

⑬



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪

Veröffentlichungsnummer:

0 096 823
A2

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰

Anmeldenummer: **83105567.8**

⑤①

Int. Cl.³: **F 28 D 21/00**

⑱

Anmeldetag: **07.06.83**

③①

Priorität: **11.06.82 DE 3222069**

⑦①

Anmelder: **Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., D-5300 Bonn (DE)**

④③

Veröffentlichungstag der Anmeldung: **28.12.83**
Patentblatt 83/52

⑦②

Erfinder: **Buschulte, Winfried, Prof. Dr.-Ing., Berliner Strasse 27, D-7107 Neckarsulm (DE)**

⑧④

Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR LI LU NL**

⑦④

Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner, Uhlandstrasse 14c, D-7000 Stuttgart 1 (DE)**

⑤④

Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus Rauchgasen.

⑤⑦

Um bei einem Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus Rauchgasen, bei welchem man die Rauchgase in einem Wärmetauscher mit einem Kühlmittel über Wärmeübertragungsflächen in Kontakt bringt, dadurch die Bestandteile des Rauchgases teilweise kondensiert und das Kondensat ableitet, eine Zerstörung des Wärmetauschers durch korrodierende Säureanteile des Kondensats zu vermeiden und andererseits die Wärmeübertragung wirksamer zu gestalten, wird vorgeschlagen, daß man die Rauchgase im wesentlichen senkrecht von unten nach oben längs mindestens einer durchgehenden Wärmeübertragungsfläche durch den Wärmetauscher leitet, daß man die Länge des Wärmetauschers und/oder die Temperatur des Kühlmittels derart wählt, daß die Kondensation im oberen Bereich des Wärmetauschers eintritt und daß man das entstehende Kondensat an der Unterseite des Wärmetauschers vollständig ableitet.

EP 0 096 823 A2

A 44 957 u
u - 183
30. April 1982

Anmelderin: Deutsche Forschungs-
und Versuchsanstalt
für Luft- und Raum-
fahrt e.V.
5300 B o n n

B e s c h r e i b u n g

Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus Rauchgasen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus Rauchgasen, bei welchem man die Rauchgase in einem Wärmetauscher mit einem Kühlmittel über Wärmeübertragungsflächen in Kontakt bringt, dadurch die Bestandteile des Rauchgases teilweise kondensiert und das Kondensat ableitet.

Ein solches Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus Rauchgasen ist beispielsweise aus der deutschen Offenlegungsschrift 28 20 826 bekannt.

Probleme ergeben sich bei solchen Verfahren dadurch, daß die beim Abkühlen der Rauchgase unter den Taupunkt entstehenden Kondensate neben Wasser auch einen Schwefeloxidanteil enthalten, der zusammen mit dem Wasser zur Bildung von schwefliger Säure und Schwefelsäure führt. Auch Stickoxide und Kohlendioxid werden in dem Wasser gelöst und bil-

A 44 957 u
u - 183
30. April 1982

- 2 -

den Säuren. Diese Säuren, insbesondere die schweflige Säure und die Schwefelsäure, wirken stark korrodierend und führen bei bisher bekannten Verfahren häufig zur Zerstörung des Wärmetauschers und dabei insbesondere der Wärmeübertragungsflächen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus Rauchgasen derart zu verbessern, daß trotz der Kondensatbildung eine Korrosion des Wärmetauschers zuverlässig vermieden wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß man die Rauchgase im wesentlichen senkrecht von unten nach oben längs mindestens einer durchgehenden Wärmeübertragungsfläche durch den Wärmetauscher leitet, daß man die Länge des Wärmetauschers und/oder die Temperatur des Kühlmittels derart wählt, daß die Kondensation im oberen Bereich des Wärmetauschers eintritt, und daß man das entstehende Kondensat an der Unterseite des Wärmetauschers vollständig ableitet.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird also das heiße Rauchgas von unten in senkrecht zwischen den Wärmeübertragungsflächen angeordnete Rauchgas-Wärmetauscherkanäle eingeleitet und unter Abkühlung nach oben geführt. Die Wandtemperatur nimmt ab einer bestimmten Höhe einen Wert an, der unterhalb der Siedetemperatur des Wasser-Säuregemisches liegt, so daß sich von diesem Punkt an aufwärts ein Flüssigkeitsfilm bildet, weil in zunehmendem Maße Wasser und Säure kondensieren. Es entsteht dabei eine Säure sehr schwacher Konzentration (ca. 750 mg Säure

A 44 957 u
u - 183
30. April 1982

- 3 -

re auf 1 l Wasser). Durch die senkrechte Anordnung der Wärmetauscherflächen und die senkrechte Führung des Rauchgases fließt das Kondensat dem Rauchgasstrom entgegengesetzt ab und benetzt auch die unten liegenden Wärmetauscherwandungen mit einem Flüssigkeitsfilm, die wegen der noch hohen Rauchgastemperaturen normalerweise trocken bleiben würden.

Durch das an der Wärmetauscherfläche herunterfließende, schwach konzentrierte Kondensat wird vermieden, daß sich im Bereich der Taupunktsgrenze Ablagerungen und Verkrustungen ergeben können. Diese treten normalerweise gerade im Taupunktsbereich dadurch ein, daß die Siedepunkte von Wasser einerseits und schwefliger Säure bzw. Schwefelsäure andererseits verschieden sind (Wasser 373 K, Schwefelsäure 611 K). Aus diesem Grunde kondensiert die Schwefelsäure normalerweise bereits an einem tieferen Punkt als das Wasser, so daß in dem Übergangsbereich zunächst hochkonzentrierte flüssige Säure entsteht. Das oberhalb dieses kritischen Bereiches erzeugte Kondensat fließt jedoch entgegen der Richtung des Rauchgasstromes nach unten und spült gerade in diesem kritischen Bereich die kondensierte Schwefelsäure und die kondensierte schweflige Säure ab und verdünnt diese dabei. Dieser Spüleffekt verhindert somit wirkungsvoll eine Ablagerung und Verkrustung in diesem Bereich.

Vorteilhaft ist es weiterhin, daß das überhitzte Rauchgas im unteren Teil des Wärmetauschers einen Teil des herabrieselnden Films wieder verdampft und bei seiner Aufwärtsströmung mitschleppt. Dadurch wird das Rauchgas wegen der Ent-

A 44 957 u
u - 183
30. April 1982

- 4 -

nahme von Verdampfungswärme und der Wasserdamp fzufuhr schneller auf die Tautemperatur abgekühlt. Die Durchmischung mit dem Wasserdampf fördert über Stoffaustausch den Wärmetransport an die Wärmeübertragungsflächen. Das Kondensat wird schließlich durch den langen Weg an der Wand entlang gut ausgekühlt, ehe es an der Unterseite des Wärmetauschers vollständig abgeleitet wird.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung kann vorgesehen sein, daß man die aus dem Wärmetauscher austretenden Gase im Verdampfer einer Wärmepumpe weiter abkühlt und das entstehende Kondensat zur Spülung der Wärmeübertragungsflächen des Wärmetauschers von oben nach unten über diese fließen läßt. Diese zusätzliche Spülung mit dem weitergewonnenen Kondensat verstärkt die oben erläuterten vorteilhaften Effekte, die beim Herabrieseln des Kondensats an den Wärmeübertragungsflächen eintreten.

Die nachfolgende Beschreibung eines zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Restwärmetauschers dient im Zusammenhang mit der Zeichnung, die einen im Schnitt wiedergegebenen Restwärmetauscher darstellt, der näheren Erläuterung.

Der in der Zeichnung dargestellte Restgaswärmetauscher weist eine den eigentlichen Wärmetauscher allseits umgebende Außenwand 1 auf, die aus Keramik, Metall, Kunststoff oder einem anderen Material bestehen kann.

A 44 957 u
u - 183
30. April 1982

- 5 -

Die Rauchgasableitung 2 eines in der Zeichnung nur schematisch dargestellten Brenners 3 führt im unteren Teil des Wärmetauschers horizontal in einen Ringraum 4, der über senkrechte, parallele Wärmeübertragungskanäle 5 mit einem oberen Ringsammelraum in Verbindung steht. Aus diesem Ringsammelraum 6 werden die Rauchgase über eine Ableitung 7 aus dem Wärmetauscher herausgeführt.

Der den Rauchgasen zur Verfügung stehende Raum wird durch Wärmeübertragungsflächen 8 begrenzt, die sich im Bereich zwischen dem Ringraum 4 und dem Ringsammelraum 6 im wesentlichen senkrecht erstrecken und von unten nach oben kontinuierlich durchgehen, ohne irgendwelche Vor- oder Rücksprünge aufzuweisen. Außerhalb des dem Rauchgas zur Verfügung stehenden Volumens ist der Wärmetauscher mit einem Kühlmittel 9 gefüllt, welches über eine an der Oberseite angeordnete Zuleitung 10 in den Wärmetauscher eingeleitet und über eine an der Unterseite angeordnete Ableitung 11 aus diesem wieder entnommen werden kann. Es kann sich beispielsweise um das rücklaufende Heizwasser einer Heizungsanlage handeln. Das Kühlmittel 9 steht in unmittelbarem Wärmekontakt mit den Wärmeübertragungsflächen 8.

An der Unterseite des Ringraumes 4 ist eine Kondensatableitung 12 vorgesehen, die an der Unterseite des Ringraumes 4 gesammeltes Kondensat vollständig aus dem Wärmetauscher ableitet.

Im Betrieb des beschriebenen Wärmetauschers gelangt das eine hohe Temperatur aufweisende Rauchgas aus dem Brenner

3 über eine Kesselanlage in den unteren Ringraum 4 und strömt von diesem senkrecht nach oben durch die Übertragungskanäle bis zum Ringsammelraum 6, aus dem es den Wärmetauscher über die Ableitung 7 wieder verläßt. Bei dem von unten nach oben gerichteten Strom des Rauchgases wird dieses abgekühlt, wobei die dem Rauchgas entzogene Wärme über die Wärmeübertragungsflächen dem Kühlmittel zugeführt wird. Die Länge der Wärmeübertragungskanäle und/oder die Temperatur des Kühlmittels werden dabei so gewählt, daß im oberen Teil des Wärmetauschers das Rauchgas unter den Taupunkt abgekühlt wird, so daß Kondensatbildung eintritt. Das entstehende Kondensat rinnt auf der Innenseite der Wärmeübertragungskanäle an den Wärmeübertragungsflächen nach unten und spült diese in der oben beschriebenen Weise, wobei einerseits eine Ablagerung konzentrierter Säure an den Wärmeübertragungsflächen vermieden wird, während andererseits die Effektivität der Wärmeübertragung durch das Kondensat erhöht wird. Das herab-rinnende Kondensat spült die Wärmeübertragungsflächen der Wärmeübertragungskanäle über deren gesamte Länge und sammelt sich schließlich an der Unterseite des unteren Ringraumes 4, wo es über die Kondensatableitung 12 vollständig aus dem Wärmetauscher entfernt wird.

Falls das aus dem oberen Ringsammelraum 6 austretende Rauchgas noch weiter abgekühlt wird, kann das dabei gewonnene Kondensat ebenfalls zur Spülung der Wärmeübertragungsflächen eingesetzt werden, es wird dann in aus der Zeichnung nicht ersichtlicher Weise in die Wärmeübertragungskanäle eingeleitet, so daß dieses zusätzliche Kondensat ebenfalls

A 44 957 u
u - 183
30. April 1982

- 7 -

an den Wärmeübertragungsflächen herabrieselt.

Für die konstruktive Ausgestaltung des Wärmetauschers ist es wesentlich, daß an keiner Stelle Räume entstehen, in denen sich ein herabrieselndes Kondensat sammeln kann. Es dürfen also keine Vertiefungen entstehen, sondern auch im Bereich der Übergangsstellen von senkrechten in waagerechten Flächen muß dafür Sorge getragen werden, daß immer ein vollständiger Abfluß des Kondensats gewährleistet ist. Andernfalls besteht bei einer Ansammlung von Kondensat an irgendeiner Stelle die Gefahr, daß sich an einer solchen Stelle das Kondensat konzentriert. Eine solche Konzentration kann dadurch eintreten, daß das Wasser infolge seines gegenüber den Säuren niedrigeren Siedepunktes unter dem Einfluß der vorbeiströmenden Rauchgase oder bei Stillstand der Anlage eher verdampft als die Säuren. Die in solchen Vertiefungen zurückbleibenden, konzentrierten Säuren würden stark korrodierend wirken und an diesen Stellen eine Zerstörung des Wärmetauschers einleiten. Es ist also auch bei Schweißnähten etc. darauf zu achten, daß derartige Ansammlungen von Kondensat nicht auftreten können. Günstig ist es in diesem Zusammenhang auch, wenn die Bodenfläche des unteren Ringraums in Richtung auf die Kondensatableitung 12 ein wenig geneigt ist; geneigt werden vorzugsweise auch andere im wesentlichen horizontale Grenzflächen, wie dies aus der Zeichnung ersichtlich ist.

Wesentlich ist weiterhin, daß das Rauchgas zumindest in dem Teil, wo seine Temperatur zu einer Kondensatbildung zu hoch ist, allseits von den mit dem Kühlmittel bespülten Wärmeübertragungsflächen umschlossen ist. Andernfalls wür-

A 44 957 u
u - 183
30. April 1982

- 8 -

de in diesem Bereich die Bildung von hochkonzentrierter Schwefelsäure mit den zerstörenden Korrosionsfolgen eintreten, die bereits oben erläutert worden sind. Durch die sich über die gesamte Länge des Rauchgasweges erstreckenden Wärmeübertragungsflächen wird jedoch erreicht, daß eine Spülung mittels des Kondensates über die gesamte Wärmeübertragungsfläche bis zu einem Bereich eintritt, in dem normalerweise keine Kondensatbildung zu beobachten ist, so daß die Wärmeübertragungsflächen über ihre gesamte Länge gereinigt und gegen die unerwünschte Ablagerung konzentrierter Säure geschützt werden.

- 9 -

A 44 957 u
u - 183
30. April 1982

Anmelderin: Deutsche Forschungs-
und Versuchsanstalt
für Luft- und Raum-
fahrt e.V.
5300 B o n n

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Verfahren zur Rückgewinnung von Wärme aus Rauchgasen, bei welchem man die Rauchgase in einem Wärmetauscher mit einem Kühlmittel über Wärmeübertragungsflächen in Kontakt bringt, dadurch die Bestandteile des Rauchgases teilweise kondensiert und das Kondensat ableitet, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß man die Rauchgase im wesentlichen senkrecht von unten nach oben längs mindestens einer durchgehenden Wärmeübertragungsfläche durch den Wärmetauscher leitet, daß man die Länge des Wärmetauschers und/oder die Temperatur des Kühlmittels derart wählt, daß die Kondensation im oberen Bereich des Wärmetauschers eintritt, und daß man das entstehende Kondensat an der Unterseite des Wärmetauschers vollständig ableitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die aus dem Wärmetauscher austretenden Gase im Verdampfer einer Wärmepumpe weiter abkühlt und das entstehende Kondensat zur Spülung der Wärmeübertragungsflächen des Wärmetauschers von oben nach unten über diese fließen läßt.

1/1

