

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 772 010 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.05.2001 Patentblatt 2001/21

(51) Int Cl.7: **F24H 3/08**, F26B 21/00

(21) Anmeldenummer: **96117521.3**

(22) Anmeldetag: **31.10.1996**

(54) **Brennerbeheizter Lufterhitzer**

Burner-head air heater

Réchauffeur d'air à brûleur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL
PT SE**

(30) Priorität: **03.11.1995 DE 19541035**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.05.1997 Patentblatt 1997/19

(73) Patentinhaber: **Flucorrex AG**
9230 Flawil (CH)

(72) Erfinder: **Frei, Willi**
9016 St. Gallen (CH)

(74) Vertreter: **Füchsle, Klaus, Dipl.-Ing. et al**
Hoffmann Eitle,
Patent- und Rechtsanwälte,
Arabellastrasse 4
81925 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 039 065 **FR-A- 1 138 276**
FR-A- 1 353 375 **FR-A- 2 522 796**
US-A- 2 353 606 **US-A- 2 725 051**
US-A- 2 737 173

EP 0 772 010 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Lufterhitzungsanlage zur indirekten Erwärmung von Luft für Trocknungsanlagen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur indirekten Erwärmung von Luft für Trocknungsanlagen.

[0002] Die Aufgabe solcher Lufterhitzungsanlagen zur indirekten Erwärmung von Luft für Trocknungsanlagen besteht darin, daß die für einen Trocknungsprozeß erforderliche Luft auf eine vorgegebene Temperatur erwärmt wird, ohne daß diese direkt durch eine Brennerflamme erhitzt wird. Aufgrund der in Rauchgasen enthaltenen Schadstoffe, die über die Brennerabluft auf das zu trocknende Gut übertragen werden könnten, muß im Fall einer Trocknung von Lebensmitteln, wie beispielsweise Braumalz, Milchpulver oder Kaffee, die Trocknungsluft indirekt erwärmt werden.

[0003] Diese Aufgabe brennerbeheizter Lufterhitzer, wird in der DE 43 08 522 eingehend beschrieben. Zur Lösung dieser Aufgabe wird in der DE 43 08 522 ein Gerät vorgestellt, bei dem der Feuerungsraum mit Hilfe eines flüssigen Zwischenmediums, zum Beispiel Wasser, gekühlt wird. Durch die Kühlung des Feuerungsraumes wird die Oberflächentemperatur der mit der zu erwärmenden Luft in Berührung kommenden Oberflächen, insbesondere die Oberfläche des Feuerungsraumes, auf eine Temperatur unter 700 °C begrenzt. Hierdurch kann eine Kontamination der zu erwärmenden Luft durch Stickoxide oder andere unerwünschte Verbrennungsrückstände wirksam verhindert werden. Des weiteren führt die Verwendung eines flüssigen Zwischenmediums zu einer guten Verwertung der Abwärme aus Eigenstrom-Erzeugungsanlagen, zum Beispiel aus Blockheizkraftwerken.

[0004] Um die für Trocknungsprozesse üblicherweise technologisch erforderlichen Lufttemperaturen zu erzielen, sind hohe Temperaturen im flüssigen Zwischenmedium notwendig, die in der Praxis bei über 120 °C liegen. Dies bedeutet, daß im Falle eines Einsatzes von Wasser als flüssiges Zwischenmedium, alle im Kreislauf installierten Apparate und Geräte unter die Druckbehälterverordnung fallen. Dieser Umstand erhöht die Investitionskosten einer derartigen Anlage und erschwert den Betrieb durch die Notwendigkeit behördlicher Auflagen bzw. Abnahmen.

[0005] Bei Anwendungsfällen, in denen keine Abwärme in Form von flüssigem Zwischenmedium zur Verwertung zur Verfügung steht, ist es deshalb sinnvoll, auf den Einsatz eines flüssigen Zwischenmediums zu verzichten und die Kühlung des Feuerungsraumes direkt durch die zu erwärmende Luft herbeizuführen.

[0006] Die DE 30 39 065 beschreibt einen brennerbeheizten Lufterhitzer ohne Einsatz eines Zwischenmediums. Ein Teilluftstrom der zu erwärmenden Luft strömt um die Brennkammer und durch einen Vorwärmetauscher, in dem die in der Brennkammer entstehenden Rauchgase gekühlt werden. Ein zweiter Teilluftstrom

wird in einem getrennten Nachwärmetauscher erwärmt, der von den bereits im Vorwärmetauscher abgekühlten Rauchgasen durchströmt wird. Die beiden Teilluftströme unterschiedlicher Temperatur werden im Lufterhitzer zu einem Gesamtluftstrom vermischt und verlassen gemeinsam den Lufterhitzer.

[0007] Da der erste Teilluftstrom die Brennkammer quer anströmt, bildet sich auf der dem Eintritt des ersten Teilluftstromes abgewandten Seite der Brennkammer ein Lee-Bereich mit ungenügender Luftbewegung an der Mantelfläche der Brennkammer, so daß in diesem Bereich eine Begrenzung der Oberflächentemperatur auf maximal 700 °C nicht sichergestellt werden kann. Eine gute Umströmung der Brennkammer ist unabdingbar, weil die Flamme in der Brennkammer eine Temperatur über 1000 °C aufweist und daher Wandtemperaturen von über 700 °C auftreten können.

[0008] Eine verbesserte Beeinflussung der Oberflächentemperatur der Brennkammer ist in der DE-OS 23 29 305 beschrieben. Hier wird die Mantelfläche der Brennkammer parallel zur Längsachse der Brennkammer angeströmt, so daß kein Lee-Bereich mit ungenügender Luftbewegung und demzufolge reduzierter Kühlwirkung entstehen kann. Jedoch sind entlang des sich an die Brennkammer anschließenden Rauchgaskanals derartige Oberflächen vorhanden, die nur unzureichend gekühlt werden und daher zu einer unerwünschten Kontamination der zu erwärmenden Trocknungsluft mit Stickoxiden führen können. Des weiteren ist die Brennstoffausnutzung nur gering, weil die Trocknungsluft in Gleichstrom zum Rauchgas von der Brennkammer zu einem Rohrbündel-Wärmetauscher strömt, in dem die Trocknungsluft im Kreuz-Gleichstrom zum Rauchgas geführt wird. Durch die serielle Anordnung der einzelnen Wärmetauschelemente sowie der im wesentlichen Gleichstromführung von Trocknungsluft und Rauchgas in diesen ist eine intensive Rauchgasabkühlung, die eine Voraussetzung für eine optimale Energieausnutzung darstellt, nicht gegeben.

[0009] Dieser Nachteil wird mit der in der DE 33 30 924 beschriebenen Vorrichtung behoben. Bei diesem Lufterhitzer strömt die Luft im Gegenstrom zum Rauchgas und entlang der Mantelfläche der Brennkammer. Das Anströmen des von Rauchgas durchströmten Rohrbündels mit kalter Luft führt zwar zu einer intensiven Rauchgasabkühlung und damit einer guten Energieausnutzung; allerdings wird diese bereits vorerhitzte Luft zur Kühlung der Mantelfläche der Brennkammer herangezogen. Dies führt dazu, daß die Kühlung der Mantelfläche der Brennkammer deutlich verschlechtert ist, weil das proportional in die Bestimmung des Wärmeübergangs eingehende treibende Temperaturgefälle deutlich verringert ist. Aus diesem Grund kann eine ausreichende Wärmeabfuhr von der Mantelfläche der Brennkammer nur mit unverhältnismäßig großem Brennkammerdurchmesser ermöglicht werden, weil hierdurch die Wärmeübertragungsfläche, die ebenfalls proportional zur abgegebenen Wärmemenge ist, ver-

größert wird.

[0010] Die FR-A-1.138.276 beschreibt einen Brenner, dessen Abgase durch einen Wärmetauscher geführt werden. Die Brennkammer ist mit schraubenförmig angeordneten Rippenblechen sowie einem äußeren Mantel um die Rippenbleche herum versehen, so daß sich ein schraubenliniiger Strömungskanal um die Brennkammer herum bildet. Ein erster Luftstrom der zu erwärmenden Luft trifft auf das Ende der schraubenförmigen Rippe auf und umströmt die Brennkammer, während ein zweiter Luftstrom der zu erwärmenden Luft im Gegenstrom zu den Röhren des Wärmetauschers geführt wird.

[0011] Ausgehend von der FR-A-1.138.276 liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, in einem einzigen, kompakten Gerät eine intensive Rauchgasabkühlung sicherzustellen und gleichzeitig die Oberflächentemperatur aller mit der Trocknungsluft in Berührung kommenden Außenflächen möglichst gering zu halten.

[0012] Dieses technische Problem wird durch eine Lufterhitzungsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur indirekten Erwärmung von Luft nach Anspruch 7 gelöst.

[0013] Eine wirkungsvolle Kühlung sowohl des in der Brennkammer erzeugten Rauchgases in einem Rauchgas-Wärmetauscher, als auch der äußeren Mantelfläche der Brennkammer kann erzielt werden, weil jeweils Trocknungsluft mit diesen in Kontakt tritt, die noch nicht in einem vorgeschalteten Wärmeaustauschschritt vorerwärmt wurde. Hierdurch steht für die Kühlung der Mantelfläche der Brennkammer das größtmögliche, treibende Temperaturgefälle zur Verfügung, so daß eine wirksame Kühlung der Mantelfläche möglich ist. Des weiteren strömt der zweite Teilluftstrom an zu erwärmender Trocknungsluft entlang der äußeren Mantelfläche der Brennkammer, so daß sich keine Bereiche mit ungenügender Überströmung bilden, die überhitzen können, wodurch Wandtemperaturen entstehen können, die oberhalb der maximal tolerierbaren liegen. Indem die beiden Teilluftströme ohne gegenseitige Vermischung innerhalb der Lufterhitzungsanlage geführt werden, können diese jeweils speziell auf die beiden Teilaufgaben, eine intensive Rauchgaskühlung mit dem ersten Teilluftstrom und eine ausreichende Kühlung der mit dem Luftstrom in Berührung tretenden Außenflächen mit dem zweiten Teilluftstrom abgestimmt werden.

[0014] Indem der erste Teilluftstrom und der zweite Teilluftstrom der zu erwärmenden Trocknungsluft ohne gegenseitige Vermischung in der Lufterhitzungsanlage geführt werden, kann auf einfache und bequeme Weise, beispielsweise durch Einstellen des Druckverlustes eines oder beider Teilluftströme, der Massenanteil der beiden Teilluftströme reguliert werden

[0015] Die Lufterhitzungsanlage besitzt eine Einstellvorrichtung des Massenstromverhältnisses der zwei Teilluftströme der zu erwärmenden Trocknungsluft. Hierdurch kann die Lufterhitzungsanlage gezielt auf verschiedene Betriebsbereiche angepaßt werden. Wenn beispielsweise Trocknungsluft einer höheren oder nied-

rigeren Temperatur erzeugt werden soll, kann dies durch eine Einstellung des Massenstromverhältnisses der zwei Teilluftströme erreicht werden, ohne daß es zu einer unerwünschten Überhitzung innerhalb der Lufterhitzungsanlage kommen kann.

[0016] Die Einstellvorrichtung ist eine axial verschiebbare Prallscheibe. Die axial verschiebbare Prallscheibe verengt bzw. erweitert den Austrittsquerschnitt des Strömungskanals eines der beiden Teilluftströme am Austritt aus der Lufterhitzungsanlage und steuert somit den Druckverlust des jeweiligen Teilluftstromes. Dies ist deshalb möglich, weil der erste und der zweite Teilluftstrom der zu erwärmenden Trocknungsluft ohne gegenseitige Vermischung und somit ohne die Möglichkeit eines gegenseitigen Druckausgleiches in der Lufterhitzungsanlage geführt werden.

[0017] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind durch die übrigen Ansprüche gekennzeichnet.

[0018] Vorteilhafterweise ist der Massenanteil des zweiten Teilluftstromes kleiner als der Massenanteil des ersten Teilluftstromes an zu erwärmender Luft.

[0019] Vorteilhafterweise ist die Brennkammer im wesentlichen rotationssymmetrisch geformt und liegt die Haupterstreckung der Brennkammer in Richtung der Rotationsachse der Brennkammer. Durch die rotationssymmetrische Form der Brennkammer wird deren Umströmung in Längsrichtung, d. h. in Richtung der Rotationsachse erleichtert.

[0020] Vorzugsweise wird der zweite Teilluftstrom der zu erwärmenden Trocknungsluft in einem geschlossenen Strömungskanal geführt, der die Brennkammer umgibt, wobei der geschlossene Strömungskanal Rippen oder Lamellen aufweist, die an der äußeren Mantelfläche der Brennkammer gebildet sind und sich in Hauptströmungsrichtung des zweiten Teilluftstromes innerhalb des Strömungskanals erstrecken.

[0021] Das Vorsehen eines geschlossenen Strömungskanales sowie die in Hauptströmungsrichtung darin angeordneten Rippen oder Lamellen stellen eine kontrollierte und gleichmäßige Überströmung der äußeren Mantelfläche der Brennkammer sicher. Hierdurch wird die Gefahr einer ungleichmäßigen und lokal ungenügenden Überströmung mit der daraus resultierenden örtlichen Überhitzung vermieden. Die auf der Luftseite, d. h. äußeren Mantelfläche, der Brennkammer aufgebracht, wärmeleitenden Lamellen bewirken eine deutliche Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche, wodurch die Kühlwirkung stark verbessert wird. Hierdurch kann der Volumenstrom des zweiten Teilluftstromes bei gleicher Wärmeübertragung von der Brennkammer auf den zweiten Teilluftstrom verringert werden.

[0022] Vorzugsweise umfaßt der Rauchgas-Wärmetauscher ein Rohrbündel, in dem die Rauchgase strömen, wobei der erste Teilluftstrom der zu erwärmenden Trocknungsluft im Kreuz-Gegenstrom um das Rohrbündel geführt wird. Durch die Kreuz-Gegenstromführung der Trocknungsluft zu dem Rauchgas kann eine best-

mögliche Ausnutzung der im Brenner eingesetzten Primärenergie erzielt werden, indem die noch nicht vorgewärmte Luft in Wärmeaustausch mit dem austrittsseitigen Ende der Rauchgas-Rohre gebracht wird.

[0023] Nachfolgend wird die Erfindung rein beispielhaft anhand der beigefügten Figuren beschrieben, in denen:

- Fig. 1 ein Längsschnitt durch die Lufterhitzungsanlage mit schematisch eingezeichneten Pfeilen zur Verdeutlichung der Strömungsrichtung der Rauchgassowie Teilluftströme; und
 Fig. 2 ein Querschnitt durch die Lufterhitzungsanlage gemäß Fig. 1 darstellt.

[0024] Die in Fig. 1 dargestellte Lufterhitzungsanlage ist allgemein mit Referenznummer 10 bezeichnet. Die Lufterhitzungsanlage 10 besitzt ein geeignetes Gehäuse 12, dessen Aufbau mit verschiedenen Gehäusedeckeln, Flanschen und tragenden Bauteilen sowohl ein sicheres Aufstellen der Lufterhitzungsanlage 10 auf der Standfläche 14 als auch eine gute Zugänglichkeit zu den einzelnen Baugruppen ermöglicht, um die Lufterhitzungsanlage 10 warten und gegebenenfalls reinigen zu können.

[0025] Ein wesentliches Bauelement der Lufterhitzungsanlage 10 stellt die Brennkammer 16 dar, die mit einem Brenner 18 fest verbunden ist, der durch die Verbrennung eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffes Rauchgase erzeugt. Der Betrieb des Brenners 18, dessen Brennerflamme 19 schematisch in den Figuren dargestellt ist, wird im folgenden nicht näher erläutert, da es sich hier um eine in der Technik übliche Anbindung eines Brenners an eine Brennkammer handelt.

[0026] Für eine Konvektionstrocknung von Lebensmitteln ist es nicht zulässig, die für die Trocknung verwendete Luft direkt durch die Brennerflamme zu erhitzen. Dies rührt daher, weil die im Rauchgas enthaltenen Schadstoffe über die Trocknungsluft auf das zu trocknende Gut, beispielsweise Braumalz, Milchpulver, Kaffee oder andere Lebensmittel, übertragen werden können. Daher muß die Erwärmung indirekt erfolgen, indem die bei der Verbrennung entstehenden, heißen Rauchgase in Wärmeaustausch zu der zu erwärmenden Luft gebracht werden.

[0027] Die in der Brennkammer 16 entstehenden Rauchgase A, deren Bewegungsrichtung schematisch durch die mit "A" gekennzeichneten Pfeile dargestellt ist, verlassen die Brennkammer 16 am Brennkammeraustritt 20, durch einen Rauchgas-Wärmetauscher 22, der sich an der Brennkammer anschließt.

[0028] Die Rohre des Rohrbündels des Rauchgas-Wärmetauschers 22 werden mit den Rauchgasen A beaufschlagt, und enden in einem Rauchgasauslaß 24, von dem aus die Rauchgase in geeigneter Weise abgeführt werden. In dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel werden die Rauchgase in einer Rohrbündelschleife geführt und die Strömungsrichtung der Rauchgase einerseits

durch eine gezielte Biegung der einzelnen Rohre im Umlenkbereich 25 und andererseits durch Zwischenschalten einer Umlenk-glocke 26 verändert.

[0029] Das Rohrbündel des Rauchgas-Wärmetauschers 22 verläuft vor dem Austritt aus der Lufterhitzungsanlage 10 entlang eines Lufteintritts 28, durch den ein Teilluftstrom der zu erwärmenden Luft in die Lufterhitzungsanlage 10 eintritt.

[0030] Die durch den Lufteintritt 28 eintretende, noch nicht vorgewärmte Luft wird in zwei Teilluftströme B und C aufgespalten, die voneinander unabhängig durch die Lufterhitzungsanlage 10 strömen und erst nach dem Austritt aus der Lufterhitzungsanlage 10 miteinander vermischt werden. Die Trennung der beiden Teilluftströme kann auf eine beliebige Weise erfolgen, beispielsweise durch den Einbau von Trenn- und Luftführungselementen, die im Gehäuse 12 angeordnet sind.

[0031] In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel bildet beispielsweise eine Wandung der Umlenk-glocke 26 des Rauchgas-Wärmetauschers 22 einen Teil der hierfür erforderlichen Trennelemente.

[0032] Der erste Teilluftstrom B, dessen Strömungsverlauf in Fig. 1 durch die "B" gekennzeichneten Pfeile dargestellt ist, umströmt das mit Rauchgas beaufschlagte Rohrbündel des Rauchgas-Wärmetauschers 22. Wie bereits vorstehend erläutert wurde, befindet sich bei einem mehrgängigen Rauchgas-Wärmetauscher der letzte Durchgang vor dem Austritt des Rauchgases aus der Lufterhitzungsanlage in unmittelbarer Nähe zu dem durch den Lufteintritt 28 eintretenden, ersten Teilluftstrom B. Hierdurch entsteht eine Kreuz-Gegenstromführung zwischen dem zu kühlenden Rauchgas sowie dem zu erwärmenden Teilluftstrom B der zu erwärmenden Luft, wodurch eine bestmögliche Ausnutzung der im Brenner eingesetzten Primär-Brennstoffenergie erzielt wird.

[0033] Wie am besten aus Fig. 2 ersichtlich ist, verläßt der erste Teilluftstrom B nach dem Umströmen der Rohrbündel des Rauchgas-Wärmetauschers 22 die Lufterhitzungsanlage 10 durch Austrittsöffnungen 30, an die sich geeignete Einrichtungen anschließen können, um den aus den Austrittsöffnungen 30 austretenden, erwärmten ersten Teilluftstrom B aufzunehmen und bestimmungsgemäß weiterzufördern.

[0034] Der zweite Teilluftstrom C der zu erwärmenden Luft wird vollkommen getrennt vom ersten Teilluftstrom B durch den Lufterhitzer geführt und wird in geeigneter Weise, beispielsweise über Luftführungsbleche 32, zur Brennkammer 16 geleitet, woraufhin der zweite Teilluftstrom C in einen Kammermantel 34 eintritt, der die Brennkammer 16 umgibt.

[0035] Der Kammermantel 34 ist so ausgebildet, daß der zweite Teilluftstrom C die äußere Mantelfläche der Brennkammer 16 vollständig umströmt. Wie in Fig. 1 dargestellt ist, sind vorzugsweise Rippen bzw. Lamellen 36 an der äußeren Mantelfläche der Brennkammer 16 ausgebildet. Diese Lamellen 36 vergrößern die wärmeabgebende Fläche der Brennkammer 16 und vergrößern

ßern somit die Kühlwirkung durch den im Kammermantel 34 geführten zweiten Teilluftstrom C. Die Dimensionierung der lamellierten Brennkammergröße richtet sich nach der Vorgabe, wonach die Rauchgase in der Brennkammer soweit abgekühlt werden, daß auch am Brennkammeraustritt 20, an dem die Rauchgase in das Rohrbündel des Rauchgas-Wärmetauschers 22 eintreten, die Rohroberflächentemperatur eine Temperatur von 700 °C nicht übersteigt. Der zweite Teilluftstrom C wird parallel zur Längsachse der vorzugsweise im wesentlichen zylinderförmig ausgebildeten Brennkammer 16 durch den Kammermantel 34 geführt und verläßt die Lufterhitzungsanlage 10 an dem brennerfernen Ende der Brennkammer 16.

[0036] Vorzugsweise wird der zweite Teilluftstrom C beim Austritt aus der Lufterhitzungsanlage in zwei Teilströme aufgespalten, wobei ein erster Teilstrom die Lufterhitzungsanlage im wesentlichen in Richtung der Strömung durch den Kammermantel 34 verläßt, der andere Strom jedoch umgelenkt wird und das brennerferne, vorzugsweise glockenförmig ausgebildete, stirnseitige Ende der Brennkammer 16 umströmt, bevor er die Lufterhitzungsanlage verläßt.

[0037] Das austrittsseitige Aufteilen des zweiten Teilluftstromes C in die wiederum zwei Teilströme wird mit einer Prallscheibe 38 erreicht, die gleichzeitig dem Einstellen des Massenstromverhältnisses der beiden Teilluftströme B und C der zu erwärmenden Luft dient. Hierzu kann die Prallscheibe 38 in axialer Richtung, d. h. in Richtung der Längsachse der im wesentlichen zylinderförmigen Brennkammer 16, verschoben und lagefixiert werden.

[0038] Das Verschieben der Prallscheibe 38 regelt den Strömungswiderstand am Austritt des zweiten Teilluftstromes C aus der Lufterhitzungsanlage 10. Aufgrund der innerhalb der Lufterhitzungsanlage 10 vollständig getrennten Strömungsführung der beiden Teilluftströme B und C wirkt sich der ausgangsseitige Druckverlust des zweiten Teilluftstromes C auf die Verteilung der beiden Teilluftströme am Lufteintritt 28 aus. Je stärker mit Hilfe der Prallscheibe 38 der Austrittsquerschnitt für den zweiten Teilluftstrom C verengt wird, desto kleiner wird der zweite Teilluftstrom C, weil der Druckverlust mit sinkender Strömungsgeschwindigkeit des zweiten Teilluftstromes C abnimmt und am Lufteintritt 28 die zu trocknende Luft noch gemeinsam vorliegt, d. h. der Druck am Lufteintritt 28 für beide Teilluftströme B und C gleich groß ist.

[0039] Nach dem Austritt aus der Lufterhitzungsanlage 10 wird auch der zweite Teilluftstrom C in geeigneter Weise aufgenommen und bestimmungsgemäß weitergeführt.

[0040] Durch die Aufteilung der beiden Teilluftströme B und C wird zum einen eine optimale Ausnutzung der eingesetzten Primär-Brennstoffenergie erreicht, indem der erste, noch nicht erwärmte, Teilluftstrom B im Kreuz-Gegenstrom zu den Rauchgasen im Rauchgas-Wärmetauscher 22 geführt wird, zum anderen eine ausrei-

chende Kühlung der Brennkammer 16 durch die vollständige Umströmung derselben durch den zweiten, ebenfalls noch nicht erwärmten, Teilluftstrom C sichergestellt. Da der zweite Teilluftstrom C ebenfalls beim Eintritt in die Lufterhitzungsanlage 10 kalt ist, wird die Brennkammeroberfläche wirkungsvoll gekühlt. Hierzu trägt die Gestaltung der äußeren Mantelfläche der Brennkammer bei, die über sämtlichen Oberflächen eine ausreichende Luftzirkulation gewährleistet, aber insbesondere die Umströmung in Längsrichtung der Brennkammer. Da sich die Bemessung der lamellierten Brennkammergröße nach der Vorgabe richtet, wonach die Rauchgase in der Brennkammer soweit abgekühlt werden, daß auch am Rauchgaseintritt in das Rohrbündel die Rohroberflächentemperatur 700 °C nicht übersteigt, kann durch die Verwendung des ebenfalls kalten, zweiten Teilluftstromes C zur Kühlung der Brennkammer 16 diese kleiner dimensioniert werden und somit die gesamte Lufterhitzungsanlage trotz der optimalen Ausnutzung der eingesetzten Primär-Brennstoffenergie kompakter gestaltet werden.

Patentansprüche

1. Lufterhitzungsanlage zur indirekten Erwärmung von Luft für Trocknungsanlagen mit:

- einer Trennvorrichtung, die den zu erwärmenden Luftstrom in zwei Teilluftströme, einen ersten Teilluftstrom (B) und einen zweiten Teilluftstrom (C), die ohne gegenseitige Vermischung innerhalb der Lufterhitzungsanlage geführt werden, aufteilt;
- einem Rauchgas-Wärmetauscher (22), der die in einer Brennkammer (16) erzeugten Rauchgase (A) in wärmeübertragenden Kontakt zu der zu erwärmenden Luft bringt, wobei der Rauchgas-Wärmetauscher (22) mit dem noch nicht erwärmten ersten Teilluftstrom (B) im Kreuz-Gegenstrom beaufschlagt wird; und
- einer Brennkammer (16), deren Mantelfläche von dem noch nicht erwärmten zweiten Teilluftstrom (C) vollständig und gleichmäßig umströmt wird;

dadurch **gekennzeichnet**, daß

- die Lufterhitzungsanlage eine Einstellvorrichtung zum Einstellen des Massenstromverhältnisses der zwei Teilluftströme besitzt, wobei
- die Einstellvorrichtung eine axial verschiebbare Prallscheibe ist.

2. Lufterhitzungsanlage nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Brennkammer

(16) im wesentlichen rotationssymmetrisch geformt ist und die Haupterstreckung der Brennkammer in Richtung der Rotationsachse der Brennkammer liegt.

3. Luftherhitzungsanlage nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß der die Brennkammer umströmende zweite Teilluftstrom (C) in Richtung der Rotationsachse der Brennkammer geführt wird. 5
4. Luftherhitzungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß der zweite Teilluftstrom (C) in einem geschlossenen Strömungskanal (34) geführt wird, der die Brennkammer (16) umgibt. 10
5. Luftherhitzungsanlage nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß der geschlossene Strömungskanal Rippen oder Lamellen (36) aufweist, die an der äußeren Mantelfläche der Brennkammer gebildet sind und sich in Hauptströmungsrichtung des zweiten Teilluftstromes (C) innerhalb des Strömungskanals (34) erstrecken. 15
6. Luftherhitzungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Rauchgas-Wärmetauscher (22) ein Rohrbündel umfaßt, in dem die Rauchgase (A) strömen. 20
7. Verfahren zur indirekten Erwärmung von Luft für Trocknungsanlagen umfassend die folgenden Schritte: 25
 - Trennen des zu erwärmenden Luftstromes in zwei Teilluftströme, einen ersten Teilluftstrom und einen zweiten Teilluftstrom; 30
 - Erhitzen des noch nicht erwärmten ersten Teilluftstromes durch Wärmeaustausch mit einem Rauchgas-Wärmetauscher, wobei der erste Teilluftstrom im Kreuz-Gegenstrom zum heißen Rauchgas geführt wird; 35
 - Erhitzen des noch nicht erwärmten zweiten Teilluftstromes durch Wärmeaustausch mit der Mantelfläche einer Brennkammer, wobei der zweite Teilluftstrom die Brennkammer vollständig umströmt; 40
 - Einstellen des Massenstromverhältnisses zwischen erstem Teilluftstrom und zweitem Teilluftstrom durch Veränderung des Druckverlustes eines der beiden Teilluftströme, den dieser bei dessen Durchtritt durch die Luftherhitzungsanlage erleidet; und 45
 - Getrennter Abzug des ersten Teilluftstromes und des zweiten Teilluftstromes aus der Lufther-

hitzungsanlage.

8. Verfahren zum Erwärmen von Luft in einer Luftherhitzungsanlage gemäß Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß der zweite Teilluftstrom in einem die Brennkammer umgebenden Strömungskanal entlang wärmeabgebender Lamellen geführt wird. 5
9. Verfahren zum Erwärmen von Luft in einer Luftherhitzungsanlage gemäß Anspruch 7 oder 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Massenanteil des zweiten Teilluftstromes (C) an Trocknungsluft kleiner als der Massenanteil des ersten Teilluftstromes (B) an Trocknungsluft eingestellt wird. 10

Claims

1. Air-heating unit for the indirect heating of air for drying installations having:

- a splitting device which divides the stream of air to be heated into two branch streams of air, a first branch stream of air (B) and a second branch stream of air (C), which are conveyed inside the air-heating unit without being mixed with one another;
- a flue gas heat exchanger (22) which brings the flue gases (A) produced in a combustion chamber (16) into heat-exchanging contact with the air to be heated, the flue gas heat exchanger (22) being supplied with the first branch stream of air (B) which has not yet been heated in cross-countercurrent flow; and
- a combustion chamber (16) around whose outer jacket surface the second branch stream of air (C) which has not yet been heated flows completely and uniformly;

characterised in that

- the air-heating unit possesses an adjusting device for the adjustment of the mass flow ratio of the two branch streams of air,
 - the adjusting device being an axially displaceable baffle disk.
2. Air-heating unit according to Claim 1, characterised in that the combustion chamber (16) has a substantially rotationally symmetrical shape and the principle dimension of the combustion chamber is aligned in the direction of the axis of rotation of the combustion chamber. 55

3. Air-heating unit according to Claim 2, characterised in that the second branch stream of air (C) flowing around the combustion chamber is conveyed in the direction of the axis of rotation of the combustion chamber. 5
4. Air-heating unit according to one of the preceding claims, characterised in that the second branch stream of air (C) is conveyed in a closed flow channel (34) surrounding the combustion chamber (16). 10
5. Air-heating unit according to Claim 4, characterised in that the closed flow channel possesses fins or blades (36) which are formed on the outer jacket surface of the combustion chamber and extend inside the flow channel (34) in the principle direction of flow of the second branch stream of air (C). 15
6. Air-heating unit according to one of the preceding claims, characterised in that the flue gas heat exchanger (22) comprises a tube bundle in which the flue gases (A) flow. 20
7. Method for the indirect heating of air for drying installations comprising the following steps: 25
 - splitting of the stream of air to be heated into two branch streams of air, a first branch stream of air and a second branch stream of air;
 - heating of the first branch stream of air which has not yet been heated by exchange of heat with a flue gas heat exchanger, the first branch stream of air being conveyed in cross-counter-current flow with respect to the hot flue gas; 30
 - heating of the second branch stream of air which has not yet been heated by exchange of heat with the jacket surface of a combustion chamber, the second branch stream of air flowing around the combustion chamber completely; 35
 - adjustment of the mass flow ratio between a first branch stream of air and second branch stream of air by changing the pressure loss of one of the two branch streams of air which the latter undergoes on passing through the air-heating unit; and 40
 - separate extraction of the first branch stream of air and of the second branch stream of air from the air-heating unit. 45
8. Method for heating air in an air-heating unit according to Claim 7, characterised in that the second branch stream of air is conveyed along heat-emitting blades in a flow channel surrounding the combustion chamber. 50
9. Method for heating air in an air-heating unit according to Claim 7 or 8, characterised in that the mass 55

fraction of drying air in the second branch stream of air (C) is set to be smaller than the mass fraction of drying air in the first branch stream of air (B).

Revendications

1. Installation de chauffage d'air pour le réchauffement indirect d'air pour des installations de séchage, comportant
 - un dispositif séparateur qui subdivise le courant d'air à réchauffer en deux courants d'air partiels, à savoir un premier courant d'air partiel (B) et un second courant d'air partiel (C) qui sont menés sans mélange mutuel à l'intérieur de l'installation de chauffage d'air,
 - un échangeur de chaleur à gaz brûlés (22) qui amène les gaz brûlés (A) produits dans une chambre de combustion (16) en contact de transmission de chaleur avec l'air à réchauffer, l'échangeur de chaleur à gaz brûlés (22) étant alimenté en contre-courant croisé par le premier courant d'air partiel (B) qui n'est pas encore réchauffé, et
 - une chambre de combustion (16) dont la surface enveloppe est entourée complètement et uniformément par le second courant d'air partiel (C) qui n'est pas encore réchauffé,
 caractérisée en ce que :
 - l'installation de chauffage d'air possède un dispositif de réglage pour régler le rapport de débit de masse des deux courants d'air partiels, et
 - le dispositif de réglage est une plaque à impact axialement mobile.
2. Installation de chauffage d'air selon la revendication 1, caractérisée en ce que la chambre de combustion (16) est formée essentiellement à symétrie de révolution, et en ce que l'extension principale de la chambre de combustion se trouve en direction de l'axe de rotation de la chambre de combustion.
3. Installation de chauffage d'air selon la revendication 2, caractérisée en ce que le second courant d'air partiel (C) entourant la chambre de combustion est mené en direction de l'axe de rotation de la chambre de combustion.
4. Installation de chauffage d'air selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le second courant d'air partiel (C) est mené dans un canal d'écoulement fermé (34) qui entoure la chambre de combustion (16).

5. Installation de chauffage d'air selon la revendication 4, caractérisée en ce que le canal d'écoulement fermé comprend des nervures ou des lamelles (36) qui sont formées sur la surface enveloppe extérieure de la chambre de combustion et qui s'étendent dans la direction d'écoulement principal du second courant d'air partiel (C) à l'intérieur du canal d'écoulement (34). 5
6. Installation de chauffage d'air selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'échangeur de chaleur à gaz brûlés (22) comprend un faisceau de tubes dans lequel s'écoulent des gaz brûlés (A). 10 15
7. Procédé pour le réchauffement indirect d'air pour des installations de séchage, comprenant les étapes suivantes :
- on subdivise le courant d'air à réchauffer en deux courants d'air partiels, à savoir un premier courant d'air partiel et un second courant d'air partiel, 20
 - on chauffe le premier courant d'air partiel qui n'est pas encore réchauffé par échange de chaleur au moyen d'un échangeur de chaleur à gaz brûlés, le premier courant d'air partiel étant mené en contre-courant croisé par rapport aux gaz brûlés chauds, 25 30
 - on chauffe le second courant d'air partiel qui n'est pas encore réchauffé par échange de chaleur au moyen de la surface enveloppe d'une chambre de combustion, le second courant d'air partiel entourant complètement la chambre de combustion, 35
 - on règle le rapport de débit de masse entre le premier courant d'air partiel et le second courant d'air partiel par modification de la perte de pression de l'un des deux courants d'air partiels que subit ce dernier lors de son passage à travers l'installation de chauffage d'air, et 40 45
 - on extrait séparément le premier courant d'air partiel et le second courant d'air partiel hors de l'installation. 50
8. Procédé pour le réchauffement de l'air dans une installation de chauffage d'air selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'on mène le second courant d'air dans un canal d'écoulement entourant la chambre de combustion le long de lamelles qui dégagent la chaleur. 55
9. Procédé pour le réchauffement de l'air dans une installation de chauffage d'air selon l'une ou l'autre des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que l'on règle la proportion en masse d'air de séchage dans le second courant d'air partiel (C) plus petite que la proportion en masse d'air de séchage dans le premier courant d'air partiel (B).

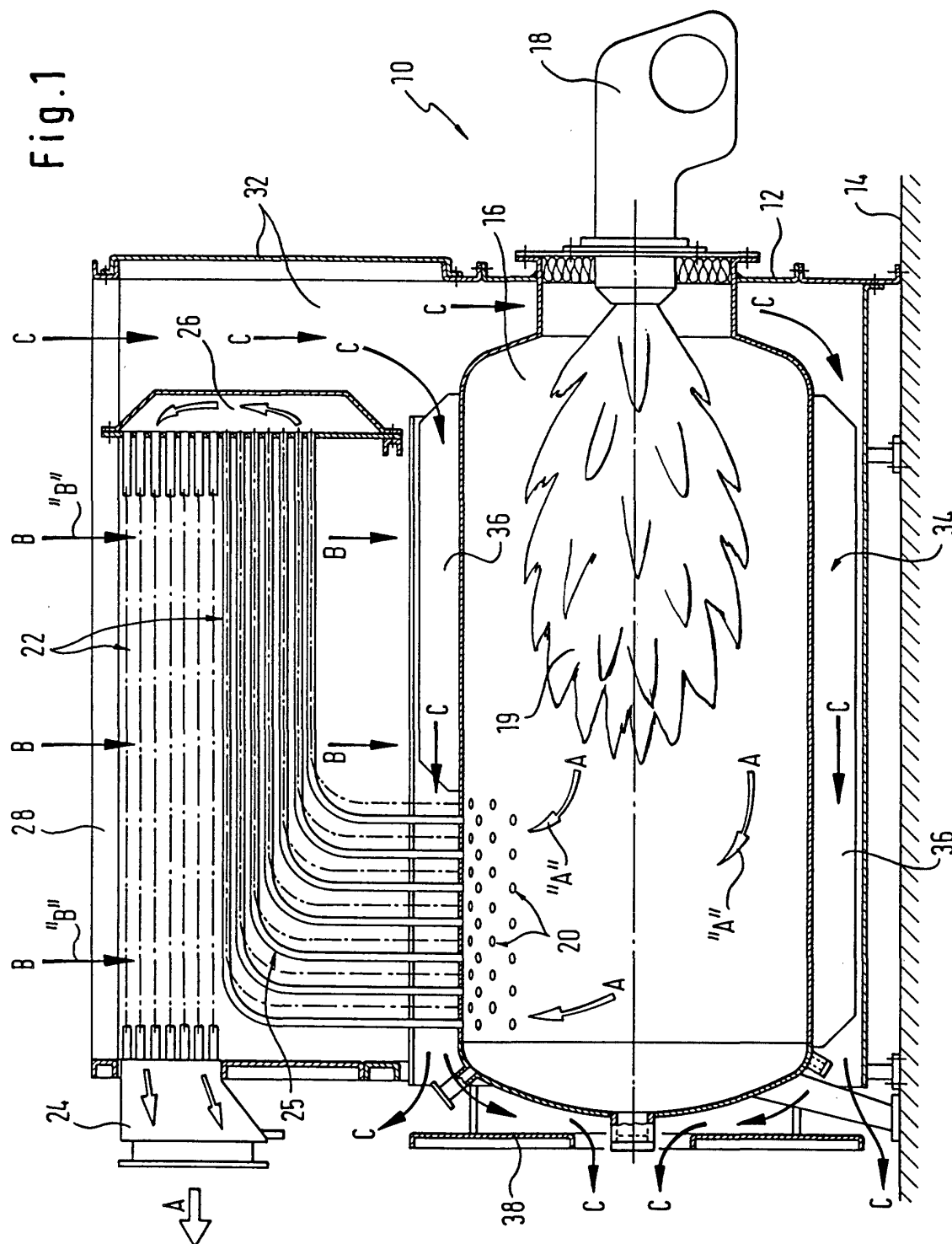


Fig. 2

