

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 097 097
B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet:
07.01.88

(51) Int. Cl.4: **F 28 C 3/06**

(21) Numéro de dépôt: **83401179.3**

(22) Date de dépôt: **09.06.83**

(54) **Procédé pour le transfert de chaleur par échange direct entre fluides gazeux et liquide et échangeur mettant en oeuvre ce procédé.**

(30) Priorité: **10.06.82 FR 8210363**

(43) Date de publication de la demande:
28.12.83 Bulletin 83/52

(45) Mention de la délivrance du brevet:
07.01.88 Bulletin 88/1

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(56) Documents cités:
DE - A - 1 601 122
FR - A - 2 066 052
US - A - 2 820 620
US - A - 2 838 135
US - A - 4 028 440
US - A - 4 287 138
US - A - 4 345 916

(73) Titulaire: **SARL Etudes & Réalisations de Technique Thermique E.R.T.T., 3 Rue des Brèches Zone Industrielle, F-44400 Reze les Nantes (FR)**

(72) Inventeur: **Gautier, Georges Gustave André Ignace, 12 Rue Henri IV, F-44000 Nantes (FR)**
Inventeur: **Provost, Charles Ludovic Etienne, 3 Place de la Monnaie, F-44000 Nantes (FR)**

(74) Mandataire: **Lemonnier, André, 4 Boulevard Saint-Denis, F-75010 Paris (FR)**

EP 0 097 097 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne le transfert de chaleur entre un gaz et un liquide selon le procédé dit par échange direct. Le transfert des calories contenues dans un flux de gaz chauds (par exemple un gaz de combustion) à un liquide, par mise en contact direct du liquide pulvérisé avec le gaz chaud, notamment par pulvérisation du liquide dans une chambre verticale parcourue par le flux de gaz, est connu et décrit par exemple dans US-A-4 287 138. Dans ce document, la chambre verticale présente une zone d'échange de chaleur dans laquelle sont disposées une pluralité de buses, pulvérisant de l'eau froide, les unes vers le bas, les autres vers le haut. Le bas de la chambre comporte un récepteur pour l'eau qui s'est réchauffée dans la zone d'échange de chaleur au contact des gaz chauds; le transfert de chaleur des gaz à l'eau s'opère de façon turbulente et anarchique, par enchevêtrement des gouttes provenant de l'amont et de l'aval de la chambre, échappant à la possibilité de calcul prévisionnel fiable, le procédé d'émission d'eau à contre courant du gaz engendrant des pertes de charge supplémentaires.

Le transfert de chaleur par échange direct est soumis à diverses limitations. Tout d'abord une première limitation résulte de la tension de vapeur du liquide dans le gaz avec lequel s'effectue l'échange thermique car, la vaporisation du liquide étant endothermique, les vapeurs entraînées par les gaz sortants constituent une perte. Le rendement de l'échange thermique est fonction de la différence des températures au droit de la surface d'échange, de la superficie de la surface d'échange et de la durée du contact. Enfin la température de réchauffement du liquide, qui est de toutes façons inférieure à sa température d'ébullition, est d'autant plus faible que le rapport de la masse calorifique du liquide à la masse calorifique du gaz est plus élevé mais le rendement est d'autant plus élevé que ce dernier rapport est plus faible. Si donc on veut obtenir par échange direct un liquide à une température voisine de son point d'ébullition, il faut réduire le rapport volumique entre le liquide et le gaz, mais le rendement calorifique décroît. Pour obtenir un rendement acceptable, on est obligé de limiter, avec l'eau utilisée comme liquide, la température de réchauffement de l'eau à environ 60 °C.

Le document US-A-2 838 135 décrit un procédé de récupération de la chaleur transportée par des gaz chauds qui met en œuvre deux étages de refroidissement constitués chacun par une enceinte qui contient des matériaux de garnissage tels que des anneaux de Raschig, ces enceintes étant parcourues en série par le gaz chaud et la charge de garnissage de chaque chambre étant arrosée par le liquide froid qui est distribué uniformément sur la charge par des tuyères d'atomisation dirigées vers le bas. Comme pour US-A-4 287 138 le calcul prévisionnel des échanges est aléatoire et les pertes de charge élevées. De plus chaque étage fonctionne indépendamment selon

une procédé d'échange thermique indirect sans que, dans un étage, le gaz qui se refroidit en traversant l'étage soit mis constamment en contact avec des gouttelettes de liquide frais n'ayant pas encore subi l'échange thermique.

La présente invention a pour but de résoudre les problèmes qui ont été évoqués ci-dessus, dans un premier temps en obtenant un meilleur rendement de l'échange thermique, qui se traduit par des gaz en sortie plus froids et, dans un deuxième temps, en obtenant un liquide à température voisine de la température de vaporisation dudit liquide dans le gaz introduit.

Ce but est atteint, conformément à l'invention, par un procédé pour le transfert de chaleur par échange direct entre un fluide gazeux et un fluide liquide dans lequel on introduit le fluide gazeux à une extrémité d'une chambre cylindrique verticale et l'extrait à l'autre extrémité de celle-ci, le fluide gazeux circulant dans cette chambre sous forme d'une colonne cylindrique à filets fluides sensiblement parallèles et dans lequel on introduit le liquide à travers la paroi de chambre et on le pulvérise dans ladite chambre, à partir d'une pluralité de gicleurs de pulvérisation situés au centre et espacés selon la direction de circulation du fluide gazeux et alimentés à partir d'une source d'alimentation de liquide sous pression commune sous forme d'une pluralité de nappes coniques en lames minces coaxiales s'étendant de chaque gicleur jusqu'à la périphérie de la chambre, chaque nappe conique correspondant à un gicleur, les nappes coniques de liquide pulvérisées à partir des différents gicleurs étant indépendantes et traversées en série par le flux gazeux caractérisé en ce que le liquide pulvérisé dans chaque nappe est recueilli à la périphérie de la nappe sur la paroi de la chambre.

La pulvérisation est effectuée de manière à obtenir des gouttelettes ayant un diamètre moyen de l'ordre du millimètre.

Avec le procédé conforme à l'invention, appliqué à un fluide gazeux chaud et à un fluide liquide froid au droit des premières nappes amont traversées par les gaz chauds, le liquide se vaporise en absorbant des calories, mais la température du mélange de gaz et de vapeur se refroidit et lesdites calories absorbées par la vaporisation sont restituées au liquide constituant les nappes suivantes dont le volume s'accroît du volume des vapeurs condensées. On voit donc qu'une partie importante du transfert de chaleur s'effectue au droit des nappes amont avec une différence de température importante entre les gaz et le liquide, donc avec un rendement élevé. Pendant la traversée des nappes aval au droit desquelles les gaz sont refroidis en dessous de la température de vaporisation du liquide, l'échange se fait au droit de chaque nappe entre la totalité du volume des gaz et une fraction du volume total du liquide correspondant au débit alimentant l'échangeur. On réalise donc par le procédé un système équivalent à une pluralité d'échangeurs en cascade qui fonctionnent chacun avec la différence de

température maximale, donc le rendement maximal possible.

Dans les procédés antérieurement connus d'échange direct on cherche à effectuer un échange à contre-courant en faisant tomber le liquide en pluie dans une tour parcourue dans le sens ascendant par le flux gazeux de sorte que la pulvérisation n'est pas effectuée vraiment sous forme d'une nappe atteignant les parois, mais plutôt sous forme d'une dispersion dans toute la section de la veine gazeuse, les gouttes ayant une trajectoire parallèle et de sens inverse à la direction de circulation du gaz. Le procédé conforme à l'invention dans lequel on pulvérise sous forme d'une nappe mince atteignant la paroi permet d'effectuer une pulvérisation sous une pression plus élevée et avec une finesse de gouttelettes plus grande que les procédés antérieurs et le liquide suit une trajectoire sensiblement perpendiculaire ou oblique par rapport à celle du gaz. Du fait de la très grande surface volumique du liquide sous forme de gouttelettes fines, le coefficient d'échange thermique est élevé et dans les nappes où il se produit une condensation des vapeurs, chaque gouttelette forme un noyau de condensation, la multiplicité des gouttelettes favorisant cette condensation avec transfert direct des calories dans la masse de la gouttelette.

Pour accroître le temps de contact la projection est effectuée sous forme de nappes coniques. Avec cette forme de nappe et pour une même épaisseur de la nappe, la durée du contact est accrue, par rapport à une nappe radiale, comme l'inverse du carré du sinus du demi-angle au sommet de la nappe, la longueur de la trajectoire du liquide du centre à la paroi étant égale au rayon de la veine gazeuse divisé par le sinus de l'angle et l'épaisseur de la nappe parallèlement à l'axe, c'est-à-dire selon la direction de circulation du flux gazeux, étant égale à l'épaisseur de la nappe divisée par le même sinus.

Selon une autre caractéristique, le liquide est introduit dans au moins deux circuits à des températures différentes, le procédé étant alors caractérisé en ce que chaque circuit comprend une pluralité de nappes de pulvérisation coniques arrangées en série, celles-ci étant de ce fait réparties en au moins deux groupes superposés et indépendants. Dans ce cas et selon un mode de réalisation avantageux le flux liquide recueilli provenant d'un groupe situé plus en aval dans le flux gazeux est utilisé pour alimenter les nappes d'un autre groupe situé plus en amont.

Selon une autre caractéristique, les nappes coniques s'ouvrent vers l'aval selon la direction de circulation du fluide gazeux. Avec cette disposition, la vitesse axiale de circulation du fluide gazeux est déduite de la composante axiale de la vitesse des gouttelettes, ce qui réduit la vitesse relative résiduelle et accroît la durée du contact.

Selon encore une autre caractéristique qui accroît la longueur de la trajectoire du flux gazeux dans chaque nappe et donc la durée du contact, on impose au flux gazeux une trajectoire hélicoïdale. Tous ces facteurs qui accroissent la durée

de contact sont d'une importance significative dans le procédé conforme à l'invention dans lequel, pour atteindre la paroi de la veine et sous forme de gouttelettes fines, la pulvérisation doit se faire sous une pression notable donc à vitesse élevée.

Conformément à l'invention, le liquide qui atteint la paroi de la veine gazeuse présente, dans les nappes les plus en amont, une température voisine de la température de vaporisation puisque ce liquide a traversé des gaz à haute température en se vaporisant partiellement et, dans les nappes suivantes, une température analogue puisque les gaz sont, à ce niveau, à la température de condensation du liquide, le volume atteignant la paroi étant pour partie formé des vapeurs condensées. Au droit des nappes plus en aval, le liquide présente une température décroissant vers l'aval car il a traversé une veine gazeuse de plus en plus froide avec des températures tendant vers l'équilibre.

La présente invention a également pour objet un appareil pour la mise en œuvre du procédé de transfert de chaleur par contact direct ci-dessus, comportant une chambre d'échange cylindrique verticale avec, à une extrémité, une entrée et, à l'autre extrémité, une sortie pour les gaz et des moyens pour pulvériser un liquide dans le flux gazeux traversant cette chambre, ces moyens étant constitués par une pluralité de gicleurs de pulvérisation coaxiaux disposés au centre et échelonnés dans ladite chambre d'échange selon la direction de circulation du fluide gazeux et alimentés à partir d'une source d'alimentation de liquide sous pression commune, ces gicleurs pulvérisant le liquide sous forme d'une nappe conique mince, les nappes coniques pulvérisées à partir desdits gicleurs étant parallèles et indépendantes, caractérisé en ce que tous les gicleurs sont orientés dans la même direction et créent des jets de pulvérisation en nappes coniques qui sont recueillis à la périphérie de la nappe sur la paroi de la chambre.

Selon une autre caractéristique, le gaz circulant de bas en haut, les gicleurs de pulvérisation pulvérisent selon une nappe conique s'ouvrant vers le haut et vers l'aval du flux gazeux.

Selon une autre caractéristique les gicleurs de pulvérisation pour le liquide sont répartis en au moins deux groupes alimentés indépendamment.

Selon une autre caractéristique au moins une goulotte périphérique est prévue le long de la périphérie de la chambre et à un niveau intermédiaire de celle-ci pour collecter le liquide des nappes qui s'écoule sur la paroi. Dans le cadre de cette caractéristique des moyens sont de préférence prévus pour reprendre le liquide collecté par une goulotte et le refouler vers les gicleurs de pulvérisation d'un deuxième circuit.

Selon une autre caractéristique des moyens sont prévus pour donner au flux gazeux un mouvement rotationnel hélicoïdal. Ces moyens peuvent être constitués par une entrée tangentielle et/ou des ailettes directrices.

La présente invention sera décrite plus en détail ci-après avec référence au dessin ci-annexé dans lequel:

La figure 1 est une vue en coupe axiale schématisée d'un échangeur et la figure 2 en est une vue en coupe horizontale par II-II de figure 1.

Dans les dessins la référence 1 désigne la paroi cylindrique délimitant la chambre de l'échangeur, 2 est l'entrée des gaz chauds située à la partie basse de la chambre, cette entrée débouchant tangentiellement sur une largeur approximativement égale au rayon de la chambre et 3 désigne la sortie axiale des gaz. La référence 4 désigne des ailettes directrices hélicoïdales fixées sur la paroi intérieure de la partie basse de la chambre pour accentuer la circulation hélicoïdale des gaz.

Conformément à l'invention, des gicleurs de pulvérisation 5 sont disposés selon l'axe de la chambre en étant sensiblement régulièrement espacés et ils sont supportés par leur tubulure d'alimentation 6, les tubulures étant portées par des caissons 7 insérés dans la paroi 1 et alimentées en eau sous pression depuis des rampes d'alimentation 8. Conformément à l'invention les gicleurs 5 sont associés à des buses pour donner des jets de pulvérisation 9 en nappes coniques minces. A titre d'exemple la pulvérisation est effectuée sous une pression d'environ 3×10^5 P et donne des gouttelettes d'environ 0,4 à 0,7 mm de diamètre, l'angle au sommet α étant de 70° .

Selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention les gicleurs de pulvérisation sont répartis en deux groupes A et B alimentés par des rampes indépendantes, le groupe A étant situé le plus haut, c'est-à-dire en aval dans le sens de circulation des fumées et le groupe B en amont. Sur la paroi interne et au droit de la séparation entre la nappe conique la plus élevée 9b du groupe B et la nappe conique la plus basse 9a du groupe A est réalisée une goulotte périphérique 10 destinée à recueillir l'eau des nappes 9a qui s'écoule sur la partie supérieure de la paroi. L'eau recueillie est évacuée par une canalisation 11 dans un réservoir 12 d'où elle est reprise par une pompe 13 pour alimenter par la rampe 8, les gicleurs 5 du groupe B. L'eau pulvérisée par les gicleurs 5 s'écoule le long de la paroi de la partie inférieure de la chambre et est recueillie dans une bache 14.

L'échangeur fonctionne de la façon suivante: les gaz chauds arrivent à une température T_F par l'entrée 2 et circulent selon un mouvement hélicoïdal ascendant dans la chambre pour être évacués par la sortie 3 à une température T_S , la circulation ayant lieu par tirage naturel ou forcé. L'eau est introduite à une température t_0 et sous une pression de 3×10^5 P, qui peut être la pression du réseau d'alimentation, par la rampe 8 du groupe A, elle est pulvérisée à cette température t_0 par les pulvérisateurs 5 du groupe A sous forme de nappes coniques. Ces nappes sont traversées par les gaz dont la température décroît au fur et à mesure qu'ils traversent les nappes successives d'une température T_M qui, à titre de simple indication, peut être voisine de 90°C , jusqu'à une tempéra-

ture T_S qui est voisine de t_0 . L'eau de la nappe 9a qui a traversé les gaz à une température voisine de T_M sera à une température relativement élevée alors que celle de la nappe supérieure sera à une température voisine de T_S . Il est évident que le rendement thermique dans la nappe 9a est meilleur que dans la dernière nappe mais, globalement, toutes les calories correspondant à la différence $T_M - T_S$ de température des gaz se retrouveront dans l'eau recueillie à une température t_1 comprise entre T_M et T_S dans la goulotte 10 et le bac 12. Cette eau à la température t_1 est reprise par la pompe 13 et pulvérisée sous la même pression par les gicleurs 5 du groupe B sous forme de nappes coniques 9b. Dans la nappe inférieure la différence de température $T_F - t_1$ est élevée, le rendement de l'échange est élevé et une partie de l'eau va passer à l'état de vapeur. En traversant les nappes successives la température des gaz entraînant l'eau vaporisée des nappes inférieures va décroître jusqu'à T_M et dans les nappes supérieures les vapeurs vont se condenser pour être réincorporées aux nappes dont l'eau va atteindre la paroi à une température voisine de T_M . Dans cette partie de l'échangeur vont se produire une évaporation endothermique et une condensation exothermique mais la température moyenne t_2 de l'eau obtenue sera à un niveau que l'on ne peut atteindre avec un seul étage et les calories qui pourraient être entraînées par les gaz sous forme d'eau vaporisée dans les premières nappes sont récupérées par condensation dans les nappes supérieures.

Dans l'exemple de mise en œuvre décrit avec référence aux dessins, le liquide de refroidissement est de l'eau et les gaz chauds sont des gaz de combustion.

Revendications

1. Procédé pour le transfert de chaleur par échange direct entre un fluide gazeux et un fluide liquide, dans lequel on introduit le fluide gazeux à une extrémité d'une chambre cylindrique verticale (1) et l'extrait à l'autre extrémité de celle-ci, le fluide gazeux circulant dans cette chambre sous forme d'une colonne cylindrique à filets fluides sensiblement parallèles et dans lequel on introduit le liquide à travers la paroi de la chambre et on le pulvérise dans ladite chambre, à partir d'une pluralité de gicleurs de pulvérisation coaxiaux situés au centre et espacés selon la direction de circulation du fluide gazeux et alimentés à partir d'une source d'alimentation de liquide sous pression commune, sous forme d'une pluralité de nappes coniques en lames minces coaxiales s'étendant de chaque gicleur jusqu'à la périphérie de la chambre, chaque nappe conique correspondant à un gicleur, les nappes coniques de liquide pulvérisées à partir des différents gicleurs étant indépendantes et traversées en série par le flux gazeux, caractérisé en ce que le liquide pulvérisé dans chaque nappe est recueilli à la périphérie de la nappe sur la paroi de la chambre.

2. Procédé pour le transfert de chaleur selon la revendication 1 dans lequel on introduit le fluide

liquide dans au moins deux circuits à des températures différentes, caractérisé en ce que chaque circuit comprend une pluralité de nappes de pulvérisation coniques arrangées en série, celles-ci étant de ce fait réparties en au moins deux groupes superposés et indépendants.

3. Procédé pour le transfert de chaleur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le flux liquide recueilli provenant d'un groupe situé plus en aval dans le flux gazeux est utilisé pour alimenter les nappes d'un autre groupe situé plus en amont.

4. Procédé pour le transfert de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les nappes coniques s'ouvrent vers l'aval selon la direction de circulation du fluide gazeux.

5. Procédé pour le transfert de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on impose au flux gazeux une trajectoire hélicoïdale.

6. Appareil pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 ci-dessus comportant une chambre d'échange cylindrique verticale avec, à une extrémité, une entrée et, à l'autre extrémité, une sortie pour les gaz et des moyens pour pulvériser un liquide dans le flux gazeux traversant cette chambre, ces moyens étant constitués par une pluralité de gicleurs de pulvérisation coaxiaux disposés au centre et échelonnés dans ladite chambre d'échange selon la direction de circulation du fluide gazeux et alimentés à partir d'une source d'alimentation de liquide sous pression commune, ces gicleurs pulvérisant le liquide sous forme d'une nappe conique mince, les nappes coniques pulvérisées à partir desdits gicleurs étant parallèles et indépendantes, caractérisé en ce que tous les gicleurs sont orientés dans la même direction (9b) et créent des jets de pulvérisation en nappes coniques qui sont recueillis à la périphérie de la nappe sur la paroi de la chambre.

7. Appareil selon la revendication 6, caractérisé en ce que le gaz circulant de bas en haut, les gicleurs de pulvérisation (5) pulvérisent selon une nappe conique s'ouvrant vers le haut et vers l'aval du flux gazeux.

8. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que les gicleurs de pulvérisation pour le liquide sont répartis en au moins deux groupes alimentés indépendamment.

9. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'au moins une goulotte périphérique (10) est prévue le long de la périphérie de la chambre (9) et à un niveau intermédiaire de celle-ci pour collecter le liquide des nappes qui s'écoule sur la paroi.

10. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que des moyens (12) sont prévus pour reprendre le liquide collecté par une goulotte (10) et le refouler vers les gicleurs de pulvérisation (5) d'un deuxième circuit (8B).

11. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que des moyens

(4) sont prévus pour donner au flux gazeux un mouvement rotationnel hélicoïdal.

Claims

1. A direct-contact process for transferring heat between a gaseous fluid et a liquid fluid, in which the gaseous fluid is introduced at one end of a vertical cylindrical chamber (1) and extracted at the other end of said chamber, the gaseous fluid circulating in said chamber as a cylindrical column with fluid streams substantially parallel to one another and in which the liquid is introduced through the chamber wall and sprayed within said chamber, from a plurality of coaxial spraying nozzles located at the centre and spaced apart in the direction of travel of the gaseous fluid and fed from a common liquid feed source under pressure, as a plurality of coaxial thin conical sheets extending from each spraying nozzle to the chamber periphery, each conical sheet corresponding to a nozzle, the conical liquid sheets sprayed from the various nozzles being independent and serially crossed by the gaseous flux, characterized in that the sprayed liquid in each sheet is collected at the periphery of the sheet on the chamber wall.

2. A process for the transfer of heat according to claim 1, in which the liquid fluid is introduced in at least two circuits at different temperatures, characterized in that each circuit includes a plurality of conical spraying sheets arranged in series, whereby said sheets are distributed in at least two superimposed and independent groups.

3. A process for the transfer of heat according to claim 2, characterized in that the liquid flux collected from a group located more downstream in the gaseous flux is used for feeding the sheets of another group located more upstream.

4. A process for the transfer of heat according to any one of claims 1 through 3, characterized in that the conical sheets are opened in the downstream direction, according to the gaseous fluid direction of travel.

5. A process for the transfer of heat according to any one of claims 1 through 4, characterized in that there is imposed to the gaseous flux a helical path of travel.

6. An apparatus for carrying out the process according to any one of the hereabove claims 1 through 5, including a vertical cylindrical exchange chamber with, at one end, an inlet and, at the other end, an outlet for the gases, and means for spraying a liquid in the gaseous flux circulating across said chamber, said means being made of a plurality of coaxial spraying nozzles placed in the centre and in steps in said exchange chamber according to the direction of travel of the gaseous fluid and fed from a common liquid feed source under pressure, the conical sheets sprayed from said nozzles being parallel to one another and independent, characterized in that the nozzles are oriented in the same direction (9b) and create spraying jets in the shape of conical sheets which are collected at the periphery of the sheet on the chamber wall.

7. An apparatus according to claim 6, characterized in that since the gas circulates from bottom to top, the spraying nozzles (5) form a spray pattern in the shape of a conical sheet opening upwardly and in the downstream direction of the gaseous flux.

8. An apparatus according to any one of claims 6 and 7, characterized in that the spraying nozzles for the liquid are distributed in at least two independently fed groups.

9. An apparatus according to any one of claims 6 to 8, characterized in that one peripheral chute (10) at least is provided along the periphery of the chamber (9) and at a level intermediate said chamber, for collecting the liquid from the sheets flowing along the wall.

10. An apparatus according to claim 9, characterized in that means (12) are provided for receiving the liquid collected by one chute (10) and forcing it back toward the spraying nozzles (5) of a second circuit (8B).

11. An apparatus according to any one of claims 6 through 10, characterized in that means (4) are provided for imparting to the gaseous flux a helical rotation movement.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Wärmeaustausch durch direkte Berührung zwischen einem gasförmigen Medium und einem flüssigen Medium, in das man das gasförmige Medium an einem Ende einer zylindrischen vertikalen Kammer (1) einführt und am anderen Ende derselben daraus abzieht, wobei das gasförmige Medium in dieser Kammer in Form einer zylindrischen Säule mit im wesentlichen parallelen fluiden Schlieren zirkuliert und in das man die Flüssigkeit durch die Wand der Kammer einführt und sie in der Kammer mit Hilfe einer Mehrzahl von coaxialen Zerstäubungsdüsen zerstäubt, die im Zentrum angeordnet sind und in der Zirkulationsrichtung des gasförmigen Mediums verteilt angeordnet sind und die von einer gemeinsamen Druckflüssigkeitsquelle versorgt sind, wobei mehrere konische Flüssigkeitslamellen in coaxialen dünnen Schichten ausgebildet werden, die sich von jeder Düse bis zum Umfang der Kammer erstrecken, jede konische Lamelle einer Düse entspricht und die konischen Lamellen aus zerstäubter Flüssigkeit von den verschiedenen Düsen unabhängig voneinander sind und nacheinander von der Gasströmung durchquert werden, dadurch gekennzeichnet, dass die in jeder Lamelle zerstäubte Flüssigkeit am Rand der Lamelle auf der Wand der Kammer aufgefangen wird.

2. Verfahren zum Wärmeaustausch nach Anspruch 1, bei welchem man das flüssige Medium in wenigstens zwei Kreisen unterschiedlicher Temperatur einbringt, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Kreis mehrere konische Zerstäubungslamellen aufweist, die in Serie angeordnet sind, wobei diese daher in wenigstens zwei übereinanderliegende und unabhängige Gruppen unterteilt sind.

3. Verfahren zum Wärmeaustausch nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die auf-

gefangene Flüssigkeitsströmung, die von einer Gruppe stammt, die weiter stromabwärts in der Gasströmung gelegen ist, dazu verwendet wird, die Lamellen einer anderen Gruppe zu versorgen, die weiter stromaufwärts gelegen ist.

4. Verfahren zum Wärmeaustausch nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sich die konischen Lamellen nach stromabwärts gemäss der Zirkulationsrichtung des gasförmigen Mediums öffnen.

5. Verfahren zum Wärmeaustausch nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man der Gasströmung eine wendelförmige Bahn verleiht.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, enthaltend eine vertikale zylindrische Berührungskammer mit einem Einlass am einen Ende und einem Auslass am anderen Ende für die Gase und Einrichtungen zum Zerstäuben einer Flüssigkeit in die Gasströmung, die diese Kammer durchquert, wobei diese Einrichtungen von mehreren coaxialen Zerstäubungsdüsen gebildet sind, die im Zentrum angeordnet und in der Berührungskammer in der Zirkulationsrichtung des gasförmigen Mediums verteilt sind und von einer gemeinsamen Druckflüssigkeitsquelle versorgt sind, wobei die Düsen die Flüssigkeit in Form einer dünnen konischen Lamelle zerstäuben, die von den Düsen zerstäubten konischen Lamellen parallel und unabhängig voneinander sind, dadurch gekennzeichnet, dass alle Düsen in die gleiche Richtung (9b) weisen und Zerstäubungsstrahlen in konischen Lamellen erzeugen, die am Umfang der Lamelle auf der Wand der Kammer aufgefangen werden.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei von unten nach oben zirkulierendem Gas die Zerstäubungsdüsen (5) in einer Lamelle zerstäuben, die sich nach oben und stromabwärts zur gasförmigen Strömung öffnet.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zerstäubungsdüsen für die Flüssigkeit in wenigstens zwei Gruppen unterteilt sind, die unabhängig voneinander versorgt sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens längs dem Umfang der Kammer (9) und in einer Zwischenhöhe derselben wenigstens eine Umfangsrinne (10) vorgesehen ist, um die Flüssigkeit der Lamellen aufzufangen, die auf der Wand abläuft.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass Einrichtungen (12) vorgesehen sind, um die von einer Rinne (10) aufgefangene Flüssigkeit aufzunehmen und sie den Zerstäubungsdüsen (5) eines zweiten Kreises (8B) zuzuführen.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Einrichtungen (4) vorgesehen sind, um der gasförmigen Strömung eine schraubenlinienförmige Drehbewegung zu verleihen.

