

⑬



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑪

Veröffentlichungsnummer: **0 074 471  
B1**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④

Veröffentlichungstag der Patentschrift:  
**06.02.85**

⑤

Int. Cl. 4: **F 28 F 21/04**

⑥

Anmeldenummer: **82105905.2**

⑦

Anmeldetag: **02.07.82**

⑧

Verfahren zum Herstellen von Wärmetauschern aus keramischen Folien.

⑨

Priorität: **12.09.81 DE 3136253**

⑩

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**23.03.83 Patentblatt 83/12**

⑪

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**06.02.85 Patentblatt 85/6**

⑫

Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

⑬

Entgegenhaltungen:  
**DE - A - 2 807 755  
DE - A - 2 841 571  
FR - A - 2 165 183  
FR - A - 2 436 956  
GB - A - 1 418 663  
US - A - 3 358 853  
US - A - 3 940 301  
US - A - 3 943 994  
US - A - 4 130 160  
US - A - 4 202 660  
US - A - 4 230 651**

⑭

Patentinhaber: **Rosenthal Technik AG,  
Postfach 1508 Wittelsbacherstrasse 49,  
D-8672 Selb/Bayern (DE)**

⑮

Erfinder: **Heinrich, Jürgen, Dr. Dipl.-Ing.,  
Göringsreutherstrasse 1, D-8671 Selb/Bayern (DE)**  
Erfinder: **Schelter, Heinrich, Ing.grad.,  
Unterweissenbach 75, D-8672 Selb/Bayern (DE)**  
Erfinder: **Schindler, Stefan, Dr. Dipl.-Chem.,  
Häusellohweg 42, D-8672 Selb/Bayern (DE)**  
Erfinder: **Krauth, Axel, Dr. Dipl.-Ing.,  
Oberweissenbach 58, D-8672 Selb/Bayern (DE)**

**EP 0 074 471 B1**

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

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von keramischen Wärmetauschern, indem aus unter Verwendung von keramischen Schlickern gegossenen Folienbändern massgerechte Folienstücke ausgestanzt und gestapelt werden, wobei der so entstandene blockförmige Wärmetauscher einem Laminierprozess unter Verwendung einer Kunststoffmasse oder eines Klebers unterworfen und anschliessend der Rohkörper einem Sinterprozess ausgesetzt wird.

Es ist bereits ein Verfahren zur Herstellung von Wärmetauschern aus keramischen Folien aus der DE-A Nr. 2841571 bekannt, indem zwischen zwei Grundplatten ausgestanzte Folien mit Abstandshaltern aufeinandergestapelt und zusätzlich sogenannte Fenster in die Deckwandung eingefräst werden. Anschliessend wird ein solcher blockförmiger Wärmetauscher einem Kalt- oder Heisslaminierungsprozess unterworfen. Ein solches Verfahren zieht zwar höhere Herstellungskosten gegenüber dem üblichen Strangziehen von keramischen Wärmetauschern nach sich, aber man erhält sehr dünne Wandungen. Andererseits ist mit der Strangziehtechnik kein Einbau von sogenannten Schikanen quer zur Ziehrichtung der Strömungskanäle möglich. Auch die Handhabung beim Zusammenbau solcher Wärmetauscher aus Stäben und dünnwandigen Folien ist sehr schwierig, und ausserdem ist die Herstellungsmethode sehr arbeitsaufwendig. Ferner hat sich beim Laminieren herausgestellt, dass nicht immer alle Folien gleichmässig aufeinander haften, und insbesondere verschmieren bei der Rohbearbeitung des ungesinterten Wärmetauscherblockes die Werkzeuge leicht durch den organischen Bindemittelgehalt der Folien. Entfernt man nun das gesamte Bindemittel aus der Keramik, so wird der Körper sehr spröde, so dass wiederum dieser sich schlecht bearbeiten lässt.

Des weiteren ist aus der GB-A Nr. 1418459 ein Verfahren bekannt, das die Herstellung von Wärmetauschern aus Folien vorsieht. Die Folien von etwa 0,15 mm Dicke werden auf einem verbrennbaren Trägermaterial mittels des Doctor-Blade-Verfahrens hergestellt, wobei sich als besonders nachteilig erwiesen hat, dass die Abstandshalter zwischen den Medientrennwänden in sehr aufwendigen und für eine Serienfertigung wenig geeigneten Technik erstellt werden. Der Aufbau des Wärmetauschers erfolgt durch abwechselndes Aufeinanderlegen von Siliciumkunststoffolien und Abstandshaltern, die auf Giessfolien aufgebracht sind. Unter Verwendung von Druck und Temperatur als auch eines Lösungsmittels oder Klebers werden die einzelnen Teile des Wärmetauschers zusammengefügt. Beim Brennen muss zuerst das Papier entfernt werden, dann der Binder und schliesslich der Nitridierungsprozess durchgeführt werden. Beim Verbrennen des Papiers muss ausserdem sichergestellt werden, dass die feine Siliciumstruktur nicht beschädigt wird, und die dabei gebildete Asche wird durch Ultraschall-

waschen entfernt. Ferner ist vor dem Verbrennen des Papiers eine Teilnitridierung des Wärmetauscherblockes durchzuführen.

Die aufgetretenen Mängel bei dem beschriebenen Verfahren erlauben keine rationelle Massenfertigung, insbesondere wenn hintergriffige oder gekrümmte Kanalführungen notwendig sind. Auch weisen die Wärmetauscher nach ihrer Fertigstellung oft ein inhomogenes Gefüge auf. Dies zeigt sich besonders bei Wärmetauschern aus Siliciumnitrid, da durch die poröse Oberfläche dieses Werkstoffes man keine glatten Strömungskanäle erhält und somit das Strömungsverhalten nicht optimal ist.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass auch hintergriffige und gekrümmte Kanalführungen möglich werden, ferner beim Zusammenfügen der einzelnen Folien zu einem Wärmetauscher, die Abstandshalter, die Endstücke als auch das Einfräsen der Fenster entfällt, insbesondere auch die Laminierfehler beseitigt werden und die Bearbeitung des laminierten Rohkörpers mit entsprechenden Werkzeugen möglich wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im Hauptanspruch angegebenen Verfahrensschritte gelöst. Weitere Merkmale hinsichtlich der Erfindung und der verwendeten Werkstoffe ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Für die Herstellung der Folien werden übliche keramische Schlicker verwendet. Der Schlicker besteht aus einem keramischen Pulver, organischen Bindemitteln, Dispergier- oder Verdünnungsmitteln und ggf. Weichmachern sowie sonstigen Hilfsmitteln in Form von Ölen. Ausgegangen wird hauptsächlich von Siliciumschlickern, denen bevorzugt 3 bis 10 Gew.-% Cordierit zugegeben wird. Andere keramische Pulver bestehen aus Cordierit mit der Zusammensetzung von 9 bis 20 Gew.-% MgO, 30 bis 50 Gew.-%  $Al_2O_3$  und 41 bis 57 Gew.-%  $SiO_2$ . Ferner eignet sich auch gut Siliciumcarbid, wobei die Mischung aus 70 bis 92 Gew.-% SiC und 8 bis 30 Gew.-% C besteht. Ferner können halbleitende Bariumtitanate verwendet werden, wenn der Wärmetauscherblock gleichzeitig als Heizelement einzusetzen ist, indem er mit elektrischem Strom beaufschlagt wird. Das organische Bindemittel unterliegt an sich keiner besonderen Beschränkung, sofern eine gute Bindung zum keramischen Pulver gewährleistet ist und bei der Folie ggf. in Kombination mit dem Weichmacher die erforderliche Zähigkeit und Masshaltigkeit vorliegt. Insbesondere gut bewährt haben sich Polyvinylacetate und Polyvinylbutyral. Als Dispergierungs- und Verdünnungsmittel dienen Wasser oder organische Lösungsmittel wie zum Beispiel Äthanol, Toluol und Trichloräthylen. Erfindungsgemäss besonders geeignete Rahmenrezepturen für die Herstellung der Keramikfolien sind nachfolgend angegeben, wobei die Schlickerrezepturen nach Keramikrohstoff- und Binde- bzw. Lösungsmitteln aufgeschlüsselt sind:

Rohstoffe	Bevorzugter Bereich (Gew.-%)	Spezielles Beispiel (Gew.-%)
Keramische Pulver	60 - 70	65
Bindemittel	7 - 10	8
Lösungsmittel	23 - 30	27

Die Viskosität des Schlickers ist insbesondere durch den Lösungsmittelgehalt beeinflussbar. Auch hat sich herausgestellt, dass die Anwendung von Ultraschall bei der Aufbereitung des Giessschlickers besonders vorteilhaft ist. Durch diese Behandlung erhält man einen Giessschlicker mit grösserer Homogenität, besseren Gieseigenschaften und einem maximalen Gehalt an Feststoffanteilen, was sich besonders auf die Rohdichte der Folie auswirkt. Auf diese Weise kann man Folien mit grösserer Packungsdichte und verbesserten mechanischen Eigenschaften bekommen. Weiterhin ist es sinnvoll, am Giessband eine Vibrationsvorrichtung vorzusehen, die den Giessschlicker nochmals verdichtet bzw. eine gleichmässige Folienstärke über die ganze Bandbreite ermöglicht.

Nach diesem Verfahren werden die Keramikfolien nach dem Laminieren auf Endmass gebracht. Werden dicke Folien bzw. sehr hohe Strömungskanäle verlangt, die über die Folienstärke von 0,1 bis 1,5 mm hinausgehen, so werden in einem Vorlaminierungsprozess die Folien zu einzelnen Karten mit einem Laminierhilfsmittel verbunden. Aus diesen Folien bzw. Karten werden dann verschiedene Strömungskanäle ausgestanzt bzw. wird die Folie einem Prägeverfahren unterworfen. Im letzteren Fall werden die keramischen Folien in Matrizen bei 20 bis 120°C und Drücken von 5 bis 100 bar ausgesetzt, wodurch kammartige Vorsprünge entstehen.

Die ausgestanzten bzw. geprägten Karten werden dann mittels einer Vorrichtung zu einem Wärmetauscherblock aufgebaut, mit der gleichzeitig das Zusammenlaminieren der Einzelschichten mit Hilfe einer Laminierpresse erfolgt.

Bei dem Laminierungsvorgang verwendet man eine Pressvorrichtung bei Drücken von 0,1 bis 15, vorzugsweise 1 bar und Zeitintervalle von 1 bis 10 s. Normalerweise wird bei Raumtemperatur gearbeitet, aber auch Temperaturen bis zu 100°C sind anwendbar. Im einzelnen Fall richtet sich der angewendete Druck nach dem Organikgehalt und der Art des Laminierhilfsmittels. Für den Laminierungsvorgang benutzt man entweder eine Paste, die vorzugsweise einen keramischen Füllstoff enthält oder ein rein organisches Klebemittel, welche durch Siebdrucken, Spraysen oder Rollen aufgetragen werden. Die Anwendung von Laminierhilfsmittel bringt mehrere Vorteile mit sich. Zum einen werden niedrige Drücke beim Laminierungsvorgang ermöglicht, wodurch eine Verformung der Strömungskanäle vermieden wird. Weiterhin wird die Welligkeit der Folien ausgeglichen und schliesslich verringert das Laminierhilfsmittel wirkungs-

voll die Laminierfehler. Anschliessend erfolgt das Ausheizen der organischen Bestandteile von 40 bis 60% des Kunststoffanteils, was eine zusätzliche Rohfestigkeit bewirkt. Damit wird auch erreicht, dass der Wärmetauscherblock gut bearbeitbar ist, ohne dass die Werkzeuge durch die organischen Bestandteile der keramischen Folie verschmieren. Danach erfolgt das Ausheizen der restlichen organischen Bestandteile und das Sintern des Wärmetauscherblockes zwischen 1200 bis 1700°C. Eventuell ist noch ein Nachbearbeiten der Eingangs- und Austrittsöffnungen der Strömungskanäle notwendig, um einen guten Anschluss zu den verschiedenen zu- und abführenden Medien zu erhalten.

Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht auch eine weitgehende Automatisierung, da bei der bisherigen Herstellung durch die einzelne Handhabung beim Stanzen, Positionieren und Laminieren kein kontinuierlicher Arbeitsvorgang durchführbar war. Nach dem Verfahren der Erfindung erhält man Wärmetauscher, die sehr homogen sind und eine sehr gute Kontaktauflage zwischen den einzelnen Schichten nach dem Sintern zeigen. Mit dem verbesserten Verfahren ergeben sich auch qualitativ bessere Wärmetauscher, und/ohne grösseren Aufwand können sogenannte Schikanen quer zur Strömungseinrichtung der Kanäle eingebaut werden. Die Schikanen sind wählbar und nicht mehr abhängig vom Herstellungsprozess. Eine weitere Möglichkeit sieht vor, dass man gekrümmte Strömungskanäle herstellen kann. Somit sind auch unsymmetrische und zylinderförmige Wärmetauscher zu fertigen. Weiterhin kann man Wärmetauscher erhalten, die wahlweise aus Schichten von Siliciumnitrid, Siliciumcarbid und Cordierit in Form von Platten oder Folien bestehen gemäss der DE-A Nr. 2631092. Durch diese Verwendung von Cordierit, insbesondere bei Siliciumnitrid erhält man glatte und damit widerstandssarme Strömungskanäle.

Weitere Besonderheiten des erfindungsgemässen Verfahrens zum Herstellen von Wärmetauschern aus einzelnen Folien ergeben sich aus dem Beschreibungsteil anhand der Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 den Verfahrensstammbaum des erfindungsgemässen Verfahrens,

Fig. 2 eine Draufsicht auf Karten mit und ohne verschiedenen ausgestanzten Strömungskanälen, und

Fig. 3 die perspektivische Ansicht einer Ausführungsform gemäss dem erfindungsgemässen Verfahren.

Die Fig. 1 zeigt das Herstellungsverfahren eines erfindungsgemässen Gas/Flüssigkeits-Wärmetauschers aus Siliciumnitrid. Zur Herstellung des keramischen Giessschlickers werden 100 Gew.-% Siliciumpulver mit 24 Gew.-% Äthanol, 10 Gew.-% Toluol, 1,5 Gew.-% Menhaden-Öl, 8 Gew.-% Polyvinylbutyral und als Weichmacher 5 Gew.-% Palatinol und/oder Ucon-Öl zugegeben. Diese Mischung wird 20 h in einer Trommelmühle mit  $Al_2O_3$ -Kugeln gemahlen und der Schlicker wird anschliessend evakuiert. Das übli-

che Verziehen des Schlickers zur Folienherstellung erfolgt auf einem Stahlband. Die Schlickerzugabe geschieht über einem Giessschuh, wobei die Folienstärke durch eine einstellbare Spalthöhe von 0,2 bis 1,5 mm am Giessschuh bestimmt wird. Die Folie wird dann vom Stahlband abgezogen und vereinzelt. Dabei hat sich als zweckmässigherausgestellt, sogenannte Vorlamine aus zwei bis drei Folien aufzubauen. Die Verbindung der einzelnen Folien untereinander wird durch Aufsprayen bzw. durch Auftragen eines Laminierhilfsmittels erreicht. Im letzteren Fall verwendet man eine Paste, die beispielsweise aus 65 Gew.-% Silicium und/oder Cordierit bzw. aus Mischungen derselben besteht. In der Paste sind ferner 20 bis 40 Gew.-% ungesättigte Alkohole und 3 bis 10 Gew.-% Bindemittel, die Weichmacher und Polyvinylbutyral enthalten. Der Aufdruck der Paste erfolgt in diesem Fall im Siebdruckverfahren. Gleichzeitig wird durch den Feststoffgehalt der Paste die Oberflächenunebenheit ausgeglichen. Ebenfalls erfolgt ein oberflächiges Anlösen der Folien durch die Paste, was später zu homogenen Verbindungen der einzelnen Schichten führt. Bei der Verwendung von Siliciumfolien ist es sinnvoll, die Vorlamine vollständig zu bedrucken, zumal wenn die Paste einen Cordieritbestandteil enthält, der mit dem späteren Siliciumnitrid im Sinterprozess zur Ausschwitzung von einer Glasphase führt, was glatte und dichte Oberflächen der Strömungskanäle bewirkt. Ansonsten werden nur diejenigen Stellen bedruckt, die zur Verbindung der Folien notwendig sind. Damit wird erreicht, dass die ausgestanzten Teile wieder zurückgeführt und dem Giessschlicker beigesetzt werden können.

In Fig. 2 sind die rechteckigen Folien bzw. Karten mit einer Dicke von 0,9 mm für den Aufbau eines Gasheizwärmetauschers zu sehen. Diese Karten 1 haben dabei Abmessungen von 120 x 400 mm und sind mit einem zusätzlichen Rand 2 versehen, der bei der späteren Nachbearbeitung entfernt wird. Bei den ausgestanzten Karten mit einer Stärke von 1,8 mm weisen die Rauchgaskanäle 3 eine Breite von 50 mm auf, und die Wandungen 4 haben eine Breite von 3 bis 7 mm. Während für die ausgestanzten Wassertaschen 5 eine Breite von 100 mm gewählt worden ist und mit Schikanen 6 senkrecht zur Strömungsrichtung versehen sind, beträgt hier die Kartendicke 2,7 mm. Die Schikanen sollen insbesondere bewirken, dass die Temperaturverteilung gleichmässig in den Strömungskanälen ist.

Der gestapelte Wärmetauscherblock wird, nachdem er der Laminierpresse entnommen worden ist, bei Temperaturen zwischen 100 bis 200°C einer Temperaturbehandlung unterworfen. Dabei verflüchtigen sich die organischen Bestandteile besonders der Weichmacher und das Laminierhilfsmittel. Der Ausheizvorgang dauert 1 bis 2 d, wobei 40 bis 60% der organischen Bestandteile aus dem Wärmetauscherblock ausgetrieben werden. Danach kann der Wärmetauscherblock gleichsam durch Fräsen oder Sägen bearbeitet werden, so dass er seine endgültigen Masse erhält. In einem Zeitraum von ca. 2 bis 3 d wird dann der

restliche Gehalt an organischen Bestandteilen bei Temperaturen zwischen 200 und 300°C ausgeheizt. Durch diese Massnahme entfällt insbesondere bei Siliciumfolien dann das übliche Vorsintern bzw. Vornitridierung bei 1100 bis 1300°C. Die Nitridierung erfolgt dann in bekannter Weise zwischen 1300 bis 1400°C. Wie schon erwähnt, kann man die Dichtigkeit der fertigen Siliciumwärmetauscher noch erhöhen, indem man zweckmässigerweise 3 bis 10 Gew.-% Silicium durch Cordierit beim Laminierhilfsmittel ersetzt. Diese Massnahme kann auch beim Giessschlicker erfolgen. Dann ist jedoch ein Nachsintern bei Temperaturen zwischen 1300 bis 1400°C notwendig, und zwar unter Anwesenheit von Sauerstoff, wie sich aus der DE-A Nr. 2544437 ergibt. Das Ergebnis dieses Verfahrens ist ein homogener einstückiger Wärmetauscher, der sich durch eine gleichmässige Festigkeit auszeichnet.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von keramischen Wärmetauschern, indem aus unter Verwendung von keramischen Schlickern gegossenen Folienbändern massgerechte Folienstücke ausgestanzt und gestapelt werden, wobei der so entstandene blockförmige Wärmetauscher einem Laminierprozess unter Verwendung einer Kunststoffmasse oder eines Klebers unterworfen und anschliessend der Rohkörper einem Sinterprozess ausgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedlich geformte Strömungskanäle, einschliesslich Schikanen, und Öffnungen für die Medienanschlüsse in die Folien direkt eingestanzt oder eingeprägt werden, wobei durch Vorlaminierung einzelner Folien eine bestimmte Schichtdicke erhalten wird, die einzelnen Folien mit einem Druck von 0,1 bis 15 bar und in Zeitintervallen von 1 bis 6 s einzeln zusammenlaminiert werden, wobei jede einzelne Schicht mit einem Laminierhilfsmittel, vorzugsweise einer Paste mit hohem Feststoffanteil, versehen wird, um die Unebenheiten der Folien auszugleichen; dass die organischen Bestandteile auf 40 bis 60% des Kunststoffanteils ausgeheizt werden, um den Rohkörper bearbeitungsfähig zu machen, der Wärmetauscherblock nachbehandelt wird und anschliessend die restlichen organischen Bestandteile zwischen 200 bis 300°C entfernt werden, und dass ein eventuelles Nachbearbeiten der Ein- und Ausgangsöffnungen der Strömungskanäle nach dem Brennen zwischen 1200 bis 1700°C erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Siliciumschlicker vorzugsweise 3 bis 10 Gew.-% Cordierit enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich der keramische Anteil beim Cordieritschlicker aus 9 bis 10 Gew.-% MgO, 30 bis 50 Gew.-% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 41 bis 57 Gew.-% SiO<sub>2</sub> zusammensetzt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der keramische Anteil beim

Siliciumcarbideschlicker aus 70 bis 92 Gew.-% SiC und 8 bis 30 Gew.-% C besteht.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Giessschlicker halbleitende Bariumtitanatverbindungen enthält.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungskanäle durch Prägen erzeugt werden, indem die keramischen Folien in Matrizen bei 20 bis 120°C und Drücken von 5 bis 15 bar ausgesetzt werden.

## Claims

1. Method of manufacturing ceramic heat exchangers using foil bands moulded from ceramic slurries in which dimensionally correct pieces of foil are punched out and stacked, whereby the block-shaped heat exchanger thus produced is subjected to a laminating process using a plastics composition or an adhesive and the semi-finished body is subjected to a sintering process, characterised in that differently shaped flow channels including baffle plates and openings for the media connections are directly stamped or impressed into the foils, whereby a predetermined layer thickness is obtained by prelamination of individual foils, the individual foils are individually laminated together with a pressure of 0.1 to 15 bar and at time intervals of 1 to 6 s, whereby each individual layer is provided with a laminating aid, preferably a paste with a high proportion of solid material, to compensate for the roughness of the foils; in that the organic components up to 40 to 60% of the plastics proportion are baked out in order to make the semi-finished body processable, the heat exchanger block is post-treated, and subsequently the remaining organic components are removed at between 200 to 300°C, and in that an optional post-treating of the inlet and outlet openings of the flow channels occurs after the firing at between 1,200 to 1,700°C.

2. Method as claimed in Claim 1, characterised in that the silicon slurry preferably contains 3 to 10% by weight of cordierite.

3. Method as claimed in Claim 1, characterised in that the ceramic proportion in the cordierite slurry comprises 9 to 10% by weight of MgO, 30 to 50% by weight of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and 41 to 57% by weight of SiO<sub>2</sub>.

4. Method as claimed in Claim 1, characterised in that the ceramic proportion in the silicon carbide slurry comprises 70 to 92% by weight of SiC and 8 to 30% by weight of C.

5. Method as claimed in Claim 1, characterised in that the moulding slurry contains semi-conductive barium titanate compounds.

6. Method as claimed in any of Claims 1 to 5, characterised in that the flow channels are produced by stamping whilst the ceramic foils are

subjected in matrices to 20 to 120°C and pressures of 5 to 15 bar.

## Revendications

1. Procédé pour la production d'échangeurs de chaleur en céramique, selon lequel on découpe et empile des morceaux de feuilles bien délimités formés à partir de bandes coulées en barbotine céramique, le bloc échangeur de chaleur résultant étant soumis à un laminage avec utilisation d'une masse en matière plastique ou d'une colle et le corps cru étant finalement exposé à un frittage, caractérisé en ce que l'on creuse ou imprime directement dans les feuilles des canaux de circulation de formes différentes, comportant des chicanes, et des ouvertures pour les raccords des milieux, une épaisseur de couche prédéterminée étant obtenue par pré-laminage de feuilles séparées, les feuilles séparées étant laminées ensemble sous une pression comprise entre 0,1 et 15 bar et pendant des intervalles de temps compris entre 1 et 6 s, chaque couche séparée étant munie d'un agent de laminage, de préférence d'une pâte à forte teneur en matière solide, en vue d'égaliser les irrégularités des feuilles; les composants organiques de 40 à 60% de la portion en matière plastique étant chauffés de façon à rendre le corps cru façonnable, le bloc échangeur thermique étant ensuite traité et finalement les portions organiques restantes étant évacuées entre 200 et 300°C, et une éventuelle reprise des ouvertures d'entrée et de sortie des canaux de circulation étant exécutée après la cuisson entre 1200 et 1700°C.

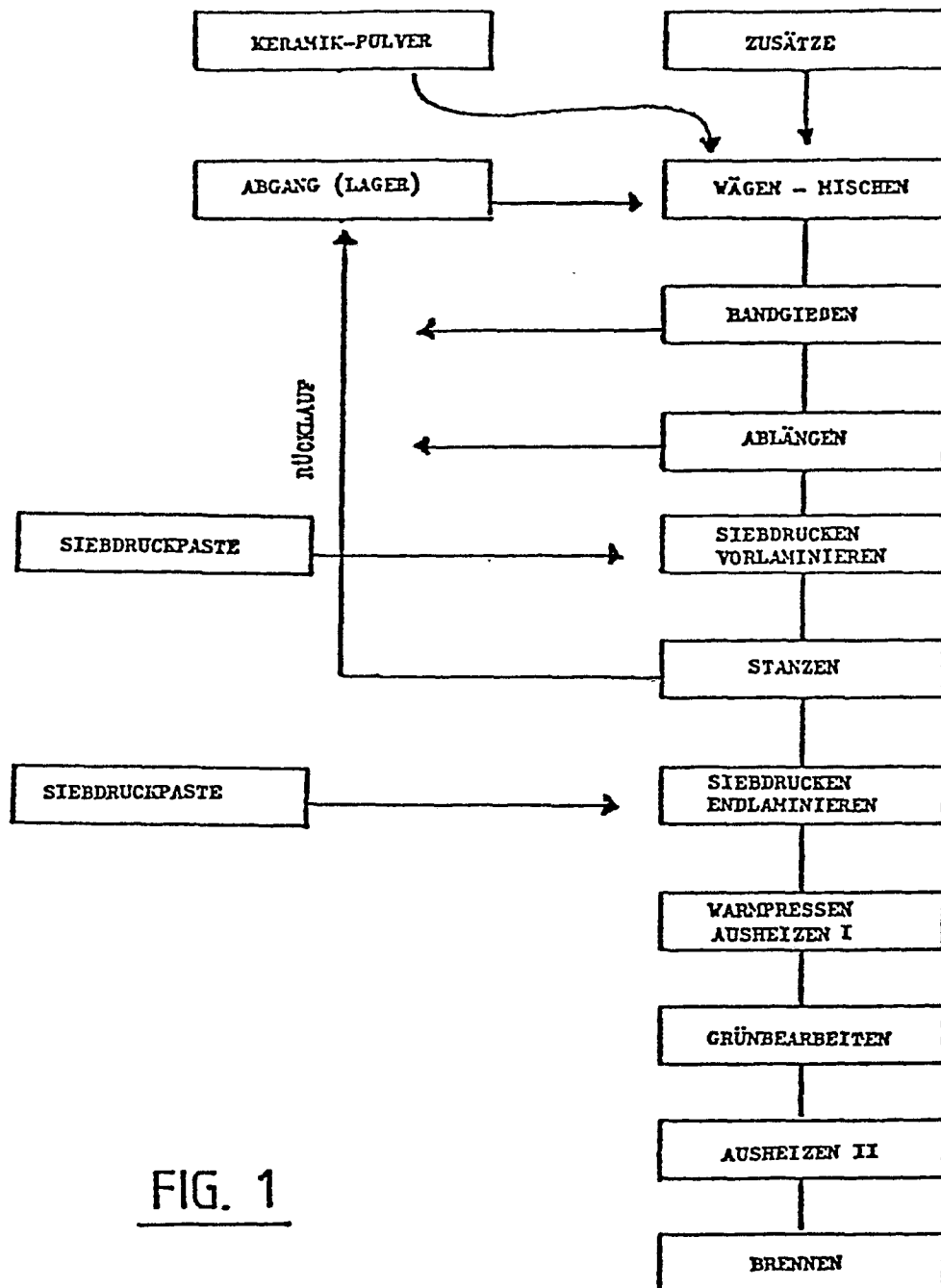
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la barbotine à base de silicium contient une proportion pondérale de cordiérite comprise entre 3 et 10%.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la portion céramique est composée d'une barbotine à base de cordiérite contenant des proportions pondérales respectives de 9 à 10% de MgO, de 30 à 50% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et de 41 à 57% de SiO<sub>2</sub>.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la portion céramique de la barbotine à base de carbure de silicium comprend des proportions pondérales comprises entre 70 et 92% de SiC et de 8 à 30% de C.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la barbotine coulée comporte des combinaisons de titanate de baryum semi-conducteur.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les canaux de circulation sont obtenus par impression, les feuilles céramiques étant mises en forme de matrices à une température comprise entre 20 et 120°C et sous une pression comprise entre 5 et 15 bar.

FIG. 1

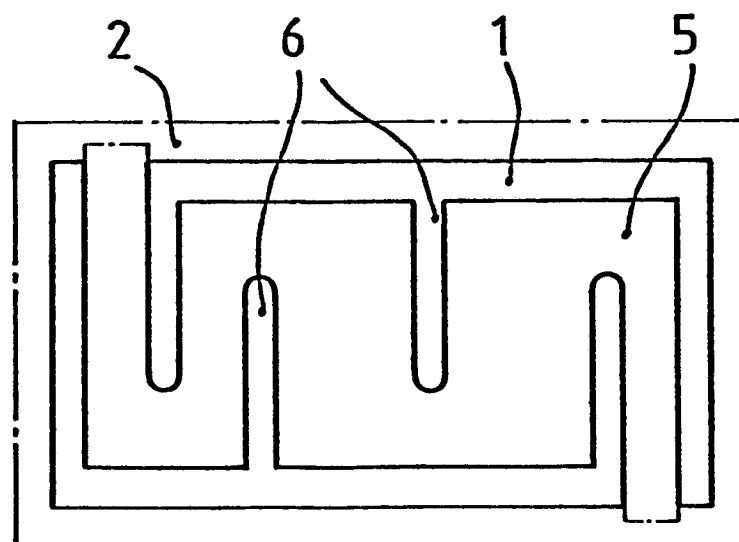
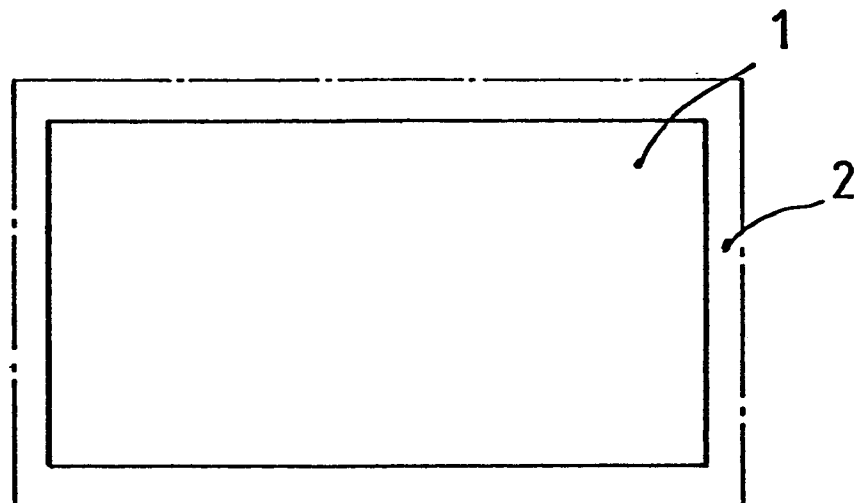
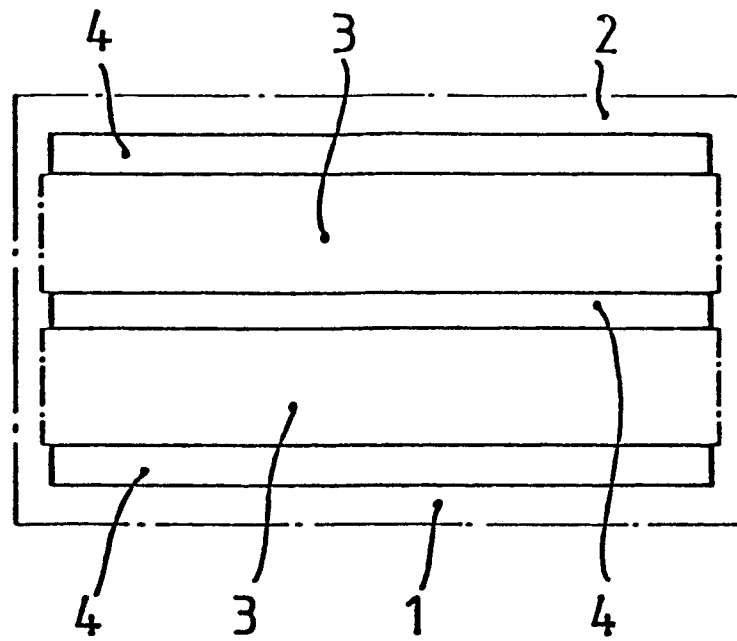


FIG. 2

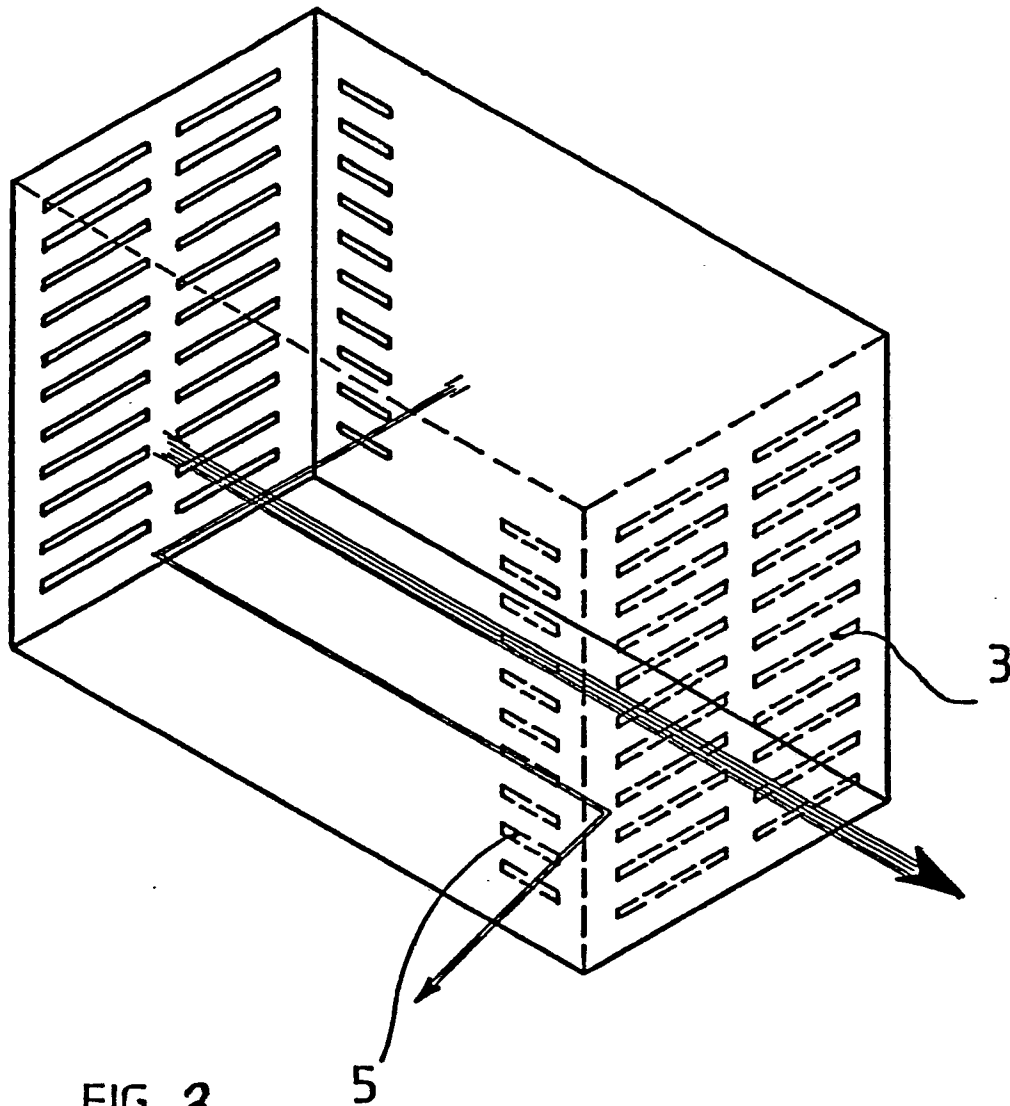


FIG. 3