

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur indirekten Beheizung von Fluiden gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Derartige Vorrichtungen werden insbesondere benötigt zur Durchführung von Hochtemperaturprozessen, wie sie in der Erdölverarbeitung und in der Petrochemie häufig vorkommen. Das zu beheizende Fluid, beispielsweise flüssige oder gasförmige Kohlenwasserstoffe oder ein Kohlenwasserstoff/Dampf-Gemisch, wird dabei üblicherweise in Wärmetauscherrohren durch einen Heizraum geführt und dabei durch die Rohrwand der Wärmetauscherrohre erwärmt, ohne mit dem Heizmedium in einen direkten Kontakt zu kommen. Die Wärmeübertragung auf die Rohrwand erfolgt meistens überwiegend durch Wärmestrahlung, die von einer freien Flamme eines im Heizraum verbrannten Brennstoffs ausgeht, und zu einem geringeren Teil durch die heißen Verbrennungsgase im Wege der Konvektion. Die Wärmetauscherrohre verlaufen in Form von Rohrschlangen durch den Heizraum.

Der große Nachteil offener Flammen ist darin zu sehen, daß eine gewünschte geometrische Form der Flamme und eine möglichst gleichförmige Temperaturverteilung nur sehr schwierig einstellbar sind. Insbesondere unter sich verändernden Betriebsbedingungen sind daher gleichmäßige Heizverhältnisse kaum erreichbar. Praktisch sind die Grenzen für entsprechende steuernde Eingriffe sehr eng gesetzt. Änderungen der Flammgeometrie sind gleichbedeutend mit Änderungen des Abstandes einzelner Stellen der Wärmetauscherrohre von der "Flammenoberfläche". Das bedeutet, daß der Wärmefluß durch die Wärmetauscherrohre nicht nur entlang der Rohrschlange stets beträchtliche Schwankungen aufweist. Ein ungleichmäßiger Wärmefluß ist insbesondere auch über den Umfang der Wärmetauscherrohre feststellbar, da die einzelnen Teilstücke der Rohroberfläche zwangsläufig eine unterschiedliche Ausrichtung zur Flamme haben, teilweise sogar von der Flamme abgewandt sind und somit unterschiedlich stark bestrahlt werden. Dies kann dazu führen, daß es an den Wärmetauscherrohren an einzelnen Stellen zu örtlichen Überhitzungen und gleichzeitig an anderen Stellen zu erheblichen Unterschreitungen der gewünschten Rohrwandtemperatur kommt. Dadurch können einerseits thermische Schädigungen der Wärmetauscherrohre von der Außenseite her auftreten, andererseits aber auch unerwünschte Effekte in bezug auf das zu beheizende Fluid ausgelöst werden (beispielsweise Verkokung der Rohrinnenoberfläche). In herkömmlichen Öfen für Hochtemperaturprozesse sind die Unterschiede vielfach so groß, daß das Verhältnis des maximalen zum mittleren Wärmefluß in den Wänden der Wärmetauscherrohre in einem Bereich von 3 : 1 bis 4 : 1 liegt.

Es ist bekannt, gasförmige Brennstoffe (Gase oder verdampfte Flüssigbrennstoffe) praktisch ohne Flamm- bildung in einem Brenner mit Wärmestrahlungsfläche zu verbrennen, indem der gasförmige Brennstoff ver- mischt mit einem sauerstoffhaltigen Gas (z.B. Luft) durch einen porösen Strahlungskörper hindurchgeführt und auf dessen Außenoberfläche gezündet und verbrannt wird. Die Zündung erfolgt dabei durch das Glühen dieser Außenoberfläche (Wärmestrahlungsfläche). Entsprechend der geometrischen Form des Strahlungskörpers weist die Wärmestrahlungsfläche eine regelmäßige Form auf, die sich im Unterschied zu einer offenen Flam- me bei Veränderung der Brennstoffzufuhr nicht ändert. Außerdem ist die Temperaturverteilung innerhalb der Wärmestrahlungsfläche sehr gleichmäßig.

Ein derartiger Brenner mit Wärmestrahlungsfläche (Wärmestrahler) ist beispielsweise aus der US 4 722 681 bekannt. Sein Strahlungskörper ist aus einer Keramikfasermatrix gebildet und weist eine im Vergleich zur Bautiefe des Brenners große Länge und Breite auf, so daß sich eine große Wärmestrahlungsfläche ergibt. Dieser Brenner ist vorgesehen für die Wärmebehandlung von langen Papier- oder Gewebestoffen.

Weiterhin ist es aus der US 4 865 543 bekannt, einen Brenner mit Wärmestrahlungsfläche zur Beheizung eines Apparates zu verwenden, durch dessen Heizraum eine flache Rohrschlange als Wärmetauscher geführt ist. In der Rohrschlange fließt das zu behandelnde Fluid und wird infolge der Wärmestrahlung indirekt erwärmt. Der Wärmestrahler, der als Faserbrenner ausgebildet und am Boden des Heizraums angeordnet ist, setzt durch die Verbrennung heiße Verbrennungsgase frei, die hochsteigen und oben aus dem Heizraum abgeführt werden. Die Rohrschlange des Wärmetauschers liegt in einer vertikalen Ebene, wobei die Rohre der einzelnen Windungen der Rohrschlange im wesentlichen horizontal angeordnet sind.

Schließlich ist aus der EP 0 385 963 A1 ein Heizapparat bekannt, der aus einem zylindrischen Gehäuse gebildet ist, in dem ein ebenfalls zylindrischer Keramikhohlkörper mit poröser Wandung angeordnet ist. Im Ab- stand von der zylindrischen Oberfläche des Keramikkörpers ist in das Gehäuse außerdem ein wiederum zy- linderförmiger Wärmetauscher eingebaut der von einem Wärmeträgermedium durchströmt wird. In dem Zwi- schenraum zwischen dem Gehäusemantel und der Außenoberfläche des Keramikkörpers kann ein unter über- druck stehendes Gemisch aus einem gasförmigen Brennstoff und einem sauerstoffhaltigen Gas eingeführt werden, das den Keramikkörper durchströmt und nach Zündung auf der Innenoberfläche des Keramikkörpers verbrennt. Die durch die Verbrennung entstehenden heißen Rauchgase können durch geeignete Durchtritts- öffnungen in der Mantelfläche des zylindrischen Wärmetauschers unter Wärmeabgabe in den von dem Wär-

metauscher umgebenen Hohlraum eintreten und von dort nach außen abgeführt werden. Dieser Heizapparat, bei dem ein großer Teil der vom Wärmetauscher aufgenommenen Wärme durch Konvektion übertragen wird, ist in erster Linie als Heizkessel für Gebäudeheizungen gedacht und nicht geeignet für die Durchführung von Hochtemperaturprozessen.

5 Das zu beheizende Fluid wird von oben in den Wärmetauscher eingeleitet und unten wieder abgezogen, so daß die "Transportrichtung" der Rohrschlange dem aufwärtsgerichteten Strom der Verbrennungsabgase entgegengesetzt ist. Für die Verbrennung ist der Einsatz verdampfter Flüssigbrennstoffe wie Kerosin, Diesel, Naphta oder Alkohole vorgesehen.

10 Bei diesem bekannten Apparat sind die unteren Teile der Wärmetauscherrohrrschlange einer starken Wärmestrahlung ausgesetzt, während die oberen Teile nicht mehr von der Wärmestrahlung des Brenners erreicht werden können und im wesentlichen durch Konvektion erwärmt werden. Aber selbst beim untersten Wärmetauscherrohr kann die Wärmestrahlung nur auf einen Teil der Rohroberfläche einwirken.

15 Während die Seitenbereiche der horizontal liegenden Rohre erheblich weniger bestrahlt werden als die Unterseite des untersten Wärmetauscherrohres, werden die Oberseiten der Wärmetauscherrohre überhaupt nicht direkt bestrahlt. Das bedeutet, daß der Wärmefluß sowohl in Umfangsrichtung der Wärmetauscherrohre als auch in Transportrichtung des Wärmetauschers erheblichen Schwankungen unterliegt.

20 Aus der EP 0 233 030 A2 ist eine Vorrichtung zur indirekten Beheizung von Fluiden bekannt, in dessen Heizraum im Abstand voneinander mehrere Reihen von flachen übereinander angeordneten Strahlungsbrennern parallel zueinander montiert sind. In den Zwischenräumen dieser Brennerreihen befindet sich jeweils ein Röhrenwärmetauscher mit einer Vielzahl von im wesentlichen horizontal verlaufenden Rohrwindungen, die im wesentlichen jeweils in zwei vertikalen Parallelebenen zu den Strahlungsbrennern angeordnet sind. Die Zwischenräume zwischen zwei unmittelbar benachbarten Rohrwindungen sind jeweils frei. Über den Rohrumfang der Rohrwindungen gesehen variieren sowohl die Entfernungen zu den wirksamen Strahlungsflächen der Strahlungsbrenner als auch der Einstrahlwinkel der Wärmestrahlung, so daß die Temperatur der Rohrwand 25 über den Rohrumfang ungleichmäßig ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine gattungsgemäße Vorrichtung zur indirekten Beheizung von Fluiden vorzuschlagen, bei der ein wesentlich gleichmäßigerer Wärmefluß im Wärmetauscher gewährleistet ist.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 14 angegeben.

30 Die Erfindung sieht vor, daß die Rohre der Wärmetauscherrohrrschlangen, durch die das zu beheizende Fluid hindurchgeführt wird, jeweils von zwei Wärmestrahlern bestrahlt werden, die sich bezüglich der Rohrachse und bezüglich der Fläche, in die sich die Rohrschlange erstreckt, auf gegenüberliegenden Seiten befinden. Jede Rohrschlange ist also zwischen zwei mit ihrer Wärmestrahlung aufeinander zu gerichteten Wärmestrahlern angeordnet, so daß es auf dem Rohrumfang keine unbestrahlten abgewandten Flächen mehr gibt. 35 Da die Wärmestrahlungsflächen der Wärmestrahler jeweils eine der flächenhaften Erstreckung der Wärmetauscherrohrrschlange entsprechende Form aufweisen, kann auch in Transportrichtung des Wärmetauschers eine gleichmäßige Bestrahlung stattfinden.

40 Problematisch ist es jedoch, daß die Wärmetauscherrohrrschlangen in der Regel keine geschlossene Fläche darstellen, sondern zwischen den einzelnen Windungen ein freier Zwischenraum verbleibt. Das bedeutet, daß die Wärmestrahlung der beiden gegenüberliegenden Wärmestrahler durch diese Zwischenräume hindurchtreten und zu unerwünschten Temperatursteigerungen in den entsprechenden Bereichen der beiden Wärmestrahlungsflächen führen könnte. Dadurch wäre nicht nur die Gleichmäßigkeit der Temperaturverteilung der Wärmestrahlungsflächen beeinträchtigt, sondern es könnten auch Beschädigungen am Strahlungskörper der Wärmestrahler entstehen.

45 Die Erfindung sieht daher vor, an der Außenseite der Wärmetauscherrohre jeweils zwei diametral gegenüberliegende Längsrippen anzuordnen, die sich über die gesamte oder nahezu gesamte Länge der Rohre erstrecken und jeweils in die Zwischenräume der Rohrschlangen hineinragen. Damit stellen diese Längsrippen ein Hindernis für den Durchtritt der Wärmestrahlung durch die Zwischenräume der Rohrschlangen dar. Zweckmäßigerweise sollte eine möglichst vollständige Abdeckung dieser Zwischenräume gewährleistet sein.

50 Neben dem Abschirmeffekt wird mit den Längsrippen im Rahmen der Erfindung noch ein weiterer wesentlicher Zweck verfolgt. Da die Längsrippen durch die Wärmebestrahlung erhebliche Wärmemengen aufnehmen können, kann der Wärmefluß durch die seitlich zur Strahlungsrichtung der Wärmestrahler liegenden Bereiche der Rohrwände, also durch die weniger stark bestrahlten Rohrwandbereiche intensiviert werden, indem durch Wärmeleitung aus den Längsrippen zusätzliche Wärme in diese seitlichen Bereiche fließt. Die Längsrippen sollten daher einen möglichst guten Kontakt zur Rohroberfläche (z.B. Schweißverbindung) aufweisen. Es kann 55 auch zweckmäßig sein, für die Längsrippen einen Werkstoff mit gegenüber dem Rohrwerkstoff höherer Wärmeleitfähigkeit einzusetzen.

Da der Wärmefluß unmittelbar von der Querschnittsfläche in Fließrichtung abhängt, sollte die Dicke der

Längsrippen möglichst so ausgelegt sein, daß durch die Wärmeeinleitung aus den Längsrippen die Verminderung des Wärmeeintrags in die seitlichen Bereiche der Rohre infolge der geringeren direkten Wärmeabstrahlung nahezu ausgeglichen wird. Die hierfür erforderliche Mindestdicke der Längsrippen läßt sich durch Berechnung in bekannter Weise ermitteln. In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, anstelle von Längsrippen mit gleichbleibender Dicke solche Längsrippen einzusetzen, die einen etwa trapezförmigen Querschnitt aufweisen, wobei die Dicke der Längsrippen in Richtung auf die Rohroberfläche zunimmt. Auf diese Weise läßt sich bei verringertem Gesamtgewicht und verringertem Materialaufwand eine gleichgute Wärmeleitung erzielen wie bei Längsrippen, die über ihre gesamte Höhe konstant eine Dicke aufweisen, die der dicksten Stelle der trapezförmigen Längsrippe entspricht.

Die Rohrschlange des Wärmetauschers, durch den das Fluid geführt wird, hat zweckmäßigerweise eine ebene Erstreckung, d.h. die Windungen der Rohrschlange liegen in einer Ebene. Grundsätzlich kann sich der Wärmetauscher auch in gekrümmte Flächen erstrecken, da die Wärmestrahlungsfläche durch entsprechende Formgebung des Strahlungskörpers dieser Fläche angepaßt werden kann. Aus Gründen der einfachen Herstellbarkeit empfiehlt sich in einem solchen Fall eine Zylindermantelfläche, wobei die Wärmetauscherrohre beispielsweise in Schraubenlinienform angeordnet werden können. Der Begriff "Rohrschlange" soll auch diese Ausführungsform mit beinhalten. Alternativ können die Rohre z.B. auch parallel zu den Zylindermantellinien verlaufen.

Selbstverständlich können im Heizraum der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch mehrere Rohrschlangen als Wärmetauscher vorgesehen sein. Empfehlenswert ist eine Ausführung, bei der die Rohrschlangen in vertikalen Ebenen parallel zueinander angeordnet werden. Dabei bleibt das Erfindungsprinzip unverändert, daß jeder Rohrschlange jeweils zwei einander gegenüberliegende Wärmestrahler zugeordnet sind. Dabei ist es möglich, die zwischen zwei benachbarten Rohrschlangen befindlichen Wärmestrahler jeweils in einem einzigen Brennergehäuse mit zwei in entgegengesetzter Richtung strahlenden Wärmestrahlflächen zusammenzufassen. Um über die gesamte Länge der Rohrschlange etwa konstante Heizbedingungen zu erzielen, empfiehlt es sich, die Rohrschlangen in ihrer vertikalen Ebene so anzuordnen, daß die zueinander parallelen Rohrabschnitte der Rohrschlange vertikal ausgerichtet sind. Das bedeutet, daß das zu beheizende Fluid in den gegenläufigen Rohrabschnitten der einzelnen Windungen der Rohrschlange jeweils abwechselnd nach unten und wieder nach oben geführt wird und bezüglich der Längenerstreckung der Rohrschlange insgesamt in horizontaler Richtung transportiert wird.

Auf diese Weise läßt sich ein störender Einfluß der nach oben steigenden heißen Rauchgase, die bei im wesentlichen horizontaler Führung der Rohrabschnitte zu unterschiedlichen Heizbedingungen führen können, weitgehend vermeiden. Wenn mehrere parallele Wärmetauscher vorgesehen sind, bietet es sich an, die Zuleitungen und Ableitungen des Fluids zu den einzelnen Wärmetauschern jeweils mit einer Sammelleitung, also einem Zuführsammeler bzw. einem Abführsammeler zu verbinden.

Es ist auch möglich, mehrere Wärmetauscher innerhalb derselben Ebene anzuordnen, wobei die Windungen der Wärmetauscher ineinander verschachtelt sind. In einem solchen Fall wird die Abdeckung der Zwischenräume zwischen den Wärmetauscherrohren jeweils durch das Zusammenwirken der Längsrippen mehrerer Wärmetauscher erreicht.

Da die Heizbedingungen für einen Wärmetauscher wegen der Zuordnung der Wärmestrahler bei der erfindungsgemäßen Bauweise praktisch vollständig unabhängig sind von den Heizbedingungen anderer Wärmetauscher in parallel dazu angeordneten Ebenen, ist es im Unterschied zum bisherigen Stand der Technik ohne weiteres möglich, innerhalb desselben Heizraums einzelne Wärmetauscher mit untereinander unterschiedlichen Temperaturen zu betreiben. Darüber hinaus kann sogar ein und derselbe Wärmetauscher bezüglich seiner Transportrichtung in beispielsweise zwei oder drei Zonen mit gezielt unterschiedlicher Beheizung unterteilt werden, indem die zugeordnete Wärmestrahlungsfläche entsprechend unterteilt und mit unterschiedlicher Brennstoffmenge gespeist wird. Dies ist gleichbedeutend mit einer entsprechenden Serienschaltung von kleineren, unabhängig betreibbaren Wärmestrahlern, deren einzelne Wärmestrahlungsflächen sich zu einer der Fläche des Wärmetauschers entsprechenden Gesamtärmestrahlungsfläche ergänzen.

Die herkömmliche Bauweise erlaubt eine solche gezielt unterschiedliche Beheizung nicht, da die nach oben steigenden Verbrennungsabgase der unten im Heizraum angeordneten Brenner unvermeidbar die Wirkung der oben angeordneten Brenner beeinflussen. Dagegen gestattet es die Erfindung, den Temperaturgradienten des Fluids auf seinem Weg durch die Rohrschlangen kontrolliert zu verändern.

Obwohl die Erfindung mit beliebigen flächenhaft ausgebildeten Wärmestrahlern durchführbar ist (z.B. elektrisch beheizte Strahlungselemente) eignen sich insbesondere aus wirtschaftlichen Gründen vor allem Brenner mit porösen Strahlungskörpern, auf deren glühender Oberfläche gasförmige Brennstoffe mit sauerstoffhaltigem Gas flammlos verbrannt werden können. Besonders bevorzugt werden Keramikfaserbrenner.

Diese Art der Wärmestrahlungsquelle zeichnet sich nicht nur durch einfache Handhabung, geringe Druckverluste, rasches Ansprechen auf Lastschwankungen und geringen Geräuschpegel sondern insbesondere

auch durch außerordentlich niedrige Werte an Stickstoffoxiden (weniger als 20 ppm), Kohlenmonoxid und unverbranntem Brennstoff im Verbrennungsabgas aus. Durch die Möglichkeit zur Anpassung der Geometrie der Wärmestrahlungsfläche an die Wärmetauschergeometrie und durch das Vermeiden der Unregelmäßigkeiten einer freien Flamme als Wärmequelle können Wärmestrahler und Wärmetauscher sehr nahe aneinandergelagert werden, ohne daß die Gefahr unkontrollierter örtlicher Überhitzungen besteht. Dadurch kann der Wärmehaustausch auf einem außerordentlich effizienten Niveau gehalten werden, und zwar auch dann, wenn die Anlage nur mit geringer Leistung betrieben werden soll. Bevorzugt werden Wärmestrahler mit vertikal angeordneter Wärmestrahlungsfläche. Die Erfindung ist jedoch auch mit horizontalen Wärmestrahlungsflächen ausführbar.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren 1 bis 7, in denen funktionsgleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 einen schematischen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung,
- Figur 2a und 2b einen Quer- bzw. Längsschnitt durch einen herkömmlichen Ofen für die Pyrolyse von Essigsäure,
- Figur 3a und 3b einen Quer- bzw. Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Ofen für die Pyrolyse von Essigsäure,
- Figur 4 einen Querschnitt durch ein Wärmetauscherrohr mit trapezförmigen Längsrippen,
- Figur 5 einen Querschnitt durch eine Windung einer Wärmetauscherrohrschlange mit überlappenden Längsrippen,
- Figur 6 einen Teil eines Querschnitts durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit zylindermantelförmig ausgebildeter Wärmetauscherrohrschlange und
- Figur 7 einen Schnitt durch einen herkömmlichen Ofen für die Vorwärmung und Verdampfung einer Flüssigkeit.

Figur 1 zeigt im Querschnitt eine in einer vertikalen Ebene eines Heizraums 14 liegende Rohrschlange 4, die von zwei Wärmestrahlern 1 seitlich mit Wärmestrahlung beaufschlagt wird. Die Rohre der Rohrschlange 4 weisen an ihrer Ober- und Unterseite jeweils diametral gegenüberliegende und vertikal nach außen abstehende Längsrippen 5 auf, die außen mit dem Rohr verschweißt sind.

Die Wärmestrahler 1 haben einen Strahlungskörper 15 aus einem porösen Material (z.B. Keramikfaserwerkstoff), das in ein Brennergehäuse eingebettet ist, welches zu der der Rohrschlange 4 zugewandten Seite hin offen ist. Durch einen Gaseinlaß 2 kann ein Gemisch aus einem gasförmigen Brennstoff und einem sauerstoffhaltigen Gas in das Brennergehäuse eintreten und durchströmt in gleichmäßiger Flächenverteilung den Strahlungskörper 15, dessen Wärmestrahlungsfläche 3 glüht und die Zündung und Verbrennung des zugeführten Gasgemisches bewirkt. Diese Verbrennung findet in unmittelbarer Nähe der Strahlungsfläche 3 statt, so daß praktisch keine Flamme entsteht.

Die Wärmestrahlung der Wärmestrahlungsfläche 3 trifft auf die Rohre der Rohrschlange 4 und deren Längsrippen 5 und erwärmt diese. Da die Längsrippen 5 unmittelbar übereinander angeordneter Rohrleitungsabschnitte der Rohrschlange 4 mit ihren außen liegenden Stirnflächen dicht beieinander liegen oder sogar aufeinander stoßen, ist der Zwischenraum zwischen den Rohren der Rohrschlange 4 gegen einen unmittelbaren Durchtritt von Wärmestrahlung des einen Wärmestrahlers 1 zum anderen Wärmestrahler 1 praktisch vollständig abgeschirmt, so daß diese sich nicht gegenseitig negativ beeinflussen können. Die von den Längsrippen 5 aufgenommene Wärme wird durch Wärmeleitung jeweils in die Wand der Rohre der Rohrschlange 4 eingetragen und von dieser an das durchgeleitete Fluid weitergegeben. Die Dicke der Längsrippen 5 ist unter Berücksichtigung ihrer Wärmeleitfähigkeit so ausgelegt, daß der durch sie hindurchleitbare Wärme fluß ausreicht, um die an sich in den oberen und unteren Oberflächenbereichen (im Bereich der 12-Uhr- und der 6-Uhr-Lage) sonst wegen der dort verminderten Wärmeeinstrahlung (im Vergleich zum Bereich der 3-Uhr- und 9-Uhr-Lage) eintretende geringere Wärmeaufnahme in etwa auszugleichen oder die Unterschiede doch zumindest erheblich zu vermindern. Das bedeutet, daß das durch die Rohrschlange 4 geführte Fluid bezüglich der gesamten Innenoberfläche des Wärmetauschers auf etwa gleiche thermische Bedingungen trifft. Dies ist bei herkömmlichen Apparaten für Hochtemperaturprozesse nicht der Fall.

Um dies zu verdeutlichen, ist in den Figuren 2a und 2b ein Reaktionsofen z.B. für die Pyrolyse von Essigsäure zur Herstellung von Ketenen dargestellt. Der Heizraum 14 ist von einem wärmeisolierten Gehäuse 7 umgeben. Die mit 6 bezeichneten Rohrschlangen der beiden in parallelen vertikalen Ebenen angeordneten Wärmetauscher, durch die die Essigsäure geführt wird, sind im Heizraum 14 auf einer Hängevorrichtung 10 gelagert.

Wie aus Figur 2b hervorgeht, sind die untersten Wärmetauscherrohre der Rohrschlangen 6 an die Zuführleitungen 8 und die obersten Wärmetauscherrohre an die Abführleitungen 9 angeschlossen, so daß die Transportrichtung der Essigsäure durch den Wärmetauscher im Prinzip von unten nach oben gerichtet ist, obwohl die Rohrschlangen 6 im wesentlichen horizontal verlaufen. In der Gehäusewand 7 sind zu beiden Seiten der

Rohrschlangen 6 Brenner 11 (schematisch durch strichpunktierte Linien angedeutet) angeordnet, deren freie
 5 Flammen auf die Wärmetauscherrohre gerichtet sind. Die durch die Verbrennung entstehenden Verbrennungs-
 abgase werden durch die Rauchgasöffnung 12 oben aus dem Heizraum 14 geführt. Es ist offensichtlich, daß
 die einzelnen Oberflächenbereiche der Rohre der Rohrschlangen 6 wie oben bereits erläutert in unterschied-
 10 licher Intensität mit Wärme bestrahlt werden. Dies gilt sowohl für die Längserstreckung der Rohre als auch
 bezüglich ihrer Umfangsrichtung, da die Wärmestrahler (Brenner 11) nicht großflächig ausgebildet sind und
 auch keine Längsrippen an den Rohren vorgesehen sind, die in den weniger stark bestrahlten Bereichen eine
 Verstärkung des Wärmeflusses bewirken könnten.

Die erheblich gleichmäßigere Wärmeeinbringung in die Wärmetauscherrohre bei der erfindungsgemäßen
 10 Ausführung bringt es mit sich, daß die Wärmetauscher insgesamt mit höherer Effizienz betreibbar sind. Das
 bedeutet, daß entweder bei gleicher Wärmetauscherfläche einer Rohrschlange eine größere Wärmemenge oder
 bei gleicher maximal zulässiger Rohrwandtemperatur die gleiche Wärmemenge mit einer kleineren Wärme-
 tauscherfläche übertragen werden kann.

Bei jedem durch Wärmestrahler beheizten Wärmetauscher ist die Wärmeübertragungsleistung stets etwa
 15 ein Mittelwert zwischen dem maximalen Wärmefluß in den der Wärmestrahlung am stärksten und dem mini-
 malen Wärmefluß in den der Wärmestrahlung am wenigsten ausgesetzten Bereichen der Wärmetauscherroh-
 re. Im günstigsten Fall liegt bei herkömmlichen Wärmetauschern das Verhältnis des mittleren zum maximalen
 Wärmefluß bei etwa 1 : 1,2. Dagegen gestattet es die erfindungsgemäße Ausführung, dieses Verhältnis auf
 nahezu 1 : 1 zu bringen, da die gesamte Oberfläche der Wärmetauscherrohre eine fast gleichhohe Temperatur
 20 aufweist.

Die Bedeutung der Vergleichmäßigung des Wärmeflusses zeigt sich auch darin, daß die maximal zuläs-
 sige Rohrwandtemperatur nicht allein von der Temperaturbeständigkeit des Rohrmaterials abhängt, sondern
 ganz wesentlich auch durch die thermischen Eigenschaften des beheizten Fluids bestimmt wird. So können
 beispielsweise oberhalb bestimmter kritischer Temperaturen Zersetzungsreaktionen stattfinden (z.B. Koks-
 25 bildung), die zu Ablagerungen auf der Innenoberfläche der Wärmetauscherrohre führen und damit eine zu-
 nehmende Verschlechterung der Wärmeübertragungseigenschaften des Wärmetauschers mit sich bringen.
 Durch die Erfindung ist eine Betriebsweise möglich, bei der sogar örtlich eng begrenzte Überschreitungen der
 kritischen Temperaturgrenze sicher vermieden werden, ohne daß dabei gleichzeitig das Temperaturniveau des
 Wärmetauschers im Mittel deutlich unter diese kritische Grenze abgesenkt werden müßte. Durch die Vergleich-
 30 mäßigung des Wärmeflusses auf dem Umfang der Wärmetauscherrohre kann die Rohrwandtemperatur prak-
 tisch auf dem gesamten Umfang auf dem maximal zulässigen Wert gehalten werden.

In den Figuren 3a und 3b ist in einem vertikalen Längs- bzw. Querschnitt ein dem Ofen aus den Figuren
 2a und 2b entsprechender Ofen gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. In dem durch das Gehäuse 7
 eingeschlossenen Heizraum 14 sind vier Rohrschlangen 4 als Wärmetauscherrohre in zueinander parallelen
 35 vertikalen Ebenen angeordnet. Die Zuführung 8 des zu beheizenden Fluids zu den Rohrschlangen 4 erfolgt
 durch eine gemeinsame Leitung (Zuführsammler 13). In entsprechender Weise ist für die Ableitung 9 des be-
 heizten Fluids ein (nicht dargestellter) Abführsammler vorgesehen. Im Unterschied zu der herkömmlichen Aus-
 führung entsprechend den Figuren 2a und 2b verlaufen die an Hängevorrichtungen 10 am Gehäuse 7 befe-
 stigten Wärmetauscherrohre der Rohrschlange 4 innerhalb der vertikalen Ebene (in den parallelen Rohrab-
 40 schnitten) nicht im wesentlichen horizontal sondern vertikal. Die generelle Transportrichtung des Fluids durch
 den Wärmetauscher ist daher horizontal. Auf beiden Flachseiten jeder Rohrschlange 4 ist parallel im Abstand
 jeweils ein Wärmestrahler 1 angeordnet, dessen Wärmestrahlungsflächen 3 in ihrer Ausdehnung der flächen-
 haften Erstreckung der Rohrschlange 4 entsprechen. Der Gaseinlaß 2 zur Versorgung der als Faserbrenner
 ausgeführten Wärmestrahler 1 ist als gemeinsame Sammelleitung ausgebildet. Die entstehenden heißen Ver-
 45 brennungsabgase werden durch die Rauchgasöffnung 12 oben aus dem Heizraum 14 herausgeführt. Mit Aus-
 nahme der an den Außenseiten angeordneten Wärmestrahler 1 sind die übrigen Wärmestrahler 1 jeweils mit
 2 in entgegengesetzter Richtung wirkenden Wärmestrahlungsflächen 3 versehen, wirken also wie zwei von-
 einander getrennte Wärmestrahler 1. Wie aus Figur 3b hervorgeht, schließen die an den Wärmetauscherroh-
 ren der Rohrschlangen 4 angebrachten Längsrippen 5 durch eine vollständige Abschirmung des zwischen den
 50 einzelnen gegenläufigen Rohrsträngen liegenden Zwischenraums eine unerwünschte gegenseitige Beeinflus-
 sung der in ihrer Strahlungsrichtung gegeneinander gerichteten Wärmestrahler 1 aus.

Außerdem gewährleisten die Längsrippen 5 die bereits beschriebene Verstärkung des Wärmeflusses in
 den von der direkten Wärmebestrahlung weniger stark betroffenen Bereichen der Wärmetauscherrohrwände.

Da bei der erfindungsgemäßen Ausführung keine freien Flammen zur Beheizung eingesetzt werden, dür-
 55 fen die Wärmestrahlungsflächen 3 relativ dicht an die Rohrschlangen 4 herangeführt werden. Dies ermöglicht
 eine außergewöhnlich kompakte Bauweise der Vorrichtung. Bei der konventionellen Bauweise würde eine ähn-
 liche Annäherung der Brenner mit freier Flamme unvermeidbar zu örtlichen Überhitzungen an den Wärme-
 tauscherrohren führen. Daher hat ein herkömmlicher Ofen bei gleicher Wärmeübertragungsleistung ein we-

sentlich größeres Heizraumvolumen. Für die erfindungsgemäße Ausführung resultiert daraus eine Reduzierung des erforderlichen Platzbedarfs auf nur noch ein Drittel des bisherigen Wertes, wie dies näherungsweise auch aus einem Vergleich der Figuren 2b und 3b hervorgeht. Hinzu kommt, daß durch das kleinere Volumen auch die Abstrahlungsverluste nach außen entsprechend geringer ausfallen. Dies führt zusammen mit der Steigerung der Effizienz der Wärmeübertragung infolge der Nähe der Wärmestrahlungsflächen 3 zur Oberfläche der Wärmetauscherrohre insgesamt zu einer deutlichen Einsparung im Brennstoffverbrauch.

In Figur 4 ist ein einzelnes Wärmetauscherrohr einer Rohrschlange 4 dargestellt, dessen Längsrippen 5a im Querschnitt etwa trapezförmig sind, wobei sich der Querschnitt zur Rohroberfläche hin verbreitert. Diese Form trägt dem Umstand Rechnung, daß die Wärmeableitung nur in Richtung auf das Wärmetauscherrohr erfolgen muß und die abzuleitende Wärmemenge zur Rohroberfläche hin über die Höhe der Längsrippe stetig zunimmt. Die Dicke der Längsrippen ist also in Abhängigkeit von der Entfernung zur Rohroberfläche so ausgelegt, daß der für die jeweilige Wärmemenge mindestens erforderliche Querschnitt gewährleistet ist.

Diese Art der Auslegung führt gegenüber einer Auslegung nach dem maximal erforderlichen Querschnitt (konstant über die gesamte Höhe der Längsrippen) zu Material- und Gewichtseinsparungen, ohne die Wärmeleitkapazität der Längsrippen 5a zu beeinträchtigen.

Während in Figur 1 und Figur 3a die Längsrippen 5 zweier unmittelbar benachbarter Rohrstränge der Rohrschlange 4 an ihren äußeren Stirnseiten jeweils unmittelbar aneinanderstoßen und miteinander fluchten, ist in Figur 5 eine Abwandlung dargestellt, bei der die Längsrippen 5b sich in ihrer Höhererstreckung (von der Rohroberfläche) gegenseitig überlappen. Damit ist der Vorteil verbunden, daß stets eine vollständige Abschirmung der Zwischenräume zwischen den Strängen der Rohrschlange 4 gewährleistet werden kann. Dies wäre zwar auch dadurch möglich, daß anstelle zweier Längsrippen jeweils ein einziges durchgehendes Blech als gemeinsame Längsrippe für zwei benachbarte gegenläufige Rohrstränge vorgesehen würde. Dies würde jedoch zu erheblichen Problemen infolge der zu erwartenden thermischen Spannungen in der Konstruktion führen. Demgegenüber läßt die Lösung gemäß Figur 5 eine freie Ausdehnung der Rohre und Längsrippen 5b zu, ohne daß ein Spalt im Zwischenraum entsteht, durch den die Wärmestrahlung unmittelbar hindurchtreten könnte.

Figur 6 zeigt ausschnittsweise eine Ausführungsform der Erfindung, bei der die Rohrschlange 4 ebenso wie die Wärmestrahlungsflächen 3 der Strahlungskörper 15 der Wärmestrahler 1 eine gekrümmte Form, nämlich eine Zylindermantelform aufweisen. Die Rohrschlange 4 ist dabei in Form von parallelen Ringen oder auch in Form einer Schraubenlinie ausführbar. Das Grundprinzip entspricht dabei aber vollständig den Darstellungen der Figuren 1, 3a und 3b.

Die Wirksamkeit der erfindungsgemäßen Bauweise wird besonders deutlich, wenn man diese auf einen Ofen zur Vorwärmung und Verdampfung von Rohöl anwendet, das anschließend einer atmosphärischen Destillation unterzogen werden soll. Die herkömmliche Bauweise ist in Figur 7 dargestellt. Unten im Heizraum 14 dieses Ofens sind Brenner 11 (nur ein Brenner ist dargestellt) angeordnet, die nach oben gerichtete freie Flammen erzeugen, welche die Beheizung der Rohrschlangen 6 bewirken. Das Rohöl wird durch Zuführleitungen 8 in der Nähe der Rauchgasöffnung 12 in die Rohrschlangen 6 eingeleitet und nach erfolgter Erwärmung und teilweiser Verdampfung unten aus dem Heizraum 14 durch die Abführleitungen 9 abgezogen und zur Destillationseinheit (nicht dargestellt) befördert. Da die Rohrschlangen 6 an den Wänden des Heizraums 14 angeordnet sind, erhalten sie nur von einer Seite aus die Strahlungswärme der Brennerflammen. Daher treten in Umfangsrichtung der Wärmetauscherrohre zwangsläufig erhebliche Temperaturdifferenzen auf. Darüber hinaus ergeben sich auch in vertikaler Richtung entlang der Rohrschlange 6 größere Temperaturunterschiede durch die unterschiedliche Entfernung der einzelnen Rohroberflächenbereiche zum Zentrum der Brennerflammen. Aus der nachfolgenden Tabelle geht im einzelnen hervor, welche erheblichen Vorteile eine erfindungsgemäße Ausführung eines solchen Ofens, bei dem also Längsrippen an den Wärmetauscherrohren angebracht sind und die Rohrschlangen von zwei Seiten mit Wärmestrahlung versorgt werden, gegenüber einem Ofen gemäß Figur 7 aufweist:

	herkömmlicher Ofen	erfindungsgemäßer Ofen	
5	aufgenommene Wärme (kCal/h)	49.168.000	49.168.000
	Brennertyp	mit freier Flamme u. natürlichem Zug	mit Wärmestrahlungs- fläche
10	Anzahl der Brenner	36	35
15	Brennstoffverbrauch (kCal/h)	83.103.000	52.680.000
	mittlerer Wärmefluß (kCal/h)	30.100	42.140
20	Rohrschlangenfläche (m ²)	1.652	1.169
	Ausführung der Rohrschlangen	horizontal	vertikal
25	Heizraumvolumen (m ³)	1.813	616
30	Heizraumboberfläche (m ²)	967	442
	NO _x - Emission (kg/h)	13,7	2,3

Bei gleicher Wärmeübertragungsleistung ist der Brennstoffverbrauch des erfindungsgemäßen Ofens um 37 % niedriger und der Ausstoß an Stickstoffoxiden um über 80 % geringer als beim herkömmlichen Ofen. Hinzu kommt die erheblich kompaktere Bauweise, die sich darin dokumentiert, daß die Rohrschlangenfläche um ca. 30 %, das Volumen des Heizraums um 66 % und die Oberfläche des Heizraums um 54 % kleiner ausfallen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur indirekten Beheizung von Fluiden, insbesondere für Hochtemperaturprozesse, mit einem Heizraum, in dem mindestens eine flächenhaft ausgebildete Rohrschlange angeordnet ist, durch die das zu beheizende Fluid hindurchführbar und die von außen mit Strahlungswärme beaufschlagbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohrschlange (4) jeweils ein Paar von Wärmestrahlern (1) zugeordnet ist, die eine der flächenhaften Erstreckung der Rohrschlange (4) entsprechen geformte Wärmestrahlungsfläche (3) aufweisen, wobei die Wärmestrahler (1) jeweils auf einander gegenüberliegenden Seiten der Rohrschlange (4) angeordnet sind und daß das Rohr der Rohrschlange (4) jeweils an seiner Außenseite an zwei bezüglich des Rohrquerschnittes einander gegenüberliegenden Seiten jeweils mit Längsrippen (5, 5a, 5b) versehen ist, wobei sich die Längsrippen (5, 5a, 5b) über die gesamte oder nahezu die gesamte Länge der Rohrschlange (4) hinweg in den zwischen den Windungen der Rohrschlange (4) befindlichen Zwischenraum erstrecken.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,



herkömmlicher Ofen

erfindungsgemäßer Ofen

5	aufgenommene Wärme (kCal/h)	49.168.000	49.168.000
	Brennertyp	mit freier Flamme u. natürlichem Zug	mit Wärmestrahlungs- fläche
10	Anzahl der Brenner	36	35
15	Brennstoffverbrauch (kCal/h)	83.103.000	52.680.000
	mittlerer Wärmefluß (kCal/h)	30.100	42.140
20	Rohrschlangenfläche (m ²)	1.652	1.169
	Ausführung der Rohrschlangen	horizontal	vertikal
25	Heizraumvolumen (m ³)	1.813	616
30	Heizraumboberfläche (m ²)	967	442
	NO _x - Emission (kg/h)	13,7	2,3

Bei gleicher Wärmeübertragungsleistung ist der Brennstoffverbrauch des erfindungsgemäßen Ofens um 37 % niedriger und der Ausstoß an Stickstoffoxiden um über 80 % geringer als beim herkömmlichen Ofen. Hinzu kommt die erheblich kompaktere Bauweise, die sich darin dokumentiert, daß die Rohrschlangenfläche um ca. 30 %, das Volumen des Heizraums um 66 % und die Oberfläche des Heizraums um 54 % kleiner ausfallen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur indirekten Beheizung von Fluiden, insbesondere für Hochtemperaturprozesse, mit einem Heizraum, in dem mindestens eine flächenhaft ausgebildete Rohrschlange angeordnet ist, durch die das zu beheizende Fluid hindurchführbar und die von außen mit Strahlungswärme beaufschlagbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrschlange (4) jeweils ein Paar von Wärmestrahlern (1) zugeordnet ist, die eine der flächenhaften Erstreckung der Rohrschlange (4) entsprechen geformte Wärmestrahlungsfläche (3) aufweisen, wobei die Wärmestrahler (1) jeweils auf einander gegenüberliegenden Seiten der Rohrschlange (4) angeordnet sind und daß das Rohr der Rohrschlange (4) jeweils an seiner Außenseite an zwei bezüglich des Rohrquerschnittes einander gegenüberliegenden Seiten jeweils mit Längsrippen (5, 5a, 5b) versehen ist, wobei sich die Längsrippen (5, 5a, 5b) über die gesamte oder nahezu die gesamte Länge der Rohrschlange (4) hinweg in den zwischen den Windungen der Rohrschlange (4) befindlichen Zwischenraum erstrecken.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,



daß die Längsrippen (5, 5a, 5b) eine Höhe aufweisen, die eine vollständige oder nahezu vollständige Überdeckung des zwischen den Windungen der Rohrschlange (4) befindlichen Zwischenraumes gewährleistet.

- 5 3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Dicke der Längsrippen (5, 5a, 5b) unter Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeit des Längsrippenmaterials und der Höhe der Längsrippen (5, 5a, 5b) so ausgelegt ist, daß der Wärmefluß, der über
10 die Längsrippen (5, 5a, 5b) in die Wand der Rohre der Rohrschlange (4) hinein erfolgt, die sonst infolge der über den Rohrumfang ungleichmäßigen direkten Wärmebestrahlung sich einstellende verminderte Wärmezufuhr in den schräg zur Wärmestrahlungsfläche (3) des Wärmestrahlens (1) stehenden Oberflächenbereichen des Rohres der Rohrschlange (4) weitgehend ausgleicht.
- 15 4. Vorrichtung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Längsrippen (5a) im Querschnitt etwa trapezförmig ausgebildet sind, wobei ihre Dicke jeweils in Richtung auf die Oberfläche der Rohre der Rohrschlange (4) zunimmt.
- 20 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Rohrschlange (4) und die Wärmestrahlens (1) sich jeweils in einer ebenen Fläche erstrecken.
- 25 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Rohrschlange (4) und die Wärmestrahlens (1) sich jeweils in einer gekrümmten, insbesondere in einer zylindermantelförmigen Fläche erstrecken.
- 30 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere Rohrschlangen (4) und mehrere Paar von Wärmestrahlens (1) im Heizraum (14) angeordnet sind.
- 35 8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß sich die Rohrschlangen (4) und die Wärmestrahlens (1) jeweils parallel zueinander in einer vertikalen Ebene erstrecken.
- 40 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Rohre der Rohrschlange (4) jeweils überwiegend vertikal verlaufen.
- 45 10. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Zuführsammeler (13) und ein Abführsammeler vorgesehen sind, von dem aus das zu beheizende Fluid zu den Rohrschlangen (4) führbar bzw. von diesen abführbar ist.
- 50 11. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß das einer Rohrschlange (4) jeweils zugeordnete Paar von Wärmestrahlens (1) in seiner Heizleistung unabhängig von den Wärmestrahlens (1) anderer Rohrschlangen (4) regelbar ist.
- 55 12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß das einer Rohrschlange (4) jeweils zugeordnete Paar von Wärmestrahlens (1) (in Transportrichtung der Rohrschlange (4) gesehen) in bezüglich ihrer Heizleistung unabhängig voneinander regelbare Abschnitte der Wärmestrahlungsfläche (3) aufgeteilt ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,



daß der Wärmestrahler (1) jeweils als Brenner mit einem porösen Strahlungskörper (15) ausgebildet ist, durch den hindurch ein Gemisch eines gas- oder dampfförmigen Brennstoffs und eines sauerstoffhaltigen Gases führbar und durch das Glühen des Strahlungskörpers (15) auf dessen Oberfläche (3) zündbar ist.

- 5 14. Vorrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Wärmestrahler (1) als Keramikfaserbrenner ausgebildet ist.

10 **Claims**

1. Equipment for indirect heating of fluids, for high-temperature processes in particular, with a heating zone, in which at least one laminar, meandering pipe is disposed, through which fluid to be heated can flow and which can have radiated heat applied to it from outside, wherein
15 a pair of heat-radiation members (1), which have a heat-radiation surface (3) formed corresponding to the laminar extension of a meandering pipe (4), is in each case associated with a meandering pipe (4), whereby said heat-radiation members (1) are in each case disposed on opposite sides of a said meandering pipe (4) and piping of a said meandering pipe (4) is in each case provided with longitudinal fins (5, 5a, 5b) on two, in relation to the cross-section of said piping, opposing sides on its outer side, whereby
20 said longitudinal fins extend over the whole or nearly the whole length of a said meandering pipe (4) into an intermediate space between windings of a said meandering pipe (4).
2. Equipment in accordance with claim 1,
wherein
25 longitudinal fins (5, 5a, 5b) have a height which ensures complete or nearly complete covering of an intermediate space between windings of a meandering pipe (4).
3. Equipment in accordance with claim 1 or 2,
wherein
30 thickness of longitudinal fins (5, 5a, 5b), taking heat-conductivity of material said longitudinal fins are made of and the height of said longitudinal fins (5, 5a, 5b) into account, is designed such that heat-flow occurs via said longitudinal fins (5, 5a, 5b) into a wall of piping of a meandering pipe (4), which largely compensates self-adjusting reduced heat-supply into surface zones of piping of a said meandering pipe (4) inclined in relation to a heat-radiation surface (3) of a heat-radiation member (1) resulting from irregular
35 direct heat-radiation over the periphery of said piping.
4. Equipment in accordance with claim 3,
wherein
40 longitudinal fins (5a) have an approximately rectangular cross-section, whereby their thickness in each case increases in a direction towards piping of a meandering pipe (4).
5. Equipment in accordance with any one claims 1 to 4,
wherein
a meandering pipe (4) and a heat-radiation member (1) in each case extend in a level surface.
- 45 6. Equipment in accordance with any one of claims 1 to 4,
wherein
a meandering pipe (4) and a heat-radiation member (1) in each case extend in a curved surface, a cylindrical, casing-like surface in particular.
- 50 7. Equipment in accordance with any one of claims 1 to 6,
wherein
several meandering pipes (4) and several pairs of heat-radiation members (1) are disposed in a heating-zone (14).
- 55 8. Equipment in accordance with claim 7,
wherein
a meandering pipe (4) and a heat-radiation body (1) extend, in every case, parallel to each other in a vertical plane.



9. Equipment in accordance with any one of claims 1 to 8,
wherein
piping of a meandering pipe (4) in every case mainly runs vertically.
- 5 10. Equipment in accordance with claim 7,
wherein
a feed-collector (13) and an outlet collector are provided, with which fluid to be heated can be guided to
or extracted from a meandering pipe (4).
- 10 11. Equipment in accordance with claim 7,
wherein
a pair of heat-radiation bodies (1) which is associated in every case with a meandering pipe (4) can be
regulated, concerning its heating capacity, independently of heat-radiation bodies (1) of other meandering
pipes (4).
- 15 12. Equipment in accordance with claim 1,
wherein
a pair of heat-radiation members (1), which is associated in every case with a meandering pipe (4), is
divided (as seen in the direction of flow of a said meandering pipe (4)) into sections of a heat-radiation
20 surface (3), which are regulated, concerning heating capacities, independently of each other.
- 25 13. Equipment in accordance with any one of claims 1 to 12,
wherein
a heat-radiation member (1) is in each case developed with a burner with a porous radiation-body (15),
through which a mixture of gaseous or vaporized fuel and a gas containing oxygen can be guided and be
ignited by means of incandescence of a surface of a said radiation-body (15).
- 30 14. Equipment in accordance with claim 13,
wherein
a heat-radiation body (1) is developed as a ceramic fibre burner.

Revendications

- 35 1. Dispositif pour le chauffage indirect de fluides, en particulier pour des processus à haute température,
comportant un espace de chauffage dans lequel est agencé au moins un serpentin plan, à travers lequel
le fluide à chauffer peut être amené et qui peut être alimenté, de l'extérieur, par de la chaleur de rayonnement,
40 caractérisé en ce qu'au serpentin (4), est associée, à chaque fois, une paire de sources de rayonnement
thermique (1) qui présentent une surface de rayonnement thermique (3) formée de façon correspondant
à l'étendue plane du serpentin (4), les sources de rayonnement thermique (1) étant agencées, à chaque
fois, sur des côtés opposés l'un à l'autre du serpentin (4), et en ce que le tube du serpentin (4) est muni,
à chaque fois, sur sa face externe, sur deux côtés opposés l'un à l'autre relativement à la section trans-
versale du tube, à chaque fois de nervures longitudinales (5,5a,5b), les nervures longitudinales (5,5a,5b)
45 s'étendant sur toute la longueur ou pratiquement toute la longueur du serpentin (4) dans l'espace inter-
médiaire se trouvant entre les boucles du serpentin (4).
- 50 2. Dispositif selon la revendication 1,
caractérisé en ce que les nervures longitudinales (5,5a,5b) présentent une hauteur qui garantit un recou-
vrement complet ou pratiquement complet de l'espace intermédiaire se trouvant entre les boucles du ser-
pentin (4).
- 55 3. Dispositif selon une des revendications 1 à 2,
caractérisé en ce que l'épaisseur des nervures longitudinales (5,5a,5b), en tenant compte de la conduc-
tibilité thermique de la matière des nervures longitudinales et de la hauteur des nervures longitudinales
(5,5a,5b), est telle que le flux thermique, qui se produit, par l'intermédiaire des nervures longitudinales
(5,5a,5b), dans la paroi des tubes du serpentin (4), compense largement l'amenée de chaleur diminuée
existant sinon par suite du rayonnement thermique direct non uniforme sur la périphérie du tube dans les
zones de surface, inclinées par rapport à la surface de rayonnement thermique (3) de la source de rayon-



nement thermique (1), du tube du serpentín (4).

- 5 4. Dispositif selon la revendication 3,
caractérisé en ce que les nervures longitudinales (5a) présentent, en section transversale, à peu près
une forme de trapèze, leur épaisseur augmentant, à chaque fois, en direction de la surface des tubes du
serpentín (4).
- 10 5. Dispositif selon une de revendications 1 à 4,
caractérisé en ce que le serpentín (4) et les sources de rayonnement thermique (1) s'étendent, à chaque
fois, sur une surface plane.
- 15 6. Dispositif selon les revendications 1 à 4,
caractérisé en ce que le serpentín (4) et les sources de rayonnement thermique (1) s'étendent, à chaque
fois, sur une surface cintrée, en particulier présentant une forme d'enveloppe cylindrique.
- 20 7. Dispositif selon une des revendications 1 à 6,
caractérisé en ce que plusieurs serpentins (4) et plusieurs paires de sources de rayonnement thermique
(1) sont agencés dans l'espace de chauffage (14).
- 25 8. Dispositif selon la revendication 7,
caractérisé en ce que les serpentins (4) et les sources de rayonnement thermique (1) s'étendent, à chaque
fois, parallèlement les uns aux autres dans un plan vertical.
- 30 9. Dispositif selon une des revendications 1 à 8,
caractérisé en ce que les tubes du serpentín (4) s'étendent, à chaque fois, essentiellement verticalement.
- 35 10. Dispositif selon la revendication 7,
caractérisé en ce qu'un collecteur d'amenée (13) et un collecteur d'évacuation sont prévus, pour amener
le fluide à chauffer aux serpentins (4) ou l'évacuer de ceux-ci.
- 40 11. Dispositif selon la revendication 7,
caractérisé en ce que la paire, associée à chaque fois à un serpentín (4), de sources de rayonnement
thermique (1) peut être réglée, en ce qui concerne sa puissance de chauffage, indépendamment des sour-
ces de rayonnement thermique (1) d'autres serpentins (4).
- 45 12. Dispositif selon la revendication 11,
caractérisé en ce que la paire, associée à chaque fois à un serpentín (4), de sources de rayonnement
thermique (1) (dans la direction de transport du serpentín (4)) est subdivisée en tronçons, réglables in-
dépendamment l'un de l'autre en ce qui concerne leur puissance de chauffage, de la surface de rayon-
nement thermique (3).
- 50 13. Dispositif selon une des revendications 1 à 12,
caractérisé en ce que la source de rayonnement thermique (1) est réalisée, à chaque fois, sous forme de
brûleur ayant un corps de rayonnement poreux (15), à travers lequel un mélange d'un combustible gazeux
ou sous forme de vapeur et d'un gaz contenant de l'oxygène peut être amené et enflammé par l'incan-
descence du corps de rayonnement (15) sur sa surface (3).
- 55 14. Dispositif selon la revendication 13,
caractérisé en ce que la source de rayonnement thermique (1) est réalisée sous forme de brûleur à fibres
céramiques.