

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 797 063 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.09.1997 Patentblatt 1997/39

(51) Int. Cl.⁶: F27D 17/00, F27B 3/20

(21) Anmeldenummer: 97104043.1

(22) Anmeldetag: 11.03.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI NL SE

(30) Priorität: 19.03.1996 DE 19610710
04.03.1997 DE 19708550

(71) Anmelder: Gautschi Electro-Fours SA
8274 Tägerwilen (CH)

(72) Erfinder:
• Engelberg, Franz, Prof. Dr.-Ing.
7750 Konstanz (CH)

• Villinger, Gerhard
8280 Kreuzlingen (CH)
• Wicker, Martin
40789 Monheim (DE)
• Bender, Wolfgang
40699 Erkrath (DE)

(74) Vertreter: Christl, Hermann, Dipl.-Ing.
Deutz AG,
Patente und Marken,
Abt. KR-P
51057 Köln (DE)

(54) Verfahren zum Beheizen eines Industrieofens und Regenerator-Brenner-Modulsystem hierfür

(57) Um für einen Industrieofen, insbesondere für einen Metallschmelzofen eine regenerative energiesparende Brennstoffbeheizung zu schaffen, die flexibel alle möglichen zeitlichen/räumlichen Betriebszustände/Anforderungen des zu beheizenden Ofens sowie die wärmetechnischen Zustände der jeweils eingesetzten wärmespeichernden Regeneratoren genau berücksichtigen kann, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß wenigstens zwei Regenerator-Brenner-Module (3) unabhängig voneinander aus der Prozeßsteuerung des Industrieofens (1) vom Brennerbetrieb (7) in den Regeneratorbetrieb (7r) (Abgasabsaugbetrieb) bzw. umgekehrt umschaltbar sind, und zwar mit Einsatz von Umsteuerventilen (11) oder reversierbaren Ventilatoren bzw. Zweistrom-Ventilatoren.

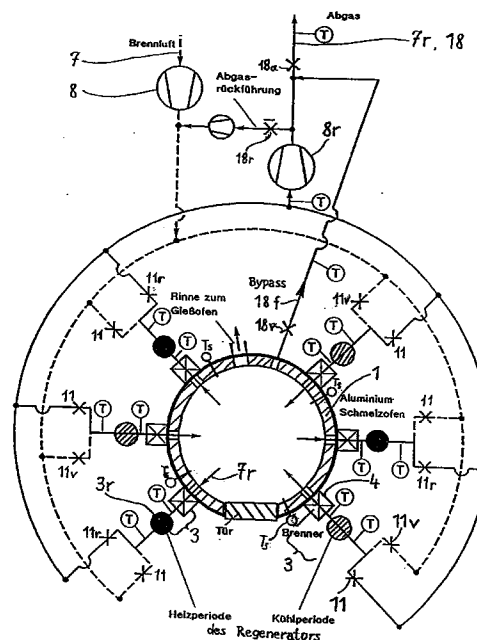


Fig. 1

EP 0 797 063 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beheizen eines brennstoffbeheizten Industrieofens, insbesondere Metallschmelzofens, unter Verwendung von wechselweise von heißem Abgas und kalter Brennluft durchströmten Regeneratoren und Brennern. Außerdem betrifft die Erfindung ein Regenerator-Brenner-Modulsystem zur Durchführung des Verfahrens.

Industrieöfen wie z. B. Aluminium-Schmelzöfen müssen mittels Brennern aufgeheizt und warmgehalten werden. Dabei ist es bekannt, wechselweise von heißem Abgas und kalter Verbrennungsluft durchströmte Regeneratoren einzusetzen, die als Wärmespeicher in der Lage sind, kalte Verbrennungsluft auf hohe Temperatur vorzuwärmen, wodurch Energie gespart wird. Im Regenerator kühlt sich das heiße Abgas z. B. von 1200°C auf z. B. 400°C ab, während sich im Regenerator in einer folgenden Periode die kalte Verbrennungsluft auf z. B. 1000°C vorerhitzen kann.

Bisher bekannt gewordene Ausführungen zur Beheizung von Industrieöfen mit Einsatz von Regeneratoren und Brennern gehen von einer festen paarigen Zuordnung der Regeneratoren/Brenner aus, d. h. im Abgasbetrieb (Heizperiode) erfolgt das Speichern der Abwärme im Regenerator und durch wechselseitiges Umschalten auf den Brennerbetrieb (Kühlperiode) erfolgt im anderen Regenerator/Brenner das Entspeichern der Wärme des Regenerators (z. B. GB-A-2 224 563). Durch das streng paarweise Zuordnen und Betreiben der beiden Regeneratoren kann keine Rücksicht auf individuell unterschiedliche wärmetechnische Zustände der Regeneratoren sowie zeitliche und räumliche Anforderungen hinsichtlich des Wärmebedarfs für den Ofenbetrieb genommen sowie kein schneller Austausch der Regenerator-Brenner-Module im Fall von Wartung und Reparatur vorgenommen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für einen Industrieofen, insbesondere für einen Metallschmelzofen, eine regenerative energiesparende Beheizung zu schaffen, die flexibel auf alle möglichen zeitlichen/räumlichen wärmetechnischen Betriebszustände/Anforderungen der Regeneratoren sowie vor allem des zu beheizenden Ofens insbesondere bei großen Schmelzofenanlagen reagieren kann.

Diese Aufgabe wird verfahrensmäßig mit den Maßnahmen des Kennzeichnungsteils des Anspruchs 1 und vorrichtungsmäßig mit den Maßnahmen des Kennzeichnungsteils des Anspruchs 4 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Dadurch, daß beim erfindungsgemäßen Verfahren mehrere, geradzahlig oder auch ungeradzahlig viele, um den Umfang eines Industrieofens verteilt angeordnete Regenerator-Brenner-Module unabhängig voneinander aus der Prozeßsteuerung des Industrieofens vom Brennerbetrieb in den Regeneratorbetrieb (Abgasabsaugbetrieb) umgeschaltet werden, ist die Möglichkeit eröffnet, die einzelnen Regenerator-Brenner-Module -

unter Beachtung betrieblicher Grenzen - auch unpaarig bzw. unsymmetrisch zu betreiben, d. h. es besteht auch die Möglichkeit, Brenner in Überzahl oder auch in Unterzahl feuern zu lassen. Wesentliches Merkmal der Erfindung ist, daß die Auswahl und/oder das Verhältnis der Anzahl der feuernenden Brenner zur Anzahl der abgesaugten (bzw. rückwärts durchströmten) Brenner variabel und in Abhängigkeit z. B. vom wärmetechnischen Zustand der einzelnen Regenerator-Brenner-Module (Einheiten) gesteuert werden kann. Die Bewertungskriterien für den wärmetechnischen Zustand der einzelnen Regenerator-Brenner-Module sind z. B. die Abgastemperatur und die Brennlufttemperatur. Aber auch ein gesteuerter Einsatz entsprechend den gemessenen Ofentemperaturen in mehreren repräsentativen Ofensektoren, z. B. mittels Strahlungspyrometer, ermöglicht eine gezielte Erwärmung der verschiedenen Ofenbereiche. Auf diese Weise kann das erfindungsgemäße Verfahren zum Beheizen eines brennstoffbeheizten Industrieofens flexibel auf alle möglichen zeitlichen/räumlichen Betriebszustände/Anforderungen des zu beheizenden Ofens reagieren.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung können die Taktzeiten des Betriebes der jeweils feuernenden Brenner und der jeweils abgesaugten Brenner fest oder variabel sein und die Taktzeiten können sich mehr oder weniger weit überlappen. Erfindungsgemäß ist die bekannte paarige Aufteilung der Brenneinheiten auf Einzelbrenner- bzw. Einzelabgasbetrieb aufgeschnitten worden. Innerhalb der zu beheizenden Ofenanlage wird eine sehr günstige Wärmeverteilung erreicht, da die Befuerung um das zu erwärmende oder zu schmelzende Gut getaktet werden kann.

Das erfindungsgemäße Regenerator-Brenner-Modulsystem zur Durchführung des Beheizungsverfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein Regenerator und ein Brenner zu je einem kompakten Regenerator-Brenner-Modul (Einheit) zusammengefaßt sind, wobei wenigstens zwei Regenerator-Brenner-Module mit zwei Ventilatoren, die reversibel sind und/oder die mit Umsteuerventilen zusammenwirken, mit einer Abgasleitung in Verbindung stehen. Das kompakte Modul ist als Einheit leicht vom Industrieofen zu trennen und gegen ein anderes bereitgestelltes Regenerator-Brenner-Modul auszutauschen. Das vom Industrieofen entfernte Regenerator-Brenner-Modul läßt sich dann - ohne den Ofenbetrieb zu stören - mit entsprechender Sorgfalt warten. Ein solcher nur kurze Betriebsunterbrechungen verursachender Austausch kann noch erleichtert werden, wenn das gesamte Regenerator-Brenner-Modul mit einem Fahrwerk versehen wird, mit dem die jeweiligen Aggregate vom Ofen abrückbar sind. Bei vertikalem Regenerator ermöglicht ein horizontaler Anschlußflansch an die Regenerator-Rohrleitung, der sich unter dem im oberen Regeneratorteil auskragenden Brenner befindet, den Brenner gut auszurichten. Ein konischer oder ein kugelförmiger Brennerkopfsitz im Ofen-Gehäuse mit Dehnelementen zwischen Brenner und Zwischenstück zum Regenera-

tor unterstützt dies.

Der Regenerator, der unmittelbar vor dem auf das Nutzgut wie z. B. Schmelzbad gerichteten Brenner angeordnet ist, kann vertikal nach unten oder aber auch nach oben angeordnet sein. Jedoch auch ein ungefähr horizontal an den Brenner angebauter Regenerator ist möglich. Als Wärmespeicher des vertikalen Regenerators können eine gasdurchlässige Schüttung - z. B. aus Kugeln oder Ringen - oder aufeinander gesetzte Wabenkörper eingesetzt werden. Für horizontale Regeneratoren eignen sich Wabenkörper in den meisten Fällen deutlich besser. Außerdem haben z. B. keramische Wabenkörper gegenüber Schüttungen einen erheblich geringeren Strömungswiderstand, verbunden mit dem Vorteil entsprechend geringerer Ventilatorleistungen, sowie den Vorteil geringerer Verschmutzungsgefahr. Mit der Verteilung der Aufschichtlänge der Wabenkörper kann auch die Verteilung der Durchströmungswiderstände und damit die Durchsatzverteilung im Regenerator beeinflusst werden.

Auch treten beim Betrieb des Kompakt-Regenerator-Brenner-Moduls praktisch keine Wärmeverluste auf, da der Brenner unmittelbar hinter dem Regenerator angeordnet ist und so auf dem sehr kurzen Zwischenstück zum Brenner keine Temperatur-Absenkung der im Regenerator aufgeheizten Verbrennungsluft eintritt. Der Brenner kann auch kompakt in das Regenerator-Gehäuse eingebaut sein. Im Regenerator-Betrieb wird das heiße Abgas aus dem Industrieofen in umgekehrter Richtung durch die Verbrennungsluft-Kanäle des Brenners direkt in den Regenerator abgesaugt und heizt diesen auf. Das Abgas kühlt sich dabei im Regenerator bis auf ca. 400°C ab, so daß die nachfolgenden Aggregate, wie Rohrleitungen, Ventile, Ventilatoren u.a., einer entsprechend geringeren thermischen Belastung unterliegen. Zusätzlich kann eine Rezirkulationsleitung zwischen dem Industrieofen-Oberteil und Regenerator-Oberteil vorgesehen sein, so daß im Regenerator-Betrieb zusätzlich Abgas durch den Regenerator strömen kann.

Zum Betrieb der Regenerator-Brenner-Module an einem Ofen ist zumindest ein Ventilatoren-Paar einzusetzen: ein Ventilator für die Verbrennungsluft und ein Ventilator für die Abgase. Jedem Regenerator-Brenner-Modul ist ein Paar Umsteuerventile zugeordnet, die im Wechsel den Regenerator zu der Verbrennungsluft- oder der Abgasleitung anschließen oder absperren. Die im Brenner-Betrieb befindlichen Regenerator-Brenner-Module haben das eine Umsteuerventil geöffnet zur Verbrennungsluft-Leitung und das andere geschlossen zur Abgasleitung. Umgekehrt haben die anderen Regenerator-Brenner-Module, die bei abgestelltem Brenner die Industrieofen-Abgase in entgegengesetzter Richtung durch den Regenerator durchsetzen, ein Umsteuerventil zur Abgasleitung geöffnet und das andere zur Verbrennungsluft-Leitung geschlossen. An Stelle eines Umsteuerventil-Paares kann auch eine Umsteuer-Rohrweiche oder Umsteuerklappe verwendet werden, die im Wechsel eine Verbindung zur Abgasleitung oder

Verbrennungsluft-Leitung herstellt und gleichzeitig jeweils die andere Leitung absperrt.

Als Variante können auch reversierbare Ventilatoren mit Umsteuerklappen im Ein- und Austrittsgehäuse eingesetzt werden. Zur reinen Umkehr-Steuerung der Förderrichtung (wie bei bekannten Ausführungen) kommt bei den Reversier-Ventilatoren für die Regenerator-Brenner-Module eine Weg-Umsteuerung im Ventilator-Eintritt hinzu, nämlich vom Luftansaugstutzen zur Regenerator-Abgasleitung und umgekehrt. Dabei kann auf besondere Umsteuer-Ventile oder -Klappen in den Rohrleitungen verzichtet werden. An Stelle besonderer Rohrleitungen für Verbrennungsluft und Abgase reicht jeweils eine Rohrleitung von einem Regenerator-Brenner-Modul zu einem Ventilator aus, wobei sowohl Verbrennungsluft als auch Abgase durch die Rohrleitungen und die Ventilatoren im Wechsel durchgesetzt werden. Der wechselweise Durchsatz von kalter Verbrennungsluft und heißen Abgasen durch die Rohrleitungen und Ventilatoren in einem System läßt auch keine thermische Dauerbelastung in diesen Aggregaten aufkommen und mindert so die Materialbeanspruchung.

Solche reversierbaren Ventilatoren sind zwar z. B. aus der DE-A-42 33 916 bekannt und im Einsatz in Wärmeföfen zum Reversieren der Durchströmung. Doch neu ist der hier vorgeschlagene Einsatz zur Umsteuerung von Brenner- auf Regenerator-Betrieb. Gegenüber bekannten reversierbaren Ventilatoren, die in geschlossenen Gasumwälzsystemen eingesetzt sind, muß bei einem reversierbaren Ventilator für ein Regenerator-Brenner-Modul zusätzlich ein Ansaugstutzen vorhanden sein, um Verbrennungsluft aus der Atmosphäre anzusaugen. Außerdem ist ein besonderer Anschluß an eine Abgas-Abführung vorzusehen. Die Strömungsführung durch ein Regenerator-Brenner-Modul mit einem reversierbaren Ventilator ist wie folgt:

Zur Verbrennungsluft-Förderung öffnet im Eintrittsgehäuse des Ventilators die Umsteuerklappe den Ansaugstutzen, um atmosphärische Luft anzusaugen. Bei Abschluß der Abgasleitung mit der Umsteuerklappe im Austrittsgehäuse bei gleichzeitiger Öffnung der Regenerator-Rohrleitung fördert dieser Ventilator die Verbrennungsluft in den Regenerator des Regenerator-Brenner-Moduls. Der vorher durch Abgase aufgeheizte Regenerator erwärmt die Verbrennungsluft und führt sie dem Brenner zu. Die heißen Abgase dieses Brenners saugt ein anderer Ventilator durch die Verbrennungsluft-Kanäle von anderen, im Regeneratorbetrieb befindlichen Regenerator-Brenner-Modulen ab. Hierzu hat der zweite Ventilator im Eintrittsgehäuse die Umsteuerklappe zur Regeneratorleitung geöffnet bei gleichzeitigem Abschluß des Ansaugstutzens für Verbrennungsluft.

Im Austrittsgehäuse dieses Ventilators stellt die Umsteuerklappe eine Verbindung zur Abgasleitung her und sperrt gleichzeitig die Regeneratorleitung ab.

Die Erfindung und deren weitere Merkmale und Vorteile werden anhand der in den Figuren schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1: Regenerator-Brenner-Modulsystem zum Beheizen eines im Querschnitt runden Aluminium-Schmelzofens, mit sechs um den Ofenumfang verteilten Regenerator-Brenner-Modulen;

Fig. 2: Horizontalschnitt durch einen typischen Rundschmelzofen mit der konstruktiven Anordnung der Regenerator-Brenner-Module, in Höhe der Brennerdüsen mit abgenommenem Umlenkgehäuse vor den Wabenkörpern der Regeneratoren;

Fig. 3a: Schema eines Wabenkörper-Regenerators mit reversierbarem Ventilator im Brenner-Betrieb;

Fig. 3b: Schema eines Wabenkörper-Regenerators mit reversierbarem Ventilator im Regenerator-Betrieb;

Fig. 4: Schnitt IV-IV in Fig. 3a / Fig. 3b durch das Ventilatorlaufrad und das Austrittsgehäuse mit Umsteuerklappe im Brenner-Betrieb;

Fig. 5: Vertikalschnitt durch ein Regenerator-Brenner-Modul mit vertikalem Wabenkörper-Regenerator und Gasbrenner mit Strömungsführung im Brenner- und Regenerator-Betrieb;

Fig. 6: Teilquerschnitt VI-VI in Fig. 5 durch zusammengesetzte Wabenkörper-Elemente mit engem Wabenraster;

Fig. 7: Vertikalschnitt durch ein um eine vertikale Achse schwenk- und einstellbares Brenner-Regenerator-Modul mit vertikalem Wabenkörper-Regenerator und Gasbrenner, dessen Brennerkopf und sein Sitz im Schmelzofen-Gehäuse kugelformig ausgeführt ist, in einer Ausführung mit verstellbarem Umlenkgritter im unteren Umlenkkrümmer und einer Rezirkulations-Abgasleitung mit Diffusor-Austrittsklappe;

Fig. 7a: Teilschnitt durch Brennerkopf mit Kugelform-Kalotte und Dichtring am Brennersitz im Schmelzofengehäuse;

Fig. 8: Vertikalschnitt durch den unteren Umlenkkrümmer mit zugeklapptem linken Umlenkgritterteil und verstärkter Spülströmung im rechten Teil;

Fig. 9: Vertikalschnitt durch den unteren Umlenkkrümmer mit zugeklapptem rechten

Umlenkgritterteil und verstärkter Spülströmung im linken Teil;

Fig. 10: Schnitt X-X in Fig. 5 und 7 mit Sicht auf den Brenner-Kopf von hinten bei Brenner-Betrieb;

Fig. 11: Schnitt X-X in Fig. 5 und 7 mit Sicht auf den Brenner-Kopf von hinten bei Regenerator-Betrieb mit Abgas-Rückströmung durch die vier Luftkanäle des inneren Brenner-Einsatzes in der Heizperiode des Regenerators.

Fig. 1 zeigt als ein Beispiel für das Regenerator-Brenner-Modulsystem in schematischer Darstellung sechs um einen Aluminium-Schmelzofen verteilt angeordnete Regenerator-Brenner-Module, die wechselweise über das gestrichelt gezeichnete Leitungssystem von Verbrennungsluft (7) und über das nicht gestrichelte Leitungssystem vom Regenerator-Abgasstrom (7r) durchströmt werden, wobei mit (18) die gemeinsame Abgasleitung angezeigt ist. (8) ist der Ventilator für die Verbrennungsluft (7) und (8r) ist der Ventilator zum Abzug des Abgases. In der Heizperiode wird die Speichermasse des Regenerators (3r) mit dem heißen Abgas aus dem Schmelzofen (1) aufgeheizt und in der Kühlperiode mit der kalten Brennluft (7) gekühlt. Im Auslegungsfall können z. B. etwa 10 % des Abgasvolumenstroms durch einen Bypass (18f) bzw. "Fuchs" abgezogen werden, der Rest wird zu etwa gleichen Teilen durch die Module mit der Funktion Heizperiode abgesaugt. Ein Teil des Abgases (7r) kann hinter dem Saugzuggebläse (8r) abgetrennt und über eine Abgasrückführung zur NO_x-Minderung der kalten Brennluft (7) zugemischt werden. Diese Brennluft (7) wird auf die Regenerator-Brenner-Module mit der Funktion Kühlperiode verteilt, erwärmt und den Brennern (4) zugeführt.

Die Betriebsweise des erfindungsgemäßen Regenerator-Brenner-Modulsystems wird am Ausführungsbeispiel der Fig. 1 erläutert. Im Normalbetrieb werden drei Module mit Abgas aufgeheizt (Heizperiode; in Fig. 1 gefüllt dargestellt), und drei Module liefern heiße Brennluft (Kühlperiode; schraffiert dargestellt). Bei Erreichen eines Umschaltkriteriums wechselt ein Modul seine Funktion, z. B. das Modul rechts unten von Kühlperiode auf Heizperiode des Regenerators nach Umstellung der Umsteuerventile (11, 11v). Um die feuerungstechnische Leistung konstant zu halten, wird ein anderes Modul seine Funktion entgegengesetzt ändern, z. B. das Modul links unten von Heizen auf Kühlen des Regenerators. In der Folge wechseln auch die anderen Regenerator-Brenner-Module ihre Funktion. Die Dauer für die einzelnen Perioden liegt z. B. bei ca. 180 Sekunden. Der typische Betriebsablauf ist geprägt von dem steten Wechsel der Funktion der einzelnen Module.

Der Betrieb des Regenerator-Brenner-Modulsystems wird gesteuert und geregelt durch Anforderungs-

signale aus der Prozeßsteuerung des Schmelzofens (1). Aus einem vorgegebenen Schmelzprogramm und den gemessenen Betriebswerten des Schmelzofens bestimmt die Schmelzofen-Prozeßsteuerung die notwendige Gesamt-Feuerungsleistung. Dieser Wert wird an die Prozeßsteuerung des Regenerator-Brenner-Modulsystems übergeben.

Eine Leistungsänderung kann durch kontinuierliche Regelung der einzelnen Brenner und/oder durch Änderung der Anzahl der feuernden Brenner erreicht werden. Abgesehen vom Standardbetriebsfall, das ist in diesem Beispiel der 3/3-Betrieb (3 Brenner feuern und die zugehörigen Module liefern heiße Brennluft, während durch die 3 anderen Module das Abgas aus dem Schmelzofen in die Abgassammelleitung (18) strömt), sind wenigstens noch drei weitere Betriebsfälle möglich und vorgesehen:

- 4/2-Betrieb (vier Brenner feuern)
- 2/4-Betrieb (zwei Brenner feuern)
- 1/5-Betrieb (ein Brenner feuert)

Der 4/2-Betrieb ist gedacht für kurzzeitigen Überlastbetrieb und für Nennlastbetrieb bei niedriger Brennlufttemperatur. Der 2/4- und der 1/5-Betrieb sind für den Teillastbetrieb gedacht. Für den kurzzeitigen 4/2-Überlastbetrieb muß der ausreichend dimensionierte "Fuchs" (18f) als Abgas-Bypass zu den zwei aufzuheizenden Regeneratoren geöffnet werden, um einen erhöhten Verbrennungsluft-Durchsatz für die vier feuernden Brenner zu ermöglichen. Entsprechendes läßt sich auch mit einem Abgas-Ventilator im Bypass oder mit einem zusätzlichen, drehzahlregelbaren Abgas-Ventilator erreichen.

Für die Umschaltkriterien der einzelnen Regenerator-Brenner-Module kann ein festes oder ein flexibles Zeitraster herangezogen werden. Bei einem festen Zeitraster wechseln die einzelnen Module nach vorgegebenen festen Zeiträumen ihre Funktion. Die Umschaltvorgänge der Module können in mehreren Gruppen zeitlich gestaffelt sein, um einen möglichst gleichmäßigen Betrieb zu erreichen. Volumenströme und Periodendauern in der Heizperiode des Regenerators sollen so festgelegt sein, daß die gespeicherten Wärmemengen für alle Betriebsfälle näherungsweise konstant sind.

Bei der temperaturgeführten Umschaltung mit flexiblem Zeitraster werden die Umschaltvorgänge der Module in Abhängigkeit vom wärmetechnischen Zustand dieser Module gesteuert. Die Bewertungskriterien für den wärmetechnischen Zustand sind die Abgastemperatur und die Brennlufttemperatur, gemessen an den in Fig. 1 eingezeichneten Temperaturmeßstellen (T). Für diese Temperaturen können Grenzwerte festgelegt werden, die eine Umschaltung des betreffenden Regenerator-Brenner-Moduls initiieren. Ergänzend zum Temperaturgrenzwert kann noch ein Zeitkorridor vorgegeben und aufgeschaltet werden.

Für einen ausgewählten Brenner-Einsatz entspre-

chend der örtlichen Ofentemperaturen über der Schmelze sind Temperaturmeßstellen (Ts) in mehreren z. B. vier Sektoren des Schmelzbades oder an entsprechenden Schmelzbad-Koordinaten zusätzlich notwendig.

Außer den Meßstellen für die Temperatur der Luft-/Gas-Ströme können auch noch Meßstellen zur Messung der jeweiligen Volumenströme und/oder Messung der jeweiligen Gasanalysen vorhanden sein. So kann im Gesamt-Abgas (18) der O₂- und NO_x-Gehalt sowie in der Brennluft (7) hinter der Abgasrückführung der O₂-Gehalt gemessen werden. Der dort in der Brennluft gemessene O₂-Wert kann zur Regelung der rezirkulierenden Abgasmenge [(Abgasrückführungsventil (18r)) genutzt werden.

Eine weitere Betriebsvariante wird möglich, wenn hinter der Einführung des Bypasses (18f) in die Abgasleitung (18) ein zusätzliches Ventil (18a) eingesetzt ist. Dieses Ventil ermöglicht in Betriebspausen mit dem Abgasventilator (8r) einen Umwälzbetrieb der heißen Schmelzofengase und ein Aufheizen der im Brennerbetrieb abgekühlten Regeneratoren (3r).

Es versteht sich, daß das erfindungsgemäße Regenerator-Brenner-Modulsystem bzw. das zugehörige Betriebsverfahren automatisiert werden können. Angestrebt werden sollte eine temperaturgeführte Umschaltstrategie der Module zusammen mit einem möglichst kleinen Regelbereich für die einzelnen Module bzw. Brenner.

Fig. 2 zeigt die konstruktive Anordnung von sechs am Umfang eines typischen Schmelzofens (1) angeordneten Regenerator-Brenner-Modulen (3). Die Achsen der Brennerflammen (4f) können in Umfangsrichtung um einen Winkel α von der radialen Richtung zum Mittelpunkt des runden Schmelzofens abweichen.

Während in Fig. 1 das Ventilator-System aus einem Ventilator (8) besteht, der nur Verbrennungsluft (7) ansaugt, und einem zweiten Ventilator (8r), der nur Abgase (7r) absaugt, zeigen die Fig. 3a und Fig. 3b als Alternative dazu reversierbare Ventilatoren (8) mit integrierten Umsteuerklappen, die sowohl Verbrennungsluft (7) ansaugen als auch Abgas (7r) absaugen können. In diesem Fall muß jedoch jedes Einzelmodul mit einem derartigen reversierbaren Ventilator ausgerüstet werden. Bei dem in Fig. 3a dargestellten Regenerator-Brenner-Modul ist im Ventilator-Eintrittsgehäuse (8E) die Umsteuerklappe (9) so eingestellt, daß aus dem Ventilator-Ansaugstutzen (8e) die Verbrennungsluft (7) angesaugt wird. Im Ventilator-Austrittsgehäuse (8A) ist, wie dies Fig. 4 mit Schnitt IV-IV zeigt, die Umsteuerklappe (9) am Ende des Spiralgehäuses so eingestellt, daß der Auslaß zur Abgasleitung abgesperrt wird und die Verbrennungsluft (7) zum Regenerator-Brenner-Modul (3) strömen kann. Werden die Umsteuerklappen am Ventilator-Aus- und -Eintritt in die Reversierstellung (9r) eingestellt (in Fig. 4 gestrichelt gezeichnet), wie dies für das Regenerator-Brenner-Modul in Fig. 3b zutrifft, dann wird im Austrittsgehäuse (8A) die Verbindung zum Regenerator abgesperrt und

der Ventilator saugt über die umgestellte Umsteuerklappe (9r) im Eintrittsgehäuse (8E) die Ofenabgase (7r) über den Regenerator (3r) ab. Hierbei schließt sich die Verbindung zum Eintrittsstutzen (8e).

Der Vertikalschnitt Fig. 5 zeigt Einzelheiten eines erfindungsgemäßen Regenerator-Brenner-Moduls (3) mit dem Eintrittskrümmer (3k), dem Regenerator (3r) und dem Brenner (4), der mit seinem vorderen Brennerkopf (4v) über einen konischen Brennerkopf-Sitz (12) in die Wand des Schmelzofens (1) eingepaßt ist. Das gesamte Regenerator-Brenner-Modul läßt sich als komplette Einheit, nachdem die Verbindung des Anschlußflansches (19) gelöst worden ist, aus dem konischen Brennerkopf-Sitz ausfahren, wobei dies ein Fahrwerk, das auch auf Schienen geführt werden kann, erleichtert. Ebenso läßt sich das Regenerator-Brenner-Modul an einer - hier nicht dargestellten - Kranbahn hängend von dem Schmelzofen abrücken.

Der Regenerator (3r) ist unterhalb eines Zwischenstückes (3z) vertikal angeordnet und besteht aus keramischen Wabenkörpern (3w), die auf einem Gitterrost (3g) aufgeschichtet sind. Der Teilschnitt VI-VI ist in Fig. 6 dargestellt und zeigt einen Querschnitt durch die zusammengesetzten Wabenkörper (3w). Zur gleichmäßigeren Verteilung der Strömung erweist sich als günstig, den Strömungswiderstand der Wabenkörper-Strömungskanäle von den schmelzofenseitigen Kanälen (3s) zu den außenseitigen (3a) zu erhöhen. Dies wird bei gleichartigen Wabenkörpern (3w) dadurch erreicht, daß nach außen hin - also in Richtung der Außenwand des Eintrittskrümmer (3k) und des Zwischen-Krümmer (3z) - zunehmend mehr Wabenkörper aufeinander geschichtet sind und somit die äußere Wabenkörper-Schicht (3a) die längsten Strömungskanäle mit dem größten Strömungswiderstand aufweist. Eine ähnliche Wirkung würde sich auch erzielen lassen bei ungefähr gleicher Schichtlänge der Wabenkörper, wenn zur Außenwand hin die Strömungsquerschnitte der Wabenkörper vermindert würden, was jedoch wegen der ungleichen Wabenkörper zu einem größeren Aufwand führt.

Im Vergleich zu Regenerator-Ausführungen mit Kugelschüttungen oder anderen gasdurchlässigen Schüttungen, die auch in dem dargestellten Regenerator-Gehäuse untergebracht werden könnten, sind die Druckverluste der Wabenkörper bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit ca. 1/100 des Druckverlustes einer Kugelschüttung und somit deutlich geringer. Außerdem lagern sich in den größeren Strömungsquerschnitten der Wabenkörper nur geringfügig Ruß und Verunreinigungen aus den Abgasen an den Kanalwänden ab, so daß die Wabenkörper-Kanäle kaum verstopfen können. Weiterhin ermöglicht die Ausstattung der Regeneratoren mit Wabenkörpern auch eine schräge oder horizontale Anordnung der Regeneratoren. Eine solche Anordnung wäre bei einer Bestückung des Regenerators mit einer gasdurchlässigen Schüttung nur mit erheblich größerem Aufwand auszuführen. Alternativ zu dem vertikalen Regenerator unterhalb des

Brenners, wie dies die Darstellungen Fig. 5 und 7 zeigen, lassen sich vertikale Regeneratoren mit Wabenkörpern auch oberhalb des Brenners anordnen in sinngemäß ähnlich kompakter Ausführung.

Wird der Regenerator-Eintrittskrümmer (3k) gemäß Fig. 7 mit einem Umlenkgritter (15) ausgerüstet, so können die einzelnen Gitterschaufeln auch schwenkbar ausgeführt werden. Mit quergestellten Gitterschaufeln läßt sich ein Teil des Krümmerquerschnittes absperren, so daß in dem verbleibenden freien Strömungsquerschnitt ein Luftstrahl (15s) einen Teilquerschnitt des Regenerators (3r) bis zur Strahlgrenze (15g) mit erhöhter Geschwindigkeit durchströmt. Die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit in den Wabenkörpern reißt Schmutz- und Ruß-Teilchen, die an den Wabenkörper-Wänden anhaften, los und der Blasstrahl befördert die Teilchen zur Nachverbrennung zum Brenner (4). Gitterschaufeln in Abblasstellung zeigt Fig. 8 für die Abblasung der schmelzofenseitigen und Fig. 9 für die außenseitigen Wabenkörper. In dieser Ausführung wird nur jeweils das Schaufelheck in Absperrstellung (15a) geschwenkt. Bei einer Schwenkung nur des Schaufelhecks kann bei 90°-Umlenkschaufeln eine Gitterkanal-Absperrung mit größeren Schaufelteilungen und so mit weniger Schaufeln erreicht werden.

Die Regenerator-Ausführung in Fig. 7 hat zusätzlich die Einführung einer Rezirkulations-Abgasleitung (17) im Zwischenstück (3z) zwischen Brenner und Regenerator mit einer Absperrklappe (17a) am Austritt. Diese Absperrklappe kann geöffnet werden (gestrichelte Stellung (17r), so daß beim Regenerator-Betrieb zusätzlich Abgas (7r) aus dem Ofen (1) durch die Rezirkulations-Abgasleitung (17) in den Regenerator (3r) zu saugen ist. Dies ermöglicht, einen größeren Abgasstrom (7r) durch den Regenerator (3r) durchzusetzen und so die Aufheizzeit entsprechend zu verkürzen. Die Absperrklappe in Fig. 7 ist eine Sonderausführung mit einer Doppelplatte, die in geöffneter Stellung (17r) mit den Wänden des Austrittskanals einen Dreifach-Diffusor bildet, so daß sich der Diffusor-Austrittsstrahl über den Regenerator-Eintritt ausbreitet und somit die Wabenkörper (3w) des Regenerators (3r) weitgehend gleichmäßig durchströmt werden.

Diese Rezirkulations-Abgasleitung (17) kann jedoch auch - mit Vorzug teilweise - geöffnet werden beim Brenner-Betrieb, um durch diese externe Abgasrezirkulation eine NO_x-Minderung zu erzielen. Mit Vorteil wird hierbei die Absperrklappe nicht in die vollständig geöffnete Stellung (17r) gebracht, sondern schräg geöffnet eingestellt, so daß Abgas (7r) aus der Rezirkulations-Abgasleitung (17) und Verbrennungsluft (7) in dem Zwischengehäuse (3z) ungefähr gleichgerichtet auf den Brenner (4) zuströmen. Bei dieser Art der Rezirkulation während des Brenner-Betriebes kann der zusätzliche Einbau eines Ventilators in der Rezirkulations-Abgasleitung (17) erforderlich werden.

Im Gegensatz zu dem konischen Brenner-Kopfsitz (12) in der Wand des Schmelzofens (1), wie Fig. 5 zeigt, hat in Fig. 7 bzw. 7a der Brenner-Kopf-Sitz (12) die

Form einer Kugelring-Kalotte. Der Mittelpunkt (K) des Kugelringes liegt auf einer vertikalen Achse A-A, die durch den Mittelpunkt des Anschlußflansches (19) geht, so daß nach Lösen der Flanschbefestigung das gesamte Regenerator-Brenner-Modul (3) um die Achse A-A in der Kugelring-Kalotte (12) geschwenkt werden kann, ohne daß die Abdichtung am Brennerkopf gemindert wird.

Fig. 5 und Fig. 7 zeigen eine erfindungsgemäße Regenerator-Brenner-Modul-Ausführung mit einem Gasbrenner (4), dessen Querschnitt (Schnitt X-X in Fig. 5) die Fig. 10 im Brenner-Betrieb und die Fig. 11 im Regenerator-Betrieb darstellen. Der Gasbrenner ist zweiteilig und besteht aus dem vorderen Brenner-Gehäusekopf (4v) und dem hinteren Brenner-Gehäuse (4h). In dieses zweigeteilte Brenner-Gehäuse ist der gleichfalls zweigeteilte innere Brenner-Einsatz (4i) aus besonders hitzebeständigem - meist keramischem - Werkstoff mit der Gasdüse (4g) aus warmfestem Metall eingepaßt (vgl. Fig. 5). Die Gasdüse (4g) hat am Außenumfang Distanzstege, so daß zwischen dem Brennersitz im inneren Brenner-Einsatz (4i) und der Gasdüse (4g) eine Kühl-Ringkammer (4k) den Durchsatz von Kühlfluid (6), z. B. Kühlluft oder als weitgehend inertes Gas auf ca. 120° abgekühltes Abgas, ermöglicht (vgl. Fig. 10 mit Schnitt X-X aus Fig. 5). Hierzu kann z. B. jeweils hinter einem Regenerator ca. 10 % des heruntergekühlten Abgasstromes beim Regenerator-Betrieb entnommen und in einem Wärmetauscher mit Wasser oder Luft weiter heruntergekühlt werden. Dieser so auf ca. 120 °C abgekühlte Teil-Abgasstrom wird dann dem Regenerator-Brenner, der im Brenner-Betrieb ist, als Kühlfluid (6) zugeführt. Das Kühlfluid (6) wird seitlich durch mehrere - in dem Ausführungsbeispiel durch vier - radiale Rohrleitungen in den Stegen (4s) des inneren Brenner-Einsatzes (4i) der Kühl-Ringkammer (4k) zugeführt. In diesen radialen Rohrleitungen befinden sich auch - mit kleinerem Durchmesser - die Zuleitungen zur Gasdüse (4g) des Brenners für das Brenngas (5). Für die Verbrennungsluft (7) enthält der innere Brenner-Einsatz (4i) vier Kanäle (4L). Zur Vergrößerung der Strömungsquerschnitte kann auf eine äußere Wand (4A) der Kanäle (4L) zu den Brennergehäusen (4v) und (4h) verzichtet werden, so daß bei einer derartigen Ausführung der innere Brenner-Einsatz (4i) aus vier Stegen (4s) für die Zuleitungen des Brenngases (5) und des Kühlfluids (6) besteht mit einem Sitz in der Innenbohrung der Brennergehäuse (4v) und (4h).

Die seitliche Einführung von Brennstoff und Kühlgas und die weitgehend geteilte Ausführung der Bauelemente des Brennergehäuses ermöglicht einen verhältnismäßig einfachen Austausch der Verschleißteile und stört nicht die Strömungsführung im Zustrom zum Brenner, wie dies bei bekannten Ausführungen mit axialer Zuleitung von Brenn- und Kühlgas eintritt. Wie Fig. 10 zeigt, wird das Brenngas (5) über Gasverteiler- und Zuleitungsrohre (14) in die vier radialen Brenngasrohre in den Gasbrenner (4g) eingeführt.

Fig. 11 stellt den abgestellten Gasbrenner beim

Regenerator-Betrieb dar. Bei abgestelltem Brenngas wird nach Umsteuerung des Ventilator-Systems aus dem Schmelzofen (1) heißes Abgas (7r) in umgekehrter Strömungsrichtung durch die Verbrennungsluft-Kanäle (4L) des Brenner-Einsatzes (4i) zur Aufheizung des Regenerators (3r) gesaugt, wie dies auch die gestrichelten Strömungspfeile in Fig. 5 und Fig. 7 zeigen.

Das erfindungsgemäße Kompakt-Regenerator-Brenner-Modul kann mit Varianten ausgeführt werden. So ist an Stelle des Eintrittskrümmers (3k) zum Regenerator (3r) ein Zustrom direkt in Richtung der Regenerator-Achse über einen Kurzdifusor möglich. Entsprechend braucht auch das Zwischengehäuse (3z) zwischen Regenerator (3r) und Brenner (4) kein Krümmer zu sein, sondern es kann bei entsprechender Anordnung des Regenerator-Brenner-Moduls auch ein gerades Zwischenstück vorgesehen sein.

Zwar sind die Ausführungsbeispiele für einen runden Schmelzofen mit Kompakt-Regenerator-Brenner-Modulen, die mit Brenngas betrieben werden, dargestellt. Doch lassen sich die erfindungsgemäßen Kompakt-Regenerator-Brenner-Module, ggf. mit dem reversiblen Ventilator-System auch für andere Industrieofen-Bauformen einsetzen. Ebenso kann z. B. die Anordnung der Regenerator-Brenner-Module für Brenner-Betrieb auf einer Ofenseite und für Regenerator-Betrieb auf der anderen Seite mit seitenweisem Wechsel der Betriebsart für manche Bedarfsfälle sinnvoll sein. Auch können die Kompakt-Regenerator-Brenner-Module statt mit Gasbrenner mit für Flüssig-Brennstoffen geeigneten Brennern entsprechend ausgerüstet sein.

Die z. B. in Fig. 1 schematisch dargestellten separaten Ventilatoren, nämlich der Brennluft-Ventilator (8) und der Abgas-Ventilator (8r), können als Einheit auch als Zweistrom-Ventilator zusammengefaßt werden, der mit einer gemeinsamen Rotorwelle arbeitet, mit Verbrennungsluftströmung (7) in der einen Richtung und Abgasströmung (7r) in der anderen Richtung.

Liste der Bezugszeichen

1	Schmelzofen
2	Schmelze
3	Regenerator-Brenner-Modul
3a	Regenerator-Wabenkörper an der äußeren Regenerator-Wand
3g	Gitterrost
3k	Regenerator-Eintrittskrümmmer
3r	Regenerator
3s	Regenerator-Wabenkörper an der schmelzofenseitigen Regenerator-Wand
3w	Regenerator-Wabenkörper
3z	Regenerator-Zwischengehäuse
4	Brenner
4A	Luftkanal-Außenwand
4L	Kanal für Verbrennungsluft und Regenerator-Abgasstrom
4d	Dichtring am Brennerkopf

4f	Brennerflamme	
4g	Gasdüse des Brenners	
4h	hinteres Brenner-Gehäuse	
4i	innerer Brenner-Einsatz	
4k	Kühlluft-Ringkammer	
4m	Düsen-Mischkammer	
4s	Brenner-Gehäusesteg	
4v	vorderer Brenner-Gehäusekopf	
5	Brennstoff	
6	Brenner-Kühlfluid	
7	Verbrennungsluft	
7r	Regenerator-Abgasstrom	
7t	Teil-Abgasstrom zur Rezirkulation in den Verbrennungs-Luftstrom	
8	Ventilator	
8A	Ventilator-Austrittsgehäuse	
8E	Ventilator-Eintrittsgehäuse	
8e	Ventilator-Ansaugstutzen	
8r	Abgas-Ventilator	
8s	Ventilator-Saugöffnung	
8G	Abgas-Beschaufelung des Zweistrom-Ventilators	
8L	Verbrennungsluft-Beschaufelung des Zweistrom-Ventilators	
8V	Vorstufe	
8Z	Zweistrom-Ventilator-Rotor	
9	Umsteuerklappe	
9r	Umsteuerklappe in Reversier-Stellung	
11	Umsteuerventil geschlossen	
11r	Umsteuerventil geöffnet für Regenerator-Abgasstrom	
11v	Umsteuerventil geöffnet für Verbrennungsluft	
12	konischer oder kugelring-kalottenförmiger Brennerkopf-Sitz	
12b	Kugelring-Kalotte am Brennerkopf	
12d	Dichtring im Brennersitz des Schmelzofen-Gehäuses	
12g	Brennersitz im Schmelzofen-Gehäuse	
13	Befestigungssystem	
14	Gasverteiler- und Zuleitungsrohre	
15	Umlenkschaukelgitter im Regenerator-Krümmerschenkbare Schaufelheckteile des Umlenkgit-ter in Absperrstellung	
15a		
15s	Spülstrom durch den offenen Teil des Umlenk-gitters zu den Wabenkörpern des Regenerators	
15g	Spülstrom-Grenze	
16	Fahrwerk zum Abrücken des Regenerator-Brenners vom Schmelzofen	
17	Rezirkulations-Abgasleitung	
17a	Absperrklappe in der Rezirkulations-Abgaslei-tung in Absperrstellung	
17r	Absperrklappe in der Rezirkulations-Abgaslei-tung geöffnet	
18	Abgasleitung	
18a	Abgasventil	
18r	Abgasrückführventil	
18v	Bypassventil	
18f	Bypass bzw. Fuchs	
19	Anschlußflansch der Regenerator-Rohrleitung	

A	Schwenkachse des Regenerator-Brenners
K	Kalotten-Mittelpunkt des kugelringförmigen Brennerkopf-Sitzes
M	Antriebsmotor
5 T	Temperaturmeßstellen
Ts	Schmelzbad-Temperaturmeßstellen zur Tem-peraturerfassung z. B. in vier Schmelzbad-Sek-toren

10 Patentansprüche

1. Verfahren zum Beheizen eines brennstoffbeheizten Industrieofens, insbesondere Metallschmelzofens, unter Verwendung von wechselweise von heißem Abgas (7r) und kalter Brennluft (7) durchströmten Regeneratoren (3r) und Brennern (4), dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Regenera-tor-Brenner-Module (3) unabhängig voneinander aus der Prozeßsteuerung des Industrieofens (1) vom Brennerbetrieb (7) in den Regeneratorbetrieb (7r) (Abgasabsaugbetrieb) bzw. umgekehrt umge-schaltet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-net, daß die Auswahl und/oder das Verhältnis der Anzahl der feuernden Brenner zur Anzahl der abgesaugten Brenner - im zulässigen Betriebsbe-reich - variabel ist und in Abhängigkeit der Tempe-ratur der Industrieofenatmosphäre, wobei die Brenner-Auswahl auch entsprechend der gemes-enen Temperaturen in mehreren Ofen-Sektoren von der Prozeßsteuerung getroffen werden kann, bzw. in Abhängigkeit vom wärmetechnischen Zustand der einzelnen Regenerator-Brenner-Module (3) gesteuert wird.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Taktzeiten des Betriebes der jeweils feuernden Brenner und jeweils abge-saugten Brenner fest oder variabel sind, und daß sich die Taktzeiten mehr oder weniger weit überlap-pen.
4. Regenerator-Brenner-Modulsystem zum Beheizen eines brennstoffbeheizten Industrieofens, insbe-sondere Metallschmelzofens, mit wechselweise von heißem Abgas und kalter Brennluft durch-strömten Regeneratoren (3r) und Brennern (4), dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein Regene-rator (3r) und ein Brenner (4) zu je einem kompak-ten Regenerator-Brenner-Modul (3) (Einheit) zusammengefaßt sind, wobei wenigstens zwei Regenerator-Brenner-Module (3) über zwei Ventila-toren (8), die reversibel sind insbesondere mit zusätzlicher Umsteuerung vom Brennluft-Ansaug-stutzen (8e) des Ventilators bei der Steuerklappen-stellung (9) zum Abgas-Eintrittsstutzen bei der Steuerklappenstellung (9r), und/oder die mit Umsteuerventilen (11) zusammenwirken, mit einer

Abgasleitung (18) in Verbindung stehen.

5. Anlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmespeichernde Masse des Regenerators (3r) aus einer gasdurchlässigen Schüttung (Kugeln, Ringen etc.) und/oder aus Wabenkörpern wie Keramik-Rohrstücken besteht, die über den gesamten Regenerator-Querschnitt mit vertikalem Versatz aufeinander gesetzt sind. 5
6. Anlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse des Brenners (4) schräg nach unten auf das Ofenschmelzbad gerichtet ist, und daß dem Brenner ggf. über ein Zwischengehäuse (3z) nach unten oder nach oben abgewinkelt oder etwa horizontal liegend der Regenerator (3r) unmittelbar vorgeschaltet bzw. vorgebaut ist. 10
7. Anlage nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die im Regenerator (3r) eingeschichteten Wabenkörper von der schmelzofenseitigen Regeneratorwand (3s) zur äußeren Regeneratorwand (3a) - also dort wo die Krümmers-Außenwände anschließen - in der Schichtlänge zunehmen oder in den freien Wabenquerschnitten abnehmen. 20
8. Anlage nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausführungsform mit Gasbrenner zweiteilig mit einem hinteren Brenner-Gehäuse (4h) und einem vorderen Brenner-Gehäussekopf (4v), der mit konischem oder kugelformigem Sitz (12) in die Ofen-Wand einpaßt, ausgeführt ist, wobei ein innerer, austauschbarer Brenner-Einsatz (4i) axial durchgehende Kanäle (4L) für die Verbrennungsluft - und den Regenerator-Abgasstrom im Regenerator-Betrieb-, und im Zentrum die Gasdüse (4g) aufweist. 25
9. Anlage nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Brenner (4) mit einer seitlichen Brennstoffzuleitung (5) und/oder seitlicher Kühlmediumzuleitung (6) ausgestattet ist, ggf. mit einer die Brenngasdüse (4g) umgebenden Kühl-Ringkammer (4k), die von Kühlluft und/oder von einem abgekühlten Abgas-Teilstrom durchströmt wird. 30
10. Anlage nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Regenerator-Brenner (3) zwischen dem Brenner-Sitz (12) und dem Anschlußflansch (19) der Regenerator-Rohrleitung als kompakte, leicht von den Anschlußstellen zu lösende Modul-Einheit ausgeführt ist, wobei zum Abrücken vom Schmelzofen das gesamte Regenerator-Brenner-Modul mit einem angebauten Fahrwerk (16), das z. B. auf Schienen geführt wird, oder an einer Kranbahn hängend ausfahrbar ist. 35
11. Anlage nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Regenerator-Eintrittskrümmers (3k) ein Umlenkschaufelgitter (15) enthält, dessen Schaufeln oder Schaufelheckteile (15a) schwenkbar umzuklappen sind zur teilweisen Sperrung der Strömungsquerschnitte. 40
12. Anlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Reversierung des Ventilators Umsteuerklappen (9) direkt am Einlauf und Austritt des Ventilators (8) strömungsgerecht integriert sind, so daß sowohl Verbrennungsluft (7) durch einen besonderen Ansaugstutzen (8e) angesaugt und zum Regenerator (3r) gefördert wird als auch nach Umstellen der Umsteuerklappen in die Reversier-Stellung (9r) vom Schmelzofen (1) Abgas zur Aufheizung durch den Regenerator vom Ventilator abgesaugt wird und in die Abgasleitung (18) strömt. 45
13. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennluft-Ventilator (8) und der Abgas-Ventilator (8r) als Einheit zu einem Zweistrom-Ventilator zusammengefaßt sind, der mit einer gemeinsamen Rotorwelle arbeitet, mit Verbrennungsluftströmung (7) in der einen Richtung und Abgasströmung (7r) in der anderen Richtung. 50

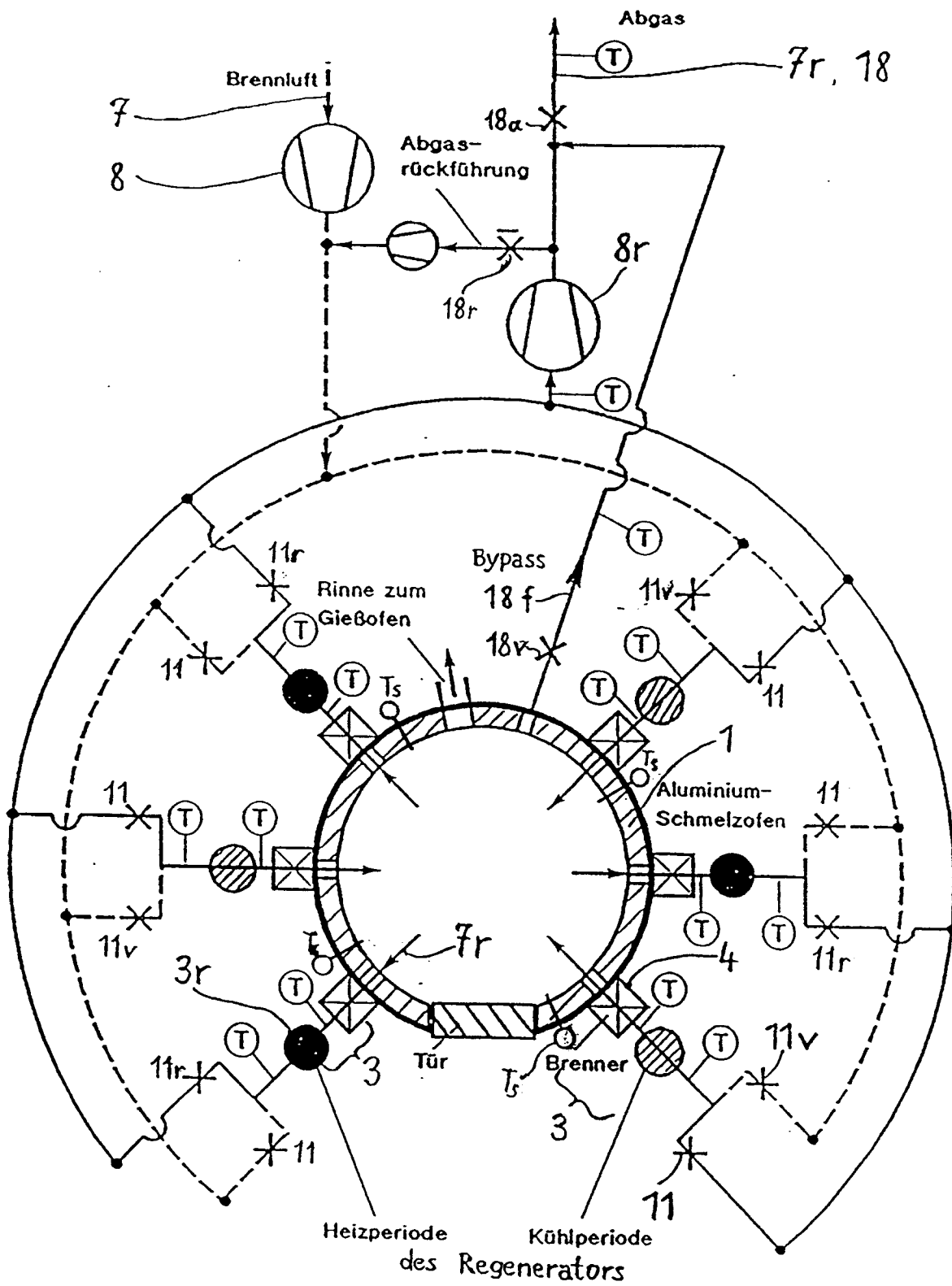


Fig. 1

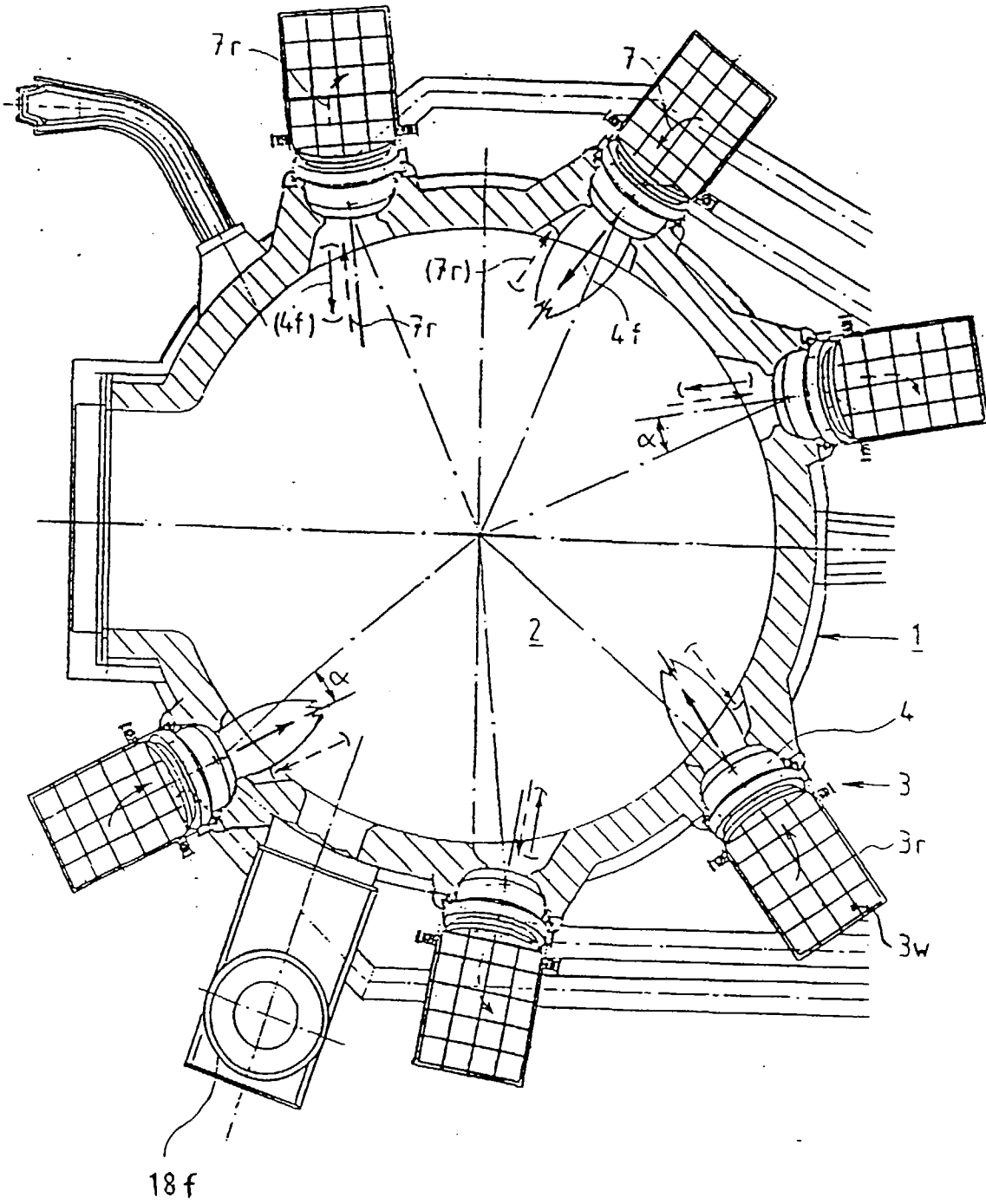
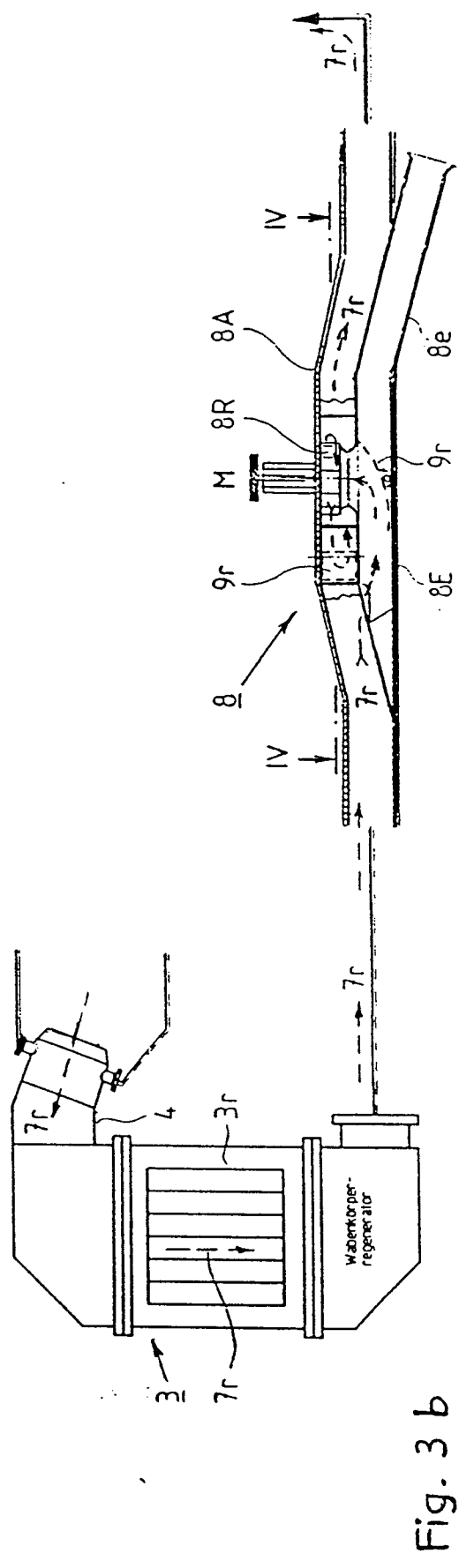
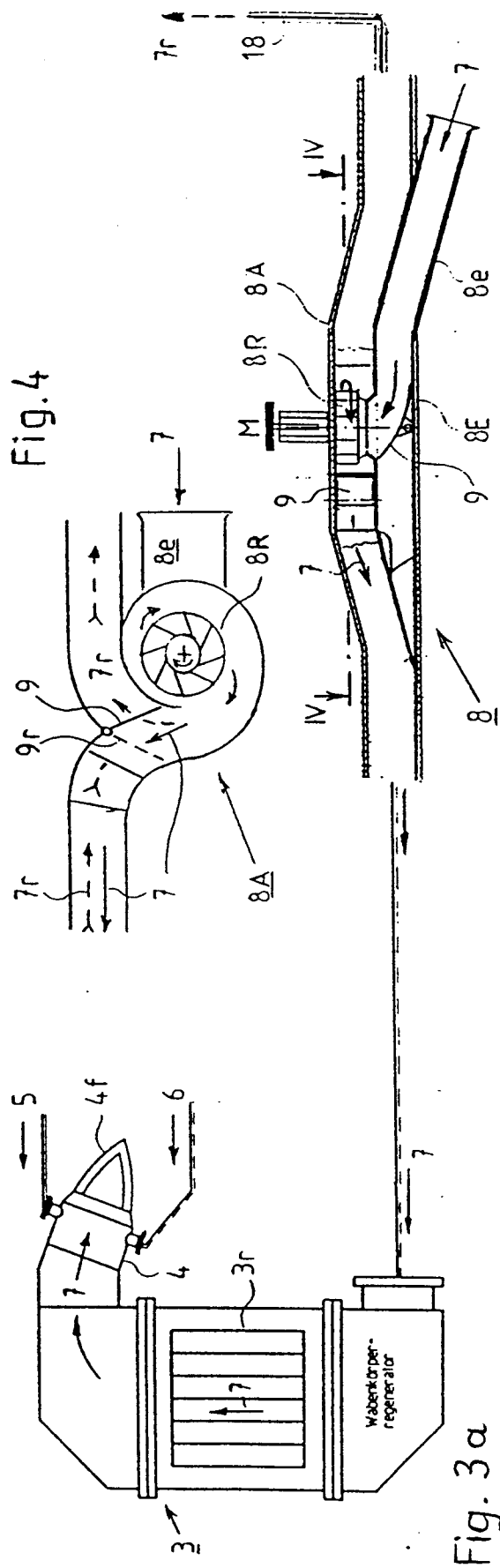


Fig. 2



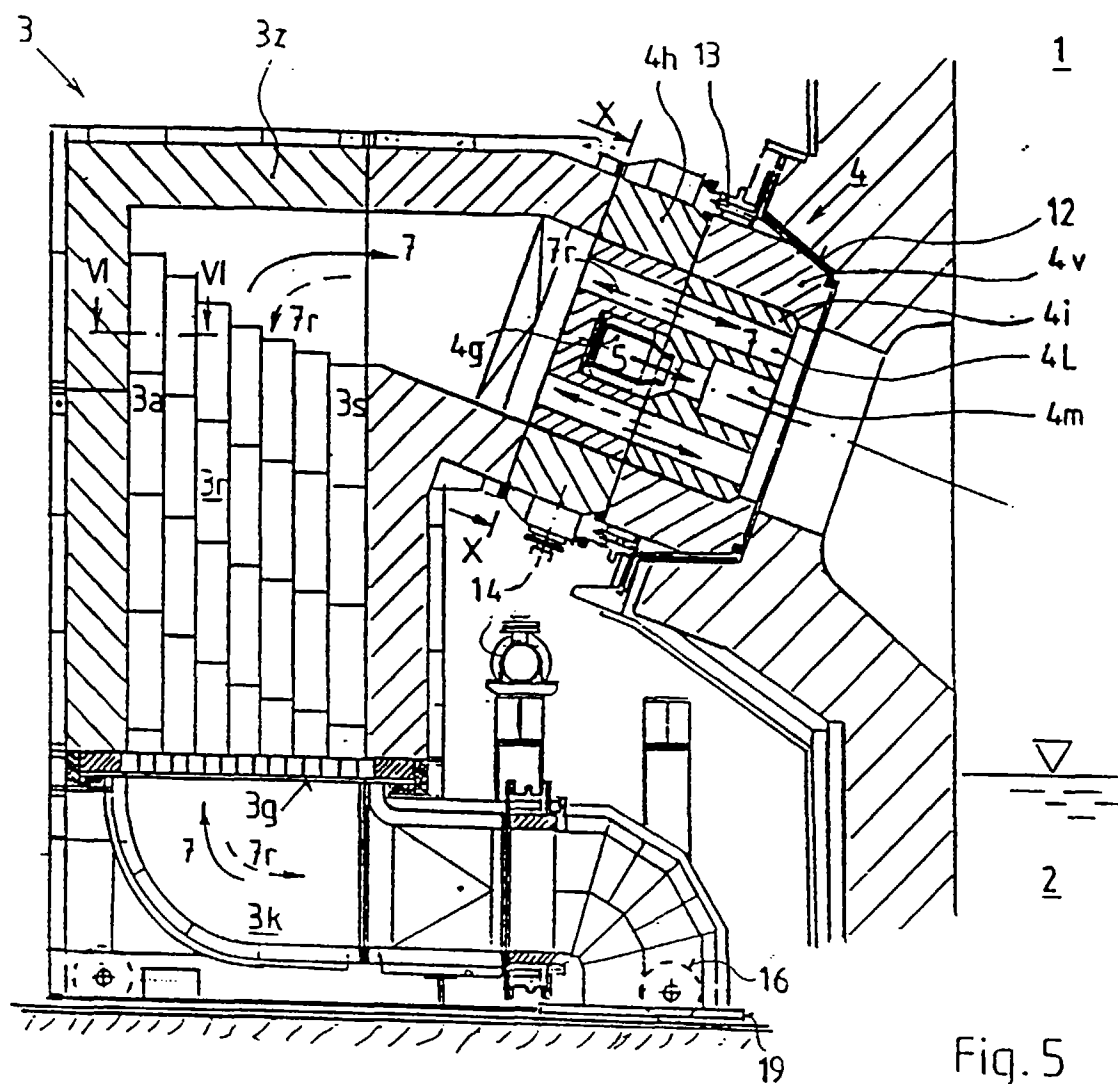


Fig. 5

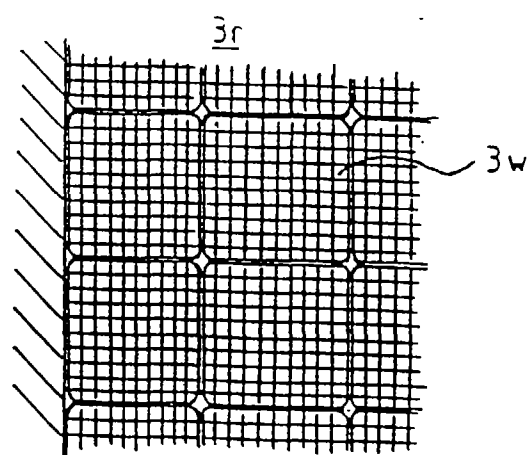


Fig.6

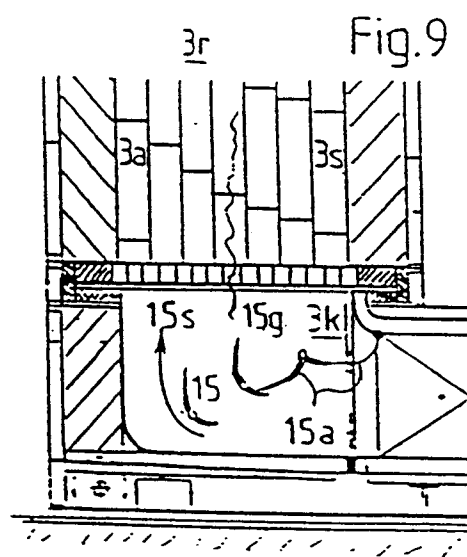
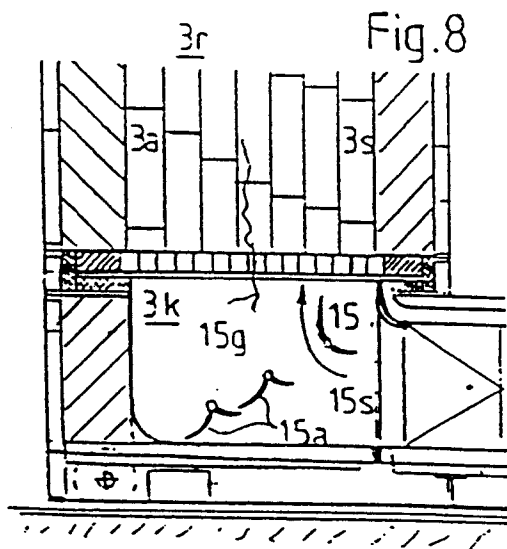
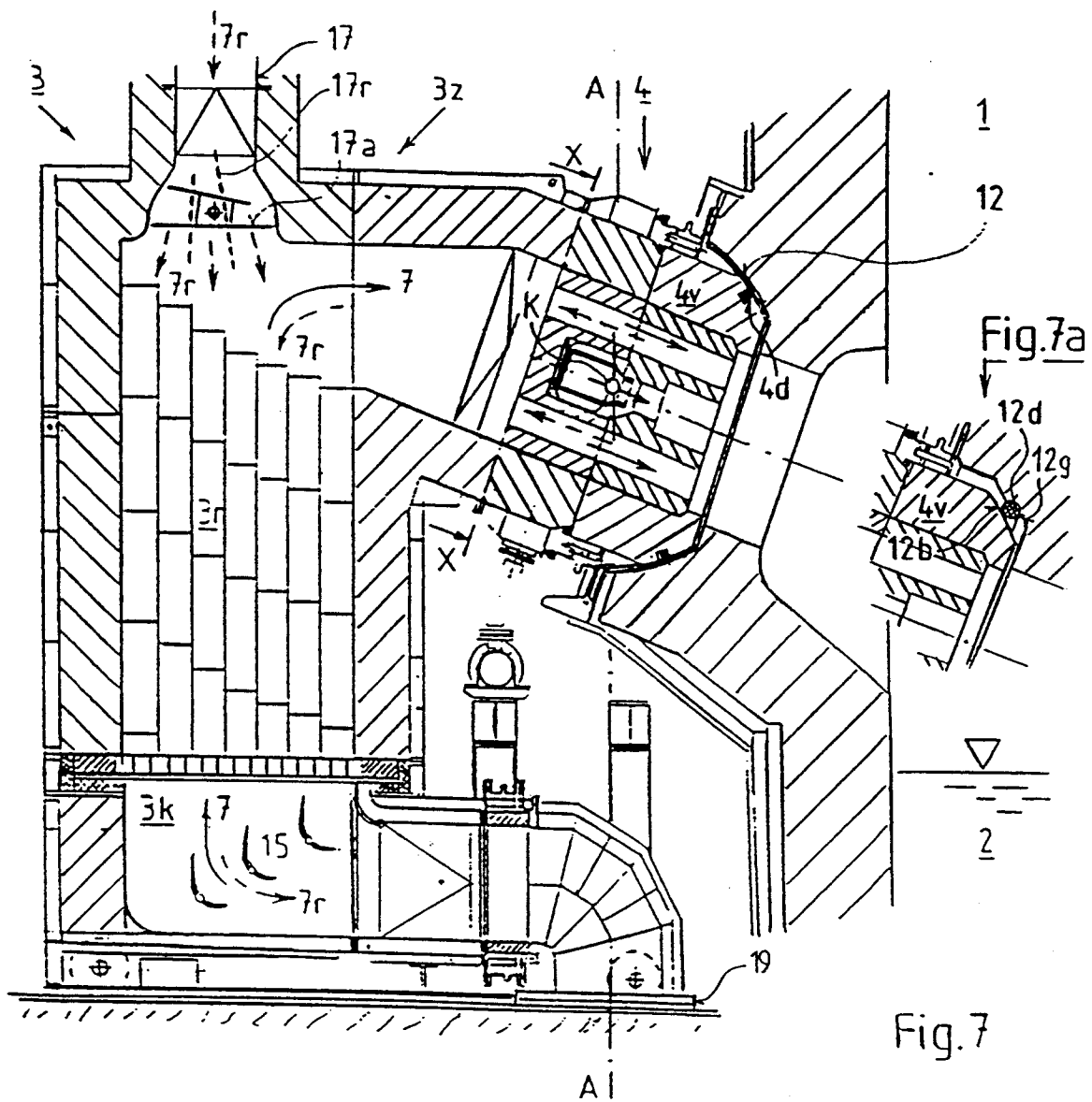


Fig.10

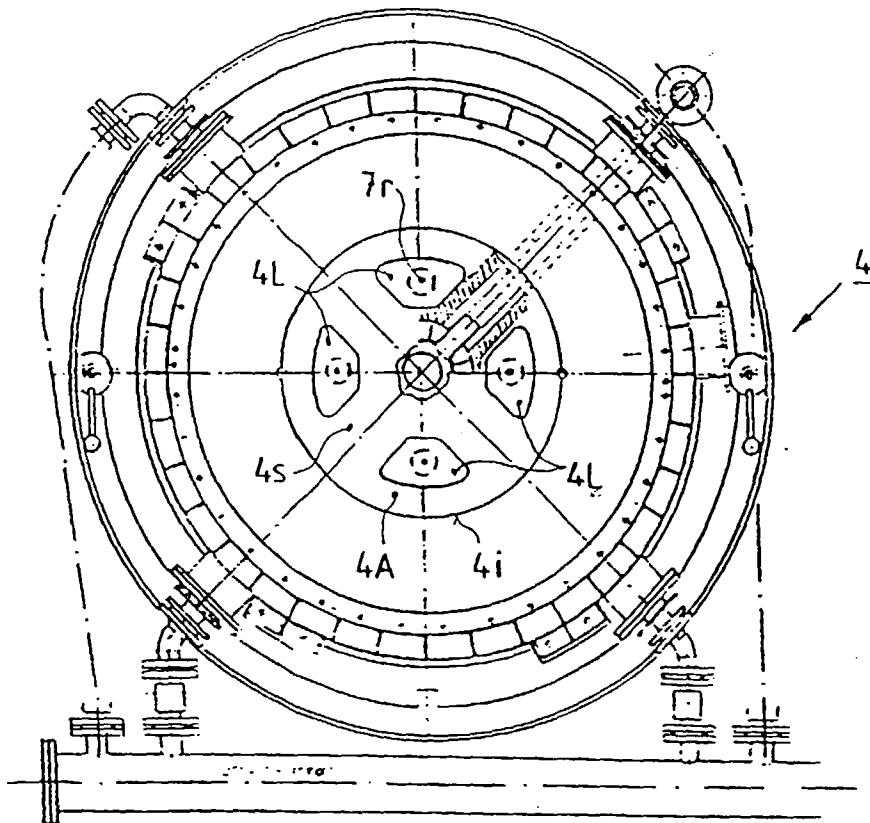
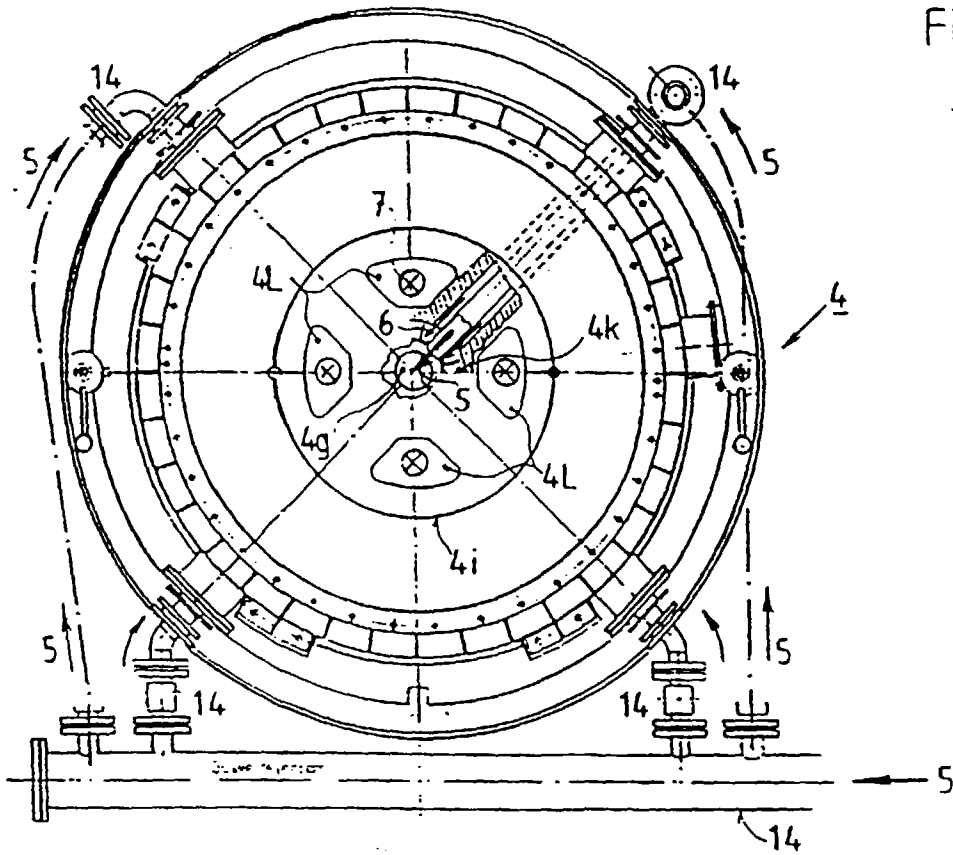


Fig.11