



(11) **EP 1 996 889 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.11.2011 Patentblatt 2011/48

(51) Int Cl.:
F28D 9/00 ^(2006.01) **F28F 21/04** ^(2006.01)
F28F 3/04 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07723516.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2007/002565

(22) Anmeldetag: **22.03.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/110196 (04.10.2007 Gazette 2007/40)

(54) **PLATTENWÄRMETAUSCHER, VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG UND DESSEN VERWENDUNG**

PLATE HEAT EXCHANGER, METHOD FOR ITS PRODUCTION, AND ITS USE

ECHANGEUR DE CHALEUR À PLAQUES, PROCÉDÉ DE FABRICATION DE CELUI-CI ET UTILISATION DE CELUI-CI

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorität: **23.03.2006 DE 102006013503**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.12.2008 Patentblatt 2008/49

(73) Patentinhaber: **ESK Ceramics GmbH & Co.KG
87437 Kempten (DE)**

(72) Erfinder:
• **MESCHKE, Frank
87474 Buchenberg (DE)**

• **KAYSER, Armin
87474 Buchenberg (DE)**

(74) Vertreter: **Merkle, Gebhard et al
TER MEER STEINMEISTER & PARTNER GbR,
Patentanwälte
Mauerkircherstrasse 45
81679 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 094 876 EP-A- 1 544 565
WO-A-81/00617 FR-A- 2 314 461**

EP 1 996 889 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Plattenwärmetauscher aus einer Mehrzahl von Platten, vorzugsweise aus gesintertem Keramikmaterial, Verfahren zur Herstellung eines solchen Plattenwärmetauschers sowie die Verwendung eines solchen Plattenwärmetauschers als Hochtemperatur-Wärmetauscher und oder für den Einsatz mit korrosiven Medien, als auch als Reaktor. FR-A-2314461 beschreibt einen Plattenwärmetauscher gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Wärmetauscher sollen besonders effektiv eine Wärmeübertragung zwischen zwei getrennt voneinander strömenden Medien ermöglichen, das heißt sie sollen mit möglichst wenig Austauschfläche möglichst viel Wärme übertragen. Zugleich sollen sie den Stoffströmen nur einen geringen Widerstand entgegensetzen, damit möglichst wenig Energie für den Betrieb der zur Förderung eingesetzten Pumpen aufgewendet werden muss. Werden stark aggressive bzw. korrosive Medien, eventuell sogar bei erhöhten Temperaturen von mehr als 200°C durch den Wärmetauscher geleitet, müssen alle im Wärmetauscher mit dem Medium in Kontakt stehenden Werkstoffe ausreichend korrosionsbeständig sein. Dazu zählen neben den Austauschflächen auch alle Dichtungen und Durchführungen. Außerdem sollte der Aufbau von Wärmetauschern so gestaltet sein, dass, falls notwendig, ein rückstandsfreies Entleeren des Wärmetauschers leicht möglich ist, beispielsweise für Wartungsarbeiten.

[0003] Plattenwärmetauscher sind eine besondere Bauform von Wärmetauschern. Sie zeichnen sich durch ein besonders kompaktes Design aus. Die Platten eines Plattenwärmetauschers weisen im Bereich der Austauschfläche in der Regel eine geprägte oder geriffelte Struktur, oft auch Fischgrätenmuster oder Chevronmuster genannt, auf. Die Prägung versetzt das im Spalt zwischen zwei benachbarten Platten strömende Medium in eine starke Verwirbelung, wodurch die Wärmeübertragung unterstützt wird. Zugleich wird dem Medium durch eine solche Struktur ein relativ geringer Strömungswiderstand entgegensetzt. Einer effektiven Wärmeübertragung bei möglichst geringem Druckverlust wird so weitgehend entsprochen.

[0004] Die Platten liegen meistens an den Rändern lose aufeinander auf und sind durch Dichtungen getrennt. Da Dichtungen aus Kunststoff sich nur bis Temperaturen von maximal 300°C einsetzen lassen, werden bei Wärmetauschern mit Platten aus metallischen Werkstoffen für höhere Einsatztemperaturen oder Drücke die Platten am Rand miteinander verlötet oder verschweißt.

[0005] Der Spalt zwischen zwei benachbarten Platten bildet jeweils eine abgedichtete Kammer aus. Das Volumen

der Kammern entscheidet zusammen mit der Plattenprägung maßgeblich über Druckverlust und Effizienz bei der Wärmeübertragung. Ein großes Kammervolumen ist beidem dienlich und daher anzustreben. Allerdings wird damit auch ein Betriebsrisiko in Kauf genommen. Sofern in den Kammern keine Stützsegmente verwendet werden, kann es beim Aufbau eines unvorhergesehenen hohen Differenzdrucks zwischen benachbarten Kammern zu einer starken Verformung der Metallplatten oder im Falle von spröden Werkstoffen leicht zu einem Plattenbruch kommen. Wärmetauscherplatten dieser Form werden aus metallischen Werkstoffen, insbesondere aus korrosionsfesten Stählen, Titan oder Tantal hergestellt. Auch Grafit findet kommerziell Anwendung.

[0006] Gesinterte SiC-Keramik (SSiC) ist ein universell korrosionsbeständiger, Jedoch spröder Werkstoff, der frei von metallischem Silicium ist, im Gegensatz zu Silicium-infiltriertem Siliciumcarbid (SiSiC). SSiC ist aufgrund seiner sehr hohen Wärmeleitfähigkeit ideal als Material für die Austauschfläche von Wärmetauschern geeignet. Zudem ist SSiC auch bei hohen Temperaturen bis weit über 1.000°C einsetzbar. Im Gegensatz zu SiSiC ist SSiC auch in Heißwasser oder stark basischen Medien korrosionsbeständig.

[0007] Trotz ihrer grundsätzlich guten Eignung für Wärmetauscher findet gesinterte SiC-Keramik (SSiC) derzeit kommerziell noch keine Anwendung in Plattenwärmetauschern, sondern allenfalls in Rohrbündelwärmetauschern. Der Grund hierfür liegt darin, dass bislang kein keramikgerechtes Design und Produktionsverfahren zur Verfügung stand, das die Herstellung von Plattenwärmetauscherkomponenten aus SSiC für Apparate mit ausreichender Wärmeübertragungsleistung und dem erforderlichen geringen Druckverlust ermöglicht.

Stand der Technik

[0008] Die DE 28 41 571 C2 beschreibt einen Wärmeübertrager aus keramischem Material mit L-förmiger Medienführung, wobei als Werkstoffe vorzugsweise Siinfiltrierte SiC-Keramik (SiSiC) oder Siliciumnitrid eingesetzt werden. Diese Werkstoffe sind darin nachteilig, dass sie nicht universell korrosionsbeständig sind. In Heißwasser oder stark basischen Medien löst sich das zur Infiltration und zur Abdichtung im SiSiC als Bindephase verwendete metallische Silicium heraus. Leckageströme und Festigkeitseinbußen sind die Folge. Beim Siliciumnitrid werden relativ schnell die Korngrenzen angelöst und die Oberfläche nach und nach zersetzt.

[0009] Die in DE 28 41 571 C2 vorgeschlagene Konstruktion ist darin nachteilig, dass der Wärmetauscher aus einer Vielzahl von Elementen unterschiedlicher Geometrien aufgebaut ist und damit keine modulare, unkompliziert zu erweiternde Bauweise gegeben ist. Außerdem ist durch diese Bauweise eine hohe Anzahl von Fügenähten vorgegeben. Bedingt durch das drucklose Sinterverfahren für die eingesetzten Werkstoffe steigt damit

das Risiko, in dem Wärmetauscherblock Undichtigkeiten vorliegen zu haben. Bei dem gewählten Kanaldesign tritt ferner ein hoher Druckverlust auf und der Wärmetauscher verfügt über eine nur geringe Wärmeübertragungsleistung.

[0010] Als Werkstoffalternative beschreibt DE 197 17 931 C1 eine faserverstärkte Keramik (C/SiC oder SiC/SiC) für den Einsatz in Wärmetauschern bei hohen Temperaturen von 200-1.600°C und/oder korrosiven Medien. Diese Werkstoffe sind gegenüber SSiC deutlich aufwändiger und kostenintensiver in der Herstellung. Zudem weisen die keramischen Faserverbundwerkstoffe C/SiC und SiC/SiC in der Regel eine durchgängige Porosität auf, womit eine hermetische Dichtigkeit nicht gegeben ist. Auch durch eine zusätzliche, aufwändige und sehr teure Oberflächenimprägnierung können diese Nachteile nicht überwunden werden.

[0011] Als Variante hiervon beschreibt EP 1 544 565 A2 die Verwendung von faserverstärkter Keramik oder von SiC speziell für die Platten eines Hochtemperatur-Plattenwärmeübertragers. Die darin beschriebene Kanalstruktur der Platten weist Flossen bzw. Rippen auf und ist speziell für die Durchströmung mit heißen Gasen ausgelegt, insbesondere für Gasturbinen. Beim Einsatz dieser Konstruktion für flüssige Medien wäre der Wirkungsgrad nicht gut und der Druckverlust zu hoch. Der Plattenwärmetauscher wird weiterhin über Foliengießen hergestellt und über Löten gefügt. Lötstellen sind jedoch beim Einsatz mit korrosiven Medien stets Schwachstellen, so dass ein solcher Wärmetauscher für den Einsatz mit stark korrosiven Medien, wie beispielsweise Laugen, nicht geeignet ist.

[0012] Die EP 0 074 471 B1 beschreibt ein Herstellungsverfahren für einen keramischen Plattenwärmetauscher mittels Foliengießen und Laminieren. Das Laminierverfahren ist speziell auf SiSiC als Werkstoff und das Flüssigsilicieren bei der Herstellung ausgerichtet. Figur 2 dieser Patentschrift zeigt eine Ausführungsform eines Gasheizwärmetauschers, bei dem senkrecht zur Strömungsrichtung Schikanen vorgesehen sind, welche eine gleichmäßige Temperaturverteilung in den Strömungskanälen bewirken sollen. Die Wärmeübertragungsleistung und der Druckverlust bei diesem Wärmetauscher sind jedoch noch nicht zufriedenstellend.

Aufgabe der Erfindung

[0013] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Plattenwärmetauscher mit verbesserter Wärmeübertragungsleistung und verringertem Druckverlust vorzusehen, der bei Bedarf auch für den Einsatz bei hohen Temperaturen und/oder mit korrosiven Medien geeignet ist. Ferner soll ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Wärmetauschers angegeben werden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Die vorstehende Aufgabe wird erfindungsge-

mäß gelöst durch einen Plattenwärmetauscher aus einer Mehrzahl von Platten gemäß Anspruch 1, Verfahren zur Herstellung eines solchen Plattenwärmetauschers gemäß den Ansprüchen 19 und 20, sowie die Verwendung des Plattenwärmetauschers gemäß den Ansprüchen 22 und 23. Vorteilhafte bzw. besonders zweckmäßige Ausgestaltungen des Anmeldungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0015] Gegenstand der Erfindung ist somit ein Plattenwärmetauscher aus einer Mehrzahl von Platten, in welchen Fluidstrom-Führungskanäle als Kanalsystem so ausgebildet sind, dass sich ein im wesentlichen meanderförmiger Verlauf des Fluidstroms über die Fläche der jeweiligen Platte ergibt, wobei die Seitenwände der Führungskanäle eine Mehrzahl von Durchbrüchen aufweisen, die zu einer Verwirbelung des Fluidstroms führen.

[0016] Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Plattenwärmetauschers, wobei die einzelnen Platten gestapelt und jeweils mittels umlaufenden Dichtungen miteinander verbunden werden.

[0017] Gegenstand der Erfindung ist ebenso ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Plattenwärmetauschers, wobei die einzelnen Platten gestapelt und in einem Diffusionsschweißverfahren in Gegenwart einer Schutzgasatmosphäre oder im Vakuum bei einer Temperatur von mindestens 1.600°C und gegebenenfalls unter Aufbringung einer Last zu einem nahtfreien monolithischen Block gefügt werden.

[0018] Der erfindungsgemäße Plattenwärmetauscher eignet sich als Hochtemperatur-Wärmetauscher und/oder für den Einsatz mit korrosiven Medien.

[0019] Der erfindungsgemäße Plattenwärmetauscher kann ebenso als Reaktor mit mindestens zwei getrennten Fluidkreisläufen verwendet werden.

[0020] Weiterhin eignet sich der erfindungsgemäße Plattenwärmetauscher als Reaktor, wobei zusätzlich eine oder mehrere Reaktorplatten zwischen den Platten vorgesehen sind, wobei die Reaktorplatten ein von den Platten verschiedenes Kanalsystem aufweisen.

[0021] In den einzelnen Platten des erfindungsgemäßen Plattenwärmetauschers sind die Fluidstrom-Führungskanäle als Kanalsystem so ausgebildet, dass sich ein im wesentlichen meanderförmiger Verlauf des Fluidstroms über die Fläche der Platte ergibt, wobei die Seitenwände der Führungskanäle eine Mehrzahl von Unterbrechungen bzw. Durchbrüchen aufweisen, die zu einer Verwirbelung des Fluidstroms führen. Gemäß der Erfindung ist es somit gelungen, ein Design für Platten aus spröden Werkstoffen, wie etwa Graphit oder Glas, vorzugsweise aus gesinterten Keramikmaterialien, insbesondere aus SSiC, zur Verfügung zu stellen, welches die durchströmenden Medien in eine starke Verwirbelung versetzt und damit eine effiziente Wärmeübertragung ermöglicht, zugleich einen geringen Druckverlust bewirkt, genügend Stützstellen in der Austauschfläche aufweist, um eine Verformung oder einen Sprödebruch bei Druckdifferenzen aufzufangen, ein restloses Entleeren für Wartungsarbei-

ten zulässt, Dichtungen aus Kunststoff leicht integrieren lässt und gleichzeitig in einem Diffusionsschweißverfahren die Herstellung eines nahtfreien monolithischen Blocks aus den Platten ermöglicht.

[0022] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Designs der Platten ist, dass sich Zuführ- und Abführöffnungen für die Fluidströme, beispielsweise in Form von Bohrungen bereits in die Platten integrieren lassen.

[0023] Die Wärmeübertragung bei einem erfindungsgemäßen Plattenwärmetauscher ist gegenüber Plattenwärmetauschern des Standes der Technik um etwa 5 bis 30% höher und der Druckverlust ist um bis zu 30% geringer. Insbesondere der Druckverlust ist ein wichtiges Kriterium bei der Auslegung von Wärmetauschern, weil damit die erforderliche Pumpleistung entsprechend reduziert werden kann.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0024] Der erfindungsgemäße Plattenwärmetauscher besitzt einen Aufbau, bei dem mehrere Platten, vorzugsweise aus gesintertem Keramikmaterial, aufeinander gestapelt sind. Als gesintertes Keramikmaterial eignen sich insbesondere gesintertes Siliciumcarbid (SiC), faserverstärktes Siliciumcarbid, Siliciumnitrid oder Kombinationen davon, wobei SiC besonders bevorzugt ist. Vorzugsweise wird SiC mit einer bimodalen Korngrößenverteilung, welches wahlweise bis zu 35 Vol.-% weiterer Stoffkomponenten, wie Grafit, Borcarbid oder andere keramische Partikel enthalten kann, eingesetzt, da sich dieses Material besonders gut zum Diffusionsbinden in einem Heißpressverfahren (Diffusionsschweißverfahren) eignet. Vorzugsweise umfasst das gesinterte Siliciumcarbid mit einer bimodalen Korngrößenverteilung 50 bis 90 Vol.-% prismatische, plättchenförmige SiC-Kristallite einer Länge von 100 bis 1.500 µm und 10 bis 50 Vol.-% prismatische, plättchenförmige SiC-Kristallite einer Länge von 5 bis weniger als 100 µm. Die Messung der Korngröße bzw. der Länge der SiC-Kristallite kann anhand von lichtmikroskopischen Gefügebildern, beispielsweise unter Zuhilfenahme eines Bildauswerteprogramms, das den maximalen Feretschen Durchmesser eines Korns bestimmt, ermittelt werden.

[0025] Bei den erfindungsgemäß verwendeten Platten sind die Führungskanäle in den Platten mit einer ersten Zuführöffnung und einer ersten Abführöffnung für ein erstes Fluid verbunden. Ferner können eine zweite Zuführöffnung und eine zweite Abführöffnung für ein zweites Fluid zur Versorgung einer benachbarten Platte vorgesehen sein, wobei diese Öffnungen in einfacher Weise durch Bohrungen vorgesehen werden können.

[0026] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst eine Platte eines ersten Plattentyps ein Kanalsystem für ein erstes Fluid und eine benachbarte Platte eines zweiten Plattentyps ein Kanalsystem für ein zweites Fluid. Bei dieser Ausführungsform können die Platten vom ersten Plattentyp und die Platten vom zweiten Plattentyp in beliebiger Reihenfolge aufeinanderfolgen, um

eine variable Geschwindigkeitsanpassung zu ermöglichen. Hierfür werden die parallel oder hintereinander geschalteten Platten von einem der beiden Kreisläufe des Wärmetauschers verdoppelt oder verdreifacht, um den zu bewältigenden Stoffstrom mit einer definierten Geschwindigkeit durch die Platten durchströmen zu lassen. Daraus resultieren Stapelfolgen der Wärmetauscherplatten beispielsweise gemäß A-BB-A-BB... oder A-BBB-A-BBB...

[0027] Das erfindungsgemäße Design der Wärmetauscherplatten ermöglicht aber auch eine so genannte zwei- oder mehrgängige Fahrweise. Hierfür werden die Platten eines Kreislaufts anstatt parallel hintereinander geschaltet. Damit steht dem durchströmenden Medium eine längere Strecke für die Aufheizung oder Abkühlung zur Verfügung.

[0028] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Kanalsystem der Platten eine Spiegelsymmetrie auf. Durch dieses spiegelsymmetrische Design wird es ermöglicht, dass die Platten abwechselnd um jeweils 180° verdreht aufeinander gestapelt werden können, so dass die Zuführöffnungen sich abwechselnd einmal links und einmal rechts befinden. Durch diese Anordnung kann mit einem einzigen Design für alle Platten ein Wärmetauscher aufgebaut werden, was aus fertigungstechnischer Sicht Vorteile bietet.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform können innerhalb einer Platte mindestens zwei getrennte Kanalsysteme für verschiedene Fluide vorgesehen sein, zwischen welchen Wärmeübertragung stattfinden soll. Hierbei ist es bevorzugt, dass die verschiedenen Fluide in getrennten Kanalsystemen in Gegenströmung geführt sind.

[0030] Die erfindungsgemäß eingesetzten Platten haben vorzugsweise eine Bodenstärke im Bereich von 0,2 bis 20 mm, insbesondere bevorzugt etwa 3 mm. Der Fluid- bzw. Stoffstrom in einer Austauschfläche einer Platte wird nach dem erfindungsgemäßen Kanalsystem meanderförmig geleitet, um eine möglichst lange Verweilzeit zu ermöglichen. Die Seitenwände bzw. Leitwänden der Führungskanäle in der Austauschfläche haben vom Plattengrund aus gemessen vorzugsweise eine Höhe im Bereich von 0,2-30 mm, weiter vorzugsweise 0,2-10 mm, und insbesondere bevorzugt 0,2-5 mm. Die als Stege ausgebildeten Seitenwände der Führungskanäle sind über Fräsen herstellbar, können jedoch auch über endkonturnahes Pressen gefertigt werden. Die Seitenwände der Führungskanäle weisen an definierten Stellen Unterbrechungen bzw. Durchbrüche auf, die vorzugsweise eine Breite von 0,2-20 mm, weiter vorzugsweise 2-5 mm aufweisen. Diese Durchbrüche bewirken eine hohe Verwirbelung des Fluidstroms und ermöglichen bei dem im wesentlichen meanderförmigen Strömungsverlauf eine hohe und verbesserte Wärmeübertragungseffizienz. Zudem ermöglichen diese Durchbrüche eine erhebliche Reduzierung des bei herkömmlichen Plattenwärmetauschern hohen Druckverlustes. Durch die Anzahl und Breite der Durchbrüche kann der Druckverlust in gewünschter Weise eingestellt werden. Die

Durchbrüche dienen außerdem dazu, dass ein restloses Entleeren des Wärmetauschers bei vertikaler Aufstellung möglich ist.

[0031] Ferner fungieren die durchbrochenen Seitenwände der Führungskanäle auch als Stützstellen und vermeiden bei Druckdifferenzen eine unerwünschte Verformung der Platten und beugen ebenfalls einem Plattenbruch vor.

[0032] Gemäß einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Plattenwärmetauschers sind die einzelnen Platten gestapelt und mittels umlaufenden Dichtungen verbunden. Hierfür eignen sich übliche Kunststoffdichtungen, welche bis Temperaturen von etwa 300°C eingesetzt werden können. Die über Dichtungen verbundene Bauweise ist sehr kostengünstig und dann besonders vorteilhaft, wenn der Wärmetauscher zu Revisionszwecken auseinandergebaut und gereinigt werden muss.

[0033] Gemäß einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Plattenwärmetauschers sind die einzelnen Platten gestapelt und stoffschlüssig zu einem nahtfreien monolithischen Block gefügt. Diese monolithische Bauweise, bei der die Platten ohne Dichtungen über nahtfreies Fügen hermetisch dicht verbunden werden, ist insbesondere für Anwendungen bei hohen Temperaturen und Anwendungen mit umweltgefährdenden oder korrosiven Medien besonders vorteilhaft.

[0034] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Plattenwärmetauschers sind mindestens zwei der Platten gestapelt und stoffschlüssig zu einem nahtfreien monolithischen Block gefügt und mindestens zwei solcher monolithischen Blöcke mittels umlaufenden Dichtungen miteinander verbunden. Diese so genannte semi-gedichtete Ausführungsform kann insbesondere zweckmäßig sein bei Verwendung von korrosiven Medien in einem Stoffkreislauf und von zur Belagsbildung neigenden Medien in dem anderen Stoffkreislauf. Hierfür werden die Platten für das korrosive Medium erfindungsgemäß miteinander mindestens paarweise versintert und die dabei erhaltenen monolithischen Plattenblöcke durch geeignete Kunststoffdichtungen, beispielsweise aus Elastomermaterial, abgedichtet gestapelt. Diese Art von Plattenwärmetauscher lässt sich stets zerlegen, beispielsweise um die abgedichteten Kammern von der Belagsbildung zu reinigen.

[0035] Zur Herstellung eines wie oben beschriebenen monolithischen Blocks werden die einzelnen Platten gestapelt und in einem Diffusionsschweißverfahren in Gegenwart einer Schutzgasatmosphäre oder unter Vakuum bei einer Temperatur von mindestens 1.600°C, bevorzugt über 1.800°C, insbesondere bevorzugt über 2.000°C und gegebenenfalls unter Aufbringung einer Last zu einem nahtfreien monolithischen Block gefügt, wobei die zu fügenden Komponenten vorzugsweise eine plastische Verformung in Richtung der Krafteinleitung von weniger als 5%, weiter vorzugsweise weniger als 1% erfahren. Als Diffusionsschweißverfahren eignet sich insbesondere ein Heißpressverfahren unter Verwen-

dung keramischer Platten aus gesintertem SiC (SSiC), insbesondere bevorzugt aus grobkörnigem SSiC mit einer wie oben erwähnten bimodalen Korngrößenverteilung, welches bis zu 35 Vol.-% weiterer Stoffkomponenten, wie Grafit, Borcarbid oder andere keramische Partikel enthalten kann.

[0036] Der Widerstand gegen plastische Verformung im Hochtemperaturbereich wird in der Materialkunde mit Hochtemperatur-Kriechbeständigkeit bezeichnet. Als Maß für die Kriechbeständigkeit wird die so genannte Kriechrate herangezogen. Überraschend zeigte sich, dass die Kriechrate der zu fügenden keramischen Platten als ein zentraler Parameter verwendet werden kann, um die plastische Verformung in einem Fügeprozess zum nahtfreien Fügen der gesinterten keramischen Platten auf ein Mindestmaß einzustellen. Die meisten kommerziell verfügbaren gesinterten SiC-Werkstoffe besitzen Gefüge mit monomodaler Korngrößenverteilung und einer Korngröße von ca. 5 µm. Sie weisen damit eine bei Füge Temperaturen von über 1.700°C ausreichend hohe Sinteraktivität auf, besitzen aber einen für ein verformungsarmes Fügen zu niedrigen Kriechwiderstand. Daher wurde bisher beim Diffusionsschweißen solcher Komponenten immer eine hohe plastische Verformung beobachtet. Weil sich der Kriechwiderstand der SSiC-Werkstoffe im allgemeinen nicht sonderlich unterscheidet, wurde bisher für das Fügen von SSiC nicht die Kriechrate als verwendungsfähiger variabler Parameter in Betracht gezogen.

[0037] Es zeigte sich nun, dass sich die Kriechrate von SSiC über einen weiten Bereich durch Variation der Gefügeausbildung variieren lässt. Erst durch die Verwendung bestimmter Sorten, wie solcher mit bimodaler Korngrößenverteilung, wird daher das verformungsarme Fügen für SSiC-Werkstoffe erreichbar. Gemäß der Erfindung bestehen die zu fügenden keramischen Platten vorzugsweise aus einem SSiC-Werkstoff, dessen Kriechrate im Fügeprozess stets kleiner als 2×10^{-4} 1/s, bevorzugt stets kleiner als 8×10^{-5} 1/s, besonders bevorzugt stets kleiner als 2×10^{-5} 1/s ist.

[0038] Bei dem erfindungsgemäß angewandten Diffusionsschweißen wird vorzugsweise eine Last von über 10 kPa, besonders bevorzugt von über 1 MPa, und weiter bevorzugt von über 10 MPa aufgebracht, wobei die Temperaturhaltezeit bei einer Temperatur von mindestens 1.600°C bevorzugt eine Dauer von 10 Minuten, insbesondere bevorzugt 30 Minuten übersteigt.

[0039] Mit dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren können somit Plattenwärmetauscher, bei denen bisher die Dichtungen oder Lotnähte die Schwachstellen gebildet haben, nun als nahtfreier Monolith hergestellt werden. Die so hergestellten Plattenwärmetauscher aus gesintertem SiC-Keramik besitzen daher eine extrem hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit.

[0040] Wie bereits oben erwähnt, eignet sich der Plattenwärmetauscher mit erfindungsgemäß ausgeführten Wärmetauscherplatten auch als Reaktor, beispielsweise für die Verdampfung und Kondensation, aber auch für

andere Phasenumwandlungen, wie beispielsweise für gezielte Kristallisationsvorgänge. Beim Einsatz für die Verdampfung und Kondensation ist es zur Erzielung eines verringerten Druckverlusts bevorzugt, wenn der Abstand der Seitenwände der Führungskanäle zueinander vom Fluideinlass zum Fluidauslass hin größer bzw. kleiner wird.

[0041] Für eine besonders effektive Nutzung als Reaktor ist es zweckdienlich, zwischen den erfindungsgemäß ausgeführten Wärmetauscherplatten Reaktorplatten einzubauen, wobei dann die Wärmetauscherplatten zur Temperierung der Reaktorplatten dienen. Die Reaktorplatten können verschiedene Geometrien aufweisen. Für eine kontrollierte Verweilzeit und definierte Ausscheidungsreaktion, wie etwa für gezielte Kristallisationsvorgänge, ist es beispielsweise vorteilhaft, Reaktorplatten mit durchgezogenen geraden Kanälen zu verwenden. Es lassen sich aber auch in der Reaktorplatte mindestens zwei zunächst getrennte Fluidströme bei einer definierten Temperatur miteinander vermischen. Hierzu werden Kanalstrukturen verwendet, mit denen die Stoffströme in einem definierten Bereich der Reaktorplatte einander zugeführt und intensiv vermischt werden. Die Reaktorplatten können auch geeignete katalytische Beschichtungen aufweisen, die eine chemische Reaktion gezielt beschleunigen.

[0042] Die erfindungsgemäßen, hermetisch dichten Wärmetauscherblöcke benötigen zur Einspannung und Anbindung von Flanschen nicht mehr die herkömmlichen schweren Gestelle, sondern brauchen nur an den Versorgungsbohrungen mit einem entsprechenden Flanschsystem kontaktiert werden. Bei einer Ausführungsform der Erfindung umfasst daher der Plattenwärmetauscher weiterhin ein keramisches oder metallisches Anflanshsystem für die Zuführung und Abführung von Fluiden auf der Oberseite und/oder Unterseite (Deckel und/oder Boden) des Plattenwärmetauschers. Für die Abdichtung des Anflanshsystems wird für Hochtemperatur-Anwendungen bevorzugt ein Dichtungsmaterial auf Glimmerbasis verwendet.

Kurze Beschreibung der beigefügten Zeichnungen

[0043]

Abbildung 1 zeigt die Draufsicht einer erfindungsgemäß eingesetzten Wärmetauscherplatte aus gesintertem Keramikmaterial;

Abbildung 2 zeigt die Draufsicht einer erfindungsgemäß eingesetzten Reaktorplatte; und

Abbildungen 3a und 3b sind Fotografien von erfindungsgemäßen Plattenwärmetauschern einschließlich Anflanshsystemen.

[0044] Wie in **Abbildung 1** gezeigt, weist eine erfindungsgemäß einsetzbare Platte 1 ein aus Führungskana-

nälen 2 gebildetes Kanalsystem auf, das einen im wesentlichen meanderförmigen Verlauf des Fluidstroms über die Fläche der Platte ermöglicht. Die Seitenwände 3 der Führungskanäle 2 bestehen bei dieser Abbildung aus Stegen mit einer Breite von 3 mm, welche eine Vielzahl von Durchbrüchen 4 mit einer Breite von 3,5 mm aufweisen. Die Platte weist weiterhin eine erste Zuführöffnung 5 sowie eine erste Abführöffnung 6 für einen Fluidstrom, jeweils in Form einer Bohrung mit einem Radius von 30 mm auf. Ferner sind in der Platte eine zweite Zuführöffnung 7 und eine zweite Abführöffnung 8, die als Durchführung zur Versorgung einer Nachbarkammer mit einem anderen Medium dienen, vorgesehen. Die zweite Zuführöffnung und zweite Abführöffnung bestehen jeweils aus Bohrungen mit einem Radius von 32 mm. Die Gesamtlänge der Platte beträgt bei dieser Ausführungsform 500 mm und deren Breite 200 mm. Wie ersichtlich, weist das Kanalsystem bei dieser Ausführungsform eine Spiegelsymmetrie auf. Durch diese Spiegelsymmetrie wird ermöglicht, dass die Platten abwechselnd um jeweils 180° verdreht gegeneinander aufeinander gestapelt werden können, so dass die Zuführöffnungen sich abwechselnd einmal links und einmal rechts befinden.

[0045] Die **Abbildung 2** zeigt eine erfindungsgemäß einsetzbare Reaktorplatte 9 mit einer ersten Zuführöffnung 10 für einen ersten Fluidstrom und einer zweiten Zuführöffnung 11 für einen zweiten Fluidstrom. Die beiden Fluidströme werden dann durch die Schikanen 12 so einander zugeführt, dass eine intensive Vermischung der Fluidströme stattfindet. Der gemischte Stoffstrom wird dann über die Abführöffnung 13 abgeführt.

[0046] Die **Abbildungen 3a** und **3b** zeigen, wie metallische Flansche an einem keramischen Monolith verspannt werden.

Beispiele

[0047] Das nachfolgende Beispiel dient zur weiteren Erläuterung der Erfindung.

Anwendungsbeispiel Wärmetauscher

[0048] Ein keramischer Wärmetauscher wird mit Wärmetauscherplatten nach Art der **Abbildung 1** hergestellt. Die Platten haben eine Länge von 500 mm, eine Bodendstärke von 3 mm und Führungskanäle mit einer Höhe von 3,5 mm. Die Seitenwände weisen Durchbrüche einer Breite von 3 mm auf. Für die Herstellung des Wärmetauscherblocks werden vier erfindungsgemäße Wärmetauscherplatten und eine Deckelplatte verwendet, wobei alle Komponenten aus gesintertem Siliciumcarbid mit bimodaler Korngrößenverteilung bestehen. Alle keramischen Platten werden gestapelt und stoffschlüssig und nahtlos zu einem monolithischen Block gefügt. Die Platten sind in dem Block so angeordnet, dass zwei Stoffströme im Gegenstrom Wärme austauschen können. Der hermetisch dichte Wärmetauscherblock aus gesintertem Siliciumcarbid wird mit vier metallischen Flanschen mit Innen-

durchmesser 50 mm versehen. Der Wärmetauscherapparat wird mit wässrigen Medien betrieben. Bei einem Durchsatz von 1000 l/h stellt sich ein Druckverlust von 100 mbar ein und es werden 6000 W/m²K übertragen.

Patentansprüche

1. Plattenwärmetauscher aus einer Mehrzahl von Platten (1), in welchen Fluidstrom-Führungskanäle (2) als Kanalsystem so ausgebildet sind, dass sich ein im wesentlichen meanderförmiger Verlauf des Fluidstroms über die Fläche der jeweiligen Platte ergibt, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Seitenwände (3) der Führungskanäle (2) eine Mehrzahl von Durchbrüchen (4) aufweisen, die zu einer Verwirbelung des Fluidstroms führen.
2. Plattenwärmetauscher nach Anspruch 1, wobei die Platten (1) aus Keramikmaterial, vorzugsweise aus gesintertem Siliciumcarbid (SiC), faserverstärktem Siliciumcarbid, Siliciumnitrid oder Kombinationen davon, bestehen.
3. Plattenwärmetauscher nach Anspruch 2, wobei das gesinterte Keramikmaterial aus gesintertem Siliciumcarbid mit einer bimodalen Korngrößenverteilung, welches wahlweise bis zu 35 Vol.-% weiterer Stoffkomponenten, wie Grafit, Borcarbid oder andere keramische Partikel enthalten kann, gewählt ist.
4. Plattenwärmetauscher nach Anspruch 3, wobei das gesinterte Siliciumcarbid mit einer bimodalen Korngrößenverteilung 50 bis 90 Vol.-% prismatische, plättchenförmige SiC-Kristallite einer Länge von 100 bis 1.500 µm und 10 bis 50 Vol.-% prismatische, plättchenförmige SiC-Kristallite einer Länge von 5 bis weniger als 100 µm umfasst.
5. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-4, wobei die Führungskanäle (2) in den Platten mit einer ersten Zuführöffnung (5) und einer ersten Abführöffnung (6) für ein erstes Fluid verbunden sind.
6. Plattenwärmetauscher nach Anspruch 5, wobei die Platte mit einer zweiten Zuführöffnung (7) und einer zweiten Abführöffnung (8) für ein zweites Fluid zur Versorgung einer benachbarten Platte versehen ist.
7. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-6, wobei eine Platte eines ersten Plattentyps ein Kanalsystem für ein erstes Fluid und eine benachbarte Platte eines zweiten Plattentyps ein Kanalsystem für ein zweites Fluid umfasst.
8. Plattenwärmetauscher nach Anspruch 7, wobei Platten vom ersten Plattentyp und Platten vom zweiten

Plattentyp in beliebiger Reihenfolge aufeinander gestapelt sind.

9. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-8, wobei das Kanalsystem eine Spiegelsymmetrie aufweist.
10. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-9, wobei innerhalb einer Platte mindestens zwei getrennte Kanalsysteme für verschiedene Fluide vorgesehen sind, zwischen welchen Wärmeübertragung stattfinden soll.
11. Plattenwärmetauscher nach Anspruch 10, wobei die verschiedenen Fluide in getrennten Kanalsystemen in Gegenströmung geführt sind.
12. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-11, wobei die Platten (1) eine Bodstärke im Bereich von 0,2-20 mm, vorzugsweise etwa 3 mm aufweisen.
13. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-12, wobei die Seitenwände (3) der Führungskanäle (2) eine Höhe im Bereich von 0,2-30 mm, vorzugsweise 0,2-10 mm, weiter vorzugsweise 0,2-5 mm, aufweisen.
14. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-13, wobei die Durchbrüche (4) in den Seitenwänden (3) der Führungskanäle (2) eine Breite im Bereich von 0,2-20 mm, vorzugsweise 2-5 mm, aufweisen.
15. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-14, wobei die Platten (1) gestapelt und mittels umlaufenden Dichtungen miteinander verbunden sind.
16. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-14, wobei die Platten (1) gestapelt und stoffschlüssig zu einem nahtfreien monolithischen Block gefügt sind.
17. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-16, wobei mindestens jeweils zwei der Platten (1) gestapelt und stoffschlüssig zu einem nahtfreien monolithischen Block gefügt sind und mindestens zwei solcher monolithischen Blöcke mittels umlaufenden Dichtungen miteinander verbunden sind.
18. Plattenwärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1-17, umfassend weiterhin ein keramisches oder metallisches Anflanschesystem für die Zuführung und Abführung von Fluiden auf der Oberseite und/oder Unterseite des Plattenwärmetauschers.

19. Verfahren zur Herstellung eines Plattenwärmetauschers nach mindestens einem der Ansprüche 1-15 und 17, wobei die einzelnen Platten bzw. monolithischen Blöcke gestapelt und jeweils mittels umlaufenden Dichtungen miteinander verbunden werden. 5
20. Verfahren zur Herstellung eines Plattenwärmetauschers nach mindestens einem der Ansprüche 1-14 und 16, wobei die einzelnen Platten gestapelt und in einem Diffusionsschweißverfahren in Gegenwart einer Schutzgasatmosphäre oder unter Vakuum bei einer Temperatur von mindestens 1.600°C und gegebenenfalls unter Aufbringung einer Last zu einem nahtfreien monolithischen Blockgefügt werden. 10
21. Verwendung eines Plattenwärmetauschers nach mindestens einem der Ansprüche 1-18 als Hochtemperatur-Wärmetauscher und/oder für den Einsatz mit korrosiven Medien. 15
22. Verwendung eines Plattenwärmetauschers nach mindestens einem der Ansprüche 1-18 als Reaktor mit mindestens zwei getrennten Fluidkreisläufen. 20
23. Verwendung eines Plattenwärmetauschers nach mindestens einem der Ansprüche 1-18 als Reaktor, wobei zusätzlich eine oder mehrere Reaktorplatten (9) zwischen den Platten (1) vorgesehen sind, wobei die Reaktorplatten (9) ein von den Platten (1) verschiedenes Kanalsystem aufweisen. 25
24. Verwendung nach Anspruch 23, wobei die Reaktorplatten (9) parallel verlaufende Fluidstrom-Führungskanäle enthalten, deren Seitenwände keine Durchbrüche aufweisen. 30
25. Verwendung nach Anspruch 23, wobei das in den Reaktorplatten (9) ausgebildete Kanalsystem die Vermischung von mindestens zwei zunächst getrennten Fluidströmen ermöglicht. 35
26. Verwendung nach mindestens einem der Ansprüche 23-25, wobei die Reaktorplatten (9) katalytisch beschichtet sind. 40
2. The plate heat exchanger as claimed in claim 1, the plates (1) consisting of ceramic material, preferably of sintered silicon carbide (SSiC), fiber reinforced silicon carbide, silicon nitride or combinations thereof. 5
3. The plate heat exchanger as claimed in claim 2, the sintered ceramic material being chosen from sintered silicon carbide with a bimodal grain size distribution, which according to choice may contain up to 35% volume of further substance components, such as graphite, boron carbide or other ceramic particles. 10
4. The plate heat exchanger as claimed in claim 3, the sintered silicon carbide with a bimodal grain size distribution comprising 50 to 90% by volume prismatic, platelet-shaped SiC crystallites of a length of from 100 to 1500 µm and 10 to 50% by volume prismatic, platelet-shaped SiC crystallites of a length of from 5 to less than 100 µm. 15
5. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-4, the conducting channels (2) in the plates being connected to a first feed opening (5) and a first discharge opening (6) for a first fluid. 20
6. The plate heat exchanger as claimed in claim 5, the plate being provided with a second feed opening (7) and a second discharge opening (8) for a second fluid to supply a neighboring plate. 25
7. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-6, a plate of a first plate type comprising a system of channels for a first fluid and a neighboring plate of a second plate type comprising a system of channels for a second fluid. 30
8. The plate heat exchanger as claimed in claim 7, plates of the first plate type and plates of the second plate type being stacked on one another in any desired sequence. 35
9. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-8, the system of channels having mirror symmetry. 40
10. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-9, at least two separate systems of channels for different fluids between which heat transfer is to take place being provided within one plate. 45
11. The plate heat exchanger as claimed in claim 10, the different fluids being conducted in counterflow in separate systems of channels. 50
12. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-11, the plates (1) having a base thickness in the range of 0.2-20 mm, preferably about 3 mm. 55

Claims

1. A plate heat exchanger composed of a plurality of plates (1) in which fluid-flow conducting channels (2) are formed as a system of channels in such a way that a substantially meandering profile of the fluid flow is obtained over the surface area of the respective plate, **characterized in that** the side walls (3) of the conducting channels (2) having a plurality of apertures (4), which lead to turbulence of the fluid flow. 50
5. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-4, the conducting channels (2) in the plates being connected to a first feed opening (5) and a first discharge opening (6) for a first fluid. 55
6. The plate heat exchanger as claimed in claim 5, the plate being provided with a second feed opening (7) and a second discharge opening (8) for a second fluid to supply a neighboring plate. 60
7. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-6, a plate of a first plate type comprising a system of channels for a first fluid and a neighboring plate of a second plate type comprising a system of channels for a second fluid. 65
8. The plate heat exchanger as claimed in claim 7, plates of the first plate type and plates of the second plate type being stacked on one another in any desired sequence. 70
9. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-8, the system of channels having mirror symmetry. 75
10. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-9, at least two separate systems of channels for different fluids between which heat transfer is to take place being provided within one plate. 80
11. The plate heat exchanger as claimed in claim 10, the different fluids being conducted in counterflow in separate systems of channels. 85
12. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-11, the plates (1) having a base thickness in the range of 0.2-20 mm, preferably about 3 mm. 90

13. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-12, the side walls (3) of the conducting channels (2) having a height in the range of 0.2-30 mm, preferably 0.2-10 mm, more preferably 0.2-5 mm.
14. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-13, the apertures (4) in the side walls (3) of the conducting channels (2) having a width in the range of 0.2-20 mm, preferably 2-5 mm.
15. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-14, the plates (1) being stacked and connected to one another by means of peripheral seals.
16. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-14, the plates (1) being stacked and integrally joined to form a seamless monolithic block.
17. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-16, in each case at least two of the plates (1) being stacked and integrally joined to form a seamless monolithic block and at least two such monolithic blocks being connected to one another by means of peripheral seals.
18. The plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-17, also comprising a ceramic or metallic flanging system for the feed and discharge of fluids on the upper side and/or underside of the plate heat exchanger.
19. A method for the production of a plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-15 and 17, the individual plates or monolithic blocks being stacked and respectively connected to one another by means of peripheral seals.
20. The use of a plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-14 and 16, the individual plates being stacked and joined to form a seamless monolithic block in a diffusion welding process in the presence of an inert gas atmosphere or in a vacuum at a temperature of at least 1600°C and possibly with a load being applied.
21. The use of a plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-18 as a high-temperature heat exchanger and/or for use with corrosive media.
22. The use of a plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-18 as a reactor with at least two separate fluid circuits.
23. The use of a plate heat exchanger as claimed in at least one of claims 1-18 as a reactor, one or more reactor plates (9) being additionally provided between the plates (1), the reactor plates (9) having a

system of channels that is different from the plates (1).

24. The use as claimed in claim 23, the reactor plates (9) containing parallel running fluid-flow conducting channels, the side walls of which do not have apertures.
25. The use as claimed in claim 23, the system of channels formed in the reactor plates (9) making it possible for at least two initially separate fluid flows to be mixed.
26. The use as claimed in at least one of claims 23-25, the reactor plates (9) being catalytically coated.

Revendications

1. Echangeur de chaleur à plaques composé d'une pluralité de plaques (1), dans lequel des canaux de guidage de courant de fluide (2) se présentent sous la forme d'un réseau de canaux de manière à obtenir un écoulement sensiblement en forme de méandres du courant de fluide sur la surface de la plaque respective, **caractérisé en ce que** les parois latérales (3) des canaux de guidage (2) présentent une pluralité de traversées (4) qui entraînent un tourbillonnement du courant de fluide.
2. Echangeur de chaleur à plaques selon la revendication 1, dans lequel les plaques (1) sont constituées d'un matériau céramique, de préférence de carbure de silicium (SiC) fritté, de carbure de silicium renforcé de fibres, de nitrure de silicium ou de combinaisons de ceux-ci.
3. Echangeur de chaleur à plaques selon la revendication 2, dans lequel on choisit le matériau céramique fritté en carbure de silicium fritté ayant un dosage granulométrique bimodal, lequel peut contenir au choix jusqu'à 35 % en volume d'autres composants de matériau, tels que le graphite, le carbure de bore ou d'autres particules céramiques.
4. Echangeur de chaleur à plaques selon la revendication 3, dans lequel le carbure de silicium fritté à dosage granulométrique bimodal comprend 50 à 90 % en volume de cristallites de SiC prismatiques et lamellaires, d'une longueur de 100 à 1500 µm, et 10 à 50 % en volume de cristallites de SiC prismatiques et lamellaires, d'une longueur de 5 à moins de 100 µm.
5. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les canaux de guidage (2) des plaques sont raccordés à une première ouverture d'alimentation

- (5) et à une première ouverture d'évacuation (6) pour un premier fluide.
6. Echangeur de chaleur à plaques selon la revendication 5, dans lequel la plaque est pourvue d'une seconde ouverture d'alimentation (7) et d'une seconde ouverture d'évacuation (8) pour un second fluide afin d'alimenter une plaque adjacente. 5
 7. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel une plaque d'un premier type comprend un réseau de canaux pour un premier fluide et une plaque adjacente d'un second type comprend un réseau de canaux pour un second fluide. 10
 8. Echangeur de chaleur à plaques selon la revendication 7, dans lequel des plaques d'un premier type et des plaques d'un second type sont empilées les unes sur les autres dans un ordre au choix de l'utilisateur. 20
 9. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le réseau de canaux présente une symétrie de miroir. 25
 10. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel au moins deux réseaux de canaux séparés pour différents fluides sont prévus à l'intérieur d'une plaque, entre lesquels un transfert de chaleur doit avoir lieu. 30
 11. Echangeur de chaleur à plaques selon la revendication 10, dans lequel les différents fluides sont guidés à contre-courant dans des réseaux de canaux séparés. 35
 12. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel les plaques (1) présentent une épaisseur dans une plage de 0,2 à 20 mm, de préférence d'environ 3 mm. 40
 13. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel les parois latérales (3) des canaux de guidage (2) présentent une hauteur dans la plage de 0,2 à 30 mm, de préférence de 0,2 à 10 mm, mieux encore de 0,2 à 5 mm. 45
 14. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel les traversées (4) dans les parois latérales (3) des canaux de guidage (2) présentent une largeur dans la plage de 0,2 à 20 mm, de préférence de 2 à 5 mm. 50
 15. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel les plaques (1) sont empilées et raccordées les unes aux autres au moyen de joints étanches périphériques. 55
 16. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel les plaques (1) sont empilées et assemblées par liaison de matière pour former un bloc monolithique sans soudure.
 17. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans lequel au moins deux des plaques (1) respectives sont empilées et assemblées matériellement pour former un bloc monolithique sans soudure et au moins deux de ces blocs monolithiques sont raccordés l'un à l'autre au moyen de joints étanches périphériques.
 18. Echangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 17, comprenant en outre un système de bridage céramique ou métallique pour l'alimentation et l'évacuation de fluides sur la face supérieure et/ou la face inférieure de l'échangeur de chaleur à plaques.
 19. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 15 et 17, dans lequel les plaques individuelles respectivement les blocs monolithiques sont empilé(e)s et raccordé(e)s respectivement les un(e)s aux autres au moyen de joints étanches périphériques.
 20. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 14 et 16, dans lequel les plaques individuelles sont empilées et assemblées pour former un bloc monolithique sans soudure par un procédé de soudage par diffusion en présence d'une atmosphère de gaz protecteur ou sous vide à une température d'au moins 1600 °C et en appliquant éventuellement une charge.
 21. Utilisation d'un échangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 18 en tant qu'échangeur de chaleur à température élevée et/ou pour usage avec des milieux corrosifs.
 22. Utilisation d'un échangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 18 en tant que réacteur doté d'au moins deux circuits de fluide séparés.
 23. Utilisation d'un échangeur de chaleur à plaques selon au moins l'une quelconque des revendications 1

à 18 en tant que réacteur, dans laquelle on prévoit en complément une ou plusieurs plaques de réacteur (9) entre les plaques (1), les plaques de réacteur (9) présentant un réseau de canaux différent de celui des plaques (1).

5

24. Utilisation selon la revendication 23, dans laquelle les plaques de réacteur (9) contiennent des canaux de guidage de courant de fluide s'étendant parallèlement, dont les parois latérales ne présentent aucune traversée.

10

25. Utilisation selon la revendication 23, dans laquelle le réseau de canaux formé dans les plaques de réacteur (9) permet le mélange d'au moins deux courants de fluide séparés dans un premier temps.

15

26. Utilisation selon au moins l'une quelconque des revendications 23 à 25, dans laquelle les plaques de réacteur (9) sont revêtues par voie catalytique.

20

25

30

35

40

45

50

55

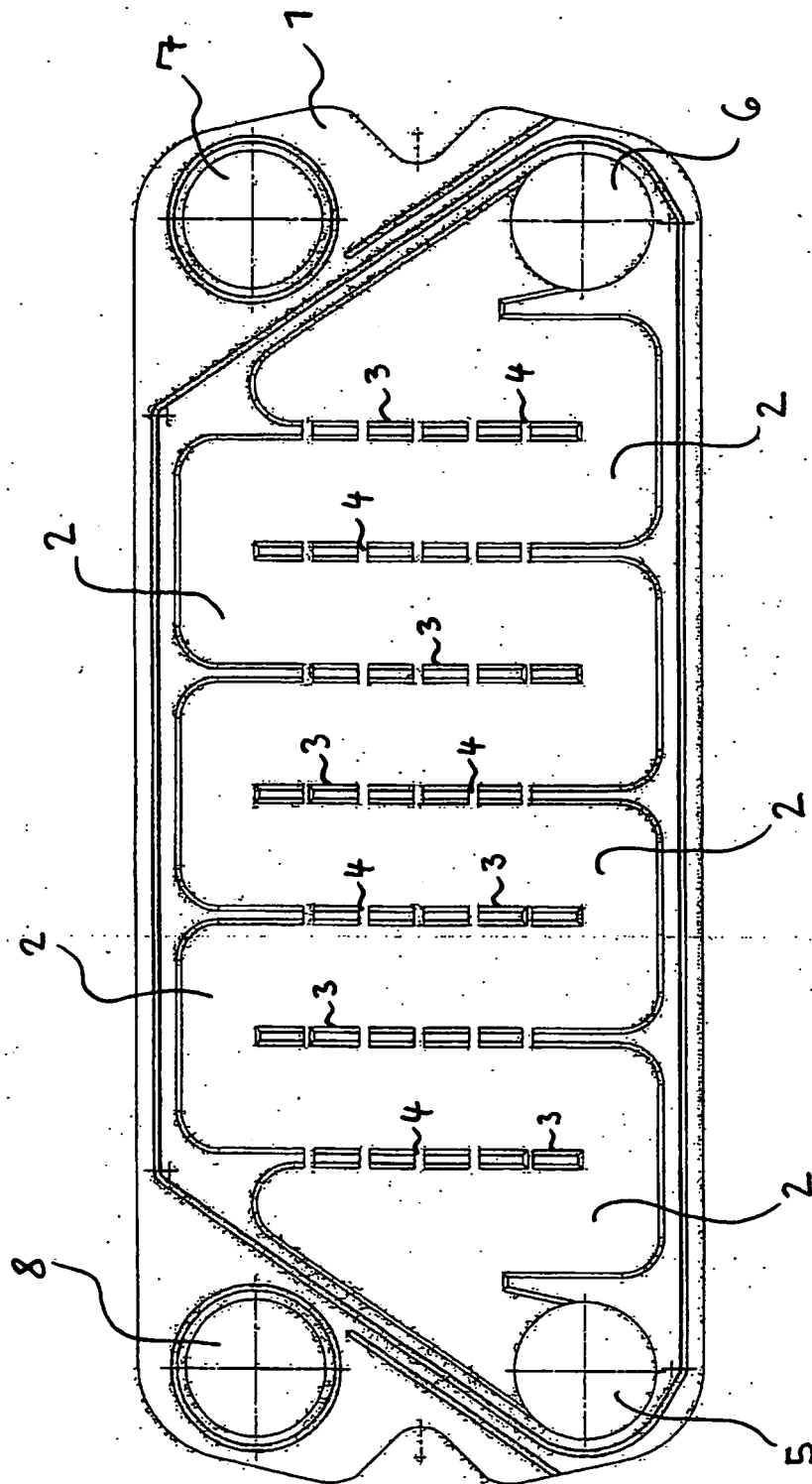


Abbildung 1

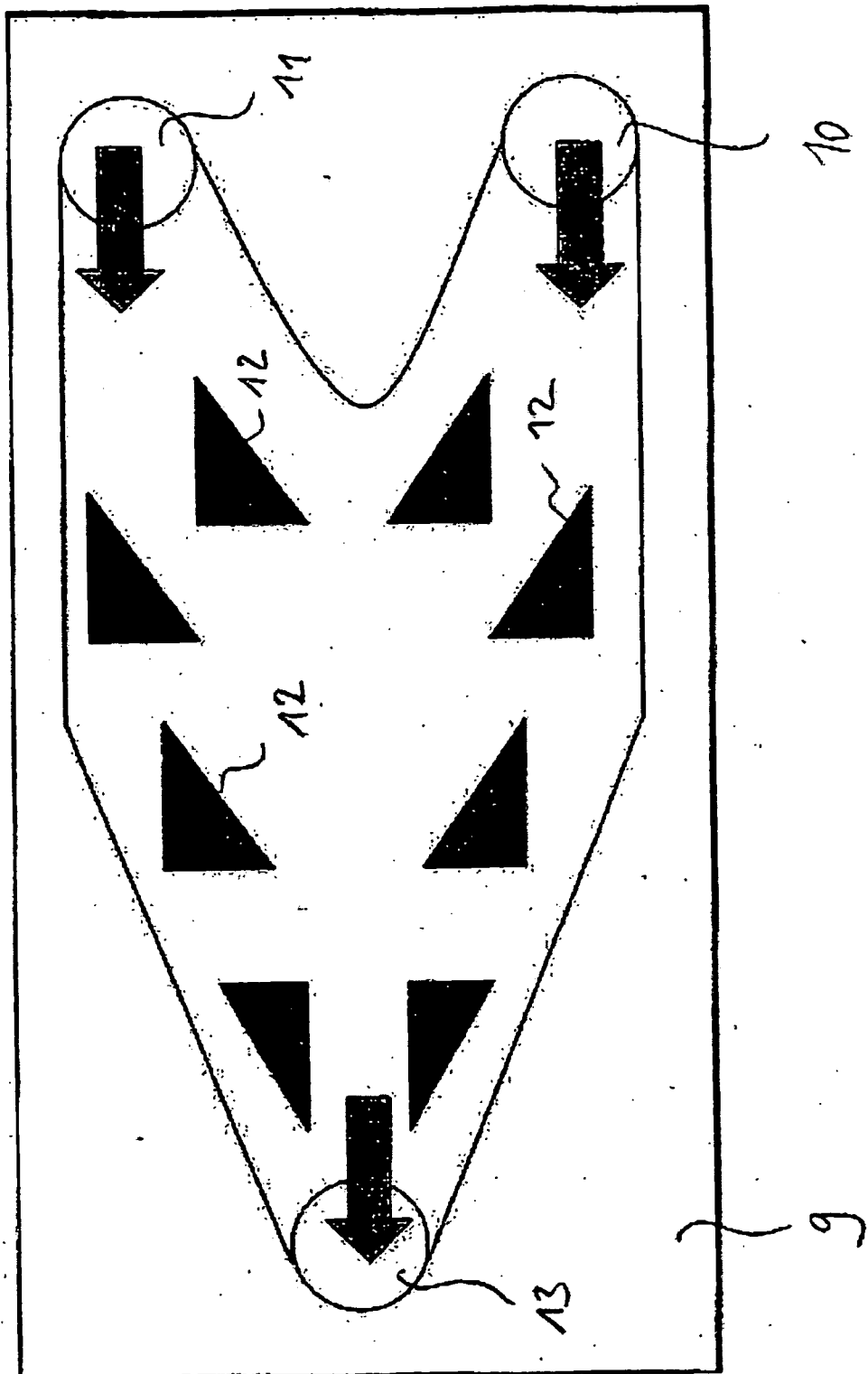


Abbildung 2

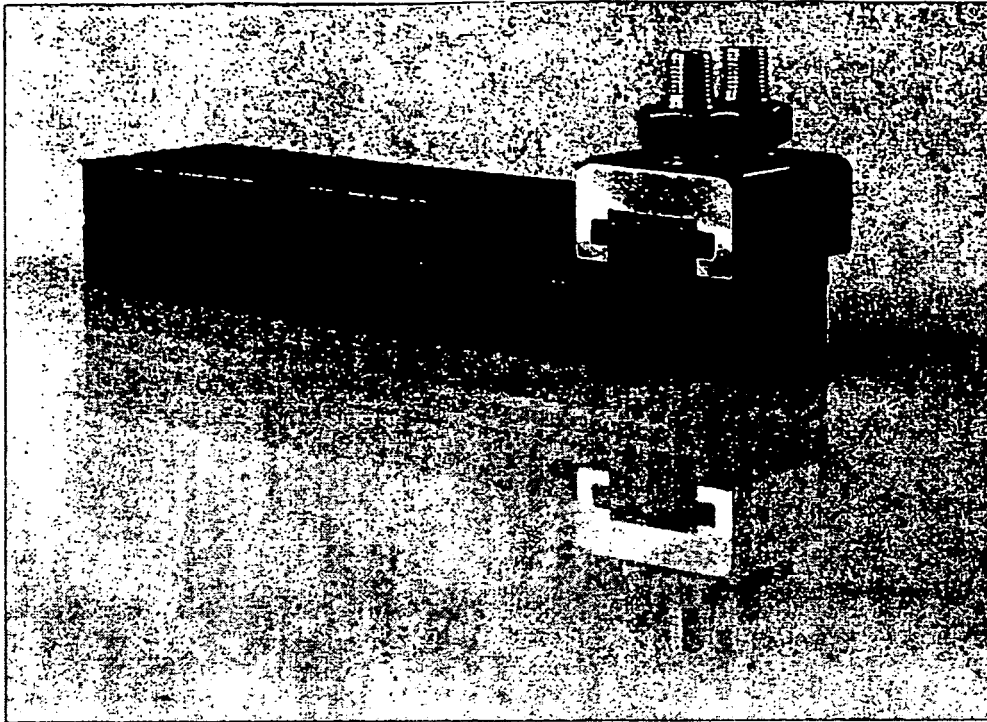


Abbildung 3a

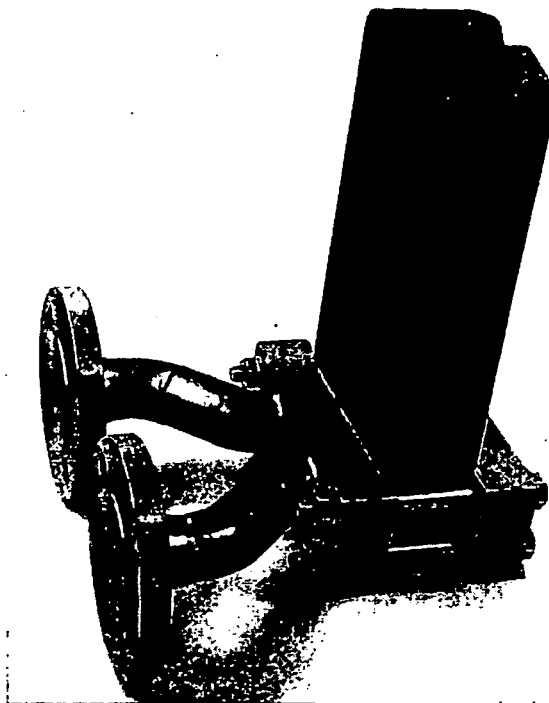


Abbildung 3b

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- FR 2314461 A [0001]
- DE 2841571 C2 [0008] [0009]
- DE 19717931 C1 [0010]
- EP 1544565 A2 [0011]
- EP 0074471 B1 [0012]