(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
14. Januar 2010 (14.01.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/004009 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F23D 1/02 (2006.01) *F23D 17/00* (2006.01)
F23D 1/00 (2006.01) *F23C 5/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/058770

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Juli 2009 (09.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 032 589.9 11. Juli 2008 (11.07.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **RHEINKALK GMBH** [DE/DE]; Am Kalkstein 1, 42489 Wülfrath (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **WASNER, Per** [DE/DE]; Dieselstr. 13, 48499 Salzbergen (DE). **WINKELRÄT, Frank** [DE/DE]; Am Brinkmannsbusch 4, 42549 Velbert (DE).

(74) Anwalt: **COHAUSZ & FLORACK (24)**; LOTZE, Rüdiger, 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BURNER UNIT AND BURNER ARRANGEMENT FOR POWDERED SOLID FUEL

(54) Bezeichnung: BRENNEREINHEIT UND BRENNERANORDNUNG FÜR STAUBFÖRMIGEN FESTBRENNSTOFF

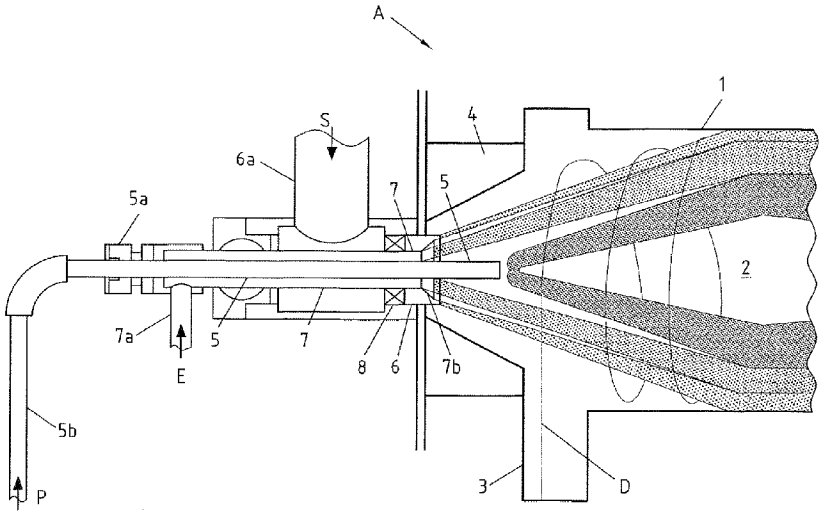


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a burner unit for solid powdered fuel (P), comprising a first tube (5, 5') for feeding the solid fuel (P) in a first feed direction and comprising a second tube (6) surrounding the first tube (5) for feeding combustion air (S). According to the invention, the burner unit is characterized in that a third tube (7) surrounding the first tube (5, 5') is provided for feeding an additional fuel (E). The invention further relates to a burner arrangement (A, A') comprising a burner unit of the type mentioned above and a method for burning powdered solid fuel and a furnace.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/004009 A2

Die Erfindung betrifft eine Brennereinheit für staubförmigen Festbrennstoff (P) mit einem ersten Rohr (5, 5') zur Förderung des Festbrennstoffes (P) in einer ersten Förderrichtung und mit einem das erste Rohr (5) umgebenden zweiten Rohr (6) zur Förderung von Verbrennungsluft (S). Erfindungsgemäß ist die Brennereinheit dadurch gekennzeichnet, dass ein das erste Rohr (5, 5') umgebendes drittes Rohr (7) zur Förderung eines Zusatzbrennstoffes (E) vorgesehen ist. Ferner betrifft die Erfindung eine Brenneranordnung (A, A') mit einer Brennereinheit der vorstehend genannten Art sowie ein Verfahren zum Brennen von staubförmigem Festbrennstoff und einen Ofen.

Brennereinheit und Brenneranordnung für staubförmigen Festbrennstoff

Die Erfindung betrifft eine Brennereinheit für staubförmigen Festbrennstoff. Ferner betrifft die Erfindung eine Brenneranordnung für einen Ofen, insbesondere für einen Ringschachtofen zum Brennen von Kalkstein, sowie einen solchen Ofen.

Brennereinheiten der eingangs genannten Art sind aus dem Stand der Technik bekannt. Unter anderem werden sie in Schachtofenanlagen, beispielsweise in Ringschachtöfen zum Brennen von Kalkstein, eingesetzt. Hierbei besteht die besondere verfahrenstechnische Herausforderung darin, eine möglichst vollständige Umsetzung des staubförmigen Brennstoffes, beispielsweise Petrolkoksstaub, in Heißgase zu erreichen, um den Energiegehalt des staubförmigen Festbrennstoffs möglichst vollständig nutzen zu können.

Aus der DE 10 2006 035 174 A1 ist eine Brennereinheit für staubförmigen Festbrennstoff, speziell grünen Petrolkoksstaub, bekannt, bei der der über eine Lanze in einen Brennraum eingeblasene staubförmige Festbrennstoff nach Austritt aus der Lanze zunächst auf einen in Verlängerung der Lanze angeordneten Umlenkkörper trifft, wodurch er um ca. 180° in die entgegengesetzte Richtung umgelenkt wird, wobei sich die derart erzeugte Rückströmung mit tangential in den Brennraum eingeblasener Sekundärluft vermischt. Das sich dabei einstellende Gemisch wird in Richtung des Ausgangs des

Brennraums transportiert, wobei es bei optimalen Bedingungen vollständig in Heißgase umgesetzt wird.

Bei dieser Brennereinheit besteht jedoch regelmäßig das Problem, dass die in den Brennraum eingeblasene Verbrennungsluft oftmals nicht die erforderliche Zündtemperatur für den staubförmigen Festbrennstoff bereitstellen kann, so dass sich der staubförmige Festbrennstoff nicht oder nur unvollständig entzündet. Dies steht einem effizienten Betrieb der Brennereinheit entgegen.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Brennereinheit der eingangs genannten Art anzugeben, die auch bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen, insbesondere unterschiedlichen Verbrennungslufttemperaturen, und bei der Verwendung unterschiedlich zusammengesetzter Festbrennstoffe einen stabilen und effizienten Brennerbetrieb ermöglicht, so dass der eingeblasene staubförmige Festbrennstoff zu jeder Zeit vollständig in Heißgase umgewandelt wird. Ferner soll eine entsprechende Brenneranordnung angegeben werden.

Die Aufgabe wird mit einer Brennereinheit für staubförmigen Festbrennstoff gelöst, die ein erstes Rohr zur Förderung des Festbrennstoffes in einer ersten Förderrichtung und ein das erste Rohr umgebendes zweites Rohr zur Förderung von Verbrennungsluft und ein das erste Rohr umgebendes drittes Rohr zur Förderung eines Zusatzbrennstoffes umfasst.

Die erfindungsgemäße Brennereinheit ist in verschiedener Hinsicht gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Brennereinheiten vorteilhaft. So bewirkt einerseits die aus dem das erste Rohr umgebenden zweiten Rohr austretende

Verbrennungsluft, dass der staubförmige Festbrennstoff, der von der Verbrennungsluft zunächst kegel- oder trichterförmig eingehüllt ist, kontrolliert in dem Brennraum, in den die Brennereinheit eingebaut ist, geführt wird und sich somit in einer unter strömungstechnischen Gesichtspunkten und unter dem Aspekt einer räumlich gleichmäßigen Verbrennung optimalen Weise ausbreitet. Durch den Verbrennungsluftkegel lässt sich zudem die Länge der Flamme direkt kontrollieren, so dass die diese auf die räumlichen Gegebenheiten in einem Ofen anpassbar ist.

Mittels des Zusatzbrennstoffes, welcher durch ein drittes, das erste Rohr ebenfalls umgebendes Rohr geführt wird, ist sichergestellt, dass stets genug thermische Energie im Brennraum zur Verfügung steht, um den mit einem Förderluftstrom durch das erste Rohr transportierten staubförmigen Festbrennstoff vollständig zu zünden. Das Konstruktionsprinzip ineinander verschachtelter Rohre ermöglicht zudem die einfache Aufrüstung bestehender Brennereinheiten für staubförmige Festbrennstoffe.

Bevorzugt handelt es sich daher bei dem Zusatzbrennstoff um einen leicht entzündlichen gasförmigen Zusatzbrennstoff, beispielsweise Erdgas. Dementsprechend ist das dritte Rohr bevorzugt für die Förderung eines gasförmigen Zusatzbrennstoffes ausgebildet.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das dritte Rohr in radialer Richtung zwischen dem ersten und dem zweiten Rohr angeordnet. Hierdurch wird sichergestellt, dass der aus dem zweiten und entsprechend äußeren Rohr austretende Verbrennungsluftstrom sowohl den aus dem ersten Rohr

austretenden staubförmigen Festbrennstoff als auch den aus dem dritten Rohr austretenden Zusatzbrennstoff kegel- bzw. trichterförmig einhüllt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das freie Ende des dritten Rohres gegenüber dem freien Ende des ersten Rohres zurückversetzt. Ferner ist bevorzugt das freie Ende des zweiten Rohres im Wesentlichen auf Höhe des freien Endes des dritten Rohres angeordnet. Erstes, zweites und drittes Rohr sind somit ineinandergesteckt, wobei die jeweiligen freien Enden des zweiten und dritten Rohres gegenüber dem ersten Rohr stufenförmig zurückversetzt sind, so dass die aus den einzelnen Rohrenden jeweils austretenden Verbrennungsluft- bzw. Brennstoff/Förderluft-Strömungen sich aufweiten können, um - ab einem gewissen Abstand zum Austrittspunkt - den gesamten Brennraumquerschnitt ausfüllen zu können.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das erste Rohr in dem umgebenden zweiten Rohr und dritten Rohr axial verlagerbar ausgebildet. Hierdurch kann der aus strömungstechnischer Sicht optimale axiale Austrittspunkt für den staubförmigen Festbrennstoff festgelegt werden. Sollte sich das erste Rohr im Dauerbetrieb der Brennereinheit aufgrund der starken thermischen Belastung verkürzen, so kann das erste Rohr aufgrund der axialen Verstellbarkeit entsprechend nachgeführt werden.

Um eine vollständige und robuste Abdichtung des derart axial verlagerbaren ersten Rohres gegenüber der ortsfesten Konstruktion zu erreichen, ist nach einer weiteren

Ausgestaltung vorgesehen, dass das erste Rohr mittels einer Stopfbuchse abgedichtet ist.

Dient der erfindungsgemäße Brenner beispielsweise zur Befeuerung eines Ringschachtofens, so ist sicherzustellen, dass die axiale Ausdehnung der Brennerflamme begrenzt wird, so dass eine dauerhafte Beaufschlagung des Innenzylinders des Ringschachtofens, die mit einer langfristigen Schädigung des Feuerfestmaterials verbunden wäre, vermieden wird. Hierzu ist nach einer weiteren Ausgestaltung vorgesehen, dass das Gemisch aus staubförmigem Festbrennstoff und Förderluft dem ersten Rohr über ein Förderrohr zugeführt wird, wobei der Innendurchmesser des ersten Rohres kleiner oder gleich dem Innendurchmesser des Förderrohres ist. Hierdurch wird eine Begrenzung der axialen Flammenausdehnung infolge eines begrenzten Massestroms und damit eines begrenzten Impulsstroms erreicht.

Der Impulsstrom I_P ist hierbei wie folgt definiert:

$$I_P = \dot{m}_{BS} \cdot v_{BS} + \dot{m}_{FL} \cdot v_{FL}$$

mit $\dot{m}_i$: Massestrom in kg/sec; BS: Brennstoff; FL: Förderluft.

Um eine vollständige Verbrennung des staubförmigen Festbrennstoffes zu erreichen, ist es letztlich erforderlich, dass sich die Verbrennungsluft und der staubförmige Festbrennstoff aus dem ersten und zweiten Rohr vollständig vermischen. Ferner ist entscheidend, dass das aus Verbrennungsluft und staubförmigem Festbrennstoff gebildete Gemisch über den gesamten Querschnitt des Brennraums gleichmäßig verteilt ist. Ferner muss, wie bereits erwähnt, die Begrenzung der Flammenlänge sichergestellt werden, um eine Beschädigung der feuerfesten Ausmauerung zu vermeiden.

Hierfür ist nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass im zweiten Rohr nahe seiner Mündung ein Drallkörper zur Erzeugung einer Drallströmung in der aus dem zweiten Rohr austretenden Verbrennungsluft angeordnet ist. Mittels eines solchen Drallkörpers wird eine sich kegelförmig aufweitende, stark verdrallte Luftströmung als turbulenter Freistrahl erreicht, die die Flammenlänge durch die Erzeugung eines Unterdrucks im umschlossenen Kegelvolumen begrenzt und zudem eine besonders gleichmäßige Verteilung mit einem hohen Vermischungsgrad über den Brennraumquerschnitt sicherstellt.

Der Drallkörper seinerseits kann verschiedene Formen annehmen. Bevorzugt ist er ringförmig, insbesondere als Leitschaufelkranz mit über den Umfang eines ringförmigen Grundkörpers verteilten, zur Symmetrieachse des Grundkörpers verdrehten Leitschaufeln, ausgebildet.

Eine weiter verbesserte Vermischung zwischen Verbrennungsluft und staubförmigem Festbrennstoff kann erreicht werden, wenn in Verlängerung des ersten Rohres ein Umlenkkörper zur Umlenkung des aus dem ersten Rohr austretenden Festbrennstoffstrahls angeordnet ist, wie aus dem Stand der Technik im Prinzip bekannt. Hierdurch wird zunächst eine 180°-Umlenkung des Festbrennstoffstrahls unmittelbar nach Austritt aus dem ersten Rohr erreicht, was eine intensive Vermischung mit der Verbrennungsluft befördert. Jedoch hat sich die mechanische Stabilität des im Betrieb des Brenners thermisch stark belasteten Umlenkkörper in Untersuchungen der Anmelderin als problematisch erwiesen.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Brenneranordnung für einen Ofen, insbesondere für einen Ringschachtofen zum Brennen von Kalkstein, mit einem einen Brennraum definierenden Brennergehäuse und einer Brennereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

Für die Vorteile dieser Brenneranordnung gilt das vorstehend Gesagte in analoger Weise.

Bevorzugt ist der Brennraum im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet, wobei die Brennereinheit im Wesentlichen koaxial in den Brennraum hineinragt.

Nach einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Brennergehäuse ein Spiralgehäuse, in das eine weitere Verbrennungsluftleitung tangential mündet. Hierdurch wird ermöglicht, dass weitere Verbrennungsluft mit einem im Vergleich zu der aus dem zweiten Rohr austretenden Verbrennungsluft deutlich höheren Volumenstrom in das Brennergehäuse eintritt und infolge des tangentialen Eintritts und der speziellen konstruktiven Ausgestaltung des Spiralgehäuses stark verdrallt wird. Die aus dem Spiralgehäuse entsprechend verdrallt in den Brennraum eintretende Verbrennungsluft kann sich intensiv mit der aus dem zweiten Rohr austretenden Verbrennungsluft und dem staubförmigen Festbrennstoff sowie mit dem aus einem dritten Rohr austretenden Zusatzbrennstoff vermischen, so dass eine vollständige Verbrennung des staubförmigen Festbrennstoffes auch bei unterstöchiometrischer Zuführung der aus dem zweiten Rohr austretenden Verbrennungsluft sichergestellt ist. Hierzu ist das Spiralgehäuse bevorzugt in Strömungsrichtung des staubförmigen Festbrennstoffes vor dem Brennraum angeordnet.

Ferner sind, soweit auch die aus dem zweiten Rohr austretende Verbrennungsluft verdrallt ist, die Drallrichtungen der beiden Luftströme bevorzugt gleichsinnig, um eine besonders intensive Durchmischung zu erzielen.

Die eingangs genannte Aufgabe wird verfahrensmäßig mit einem Verfahren zum Brennen von staubförmigem Festbrennstoff in einer Brenneranordnung, insbesondere einer Brenneranordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gelöst,

- dass der staubförmige Festbrennstoff in einer ersten Förderrichtung mittels eines Förderluftstroms aus einem ersten Rohr einer Brennereinheit in einen Brennraum geblasen wird,

- dass Verbrennungsluft aus einem das erste Rohr umgebenden zweiten Rohr in den Brennraum geblasen wird und

- dass ein Zusatzbrennstoff aus einem das erste Rohr ebenfalls umgebenden dritten Rohr in den Brennraum geblasen wird.

Für die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens gilt wiederum das vorstehend Gesagte entsprechend.

Als Zusatzbrennstoff wird bevorzugt ein gasförmiger Zusatzbrennstoff, insbesondere Erdgas verwendet. Dieser ist leicht entzündlich und dafür geeignet, die für die vollständige Verbrennung insbesondere von staubförmigen Festbrennstoffen mit hoher Zündtemperatur notwendige thermische Energie bereitzustellen.

Als staubförmige Festbrennstoffe kommen bevorzugt Kohlestäube zu Einsatz. Besonders bevorzugt ist die Verwendung von Petrolkoksstaub oder Braunkohlestaub. Braunkohlestaub zeichnet sich durch eine vergleichsweise niedrige Zündtemperatur von ca. 450°C aus, so dass der Einsatz eines Zusatzbrennstoffes im stationären Betrieb der Brennereinheit oftmals nicht mehr erforderlich ist, da die geforderten Zündtemperaturen bereits durch den Verbrennungsluftstrom bereitgestellt werden. Petrolkoksstaub weist hingegen eine Zündtemperatur von ca. 700°C auf, so dass hier regelmäßig der Einsatz des Zusatzbrennstoffes notwendig ist, um die Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur der Verbrennungsluft und der Zündtemperatur des Petrolkoksstaubs zu überbrücken.

Im Rahmen des Verfahrens ist es somit möglich, die Einleitung des Zusatzbrennstoffes abzuschalten, sobald im Brennraum genügend thermische Energie dauerhaft zur Verfügung steht, die eine vollständige Verbrennung des staubförmigen Festbrennstoffes auch ohne Zusatzbrennstoff zum Zwecke der Anhebung des Temperaturniveaus im Brennraum sicherstellt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens beträgt die Austrittsgeschwindigkeit der Förderluft für den staubförmigen Festbrennstoff $v_{FL} \leq$ ca. 15 m/sec. Hierdurch wird der Impulsstrom des Förderluft/Brennstoff-Gemisches nach oben begrenzt. Durch diese Begrenzung des Impulsstromes kann wiederum die Länge der Flamme begrenzt und somit eine Beschädigung der feuerfesten Ausmauerung des durch die Brenneinheit befeuerten Ofens vermieden werden.

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

Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Brenneranordnung,

Fig. 2 eine verbesserte Brenneranordnung insbesondere für einen Ringschachtofen zum Brennen von Kalkstein und

Fig. 3 die Brenneranordnung aus Fig. 2 in einer modifizierten Ausführung und

Fig. 4 einen Ringschachtofen zum Brennen von Kalkstein mit Brenneranordnungen gemäß Fig. 2.

In Fig. 1 ist eine aus dem Stand der Technik bekannte Brenneranordnung dargestellt. Die Brenneranordnung umfasst ein Brennergehäuse 100 mit einem rotationssymmetrischen Brennraum 200, welcher sich in Transportrichtung des Brennstoffes bzw. in Ausbreitungsrichtung der Flamme zunächst konisch erweitert und anschließend bis zum Brennerausgang düsenförmig konisch wieder verjüngt. Durch ein koaxial mit dem Brennraum 200 angeordnetes Zentralrohr 300 wird staubförmiger Festbrennstoff pneumatisch, d.h. in einem sog. Primärluftstrom, gefördert und tritt an dem freien Ende 300a des Zentralrohrs 300 aus diesem aus.

Die über eine tangential zum Brennraum 200 angeordnete Zuführung 500 in den Brennraum 200 an dessen geschlossenem Ende eingeblasene sekundäre Verbrennungsluft wird im

Brennraum 200 verdrallt, wie durch die Spirallinie S angedeutet. Eine intensive Vermischung des staubförmigen Festbrennstoffes mit der verdrallten Sekundärluft wird dadurch erreicht, dass der staubförmige Festbrennstoff an einem in Verlängerung des Zentralrohrs 300 angeordneten Strömungsumlenker 400 um ca. 180° aus seiner ursprünglichen Strömungsrichtung abgelenkt wird. Diese Rückströmung vermischt sich also mit der verdrallten Sekundärluft, so dass eine stark mit Luft angereicherte Staubmenge durch den Brennraum 200 in Richtung seines Ausgangs strömt und in die Brennerflamme B übergeht. Zusätzlich zur sekundären Verbrennungsluft wird noch über mehrere tangential angeordnete Düsen 600 tertiäre Verbrennungsluft gestuft in den Brennraum 200 eingeleitet, um die Drallströmung im Brennraum 200 zu unterstützen.

Bei dieser aus dem Stand der Technik bekannten Konstruktion kommt es immer wieder vor, dass insbesondere bei zu geringer Temperatur der zugeführten Verbrennungsluft in den Brennraum 200 eingeblasene staubförmige Festbrennstoffe mit hoher Zündtemperatur nicht oder nicht vollständig zünden, so dass die Verbrennung insgesamt ineffizient ist.

In Fig. 2 ist eine gegenüber der Fig. 1 verbesserte Brenneranordnung A dargestellt. Diese kann beispielsweise in einem Ringschachtofen zum Brennen von Kalkstein eingesetzt werden, ist auf diesen Einsatz jedoch nicht beschränkt. Die Brenneranordnung A umfasst ein Gehäuse 1, welches einen vorliegend zylindrischen Brennraum 2 umschließt. In Ausbreitungsrichtung der Strömung vor dem Brennraum 2 ist ein Spiralgehäuse 3 angeordnet, über welches Verbrennungsluft oder eine Gemisch aus sog. Treibluft und rückgeführtem

Umwälzgas (ein Teilstrom der Ofenabgase, vgl. Fig. 4) tangential mit sehr hohem Volumenstrom in den Brennraum 2 eingeleitet werden kann. Auf der vom Brennraum 2 abgewandten Seite des Schneckengehäuses 3 ist der Brennerstein 4 mit sich konisch erweiterndem Innenquerschnitt angeordnet, in welchem die im Folgenden beschriebene Brennereinheit im Wesentlichen koaxial angeordnet ist.

Die Brennereinheit umfasst ein erstes Rohr 5 zur Förderung von staubförmigem Festbrennstoff, vorliegend Petrolkoksstaub P, in einem Förderluftstrom. Dieser wird dem ersten Rohr 5 über ein Förderrohr 5b zugeführt. Vorliegend sind der Innendurchmesser des ersten Rohres 5 und der des Förderrohres 5b identisch ausgebildet. Hierdurch wird erreicht, dass der zum Impulsstrom des Festbrennstoff/Förderluft-Gemisches proportionale Massenstrom des Festbrennstoff/Förderluft-Gemisches durch das erste Rohr 5 nicht zu groß ist, so dass die Länge der sich im Brennraum 2 bildenden Flamme insgesamt begrenzt ist.

Das erste Rohr 5 ist vorliegend axial verlagerbar ausgebildet, so dass der aus strömungstechnischer Sicht optimale axiale Austrittspunkt für den staubförmigen Festbrennstoff festgelegt werden kann. Ferner kann das freie Rohrende bei einem möglichen Abbrand der Spitze infolge andauernder hoher thermischer Belastung im laufenden Betrieb der Brennereinheit nachgeführt werden. Zur Abdichtung des ersten Rohres 5 gegenüber der übrigen Konstruktion ist eine Stopfbuchse 5a vorgesehen.

Koaxial zum ersten Rohr 5 ist ein zweites Rohr 6 angeordnet, in welchem das erste Rohr 5 aufgenommen ist. Das zweite Rohr

6 dient der Förderung von sekundärer Verbrennungsluft S in den Brennraum 2, die dem zweiten Rohr 6 über eine radiale Leitung 6a zugeführt werden kann. In dem zwischen zweitem Rohr 6 und erstem Rohr 5 gebildeten Ringvolumen ist schließlich ein drittes Rohr 7 aufgenommen, welches der Förderung eines Zusatzbrennstoffes, vorliegend Erdgas E, dient. Dieser wird dem dritten Rohr wiederum über eine radiale Leitung 7a zugeführt. Vorliegend weist das dritte Rohr 7 an seinem freien Ende einen konischen Abschnitt 7b auf.

Wie der Fig. 2 zu entnehmen ist, sind das freie Ende des dritten Rohres 7 und das des zweiten Rohres 6 gegenüber dem des ersten Rohres 5 zurückversetzt. Untereinander sind die freien Enden des zweiten und dritten Rohres 6, 7 im Wesentlichen auf gleicher Höhe angeordnet.. Hierdurch können sich die aus den Rohrenden jeweils austretende Luft- bzw. Brennstoff-/Förderluftströmungen kegelförmig divergent entlang der Längsachse des Brennraums 2 ausbreiten.

Das zweite Rohr 6 weist nahe seinem freien Ende zudem einen Drallkörper 8 auf, welcher vorliegend ringförmig als Leitschaufelkranz mit über den Umfang eines ringförmigen Grundkörpers verteilten, zur Symmetrieachse des Grundkörpers verdrehten Leitschaufeln ausgebildet ist. Hierdurch wird eine verdrallte Sekundärluftströmung erzeugt, wie im Folgenden noch ausgeführt wird.

Die Funktionsweise der Brenneranordnung A gemäß Fig. 2 ist die Folgende:

In das erste Rohr 5 wird über das Förderrohr 5b ein Gemisch aus dem staubförmigen Festbrennstoff (Petrolkoksstaub P) und einem Transportluftstrom (sogenannte Primärluft) eingeleitet und durch das erste Rohr 5 in den Brennraum 2 gefördert, wobei der Festbrennstoffstrahl im Bereich des Brennersteins 4 aus dem ersten Rohr 5 austritt. Die Austrittsgeschwindigkeit der Förderluft für den staubförmigen Festbrennstoff beträgt dabei bevorzugt ≤ ca. 15 m/sec, um den Impulsstrom des Brennstoff-Luft-Gemisches vor dem Hintergrund einer Begrenzung der Flammenlänge insgesamt zu begrenzen.

Aus dem zwischen der äußeren Fläche des ersten Rohrs 5 und der Innenfläche des dritten Rohrs 7 gebildeten Ringkanal tritt der über die Leitung 7a in das dritte Rohr 7 eingeleitete gasförmige Zusatzbrennstoff (Erdgas E) in einer ebenfalls divergenten Strömung aus und hüllt den Festbrennstoffstrahl kegelförmig ein. Die aus dem freien Ende des zweiten Rohrs 6 austretende sekundäre Verbrennungsluft S wird durch den Drallkörper 8 stark verdrallt und weitet sich ebenfalls kegelförmig auf, wobei sie die Erdgas- und die Festbrennstoffströmung E, P umhüllt. Die über das zweite Rohr 6 in den Brennraum 2 eingeleitete sekundäre Verbrennungsluft S ermöglicht aufgrund ihres vergleichsweise geringen Volumenstroms nur eine unterstöchiometrische Verbrennung. Eine vollständige Verbrennung des staubförmigen Festbrennstoffes P und des gasförmigen Zusatzbrennstoffes E wird dadurch erreicht, dass über das Spiralgehäuse 3 weitere vorgewärmte Verbrennungsluft oder ein Gemisch aus vorgewärmter Verbrennungsluft und rezirkulierendem Abgas (sogenannte Injektionsluft I) tangential und mit hohem Volumenstrom in den Brennraum 2 eingeleitet wird. Aufgrund der geometrischen Ausgestaltung des Spiralgehäuses 3 und der

tangentialen Einleitung wird dieser Luftstrom ebenfalls stark verdrallt, wie durch die Spirallinie D angedeutet. Mit zunehmendem Abstand von der Brennereinheit werden dann die verdrallte Injektionsluft I, die aus dem zweiten Rohr 6 austretende bevorzugt gleichsinnig verdrallte sekundäre Verbrennungsluft S, der aus dem dritten Rohr 7 austretende Erdgasstrom E sowie der aus dem ersten Rohr 5 austretende staubförmige Festbrennstoff P zum nicht dargestellten offenen Ende des Brennraums hin intensiv vermischt und vollständig zu Heißgasen umgesetzt.

Die gegenüber der Brenneranordnung A aus Fig. 2 modifizierte Brenneranordnung A' unterscheidet sich von der erstgenannten dadurch, dass das erste Rohr 5' in Verlängerung seines freien Endes einen Umlenkkörper 9 zur Umlenkung des aus dem ersten Rohr austretenden Festbrennstoffstrahls P aufweist. Durch diese Umlenkung kann eine weiter verbesserte Vermischung zwischen Festbrennstoff P, gasförmigem Zusatzbrennstoff (Erdgas E) und sekundärer Verbrennungsluft S erreicht werden. Als problematisch hat sich jedoch die mechanische Stabilität des Umlenkkörpers 9 bei andauernder thermischer Belastung herausgestellt. Bevorzugt wird daher eine Brenneranordnung A gemäß Fig. 2 eingesetzt.

Die Integration einer Brenneranordnung A gemäß Fig. 2 oder einer Brenneranordnung A' gemäß Fig. 3 in einen Ringschachtofen zum Brennen von Kalkstein ist in der Fig. 4 dargestellt.

Der Ringschachtofen der Fig. 4 ist nach der Bauart "Beckenbach" aufgebaut und soll zum Zwecke des prinzipiellen Verständnisses im Folgenden kurz beschrieben werden.

Der Ofen weist einen zylindrischen Außenmantel auf, der sich in einen Oberschacht 20 sowie einen Hauptschacht 10 unterteilt. Die innere Schachtwand des Hauptschachtes 10 wird durch einen unteren Innenzylinder 30 gebildet, die des Oberschachtes 20 durch einen oberen Innenzylinder 40. In der Brennzone BZ sind eine Mehrzahl von Brenneranordnungen A der im Zusammenhang mit Fig. 2 beschriebenen Art in einer unteren Brennerebene angeordnet, von denen eine in der vorliegenden Schnittzeichnung sichtbar ist. Die Brennereinheiten der oberen Brennerebene können ebenfalls in der erfindungsgemäßen Weise ausgebildet sein.

Im Betrieb des Ringschachtofens wird das zu brennende körnige Gut G (Kalkstein) in den Ringschachtofen aufgegeben und wandert schwerkraftbedingt zunächst durch die Vorwärmzone VZ, wo es im Gegenstrom durch aus der Brennzone BZ aufsteigende Abgase aufgeheizt wird. Sobald das Brenngut G den oberen Innenzylinder 40 passiert hat, tritt es in die Brennzone BZ ein und wird dort zunächst im Gegenstrom und unterhalb der unteren Brennerebene mit den Brenneranordnungen A im Gleichstrom gebrannt. Anschließend tritt das nunmehr gebrannte Gut G* in die Kühlzone KZ ein, wo es wiederum im Gegenstrom abgekühlt wird. Abschließend wird das Gut G* aus dem Ringschachtofen ausgetragen.

Wie in Fig. 4 erkennbar, strömt in der Vorwärmzone VZ des Oberschachtes 20 ein Abgasteilstrom in den oberen Innenzylinder 40 ein und gelangt von dort in eine Rekuperatoreinheit 70, wo er einen Treibluftstrom erwärmt. Dieser speist mit den Brenneranordnungen A verbundene, sogenannte Injektoren 50 zusammen mit einem Abgasteilstrom,

der seinerseits über den unteren Innenzylinder 30 und eine Ringleitung in die Injektoren 50 einströmt.

Die von den Injektoren 50 bereitgestellte Injektionsluft weist oftmals nicht die für das Entzünden des Petrolkoksstaubes als staubförmigen Festbrennstoff erforderliche Temperatur von ca. 700°C auf. Die für ein vollständiges Verbrennen des Petrolkoksstaubs erforderliche zusätzliche thermische Energie wird nun in vorteilhafter Weise durch den in der Brenneranordnung A bzw. A' in den Brennraum 2 eingeleiteten gasförmigen Zusatzbrennstoff (vorliegend Erdgas) bereitgestellt, so dass zu jeder Zeit gewährleistet ist, dass der Petrolkoksstaub vollständig in Heißgase umgesetzt wird, die einen effizienten Betrieb des Ringschachtofens gewährleisten.

Ein weiterer Vorteil des vorgestellten Brennerkonzepts besteht darin, dass bestehende Brenner in einfacher Weise derart umgerüstet werden können, dass sie auch den Einsatz eines Zusatzbrennstoffes wie Erdgas ermöglichen.

Patentansprüche

1. Brennereinheit für staubförmigen Festbrennstoff (P) mit einem ersten Rohr (5, 5') zur Förderung des Festbrennstoffes (P) in einer ersten Förderrichtung und mit einem das erste Rohr (5) umgebenden zweiten Rohr (6) zur Förderung von Verbrennungsluft (S) und mit einem das erste Rohr (5, 5') umgebenden dritten Rohr (7) zur Förderung eines Zusatzbrennstoffes (E).

2. Brennereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Rohr (7) für die Förderung eines gasförmigen Zusatzbrennstoffes, insbesondere Erdgas (E), ausgebildet ist.

3. Brennereinheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Rohr (7) in radialer Richtung zwischen dem ersten und dem zweiten Rohr (5, 5', 6) angeordnet ist.

4. Brennereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das freie Ende des dritten Rohres (7) gegenüber dem freien Ende des ersten Rohres (5, 5') zurückversetzt ist.

5. Brennereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das freie Ende des zweiten Rohrs (6) im Wesentlichen auf Höhe des freien Endes des dritten Rohres (7) angeordnet ist.

6. Brennereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rohr in dem umgebenden zweiten Rohr (6) und dritten Rohr (7) axial verlagerbar ausgebildet ist.

7. Brennereinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rohr (5, 5') mittels einer Stopfbuchse abgedichtet ist.

8. Brennereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der staubförmige Festbrennstoff dem ersten Rohr (5) über ein Förderrohr (5a, 5a') zugeführt wird, wobei der Innendurchmesser des ersten Rohres (5) kleiner oder gleich dem Innendurchmesser des Förderrohres (5a, 5a') ist.

9. Brennereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im zweiten Rohr (6) nahe seiner Mündung ein Drallkörper (8) zur Erzeugung einer Drallströmung in der aus dem zweiten Rohr (6) austretenden Verbrennungsluft (S) angeordnet ist.

10. Brennereinheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Drallkörper (8) ringförmig, insbesondere als Leitschaufelkranz mit über den Umfang eines ringförmigen Grundkörpers verteilten, zur Symmetrieachse des Grundkörpers verdrehten Leitschaufeln, ausgebildet ist.

11. Brennereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass in Verlängerung des ersten Rohrs (5, 5') ein Umlenkkörper (9) zur Umlenkung des aus dem ersten Rohr (5, 5') austretenden Festbrennstoffstrahls (P) angeordnet ist.

12. Brenneranordnung (A, A') für einen Ofen, insbesondere für einen Ringschachtofen zum Brennen von Kalkstein, mit einem einen Brennraum (2) definierenden Brennergehäuse (1) und einer Brennereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

13. Brenneranordnung (A, A') nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennraum (2) im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet ist, wobei die Brennereinheit im Wesentlichen koaxial in den Brennraum hineinragt.

14. Brenneranordnung (A, A') nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennergehäuse (1) ein Spiralgehäuse (3) umfasst, in das eine Verbrennungsluftleitung (I) tangential mündet.

15. Brenneranordnung (A, A') nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Spiralgehäuse (3) in Strömungsrichtung des staubförmigen Festbrennstoffes (P) vor dem Brennraum (2) angeordnet ist.

16. Verfahren zum Brennen von staubförmigem Festbrennstoff (P) in einer Brenneranordnung, insbesondere einer Brenneranordnung (A, A') nach einem der Ansprüche 12 bis 15,

- wobei der staubförmige Festbrennstoff (P) in einer ersten Förderrichtung mittels eines Förderluftstroms aus einem ersten Rohr (5, 5') einer Brennereinheit in einen Brennraum (2) geblasen wird,
- wobei Verbrennungsluft (S) aus einem das erste Rohr (5, 5') umgebenden zweiten Rohr (6) in den Brennraum (2) geblasen wird und
- wobei ein Zusatzbrennstoff (E) aus einem das erste Rohr (5, 5') ebenfalls umgebenden dritten Rohr (7) in den Brennraum (2) geblasen wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass Petrolkoksstaub oder Braunkohlestaub als staubförmiger Festbrennstoff (P) verwendet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzbrennstoff ein gasförmiger Zusatzbrennstoff, insbesondere Erdgas (E), ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsgeschwindigkeit der Förderluft für den staubförmigen Festbrennstoff $v_{FL} \leq$ ca. 15 m/sec beträgt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsluft (S) unterstöchiometrisch zugeführt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzliche Verbrennungsluft (I) über ein Spiralgehäuse (3) tangential in den Brennraum (2) eingeblasen wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20 und 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge der zusätzlich eingeblasenen Verbrennungsluft (I) derart bemessen ist, dass der staubförmige Festbrennstoff (P) vollständig verbrennt.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr des Zusatzbrennstoffes (E) abgeschaltet wird, sobald im Brennraum (2) genügend thermische Energie zur Verfügung steht.

24. Ofen, insbesondere Ringschachtofen zum Brennen von Kalkstein, mit wenigstens einer Brenneranordnung (A, A') nach einem der Ansprüche 12 bis 15.

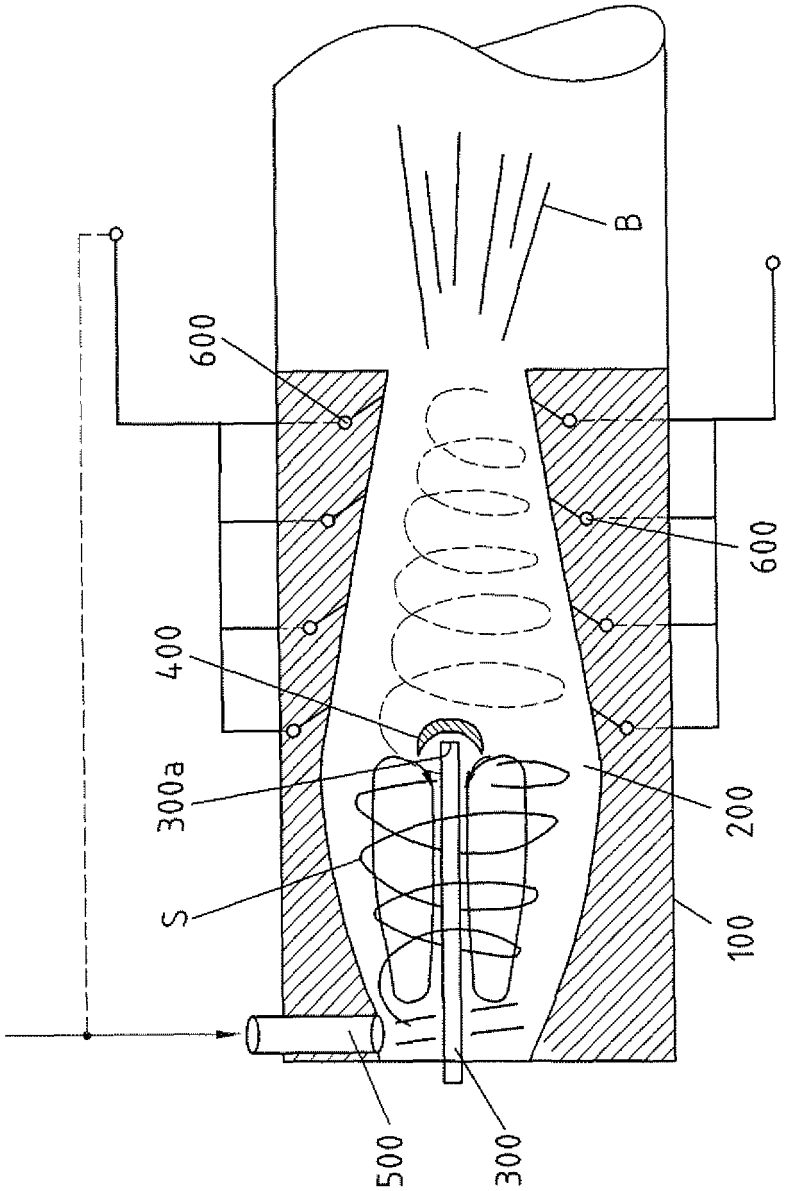


Fig. 1
(Stand der Technik)

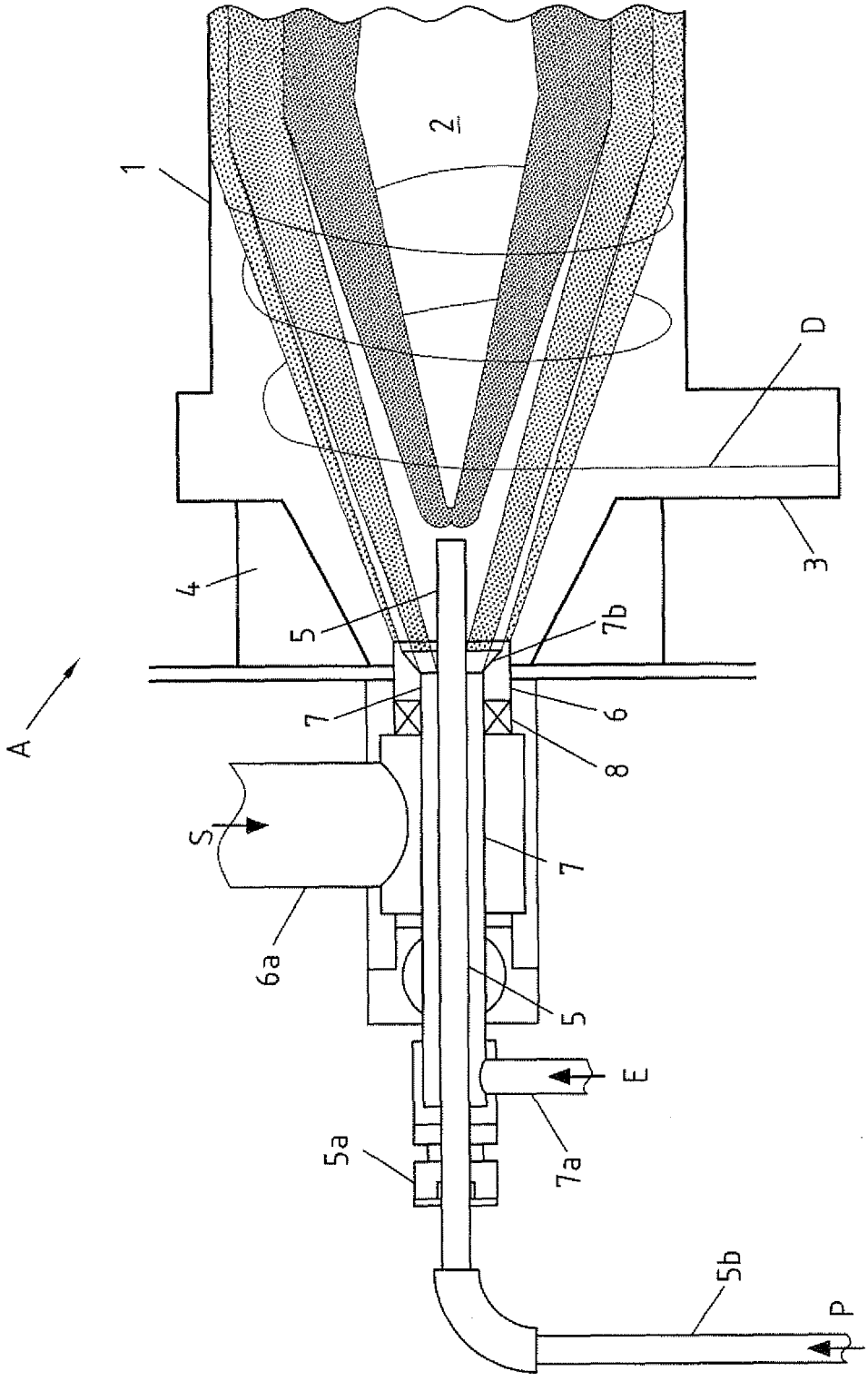


Fig. 2

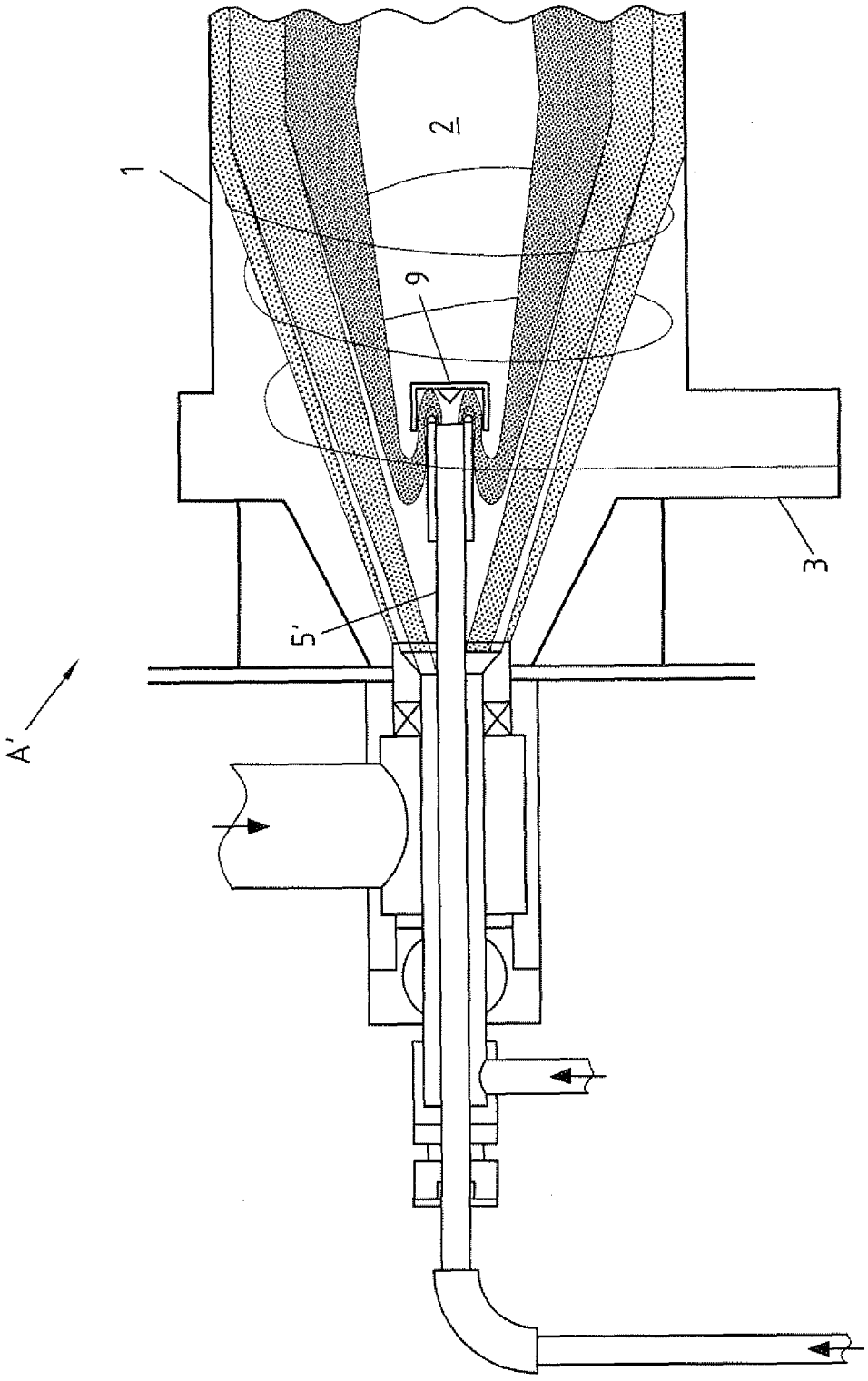


Fig. 3

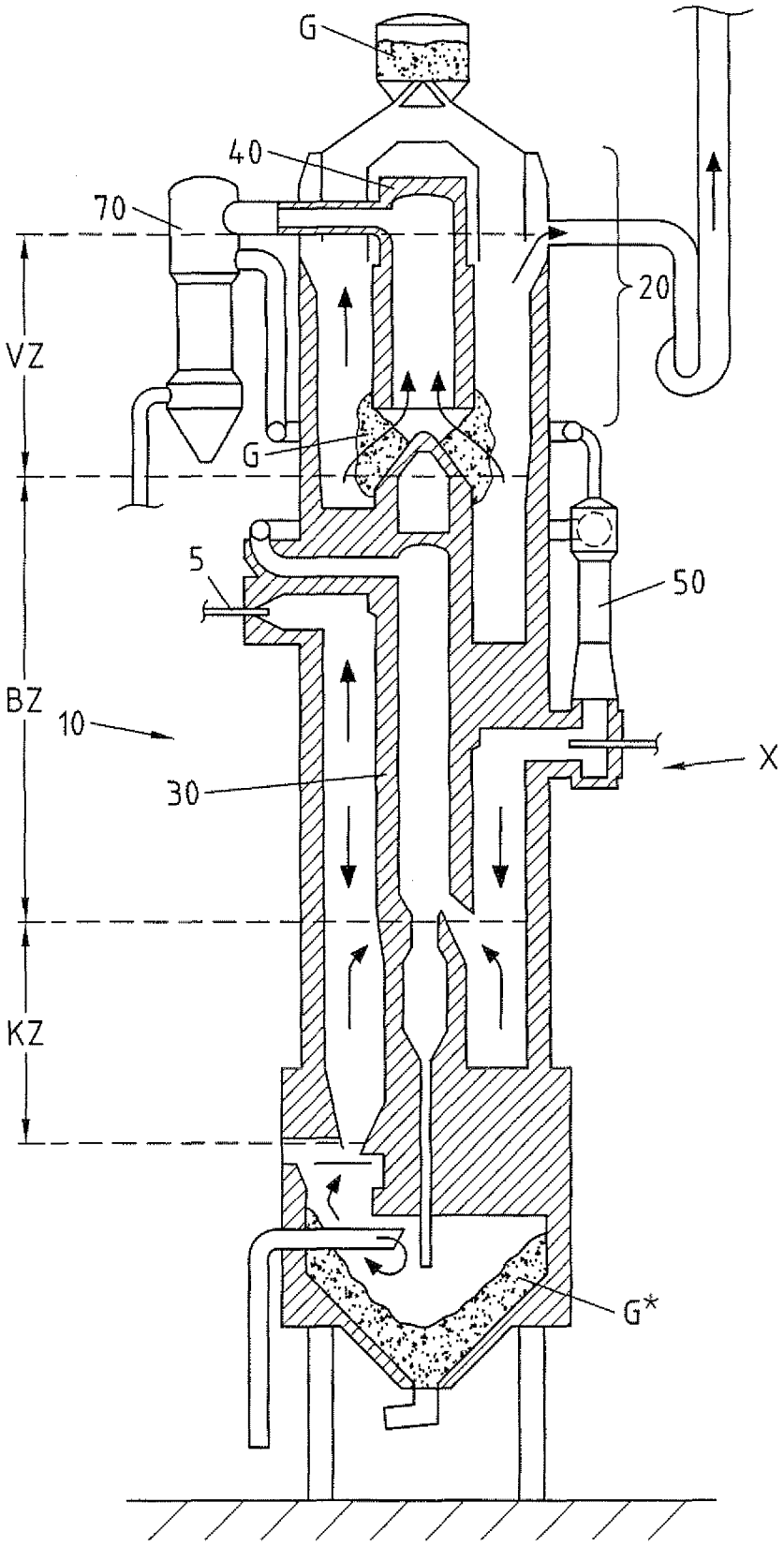


Fig. 4