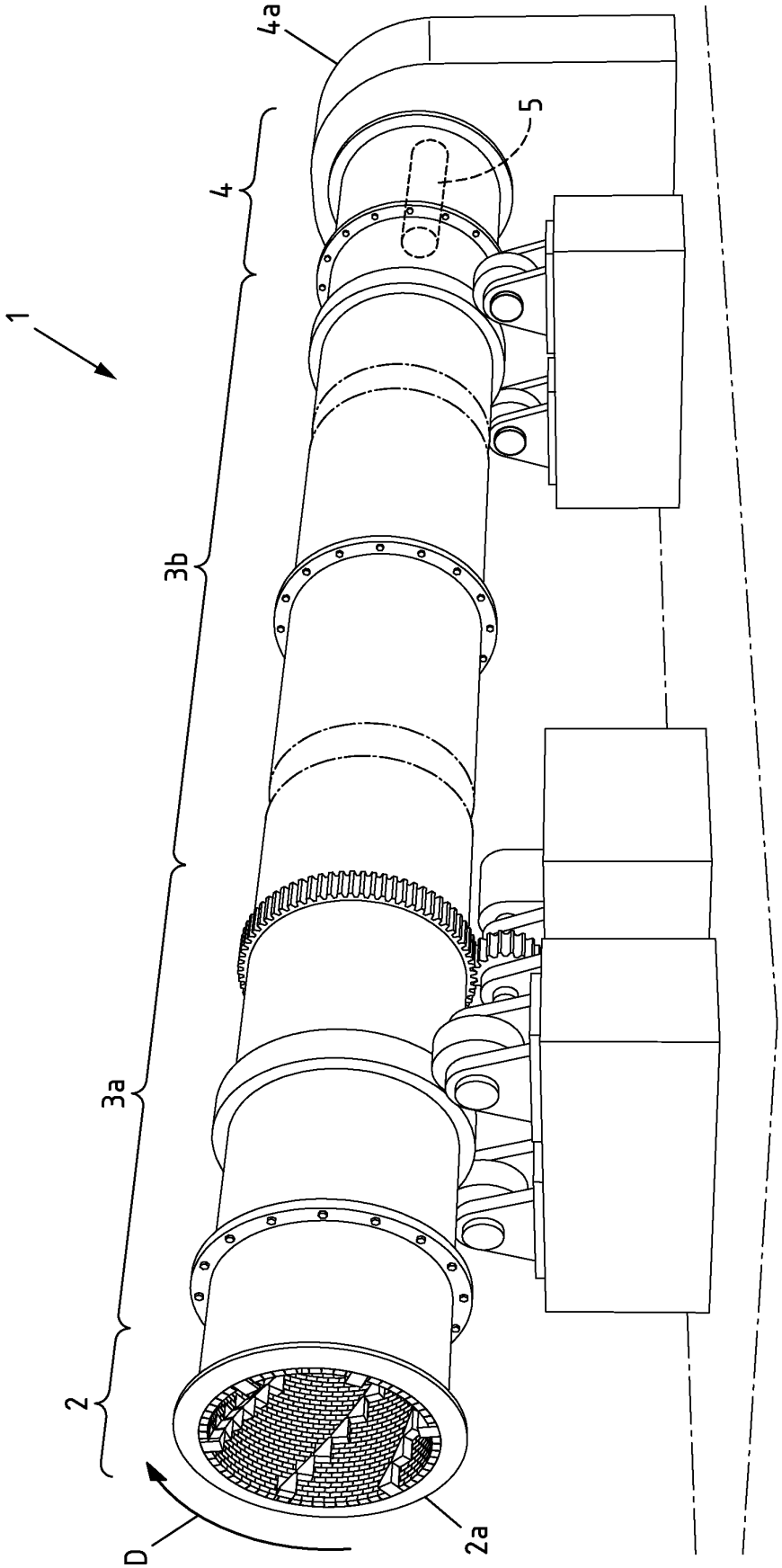


Fig.1

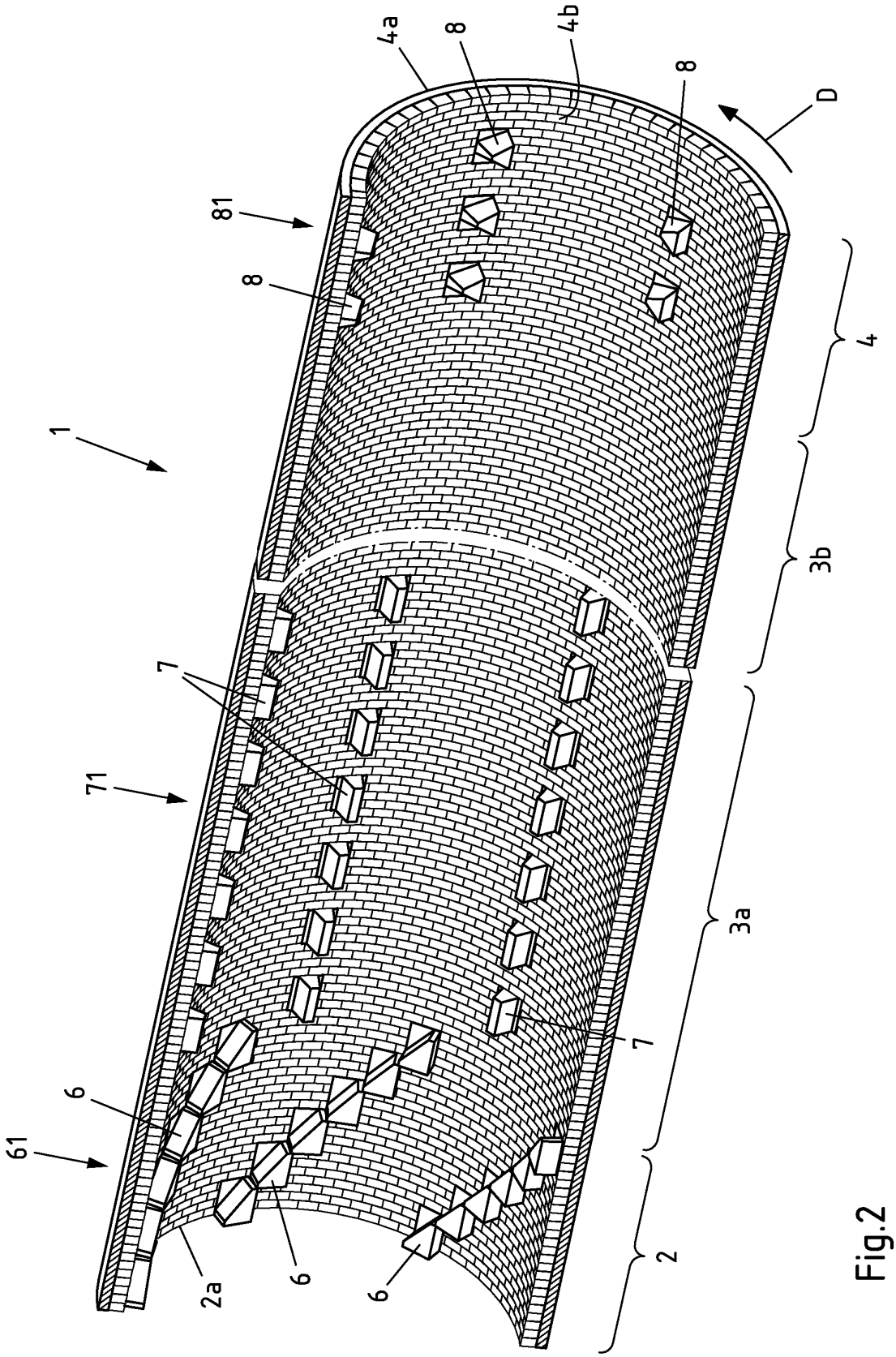


Fig.2

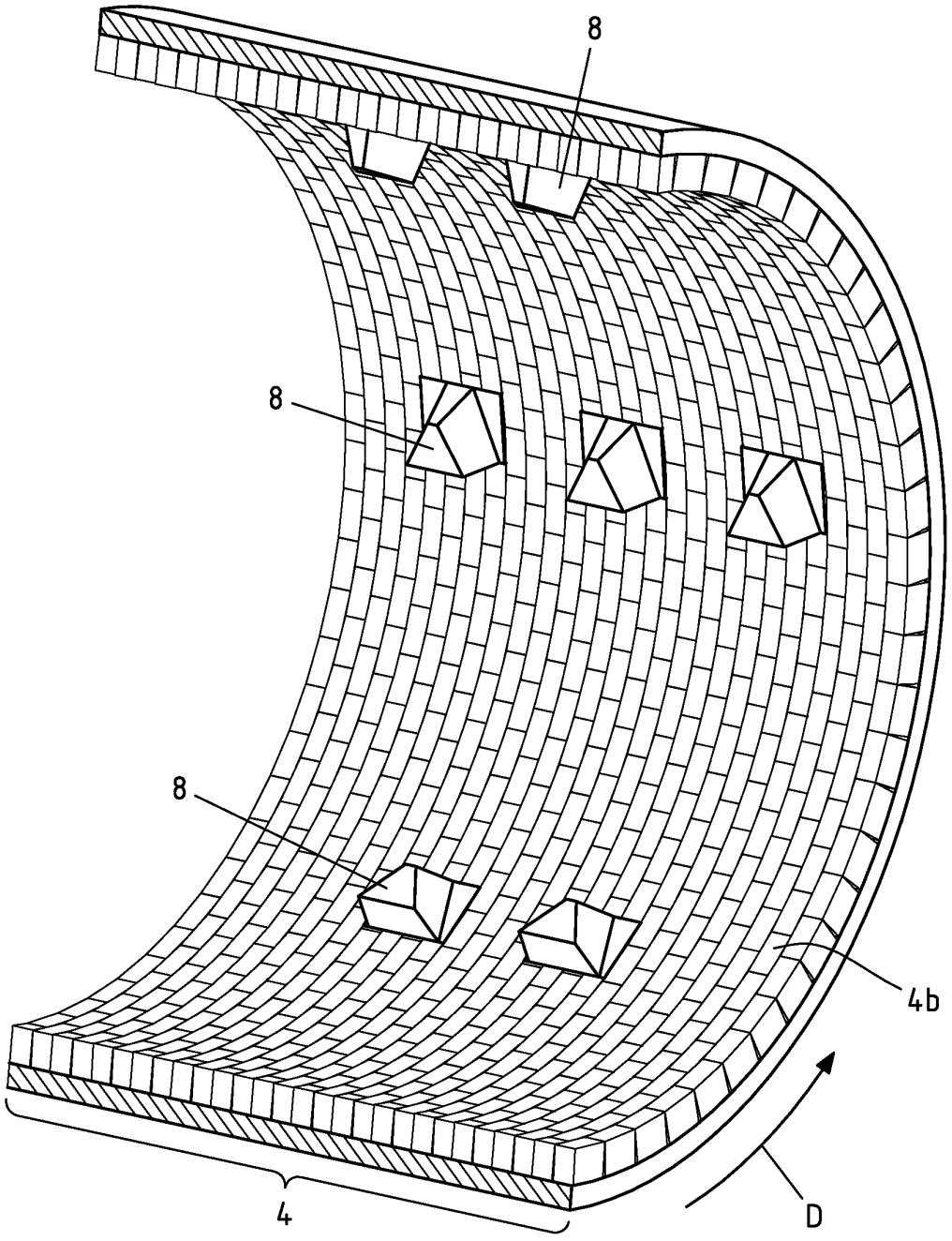


Fig.3

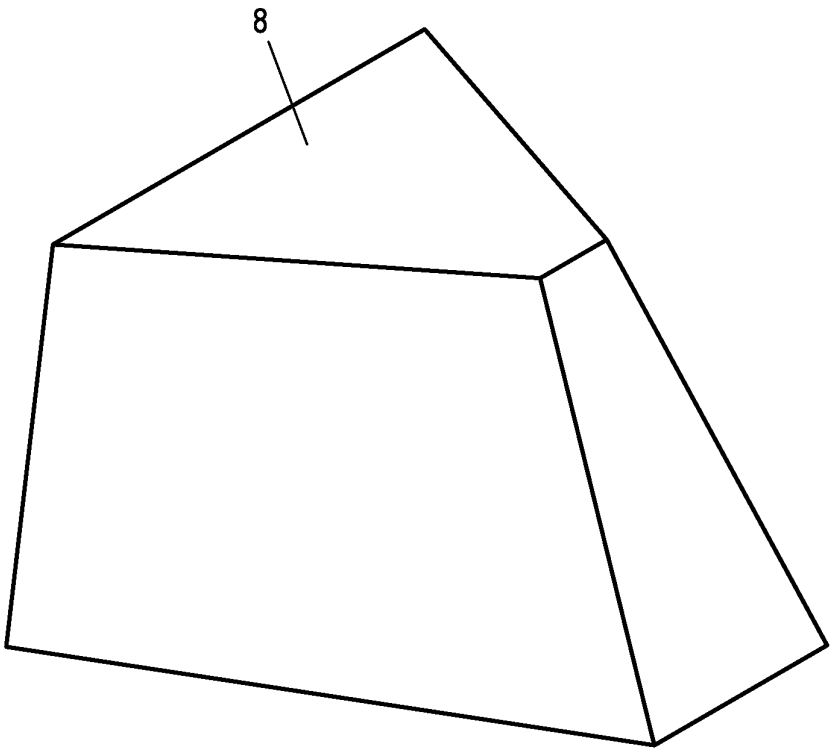


Fig.4

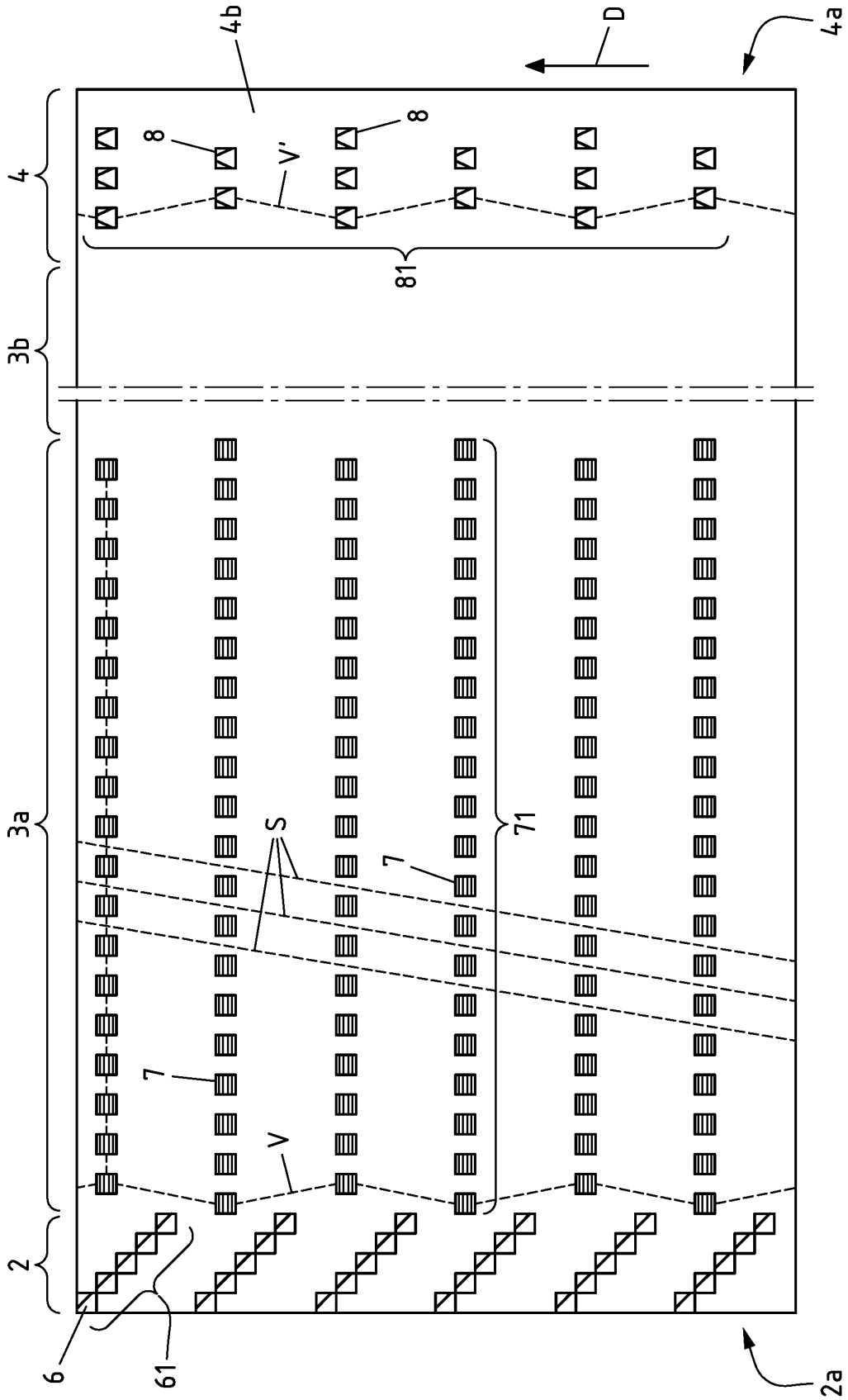


Fig.5

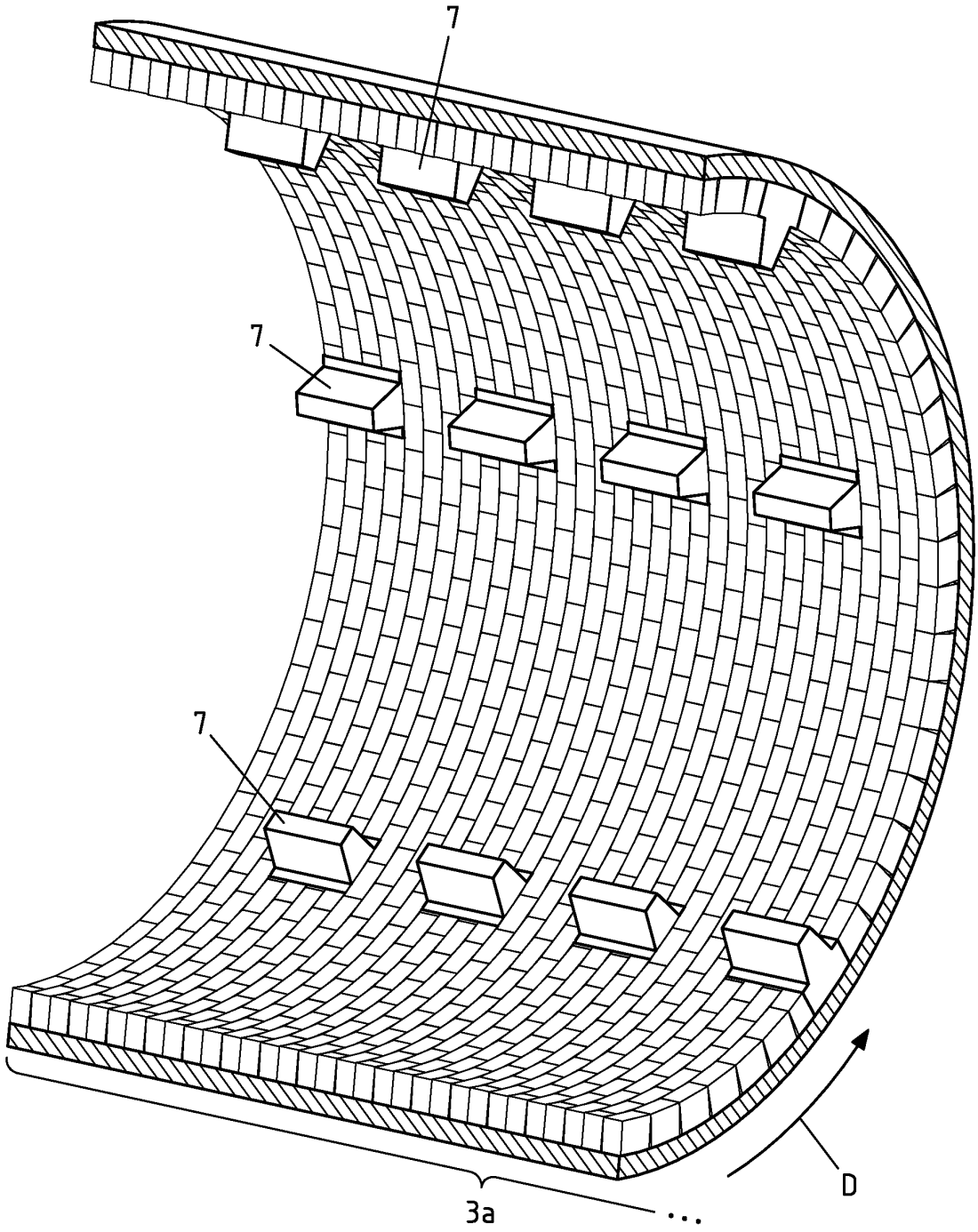


Fig.6

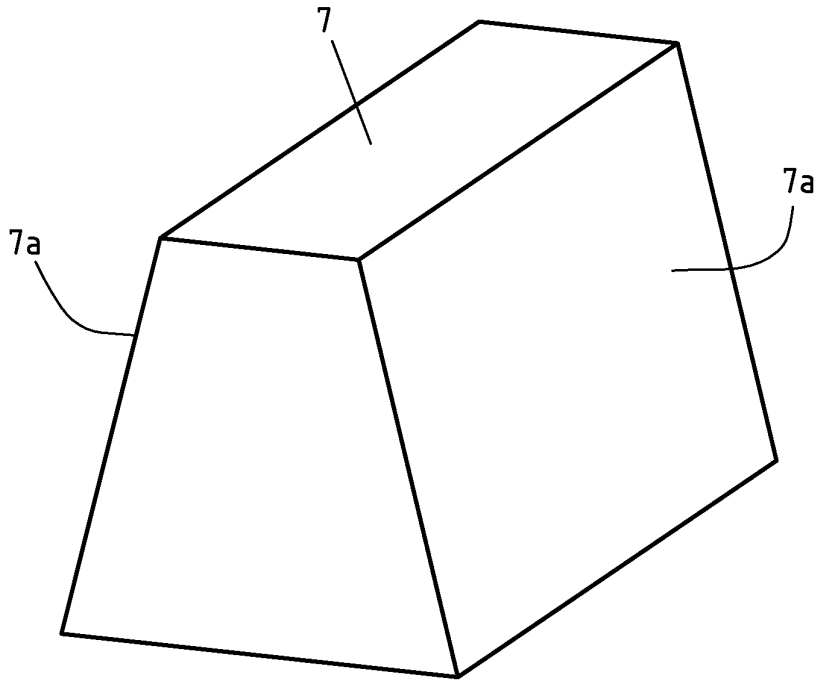


Fig.7

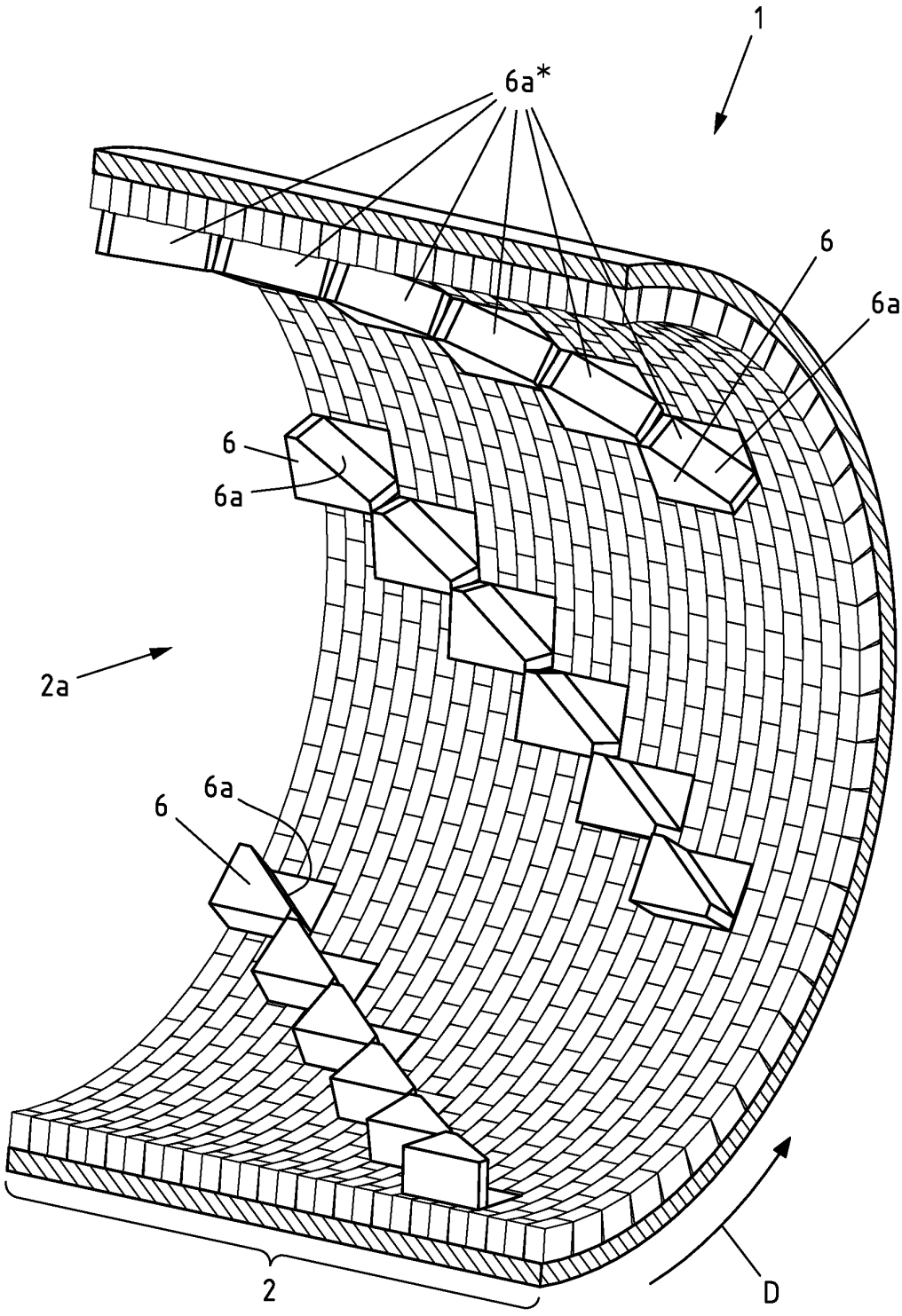


Fig.8

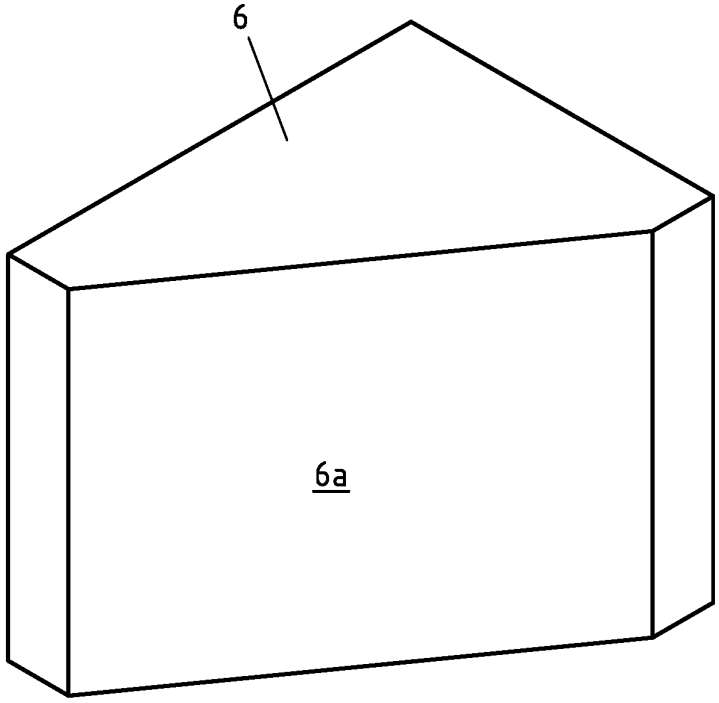


Fig.9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/055693

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 A	DE 69505170 T2 (TIOXIDE GROUP SERVICES LTD [GB]) 04 March 1999 (1999-03-04) figures 1-3 paragraph [0006] - paragraph [0012] paragraph [0018] - paragraph [0023]	1-10,12,13,15 11,14
X	US 3124338 A (AMERICAN CEMENT CORPORATION) 10 March 1964 (1964-03-10) cited in the application column 1, line 45 - column 3, line 16; figures 1-7	1-3,6-9,15
A	DE 400236 C (NILS WINQVIST) 14 August 1924 (1924-08-14) the whole document	1-15
A	DE 2325781 A1 (POLYSIUS AG) 28 November 1974 (1974-11-28) page 4, line 1 - page 5, line 17; figure 1	1-15
A	DE 7029355 U (STROJIRNY PRSCHEROVSKE [CS]) 31 August 1972 (1972-08-31) page 3, line 11 - page 6, line 6; figures 1, 2	1-15
A	FR 443783 A (ADOLF NEGRO [HU]) 02 October 1912 (1912-10-02) page 1, left-hand column, line 27 - page 2, left-hand column, line 20; figures 1, 2	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

International application No.
PCT/EP2022/055693

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 1544504 A (TOMLINSON CLIFFORD J) 30 June 1925 (1925-06-30) cited in the application page 1, left-hand column, line 26 - page 2, right-hand column, line 102; figures 1-16 page 3, left-hand column, line 22 - page 5, left-hand column, line 26	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2022/055693

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	69505170	T2	04 March 1999	AU	689188	B2	26 March 1998
				CA	2143970	A1	24 September 1995
				CN	1120654	A	17 April 1996
				DE	69505170	T2	04 March 1999
				DK	0674145	T3	21 June 1999
				EP	0674145	A1	27 September 1995
				ES	2122445	T3	16 December 1998
				FI	951349	A	24 September 1995
				GB	2287781	A	27 September 1995
				JP	H07324871	A	12 December 1995
				KR	950033391	A	26 December 1995
				RU	2134390	C1	10 August 1999
				TW	294774	B	01 January 1997
				US	5623883	A	29 April 1997
				ZA	952057	B	11 December 1995
US	3124338	A	10 March 1964	NONE			
DE	400236	C	14 August 1924	NONE			
DE	2325781	A1	28 November 1974	NONE			
DE	7029355	U	31 August 1972	DE	2038790	A1	11 February 1971
				DE	7029355	U	31 August 1972
				JP	S4932431	B1	30 August 1974
FR	443783	A	02 October 1912	NONE			
US	1544504	A	30 June 1925	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/055693

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	DE 695 05 170 T2 (TIOXIDE GROUP SERVICES LTD [GB]) 4. März 1999 (1999-03-04) Abbildungen 1-3 Absatz [0006] - Absatz [0012] Absatz [0018] - Absatz [0023]	1-10,12, 13,15 11,14
X	US 3 124 338 A (AMERICAN CEMENT CORPORATION) 10. März 1964 (1964-03-10) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 16; Abbildungen 1-7	1-3,6-9, 15
A	DE 400 236 C (NILS WINQVIST) 14. August 1924 (1924-08-14) das ganze Dokument	1-15

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/055693

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 23 25 781 A1 (POLYSIUS AG) 28. November 1974 (1974-11-28) Seite 4, Zeile 1 - Seite 5, Zeile 17; Abbildung 1	1-15
A	DE 70 29 355 U (STROJIRNY PRSCHEROVSKE [CS]) 31. August 1972 (1972-08-31) Seite 3, Zeile 11 - Seite 6, Zeile 6; Abbildungen 1, 2	1-15
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	1-15
A	US 1 544 504 A (TOMLINSON CLIFFORD J) 30. Juni 1925 (1925-06-30) in der Anmeldung erwähnt Seite 1, linke Spalte, Zeile 26 - Seite 2, rechte Spalte, Zeile 102; Abbildungen 1-16 Seite 3, linke Spalte, Zeile 22 - Seite 5, linke Spalte, Zeile 26	1-15

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/055693

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 69505170 T2	04-03-1999	AU 689188 B2	26-03-1998
		CA 2143970 A1	24-09-1995
		CN 1120654 A	17-04-1996
		DE 69505170 T2	04-03-1999
		DK 0674145 T3	21-06-1999
		EP 0674145 A1	27-09-1995
		ES 2122445 T3	16-12-1998
		FI 951349 A	24-09-1995
		GB 2287781 A	27-09-1995
		JP H07324871 A	12-12-1995
		KR 950033391 A	26-12-1995
		RU 2134390 C1	10-08-1999
		TW 294774 B	01-01-1997
		US 5623883 A	29-04-1997
		ZA 952057 B	11-12-1995
US 3124338 A	10-03-1964	KEINE	
DE 400236 C	14-08-1924	KEINE	
DE 2325781 A1	28-11-1974	KEINE	
DE 7029355 U	31-08-1972	DE 2038790 A1	11-02-1971
		DE 7029355 U	31-08-1972
		JP S4932431 B1	30-08-1974
FR 443783 A	02-10-1912	KEINE	
US 1544504 A	30-06-1925	KEINE	