



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 000 507.1**

(22) Anmeldetag: **28.01.2020**

(43) Offenlegungstag: **13.08.2020**

(51) Int Cl.: **C04B 35/10 (2006.01)**
B01D 46/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2019-022104 08.02.2019 JP

(71) Anmelder:
NGK Insulators, Ltd., Nagoya-shi, Aichi, JP

(74) Vertreter:
**Lederer & Keller Patentanwälte Partnerschaft
mbB, 80538 München, DE**

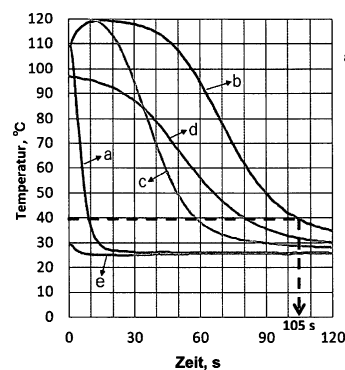
(72) Erfinder:
**Itadu, Ken, Nagoya-shi, Aichi, JP; Fujie, Nobuhiro,
Nagoya-shi, Aichi, JP; Watanabe, Yuji, Nagoya-
shi, Aichi, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Wabenstruktur**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Herstellung einer Wabenstruktur, wobei das Verfahren:
einen Schritt des Trocknens eines säulenförmigen Wabenformkörpers, umfassend Trennwände, die mehrere Zellen definieren, die jeweils einen Durchflussweg bilden, der von einer ersten Endfläche zu einer zweiten Endfläche verläuft; und
nach dem Schritt des Trocknens einen Schritt des Abkühlens des Wabenformkörpers durch Ausüben einer Saugkraft auf die erste Endfläche des Wabenformkörpers, damit ein Kühlmittel in den Wabenformkörper ausgehend von der zweiten Endfläche strömen, die Zellen durchqueren und aus der ersten Endfläche ausströmen kann, umfasst.



a: zentraler Abschnitt Lufteinlass
b: zentraler Abschnitt Luftauslass
c: Zentrum im Inneren der Wabe
d: Wabenseitenfläche
e: Umgebungstemperatur

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Wabenstruktur.

HINTERGRUNDTECHNIK

[0002] Ein Abgas, das aus einem Verbrennungsmotor wie einem Dieselmotor oder einem Benzin-Direkteinspritzer ausgestoßen wird, enthält eine große Menge an Feststoffteilchen (Feinstoffpartikel), die hauptsächlich auf Kohlenstoff basieren, der Umweltverschmutzung verursachen wird. Daher wurden Abgasanlagen von Dieselmotoren oder dergleichen in der Regel mit Filtern zum Auffangen von Feststoffteilchen ausgestattet, und Abgasanlagen der Benzin-Direkteinspritzer werden zunehmend mit Filtern zum Auffangen von Feststoffteilchen ausgestattet.

[0003] Als ein solcher Filter ist eine keramische säulenförmige Wabenstruktur bekannt, umfassend: mehrere erste Zellen (**108a**), die von einer ersten Endfläche (**104**) zu einer zweiten Endfläche (**106**) verlaufen, wobei die erste Endfläche (**104**) offen ist und die zweite Endfläche (**106**) verschlossene Abschnitte (**103**) aufweist; und mehrere zweite Zellen (**108b**), die von der ersten Endfläche (**104**) zu der zweiten Endfläche (**106**) verlaufen, wobei die erste Endfläche (**104**) verschlossene Abschnitte (**103**) aufweist und die zweite Endfläche (**106**) offen ist, wobei die ersten Zellen (**108a**) und die zweiten Zellen (**108b**) abwechselnd nebeneinander mittels Trennwänden (**112**) angeordnet sind (siehe **Fig. 8**).

[0004] Die keramische säulenförmige Wabenstruktur wird hergestellt, indem ein Grünkörper unter Bereitstellung eines Wabenformkörpers extrudiert und dann dieser gebrannt wird. Da der Wabenformkörper eine große Menge Wasser enthält, wird der Brennschritt üblicherweise durchgeführt, nachdem der Wabenformkörper extrudiert, getrocknet und abgekühlt worden ist.

[0005] Die japanische Patentanmeldung, Veröffentlichungsnummer 2002-283330 A (Patentdokument 1) offenbart, dass zum Trocknen eines Wabenformkörpers, ohne Defekte wie Risse und Falten an einer Außenumfangswand des Wabenformkörpers zu verursachen, der extrudierte tonartige Wabenformkörper durch Aussetzen desselben einer hochfeuchten Atmosphäre mit einer Feuchtigkeit von 70 % oder mehr und ebenso Bestrahlen desselben mit Mikrowellen in einem Frequenzbereich von 1.000 bis 10.000 MHz und dann Anwenden von Heißluft auf den obigen Wabenformkörper, so dass diese die Zellen durchquert, getrocknet wird. Ferner offenbart das Dokument, dass der Wabenformkörper nach dem Heißluft-trocknen auf Raumtemperatur abgekühlt wird, indem

aus einem Kaltluftgenerator erzeugte Kaltluft angewandt wird, so dass sie die Zellen durchquert.

[0006] Die japanische Patentanmeldung, Veröffentlichungsnummer 2013-121704 A (Patentdokument 2) offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines grünen Wabenformkörpers, umfassend einen Schritt des Erwärmens und Trocknens eines wabenförmigen Grünkörpers mit mehreren Durchgangslöchern und einen Schritt des Abkühlens des Grünkörpers durch Zuführen eines Kühlmittels aus einem Gebläse in die Durchgangslöcher des Grünkörpers, während der Grünkörper nach dem Schritt des Trocknens transportiert wird. Das Dokument offenbart, dass Verformung und Brechen während des Abkühlens und Bearbeitens unterbunden werden können, wenn der Grünkörper zwingend unter Verwendung des Kühlmittels abgekühlt wird, nachdem der Grünkörper erhitzt und getrocknet worden ist.

ZITATENLISTE

[0007] Patentreliteratur

Patentdokument 1 japanische Patentanmeldung, Veröffentlichungsnummer 2002-283330 A

Patentdokument 2 japanische Patentanmeldung, Veröffentlichungsnummer 2013-121704 A

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Gemäß den in Patentdokument 1 und Patentdokument 2 beschriebenen Wabenstruktur-Herstellungstechniken könnten Defekte, Verformung oder Brechen der Wabenstruktur unterbunden werden. Diese Herstellungstechniken berücksichtigen aber nicht ausreichend, wie die Produktivität der Wabenstruktur wie Senkung der Herstellungskosten und Verbesserung der Herstellungsgeschwindigkeit zu verbessern wäre.

[0009] Die vorliegende Erfindung entstand im Hinblick auf die obigen Umstände. Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung einer Wabenstruktur, mit dem die Produktivität verbessert werden kann.

[0010] Im Ergebnis intensiver Studien zur Lösung des obigen Problems haben die betreffenden Erfinder die folgenden Punkte herausgefunden. Im Stand der Technik wird Kaltluft aus dem Gebläse in die Zellen des Wabenformkörpers eingeleitet. Der Öffnungsbereich jeder Zelle des Wabenformkörpers ist jedoch klein, so dass, selbst wenn das Kühlmittel in Richtung der Zellen eingeleitet wird, Widerstand dahingehend erzeugt wird, dass verhindert wird, dass die Kaltluft effizient in die Zellen gelangt und viel von dem aus dem Gebläse eingeleiteten Kühlmittel die Zellen nicht durchquert. Daher dauert das Abkühlen des Wabenformkörpers im Stand der Technik lange. Es

besteht insbesondere das Problem, dass die Temperatur nahe dem Auslass für das Kühlmittel aus dem Wabenformkörper nicht leicht sinkt. Um den Wabenformkörper rasch abzukühlen, muss eine große Menge Kühlmittel in Richtung des Wabenformkörpers geleitet werden, was wiederum zu dem Problem führt, dass die Herstellungskosten steigen.

[0011] Die betreffenden Erfinder haben auf Grundlage der obigen Erkenntnisse ein Verfahren zum Abkühlen des Wabenformkörpers untersucht und herausgefunden, dass das Problem zweckmäßigerweise dadurch gelöst wird, dass das Kühlmittel in die Zellen gesaugt und nicht geleitet wird. Die vorliegende Erfindung wurde aufgrund der Erkenntnisse vervollkommen und ist nachstehend veranschaulicht.

[1] Ein Verfahren zur Herstellung einer Wabenstruktur, wobei das Verfahren:

einen Schritt des Trocknens eines säulenförmigen Wabenformkörpers, umfassend Trennwände, die mehrere Zellen definieren, die jeweils einen Durchflussweg bilden, der von einer ersten Endfläche zu einer zweiten Endfläche verläuft; und

nach dem Schritt des Trocknens einen Schritt des Abkühlens des Wabenformkörpers durch Ausüben einer Saugkraft auf die erste Endfläche des Wabenformkörpers, damit ein Kühlmittel in den Wabenformkörper ausgehend von der zweiten Endfläche strömen, die Zellen durchqueren und aus der ersten Endfläche ausströmen kann, umfasst.

[2] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß [1], wobei in dem Schritt des Abkühlens die Beziehung: $0,9 \times F_1 \leq F_2 \leq 1,0 \times F_1$ erfüllt ist, wobei F_1 die Strömungsgeschwindigkeit des mittels einer Saugvorrichtung angesaugten Kühlmittels ist und F_2 die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels ist, das aus der ersten Endfläche des Wabenformkörpers, auf die die Saugkraft mittels der Saugvorrichtung ausgeübt wird, ausströmt.

[3] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß [1] oder [2], wobei der Schritt des Abkühlens:

das Einführen des Wabenformkörpers in einen hohlen Abschnitt einer Ballonklemmvorrichtung von der Seite der ersten Endfläche durch eine Einführungsöffnung der Ballonklemmvorrichtung, wobei die Ballonklemmvorrichtung die Einführungsöffnung; eine Kommunikationsöffnung zur Saugvorrichtung; den hohlen Abschnitt zwischen der Einführungsöffnung und der Kommunikationsöffnung; und einen um den hohlen Abschnitt angeordneten Ballon umfasst;

das Einspritzen eines Fluids in den Ballon, um den Ballon auszudehnen und den Wabenform-

körper an der Ballonklemmvorrichtung zu fixieren; und

das Betätigen der Saugvorrichtung, um die Saugkraft an der ersten Endfläche des an der Ballonklemmvorrichtung fixierten Wabenformkörpers über die Kommunikationsöffnung bereitzustellen, umfasst.

[4] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß einem von [1] bis [3], wobei der Schritt des Abkühlens ferner das Einleiten des Kühlmittels aus einem Gebläse in Richtung der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers umfasst.

[5] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß einem von [1] bis [4], wobei der Schritt des Abkühlens das Abkühlen des Wabenformkörpers mit 100 °C oder mehr auf 40 °C oder weniger umfasst.

[6] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß [5], wobei in dem Schritt des Abkühlens die Abkühlzeit von 100 °C auf 40 °C 120 Sekunden beträgt.

[7] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß einem von [1] bis [6], wobei der Schritt des Abkühlens durchgeführt wird, während der Wabenformkörper so angeordnet ist, dass die Strömungswegrichtung der Zellen die vertikale Richtung ist.

[8] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß einem von [1] bis [7], ferner umfassend einen Schritt des Verschließens einer Öffnung mindestens einer Zelle auf der Seite der ersten Endfläche und/oder auf der Seite der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers nach dem Schritt des Abkühlens.

[9] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß einem von [1] bis [8], ferner umfassend einen Schritt des Schneidens des Wabenformkörpers in einer Richtung orthogonal zur Strömungswegrichtung der Zellen nach dem Schritt des Abkühlens.

[10] Das Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur gemäß einem von [1] bis [7], wobei das Verfahren nach dem Schritt des Abkühlens das Durchführen in dieser Reihenfolge eines Schrittes des Schneidens des Wabenformkörpers in einer Richtung orthogonal zur Strömungswegrichtung der Zellen und eines Schrittes des Verschließens einer Öffnung mindestens einer Zelle auf der Seite der ersten Endfläche und/oder auf der Seite der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers umfasst.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung einer Wabenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Nutzungseffizienz

des Kühlmittels während des Abkühlens des Wabenformkörpers gesteigert werden, so dass die Menge des verwendeten Kühlmittels verringert werden kann und/oder der Wabenformkörper für einen kurzen Zeitraum abgekühlt werden kann. Daher kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Produktivität der Wabenstruktur verbessert werden.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch ein Beispiel für einen abzukühlenden Wabenformkörper zeigt.

Fig. 2 ist eine schematische Ansicht, die ein Konstruktionsbeispiel für eine Ballonklemmvorrichtung zeigt.

Fig. 3-1 ist eine schematische Ansicht, die ein Anordnungsbeispiel für eine Chargen-Kühleinrichtung zeigt, die gleichzeitig mehrere Wabenformkörper abkühlen kann.

Fig. 3-2 ist eine schematische Ansicht, die ein anderes Anordnungsbeispiel für eine Chargen-Kühleinrichtung zeigt, die gleichzeitig mehrere Wabenformkörper abkühlen kann.

Fig. 3-3 ist eine schematische Ansicht, die noch ein anderes Anordnungsbeispiel für eine Chargen-Kühleinrichtung zeigt, die gleichzeitig mehrere Wabenformkörper abkühlen kann.

Fig. 4 ist eine schematische Ansicht, die einen Zustand zeigt, in dem ein Roboterarm Wabenformkörper in Ballonklemmvorrichtungen einführt.

Fig. 5 ist ein Beispiel für ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung einer Wabenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 ist eine schematische Ansicht, die Anordnungspositionen von Thermoelementen zeigt, wenn eine Temperaturveränderung eines Wabenformkörpers in den Beispielen überwacht wird.

Fig. 7 ist ein Diagramm, das eine Temperaturveränderung während des Abkühlens eines Wabenformkörpers in Beispiel 1 zeigt.

Fig. 8 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Struktur einer säulenförmigen Wabenstruktur mit verschlossenen Abschnitten zeigt.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0013] Nunmehr werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlicher beschrieben. Es versteht sich, dass die vorliegende Erfindung nicht durch die folgenden Ausführungsformen beschränkt sein soll

und angemessene Veränderungen, Verbesserungen oder dergleichen der Konstruktion auf Grundlage der gewöhnlichen Kenntnisse eines Fachmannes vorgenommen werden können, ohne vom Sinn der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0014] **Fig. 5** zeigt ein Beispiel für ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung einer Wabenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung, das nachstehend beschrieben wird.

(Struktur des Wabenformkörpers)

[0015] **Fig. 1** veranschaulicht eine perspektivische Ansicht, die schematisch ein Beispiel für einen abzukühlenden Wabenformkörper zeigt. Der veranschaulichte Wabenformkörper (**100**) umfasst: eine Seitenfläche (**102**) und mehrere Zellen (**108**), die in der Seitenfläche (**102**) angeordnet sind und Strömungswege bilden, die von einer ersten Endfläche (**104**) zu einer zweiten Endfläche (**106**) verlaufen. Die Zellen (**108**) werden von porösen Trennwänden (**112**) definiert.

[0016] Die Außenform des Wabenformkörpers ist nicht besonders eingeschränkt, solange sie eine Säulenform ist. Beispielsweise kann sie eine Säulenform sein, deren Endflächen polygonal oder kreisförmig sind. Beispiele für das Polygon umfassen ein Viereck (Rechteck, Quadrat usw.) und ein Sechseck. Beispiele für den Kreis umfassen einen vollkommenen Kreis, eine Ellipse und ein Oval. In einer typischen Ausführungsform kann die Außenform des Wabenformkörpers eine zylindrische Form oder eine viereckige Säulenform sein. Für eine Größe des Wabenformkörpers beträgt eine Fläche jeder der Endflächen im Hinblick auf eine Verbesserung der Wärmeschockbeständigkeit vorzugsweise 600 bis 20.000 mm² und stärker bevorzugt 1.000 bis 3.000 mm². Ferner kann eine Länge (Höhe) jeder Zelle des abzukühlenden Wabenformkörpers in einer Strömungswegrichtung beispielsweise 100 bis 500 mm und üblicherweise 120 bis 400 mm betragen.

[0017] Die Form der Zelle im Querschnitt orthogonal zur Zellenverlaufsrichtung (einer Höhenrichtung) ist nicht besonders eingeschränkt. Sie ist vorzugsweise ein Viereck, ein Sechseck, ein Achteck oder eine Kombination. Von diesen sind das Quadrat und das Sechseck bevorzugt. Eine solche Form der Zelle verringert den Druckabfall und liefert eine verbesserte Reinigungsleistung, wenn ein gebranntes Produkt des Wabenformkörpers als ein Filter verwendet wird.

(Formungsschritt)

[0018] Der Wabenformkörper kann beispielsweise mit Hilfe der folgenden Vorgehensweise geformt werden. Eine Rohmaterialzusammensetzung, enthaltend ein keramisches Rohmaterial, ein Dispersionsmedium (üblicherweise Wasser), einen Poren-

bildner und ein Bindemittel, wird unter Formung eines Grünkörpers geknetet, und dann wird der Grünkörper unter Erzeugung eines Wabenformkörpers extrudiert. Die Rohmaterialzusammensetzung kann nach Bedarf gegebenenfalls Additive wie ein Dispergiermittel enthalten. Die Extrusion kann unter Verwendung einer Düse mit der gewünschten Gesamtform, Zellenform, Trennwanddicke, Zellendichte und dergleichen durchgeführt werden.

[0019] Das keramische Rohmaterial umfasst, ist aber nicht beschränkt auf Pulver von Cordierit, Mullit, Zirkon, Aluminiumtitanat, Siliciumcarbid, Siliciumnitrid, Zirconiumdioxid, Spinell, Indialith, Sapphirin, Korund, Titandioxid und dergleichen und Rohmaterialpulver zum Erhalt dieser Keramiken. Das Rohmaterialpulver umfasst, ist aber nicht beschränkt auf Siliciumdioxid, Talk, Aluminiumoxid, Kaolin, Serpentin, Pyroferrit, Brucit, Böhmit, Mullit, Magnesit und dergleichen. Das keramische Rohmaterial kann allein oder in Kombination aus zwei oder mehr verwendet werden.

[0020] Nach dem Extrudieren wird der Wabenformkörper einem Schritt des Trocknens unterzogen. Das Trocknen kann beispielsweise durch Anwenden von Heißluft bei etwa 120 bis 160 °C auf den Formkörper durchgeführt werden. Der Schritt des Trocknens kann eine Kombination aus Hochfrequenz-trocknen wie Mikrowellen- und Heißluft-trocknen sein.

(Abkühlschritt)

[0021] Nach dem Schritt des Trocknens wird ein Schritt des Abkühlens des Wabenformkörpers durchgeführt. Die Temperatur des Wabenformkörpers zu Beginn des Schrittes des Abkühlens ist nicht eingeschränkt, beträgt in der Regel aber 100 °C oder mehr und üblicherweise 100 bis 150 °C. In einer Ausführungsform umfasst der Schritt des Abkühlens das Abkühlen des Wabenformkörpers durch Ausüben einer Saugkraft auf die erste Endfläche des Wabenformkörpers, wobei das Kühlmittel in dem Wabenformkörper ausgehend von der zweiten Endfläche strömt, die Zellen durchquert und aus der ersten Endfläche ausströmt. Im Hinblick auf eine Einschränkung des Installationsraumes für eine Kühlungseinrichtung wird der Schritt des Abkühlens vorzugsweise dann durchgeführt, wenn der Wabenformkörper angeordnet ist, dass die Strömungswegrichtung der Zellen die vertikale Richtung ist. Das Kühlmittel umfasst, ist aber nicht beschränkt auf Luft, Stickstoff, Edelgase (Argon oder dergleichen). Im Hinblick auf eine Erleichterung der Handhabung und die Kosten ist Luft als das Kühlmittel bevorzugt. Im Hinblick auf eine Steigerung der Kühlgeschwindigkeit beträgt die Temperatur des Kühlmittels vorzugsweise 35 °C oder weniger und stärker bevorzugt 30 °C oder weniger und noch stärker bevorzugt 25 °C oder weniger. Üblicher-

weise kann die Temperatur des Kühlmittels 20 bis 25 °C betragen.

[0022] Nicht einschränkende Beispiele für ein Verfahren zum Ausüben der Saugkraft auf die erste Endfläche des Wabenformkörpers umfassen ein Verfahren des Verbindens der ersten Endfläche mit der Saugvorrichtung über ein Rohr. Als die Saugvorrichtung kann beispielsweise ein Entlüfter wie ein Ventilator oder ein Gebläse verwendet werden. Wird die Saugvorrichtung betätigt, breitet sich die auf die erste Endfläche ausgeübte Saugkraft auf die zweite Endfläche aus und das Kühlmittel wird in die zweite Endfläche gesaugt. Das von der zweiten Endfläche aus einströmende Kühlmittel durchquert die Zellen, und anschließend strömt das gesamte Kühlmittel aus der ersten Endfläche. Der Wabenformkörper wird abgekühlt, während das Kühlmittel die Zellen durchquert. Das aus der ersten Endfläche ausströmende Kühlmittel wird durch das Rohr zur Saugvorrichtung geleitet. Vorzugsweise ist ein Verbindungsteil zwischen der ersten Endfläche und dem Rohr sehr luftdicht, so dass kein Umgebungsgas mitgeführt wird. Die erhöhte Luftundurchlässigkeit des Verbindungsteils kann einen Unterschied zwischen der Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels, das von der Saugvorrichtung angesaugt wird, und der Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels, das aus der ersten Endfläche des Wabenformkörpers ausströmt, verringern, so dass die Saugvorrichtung effizient betrieben werden kann. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird im Schritt des Abkühlens die Beziehung: $0,9 \times F_1 \leq F_2 \leq 1,0 \times F_1$ erfüllt, und stärker bevorzugt wird $0,95 \times F_1 \leq F_2 \leq 1,0 \times F_1$ erfüllt, wobei F_1 die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels, das von der Saugvorrichtung angesaugt wird, ist und F_2 die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels, das aus der ersten Endfläche des Wabenformkörpers, auf die die Saugkraft mit Hilfe der Saugvorrichtung ausgeübt wird, ausströmt, ist. Sollen mehrere Wabenformkörper abgekühlt werden, stellt in der Gleichung F_1 die Gesamt-Strömungsgeschwindigkeit, die aus der ersten Endfläche der Wabenformkörper ausströmt, dar. Werden mehrere Saugvorrichtungen verwendet, stellt zudem F_2 die Gesamt-Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels, das von den Saugvorrichtungen angesaugt wird, dar.

[0023] Ein Verfahren zum Verbessern der Luftundurchlässigkeit des Verbindungsteils zwischen der ersten Endfläche des Wabenformkörpers und dem Rohr umfasst ein Verfahren zum luftdichten Abdecken des Verbindungsteils. Beispielsweise ist ein Verfahren unter Verwendung einer Ballonklemmvorrichtung bevorzugt. Die Verwendung der Ballonklemmvorrichtung kann die Luftundurchlässigkeit des Verbindungsteils erhöhen und ermöglichen, dass die von dem Ballon ausgehende Druckkraft leicht über die gesamte Kontaktfläche des Wabenformkörpers verteilt werden kann, und verhindern, dass ein hoher

lokaler Druck ausgeübt wird, so dass der Wabenformkörper während der Fixierung nicht so leicht brechen wird. **Fig. 2(A)** zeigt ein Konstruktionsbeispiel für eine Ballonklemmvorrichtung (**200**). Die Ballonklemmvorrichtung (**200**) umfasst: eine Einführungsöffnung (**210**); eine Kommunikationsöffnung (**220**) zur Saugvorrichtung; einen hohlen Abschnitt (**230**) zwischen der Einführungsöffnung (**210**) und der Kommunikationsöffnung (**220**); und einen Ballon (**240**), der um den hohlen Abschnitt (**230**) angeordnet ist. Der Ballon (**240**) ist vorzugsweise so angeordnet, dass er den hohlen Abschnitt (**230**) umgibt, und nach Bedarf können mehrere Ballons angeordnet werden. Der Ballon (**240**) ist in der Regel aus Kautschuk und vorzugsweise aus einem wärmebeständigen Kautschuk wie Silikonkautschuken, Fluorkautschuken und Acrylkautschuken. Die Ballonklemmvorrichtung (**200**) gemäß der veranschaulichten Ausführungsform umfasst: eine Seitenwand (**270**), die mit mehreren Durchgangslöchern (**260**) auf der Außenumfangsseite des Ballons (**240**) versehen ist; und einen Strömungsweg (**290**) für ein Fluid (üblicherweise ein Gas wie Luft), das durch eine Fluidöffnung (**280**), die auf der Außenumfangsseite der Seitenwand ausgebildet ist, ein- und ausströmen kann.

[0024] Nunmehr wird ein Verfahren zum Fixieren des Wabenformkörpers an der Ballonklemmvorrichtung (**200**) beschrieben. Der Wabenformkörper (**100**) wird ausgehend von der Seite der ersten Endfläche (**104**) durch die Einführungsöffnung (**210**) in den hohlen Abschnitt (**230**) der Ballonklemmvorrichtung (**200**) eingeführt. Die Kommunikationsöffnung (**220**) kann mit einer luftdurchlässigen Grundplatte (**250**) versehen sein. Die Grundplatte (**250**) kann verhindern, dass der Wabenformkörper zu tief eingeführt wird. Ferner kann durch das Einführen des Wabenformkörpers, bis die erste Endfläche (**104**) mit der Grundplatte (**250**) in Kontakt gebracht worden ist, die Grundplatte (**250**) eine Rolle dahingehend spielen, dass sie die Einführungstiefe des Wabenformkörpers bestimmt. Die Grundplatte (**250**) ist luftdurchlässig, so dass das Kühlmittel sie durchqueren kann. Die Grundplatte kann mehrere Durchgangslöcher haben, wie beispielsweise ein Drahtgeflecht. Anschließend wird, nachdem ein Fluid (üblicherweise ein Gas wie Luft) aus der Fluidöffnung (**280**) in den Strömungsweg (**290**) eingeleitet worden ist, das Fluid über die Durchgangslöcher (**260**) in den Ballon (**240**) eingespritzt. So wird, wenn sich der Ballon (**240**) in Richtung des in den hohlen Abschnitt (**230**) eingeführten Wabenformkörpers (**100**) ausdehnt, der Wabenformkörper (**100**) durch eine von dem Ballon (**240**) ausgehende Druckkraft an der Ballonklemmvorrichtung (**200**) fixiert (siehe **Fig. 2 (B)**).

[0025] Dann wird die Saugvorrichtung betätigt, um eine Saugkraft über die Kommunikationsöffnung (**220**) auf die erste Endfläche (**104**) des an der Ballonklemmvorrichtung (**200**) fixierten Wabenformkörpers

(**100**) auszuüben, wobei das Kühlmittel ausgehend von der zweiten Endfläche (**106**) in den Wabenformkörper (**100**) strömt, die Zellen durchquert und aus der ersten Endfläche (**104**) ausströmt.

[0026] In dem Schritt des Abkühlens kann das Kühlmittel zusätzlich aus dem Gebläse in Richtung der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers geleitet werden. Ist die Temperatur des in dem Wabenformkörper ausgehend von der zweiten Endfläche strömenden Kühlmittels aufgrund der Betätigung der Saugvorrichtung höher, kann die Kühlgeschwindigkeit sinken. Beispielsweise wird im Sommer die Temperatur in der Fabrik steigen, und wenn in der Fabrik Luft als das Kühlmittel verwendet wird, wird die Kühlgeschwindigkeit sinken. Daher kann in einem solchen Fall die Kühlgeschwindigkeit erhöht werden, indem das Kühlmittel aus dem Gebläse in Richtung der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers geleitet wird. Im Hinblick auf eine Erhöhung der Kühlgeschwindigkeit ist vorzugsweise die Temperatur des aus dem Gebläse eingeleiteten Kühlmittels niedriger. Genauer gesagt, ist die Temperatur des aus dem Gebläse eingeleiteten Kühlmittels vorzugsweise um 5 °C oder mehr und stärker bevorzugt um 10 °C oder mehr und noch stärker bevorzugt um 15 °C oder mehr niedriger als die Temperatur des Kühlmittels (welche üblicherweise dieselbe ist wie die Lufttemperatur in der Fabrik), das in der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers strömt, wenn nur die Saugvorrichtung betätigt wird. Ferner kann die Temperatur des aus dem Gebläse eingeleiteten Kühlmittels vorzugsweise 35 °C oder weniger und stärker bevorzugt 30 °C oder weniger und noch stärker bevorzugt 25 °C oder weniger, beispielsweise 20 °C bis 25 °C betragen.

[0027] Bei der Durchführung eines wie nachstehend beschriebenen Verschlusschrittes, wenn der Wabenformkörper eine Temperatur von mehr als 40 °C hat, tritt wahrscheinlich ein Defekt (Sinkdefekt) auf, der Löcher in den verschlossenen Abschnitten verursacht. Durch Abkühlen des Wabenformkörpers auf 40 °C oder weniger in dem Schritt des Abkühlens kann der Verschlusschritt durchgeführt werden, ohne dass ein bestimmter Zeitraum nach dem Abkühlen abgewartet werden muss. Daher wird in dem Schritt des Abkühlens der Wabenformkörper mit einer Temperatur von 100 °C oder mehr vorzugsweise auf 40 °C oder weniger und stärker bevorzugt auf 35 °C oder weniger und noch stärker bevorzugt auf 30 °C oder weniger abgekühlt. Im Hinblick auf Energieeinsparung muss jedoch nicht übermäßig abgekühlt werden. So wird er vorzugsweise auf 10 °C oder mehr und stärker bevorzugt auf 15 °C oder mehr und noch stärker bevorzugt auf 20 °C oder mehr abgekühlt. Bei einem Verweis auf die Temperatur des Wabenformkörpers ist die Temperatur des heißesten Abschnitts in dem Wabenformkörper gemeint, sofern nicht etwas anderes angegeben ist.

[0028] Während des Abkühlens kann die Zeit, die erforderlich ist, um den Wabenformkörper von 100 °C auf 40 °C abzukühlen, vorzugsweise innerhalb von 120 Sekunden und stärker bevorzugt innerhalb von 100 Sekunden und noch stärker bevorzugt innerhalb von 80 Sekunden, beispielsweise zwischen 60 und 80 Sekunden liegen. Die Kühlgeschwindigkeit kann geregelt werden, indem die Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels angepasst werden.

[0029] Aus industrieller Sicht ist es wünschenswert, dass mehrere Wabenformkörper gleichzeitig abgekühlt werden können. **Fig. 3-1** veranschaulicht ein Anordnungsbeispiel für eine Chargen-Kühleinrichtung (**300A**), mit der gleichzeitig mehrere Wabenformkörper (**100**) abgekühlt werden können. Die Kühleinrichtung (**300A**) umfasst mehrere Ballonklemmvorrichtungen (**200**); einen gemeinsamen Abzugskanal (**310**) in Kommunikation mit jeder Kommunikationsöffnung (**220**) der Ballonklemmvorrichtungen (**200**); und einen Entlüfter (**320**) in Kommunikation mit dem Abzugskanal (**310**). Die Anzahl an Ballonklemmvorrichtungen (**200**) ist nicht besonders eingeschränkt. Da jedoch eine zunehmende Anzahl von Wabenformkörpern, die gleichzeitig abgekühlt werden können, die Produktivität steigern kann, beträgt die Anzahl an Ballonklemmvorrichtungen (**200**) vorzugsweise 10 oder mehr und stärker bevorzugt 20 oder mehr.

[0030] Um Installationsraum zu sparen, ist jede Ballonklemmvorrichtung (**200**) vorzugsweise so angeordnet, dass die Strömungswegrichtung der Zellen beim Einführen des Wabenformkörpers (**100**) vertikal ist. Jede Ballonklemmvorrichtung kann ebenso mit einem Schaltventil (**330**) zum Regeln der Strömung des Kühlmittels versehen sein. Beispielsweise kann durch Schließen des Schaltventils (**330**) der Ballonklemmvorrichtung (**200**), die nicht genutzt wird, verhindert werden, dass das Kühlmittel unnötigerweise strömt.

[0031] Die Ballonklemmvorrichtungen (**200**) können in einem Gehäuse (**340**) wie in einer in **Fig. 3-2** gezeigten Kühleinrichtung (**300B**) angeordnet sein. In diesem Fall kann das Kühlmittel wie Luft aus einem Gebläse (**350**) in das Gehäuse (**340**) geleitet werden. Dadurch kann der Schritt des Abkühlens in dem Gehäuse (**340**), das von Außenluft isoliert ist, durchgeführt werden, was zu einfacher Temperaturregelung des Kühlmittels in dem Schritt des Abkühlens führt. Es kann so konfiguriert sein, dass das aus dem Gebläse (**350**) eingeleitete Kühlmittel aus einer Kühlmittel-Blasöffnung (**370**) durch einen Gebläsekanal (**360**) in das Gehäuse strömt. Das durch den Gebläsekanal (**360**) strömende Kühlmittel kann abgekühlt werden, indem ein Kühler (**380**) in der Mitte des Gebläsekanals (**360**) angeordnet wird. Nicht einschränkende Beispiele für ein Kühlsystem umfassen daher

eines mit Wärmepumpe, eines mit Wasserkühlung, eines mit Luftkühlung oder Kombinationen aus zwei oder mehr von diesen. Das Kühlmittel kann zirkuliert werden, indem ein Auslass des Entlüfters (**320**) mit einem Einlass des Gebläses (**350**) verbunden wird, oder indem der Entlüfter (**320**) und das Gebläse (**350**) zusammengelegt werden.

[0032] In dem Gehäuse (**340**) können eine oder mehrere Kühlmittel-Blasöffnungen (**370**) vorgesehen sein. Ferner kann eine einzelne Kühlmittel-Blasöffnung (**370**) so vorgesehen sein, dass sie der zweiten Endfläche (**106**) eines jeden der an den Ballonklemmvorrichtungen (**200**) fixierten Wabenformkörper (**100**) zugewandt ist, wie bei der in **Fig. 3-3** gezeigten Kühleinrichtung (**300C**). In diesem Fall kann ein Abstand zwischen der Kühlmittel-Blasöffnung (**370**) und der zweiten Endfläche (**106**) jedes Wabenformkörpers (**100**) während des Einleitens des Kühlmittels 20 cm oder weniger und vorzugsweise 14 cm oder weniger betragen. So kann das aus der Kühlmittel-Blasöffnung (**370**) abgelassene Kühlmittel in Richtung der zweiten Endfläche jedes Wabenformkörpers strömen, so dass verhindert werden kann, dass die Temperatur des Kühlmittels ansteigt, bis das Kühlmittel die Zellen jedes Wabenformkörpers erreicht.

[0033] Jede Kühlmittel-Blasöffnung (**370**) kann so konfiguriert sein, dass der Abstand zur zweiten Endfläche (**106**) des Wabenformkörpers (**100**) veränderbar ist. Demnach kann beim Einführen oder Entfernen des Wabenformkörpers in die/aus der Ballonklemmvorrichtung (**200**) die Kühlmittel-Blasöffnung (**370**) von der zweiten Endfläche (**106**) getrennt sein, so dass sie diesen Vorgang nicht behindert. Beim Einleiten des Kühlmittels kann der Abstand zwischen der Kühlmittel-Blasöffnung (**370**) und der zweiten Endfläche (**106**) des Wabenformkörpers (**100**) nah sein.

[0034] Ein Verfahren zum Einführen des Wabenformkörpers (**100**) in die Ballonklemmvorrichtung (**200**) kann mittels Handbetrieb durchgeführt werden, vorzugsweise wird aber ein Roboterarm (**400**) verwendet, wie in **Fig. 4** gezeigt. Der Roboterarm (**400**) kann sich in der X-Achsenrichtung, der Y-Achsenrichtung und der Z-Achsenrichtung bewegen und sich um die Achsenrichtung des Arms als eine Rotationsachse drehen. Der Roboterarm (**400**) weist eine Greifklaue (**410**) auf, welche den Wabenformkörper (**100**) greifen und freigeben kann, indem die Greifklaue (**410**) geöffnet und geschlossen wird. Der Roboterarm (**400**) kann mit Hilfe einer Steuerung gesteuert werden. Der Roboterarm (**400**) kann so konfiguriert sein, dass er sich zu einer Position, in der der Wabenformkörper (**100**) platziert ist, bewegt, den Wabenformkörper (**100**) greift, den Wabenformkörper (**100**) in die Ballonklemmvorrichtung (**200**) einführt und dann den Wabenformkörper (**100**) freigibt. Der Roboterarm (**400**) kann auch so konfiguriert sein,

dass er den abgekühlten Wabenformkörper (100) greift, den Wabenformkörper (100) aus der Ballonklemmvorrichtung (200) zieht, den Wabenformkörper (100) zu einer vorbestimmten Position bewegt und dann den Wabenformkörper (100) freigibt. Der Roboterarm (400) kann mehrere Greifklauen aufweisen. So können mehrere Wabenformkörper gleichzeitig gegriffen, bewegt und freigegeben werden.

(Schneideschritt)

[0035] Nach dem Schritt des Abkühlens kann ein Schritt des Schneidens des Wabenformkörpers in einer Richtung orthogonal zur Strömungswegrichtung der Zellen durchgeführt werden. Der Schritt des Abkühlens kann unter Verwendung eines langen Wabenformkörpers durchgeführt werden, und der Wabenformkörper dann auf eine vorbestimmte Länge geschnitten werden, wodurch die Anzahl der abgekühlten Wabenformkörper verringert werden kann, so dass die Produktionseffizienz gesteigert werden kann. Beispielsweise kann das Schneiden unter Verwendung eines rotierenden Schleifsteins durchgeführt werden.

(Verschlusschritt)

[0036] Nach dem Schritt des Abkühlens kann ein Schritt des Verschließens einer Öffnung mindestens einer Zelle auf der Seite der ersten Endfläche und/oder auf der Seite der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers durchgeführt werden. In einem üblichen Verschlusschritt werden die Öffnungen der Zellen an beiden Endflächen des Wabenformkörpers abwechselnd verschlossen. So können die verschlossenen Abschnitte als ein Schachbrettmuster auf jeder Endfläche gebildet werden. Der Verschlusschritt soll verschlossene Abschnitte durch Verschließen der Öffnungen der Zellen bilden. Beispielsweise werden in dem Verschlusschritt die verschlossenen Abschnitte durch Verschließen der Öffnungen eines Teils der Zellen mit demselben Material wie dem, das zur Herstellung des Wabenformkörpers verwendet wurde, gebildet. Der Schritt des Verschließens kann gemäß einem bekannten Verfahren zur Herstellung einer Wabenstruktur durchgeführt werden.

[0037] Bei der Durchführung des Schneideschrittes kann der Schritt des Verschließens nach dem Schritt des Schneidens durchgeführt werden. Daher werden in einer Ausführungsform nach dem Schritt des Abkühlens zumindest der Schritt des Schneidens des Wabenformkörpers in einer Richtung orthogonal zur Strömungswegrichtung der Zellen und der Schritt des Verschließens der Öffnung mindestens einer Zelle auf der Seite der ersten Endfläche und/oder auf der Seite der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers in dieser Reihenfolge durchgeführt.

[0038] Nach dem Schritt des Abkühlens und dem optionalen Schritt des Schneidens und vor dem Fortfahren mit dem Schritt des Verschließens kann ein Schritt des Pufferns zum Anpassen einer Produktionsrate durchgeführt werden. Mittels Durchführung des Schrittes des Pufferns kann ein Zeitraum, bis der Schritt des Verschließens beginnt, angepasst werden. In dem Schritt des Pufferns werden die Wabenformkörper nach dem Schritt des Abkühlens und dem optionalen Schritt des Schneidens ausgerichtet, und eine erforderliche Anzahl der Wabenformkörper wird nacheinander zu dem Schritt des Verschließens transportiert. Der Transport der Wabenformkörper in dem Schritt des Pufferns kann beispielsweise mit Hilfe einer Steuerung gesteuert werden, und ein Roboterarm, der die Wabenformkörper greifen, bewegen und freigegeben kann, kann zum Einsatz kommen.

[0039] In einer Ausführungsform umfasst der Schritt des Verschließens:

Anbringen einer Folie an der ersten Endfläche und/oder der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers;

Bilden mehrerer Löcher in der Folie und dann Pressen einer Verschlussschlammung in die Löcher;

Trocknen und Aushärten der Aufschlammung;

Entfernen der ausgehärteten, an der Folie haftenden Aufschlammung; und Lösen der Folie von dem Wabenformkörper.

[0040] Nach dem Anbringen der Folie werden mehrere Löcher in dem Folienteil, der die Zellen bedeckt, an Stellen, wo die verschlossenen Abschnitte vorgesehen sein sollen, gebildet, und dann wird der Endflächenabschnitt, an den die Folie angebracht wurde, in die Verschlussschlammung getaucht, um die Verschlussschlammung aus den Löchern in das Ende der Zellen zu pressen. Ein Verfahren zum Bilden der Löcher in der Folie ist nicht besonders eingeschränkt, es kann jedoch beispielsweise mittels Laserbearbeitung unter Anwendung von Bildbearbeitung durchgeführt werden. In einer Ausführungsform wird ein Wabenformkörper hergestellt, bei dem die Zellen an beiden Endflächen abwechseln mit der Verschlussschlammung abgedichtet sind.

[0041] Beispiele für die Verschlussschlammung, die verwendet werden kann, umfassen jene, die durch Mischen von Keramikpulver, einem Dispersionsmedium (beispielsweise Wasser) und optionalen Additiven wie einem Bindemittel, einem Peptisierungsmittel und einem Schaumharz, die je nach Bedarf gemischt werden können, hergestellt werden. Die Keramik ist vorzugsweise eine Keramik, die mindestens eines enthält, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Cordierit, Mullit, Zirkon, Aluminiumtitanat, Siliciumcarbid, Siliciumnitrid, Zirconiumdioxid,

Spinell, Indialith, Sapphirin, Korund und Titandioxid, und ist stärker bevorzugt dasselbe Material wie das der Wabenstruktur. Beispiele für das Bindemittel umfassen Polyvinylalkohol und Methylcellulose.

[0042] In vielen Fällen haftet die ausgehärtete Verschlussaufschlammung übermäßig an den Endflächen und Seitenflächen des folienbehafteten Wabenformkörpers mit den verschlossenen Abschnitten. Vorzugsweise wird ein überschüssiger Abschnitt der ausgehärteten Verschlussaufschlammung entfernt, damit die Folie einfach gelöst werden kann. Das Verfahren zum Entfernen des überschüssigen Abschnitts der ausgehärteten Verschlussaufschlammung ist nicht besonders eingeschränkt. Beispielsweise kann er durch Bürsten entfernt werden. Das Bürsten kann von Hand ausgeführt werden, aus industrieller Sicht wird es vorzugsweise aber automatisch unter Verwendung eines Bürstgerätes ausgeführt.

[0043] Nach dem Entfernen des überschüssigen Abschnitts der ausgehärteten Verschlussaufschlammung wird die Folie von dem Wabenformkörper gelöst. Das Verfahren zum Lösen der Folie ist nicht besonders eingeschränkt, und die Folie kann gelöst werden, indem sie von Hand abgezogen wird. Aus industrieller Sicht sollte die Folie jedoch automatisch unter Verwendung einer Folienlösevorrichtung gelöst werden.

(Brennschritt)

[0044] Nach der Durchführung des Schrittes des Abkühlens des Wabenformkörpers und dann nach Bedarf gegebenenfalls Durchführen des Schrittes des Schneidens und/oder des Schrittes des Verschließens kann ein Schritt des Brennens des Wabenformkörpers durchgeführt werden. Als die Brennbedingungen können die für die Wabenstruktur bekannten Bedingungen übernommen werden und sind nicht besonders eingeschränkt.

[0045] Vor dem Schritt des Brennens kann ein Schritt des Entfettens durchgeführt werden. Die Verbrennungstemperatur des Bindemittels beträgt etwa 200 °C, und die Verbrennungstemperatur des Porenbildners beträgt etwa 300 bis 1.000 °C. Daher kann der Schritt des Entfettens durchgeführt werden, indem der Wabenformkörper auf einen Bereich von etwa 200 bis 1.000 °C erhitzt wird. Die Heizzeit ist nicht besonders eingeschränkt, sie beträgt üblicherweise aber etwa 10 bis 100 Stunden. Der Wabenformkörper nach dem Schritt des Entfettens wird als ein kalzinierter Körper bezeichnet. Der Schritt des Brennens kann durchgeführt werden, indem der kalzinierte Körper beispielsweise auf 1.350 bis 1.600 °C erhitzt und dies für 3 bis 10 Stunden gehalten wird, was von der Materialzusammensetzung des Wabenformkörpers abhängig ist.

(Verbindungsschritt)

[0046] Jedes der gebrannten Wabenprodukte kann als ein Wabensegment verwendet werden, und die Seitenflächen der Wabensegmente können mit Hilfe eines Bindematerials zum Zusammenfügen unter Bildung eines Verbundsegmentkörpers verbunden werden. Der Verbundsegmentkörper kann beispielsweise wie folgt hergestellt werden. Das Bindematerial wird auf die Verbindungsflächen (Seitenflächen) aufgebracht, wenn Folien zur Verhinderung einer Bindematerialadhäsion an beiden Endflächen jedes Wabensegments haften.

[0047] Diese Wabensegmente werden dann so angeordnet, dass sie nebeneinander liegen, so dass die Seitenflächen der Wabensegmente einander zugewandt sind, und die nebeneinanderliegenden Wabensegmente werden miteinander verpresst und dann durch Erhitzen getrocknet. So wird der Verbundsegmentkörper hergestellt, in dem die Seitenflächen nebeneinanderliegender Wabensegmente durch das Bindematerial miteinander verbunden sind. Für den Verbundsegmentkörper kann der Außenumfangsabschnitt in eine gewünschte Form (beispielsweise eine zylindrische Form) geschliffen, mit einem Beschichtungsmaterial auf der Außenumfangsfläche beschichtet und dann durch Erhitzen unter Bildung einer Außenumfangswand getrocknet werden.

[0048] Auch wenn das Material für die Folie zum Verhindern von Bindematerialadhäsion nicht besonders eingeschränkt ist, können geeigneterweise synthetische Harze wie Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET), Polyimid oder Teflon® verwendet werden. Die Folie umfasst vorzugsweise eine Haftschrift, und die Haftschrift besteht vorzugsweise aus einem Acrylharz, einem Kautschuk-basierten Material (beispielsweise Kautschuk, der hauptsächlich auf einem natürlichen Kautschuk oder einem synthetischen Kautschuk basiert) oder einem Silicium-basierten Harz.

[0049] Als die Folie zum Verhindern von Bindematerialadhäsion kann geeigneterweise beispielsweise eine Klebefolie mit einer Dicke von 20 bis 50 µm verwendet werden.

[0050] Beispiele für das Bindematerial, das verwendet werden kann, umfassen jene, die durch Mischen von Keramikpulver, einem Dispersionsmedium (beispielsweise Wasser) und optionalen Additiven wie einem Bindemittel, einem Peptisierungsmittel und einem Schaumharz, die je nach Bedarf gemischt werden können, hergestellt werden. Die Keramik ist vorzugsweise eine Keramik, die mindestens eines enthält, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Cordierit, Mullit, Zirkon, Aluminiumtitanat, Siliciumcarbid, Siliciumnitrid, Zirconiumdioxid, Spinell, India-

lith, Sapphirin, Korund und Titandioxid, und ist stärker bevorzugt dasselbe Material wie das der Wabenstruktur. Beispiele für das Bindemittel umfassen Polyvinylalkohol und Methylcellulose.

[0051] Die Wabenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung kann neben dem Filter als ein Wärmetauscher, ein Katalysatorträger und dergleichen verwendet werden.

BEISPIELE

[0052] Auch wenn nachstehend Beispiele für ein besseres Verständnis der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorteile veranschaulicht werden, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die Beispiele beschränkt.

<Beispiel 1 >

[0053] Eine Rohmaterialzusammensetzung, enthaltend Siliciumcarbidgepulver, Wasser, einen Porenbildner und ein Bindemittel, wurde unter Erzeugung eines Grünkörpers geknetet. Der Grünkörper wurde unter Erhalt eines Wabenformkörpers mit einer Würfelform mit einer Länge von 42 mm x einer Breite von 42 mm x einer Höhe von 415 mm, in dem jede Zelle in der Höhenrichtung verlief und eine Zelldichte 465 kZellen/m² (300 cpsi) betrug, extrudiert. Der Wabenformkörper wurde in einem Trockner platziert und mit Heißluft bei 120 °C für 1 Stunde getrocknet.

[0054] Unmittelbar, nachdem der Wabenformkörper aus dem Trockner entfernt worden war, wurde der Wabenformkörper so in die Ballonklemmvorrichtung mit der in **Fig. 2** gezeigten Struktur eingeführt, dass die Strömungswegrichtung der Zellen die vertikale Richtung war, bis die erste Endfläche des Wabenformkörpers mit einer netzartigen Grundplatte in Kontakt gebracht worden ist. Der Wabenformkörper wurde dann an der Ballonklemmvorrichtung fixiert, indem der Ballon ausgedehnt wurde. Die Kommunikationsöffnung der Ballonklemmvorrichtung wurde über das Rohr mit dem Entlüfter verbunden. Der Entlüfter wurde betätigt, um über die Kommunikationsöffnung eine Saugkraft auf die erste Endfläche des an der Ballonklemmvorrichtung fixierten Wabenformkörpers auszuüben und die Umgebungsluft (etwa 25 °C) mit 0,6 m³/min von der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers abzusaugen, wodurch der Wabenformkörper abgekühlt wurde. Dabei wurde die Strömungsgeschwindigkeit davon der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers abgesaugten Luft im Wesentlichen dieselbe wie die Strömungsgeschwindigkeit der von dem Entlüfter abgesaugten Luft.

[0055] Während eines Kühltests des Wabenformkörpers wurde eine Temperaturveränderung des Wabenformkörpers unter Verwendung von Thermoelementen an Messpunkten a bis d überwacht, wie in

Fig. 6 gezeigt. Genauer gesagt, lagen die Temperaturmesspunkte folgendermaßen:

- nahe dem Zentrum des Wabenformkörpers an einer Position 10 mm ausgehend von der zweiten Endfläche in Richtung der ersten Endfläche des Wabenformkörpers in der Strömungswegrichtung der Zellen (a: ein zentraler Abschnitt eines Lufteinlasses);
- nahe dem Zentrum des Wabenformkörpers an einer Position 10 mm ausgehend von der ersten Endfläche in Richtung der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers in der Strömungswegrichtung der Zellen (b: ein zentraler Abschnitt eines Luftauslasses);
- nahe dem Zentrum des Wabenformkörpers in der Mitte der Länge des Wabenformkörpers in der Strömungswegrichtung der Zellen (c: ein Zentrum im Inneren der Wabe); und
- die Seitenfläche des Wabenformkörpers in der Mitte der Länge des Wabenformkörpers in der Strömungswegrichtung der Zellen (d: eine Wabenseitenfläche)

[0056] Die Ergebnisse sind in **Fig. 7** gezeigt. Wie aus dem Diagramm von **Fig. 7** ersichtlich ist, konnte die Temperatur an allen Messpunkten auf 40 °C oder weniger, was Sinkdefekte in dem Schritt des Verschließens verhindern kann, in einem kurzen Zeitraum von etwa 105 Sekunden gesenkt werden. Ferner dauerte es selbst im zentralen Abschnitt des Luftauslasses, der am schwierigsten abzukühlen war, nur etwa 50 Sekunden, den Wabenkörper von 100 °C auf 40 °C abzukühlen.

<Beispiel 2>

[0057] Eine Rohmaterialzusammensetzung, enthaltend Siliciumcarbidgepulver, Wasser, einen Porenbildner und ein Bindemittel, wurde unter Erzeugung eines Grünkörpers geknetet. Der Grünkörper wurde unter Erhalt eines Wabenformkörpers mit einer Würfelform mit einer Länge von 42 mm x einer Breite von 42 mm x einer Höhe von 415 mm, bei der jede Zelle in der Höhenrichtung verlief und eine Zelldichte 465 kZellen/m² (300 cpsi) betrug, extrudiert. Der Wabenformkörper wurde in einem Trockner platziert und mit Heißluft bei 120 °C für 1 Stunde getrocknet.

[0058] Unmittelbar, nachdem der Wabenformkörper aus dem Trockner entfernt worden war, wurde der Wabenformkörper so in die Ballonklemmvorrichtung mit der in **Fig. 2** gezeigten Struktur eingeführt, dass die Strömungswegrichtung der Zellen die vertikale Richtung war, bis die erste Endfläche des Wabenformkörpers mit einer netzartigen Grundplatte in Kontakt gebracht worden ist. Der Wabenformkörper wurde dann an der Ballonklemmvorrichtung fixiert, indem der Ballon ausgedehnt wurde. Die Kommunikations-

öffnung der Ballonklemmvorrichtung wurde über das Rohr mit dem Entlüfter verbunden. Der Entlüfter wurde betätigt, um über die Kommunikationsöffnung eine Saugkraft auf die erste Endfläche des an der Ballonklemmvorrichtung fixierten Wabenformkörpers auszuüben und die Umgebungsluft (etwa 25 °C) mit 0,7 m³/min von der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers abzusaugen, wodurch der Wabenformkörper abgekühlt wurde. In diesem Fall wurde zusätzlich kalte Luft (etwa 23 °C) mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,7 m³/min aus dem Gebläse in Richtung der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers geleitet. Eine Blasöffnung für die kalte Luft aus dem Gebläse war so angeordnet, dass sie der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers zugewandt war und ein Abstand zwischen beiden 12 cm betrug. Überdies war die Strömungsgeschwindigkeit der von der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers abgesaugten Luft im Wesentlichen dieselbe wie die Strömungsgeschwindigkeit der von dem Entlüfter abgesaugten Luft.

[0059] Während des Kühltests des Wabenformkörpers wurde eine Temperaturveränderung des Wabenformkörpers unter Verwendung eines Thermoelementes an Messpunkt b (dem Zentrum des Luftauslasses) überwacht, wie in **Fig. 6** gezeigt, was zeigt, dass es nur 40 Sekunden benötigte.

Bezugszeichenliste

100	Wabenformkörper
102	Seitenfläche
104	erste Endfläche
106	zweite Endfläche
108	Zelle
108a	erste Zelle
108b	zweite Zelle
112	Trennwand
200	Ballonklemmvorrichtung
210	Einführungsöffnung
220	Kommunikationsöffnung
230	hohler Abschnitt
240	Ballon
300A, 300B, 300C	Kühleinrichtung
310	Abzugskanal
320	Entlüfter
330	Schaltventil
340	Gehäuse

Gebläse
Gebläsekanal
Kühlmittel-Blasöffnung
Kühler
Roboterarm
Greifklaue

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2002283330 A [0005, 0007]
- JP 2013121704 A [0006, 0007]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Wabenstruktur, wobei das Verfahren:

einen Schritt des Trocknens eines säulenförmigen Wabenformkörpers, umfassend Trennwände, die mehrere Zellen definieren, die jeweils einen Durchflussweg bilden, der von einer ersten Endfläche zu einer zweiten Endfläche verläuft; und nach dem Schritt des Trocknens einen Schritt des Abkühlens des Wabenformkörpers durch Ausüben einer Saugkraft auf die erste Endfläche des Wabenformkörpers, damit ein Kühlmittel in den Wabenformkörper ausgehend von der zweiten Endfläche strömen, die Zellen durchqueren und aus der ersten Endfläche ausströmen kann, umfasst.

2. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach Anspruch 1, wobei in dem Schritt des Abkühlens die Beziehung: $0,9 \times F_1 \leq F_2 \leq 1,0 \times F_1$ erfüllt ist, wobei F_1 die Strömungsgeschwindigkeit des mittels einer Saugvorrichtung angesaugten Kühlmittels ist und F_2 die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels ist, das aus der ersten Endfläche des Wabenformkörpers, auf die die Saugkraft mittels der Saugvorrichtung ausgeübt wird, ausströmt.

3. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Schritt des Abkühlens:

das Einführen des Wabenformkörpers in einen hohlen Abschnitt einer Ballonklemmvorrichtung von der Seite der ersten Endfläche durch eine Einführungsöffnung der Ballonklemmvorrichtung, wobei die Ballonklemmvorrichtung die Einführungsöffnung; eine Kommunikationsöffnung zur Saugvorrichtung; den hohlen Abschnitt zwischen der Einführungsöffnung und der Kommunikationsöffnung; und einen um den hohlen Abschnitt angeordneten Ballon umfasst; das Einspritzen eines Fluids in den Ballon, um den Ballon auszudehnen und den Wabenformkörper an der Ballonklemmvorrichtung zu fixieren; und das Betätigen der Saugvorrichtung, um die Saugkraft an der ersten Endfläche des an der Ballonklemmvorrichtung fixierten Wabenformkörpers über die Kommunikationsöffnung bereitzustellen, umfasst.

4. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Schritt des Abkühlens ferner das Einleiten des Kühlmittels aus einem Gebläse in Richtung der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers umfasst.

5. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Schritt des Abkühlens das Abkühlen des Wabenformkörpers mit 100 °C oder mehr auf 40 °C oder weniger umfasst.

6. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach Anspruch 5, wobei in dem Schritt des Abkühlens

die Abkühlzeit von 100 °C auf 40 °C 120 Sekunden beträgt.

7. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Schritt des Abkühlens durchgeführt wird, während der Wabenformkörper so angeordnet ist, dass die Strömungswegrichtung der Zellen die vertikale Richtung ist.

8. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, ferner umfassend einen Schritt des Verschließens einer Öffnung mindestens einer Zelle auf der Seite der ersten Endfläche und/oder auf der Seite der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers nach dem Schritt des Abkühlens.

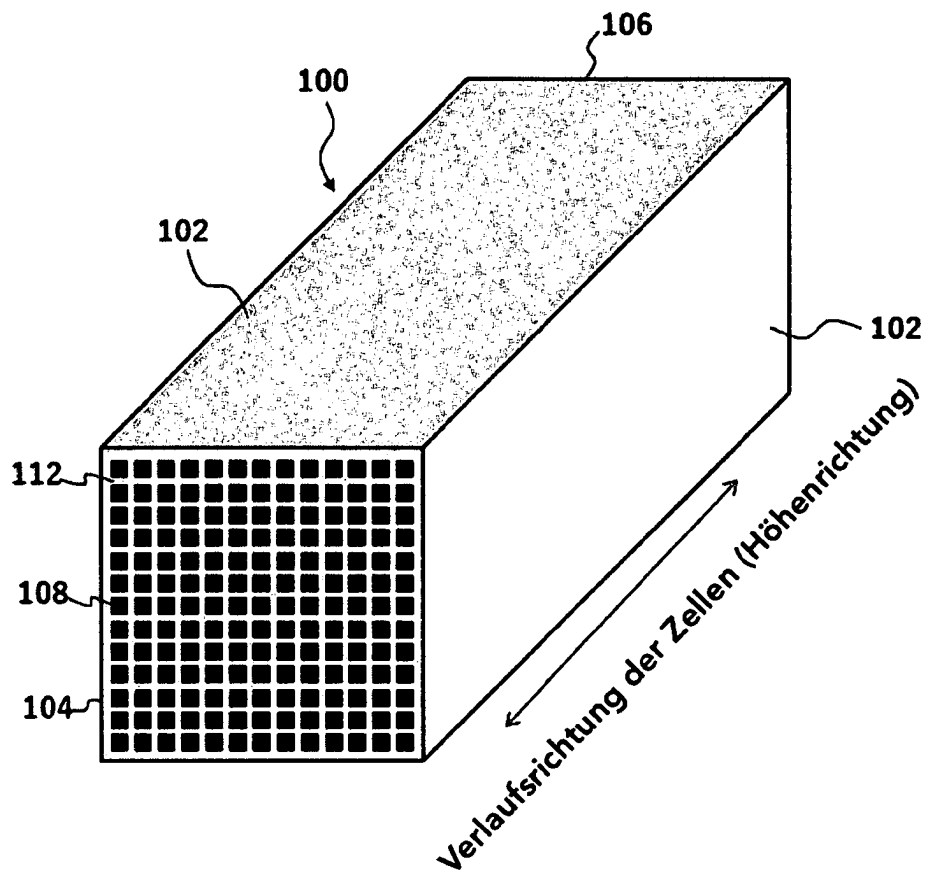
9. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 8, ferner umfassend einen Schritt des Schneidens des Wabenformkörpers in einer Richtung orthogonal zur Strömungswegrichtung der Zellen nach dem Schritt des Abkühlens.

10. Verfahren zur Herstellung der Wabenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Verfahren nach dem Schritt des Abkühlens das Durchführen in dieser Reihenfolge eines Schrittes des Schneidens des Wabenformkörpers in einer Richtung orthogonal zur Strömungswegrichtung der Zellen und eines Schrittes des Verschließens einer Öffnung mindestens einer Zelle auf der Seite der ersten Endfläche und/oder auf der Seite der zweiten Endfläche des Wabenformkörpers umfasst.

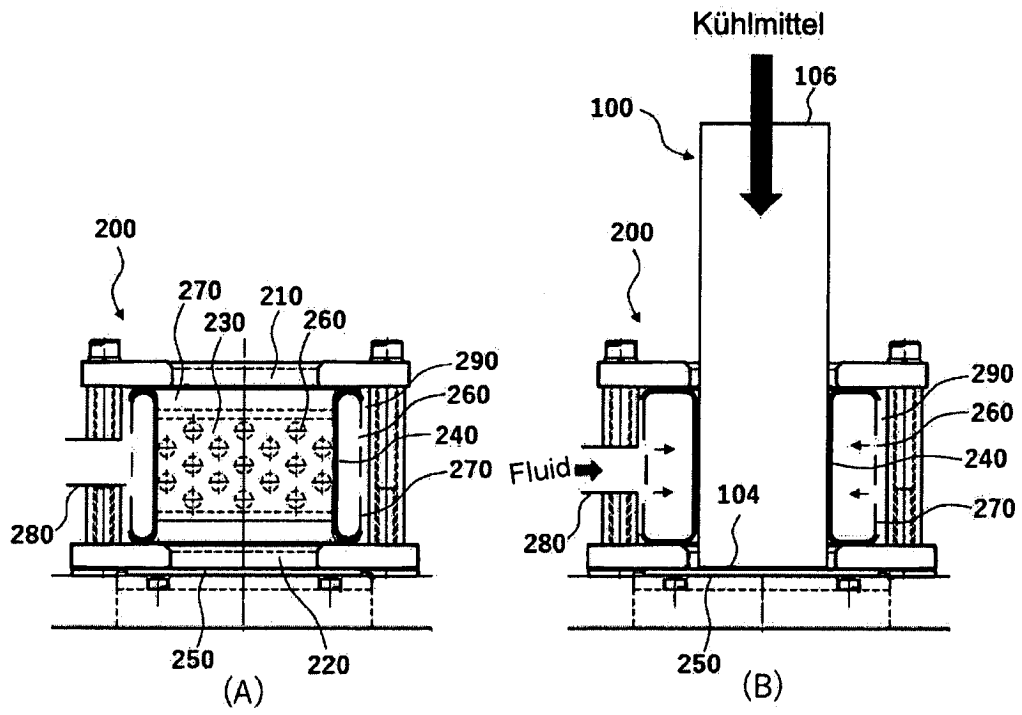
Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

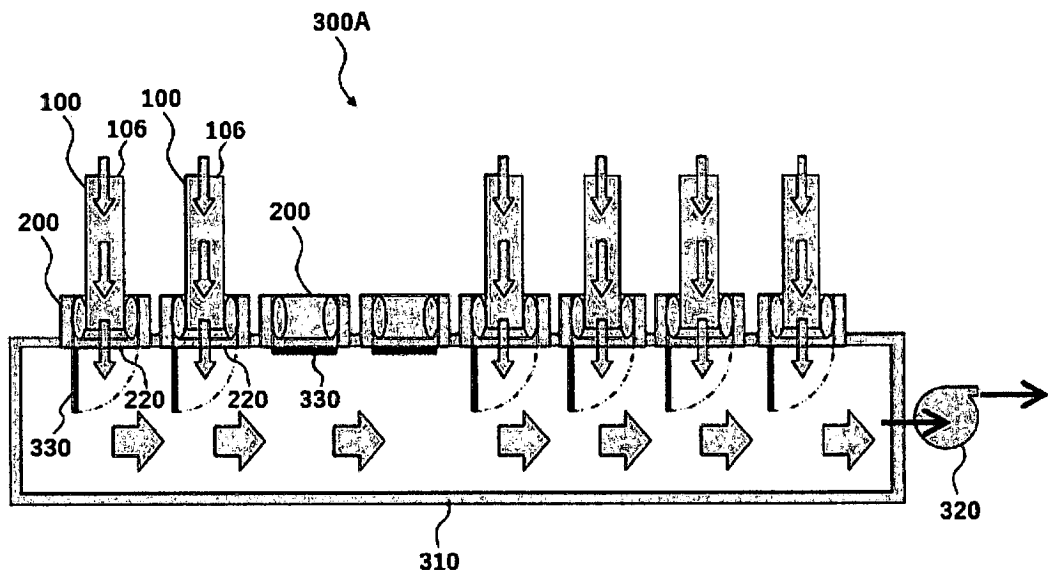
[FIG. 1]



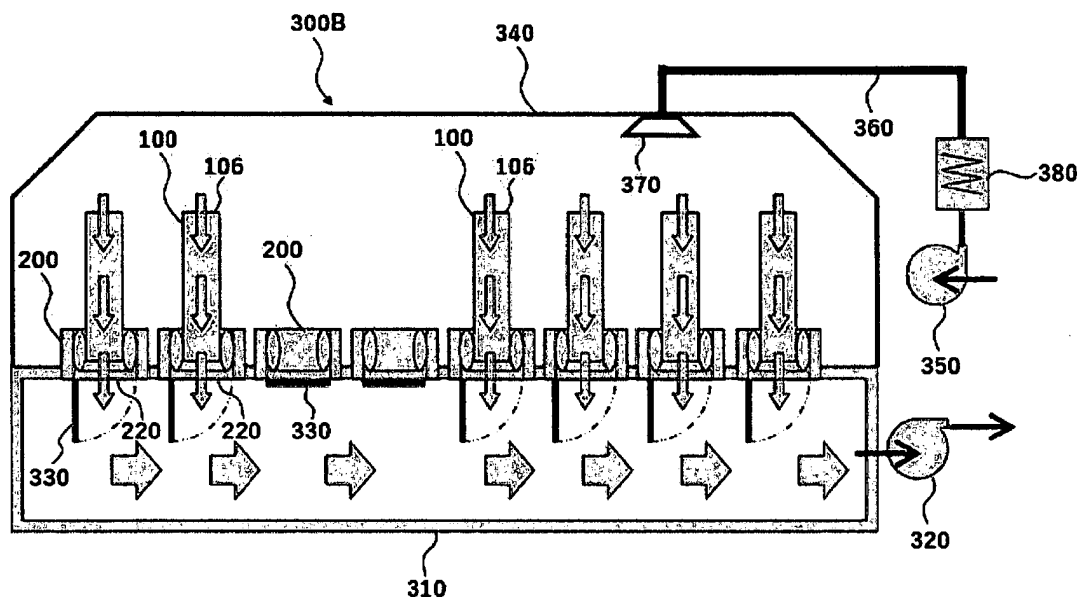
[FIG. 2]



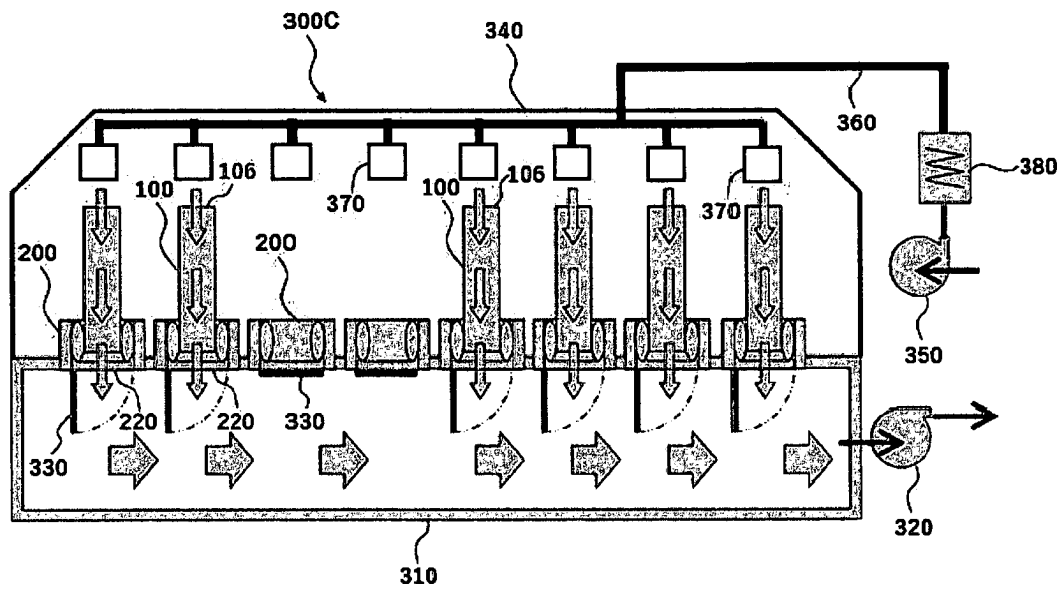
[FIG. 3-1]



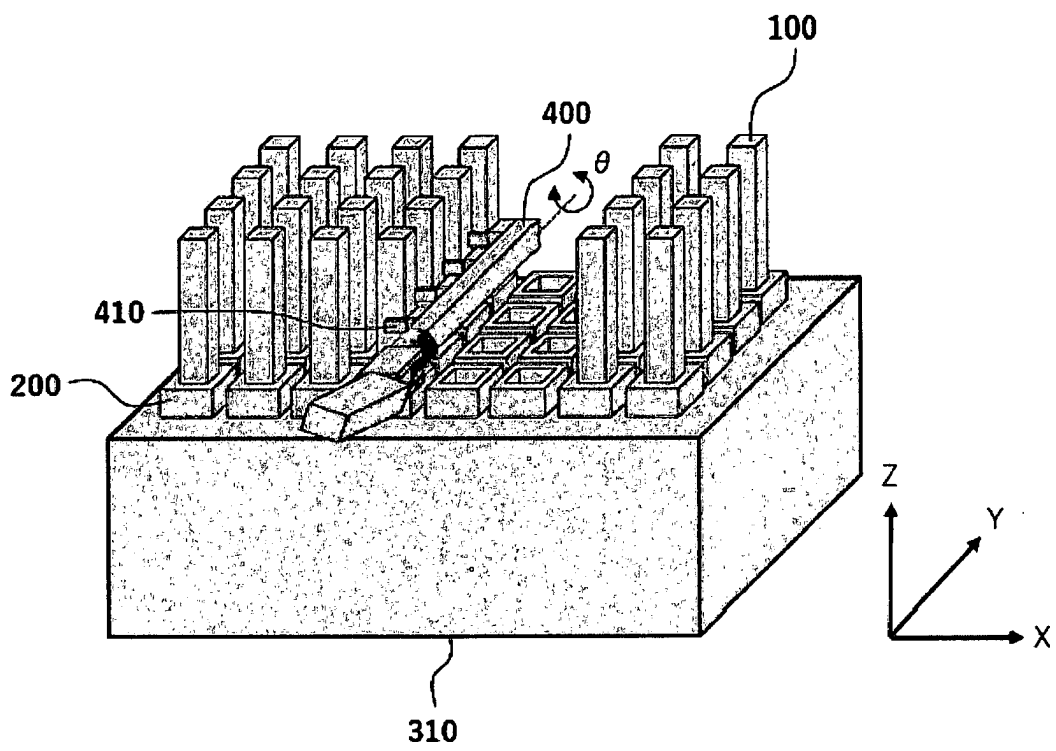
[FIG. 3-2]



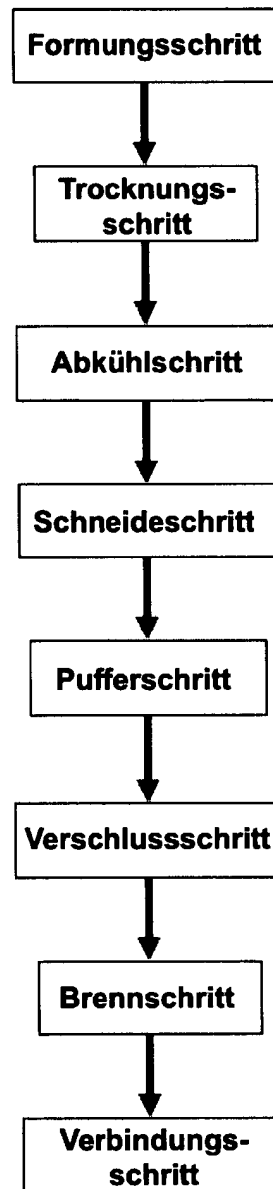
[FIG. 3-3]



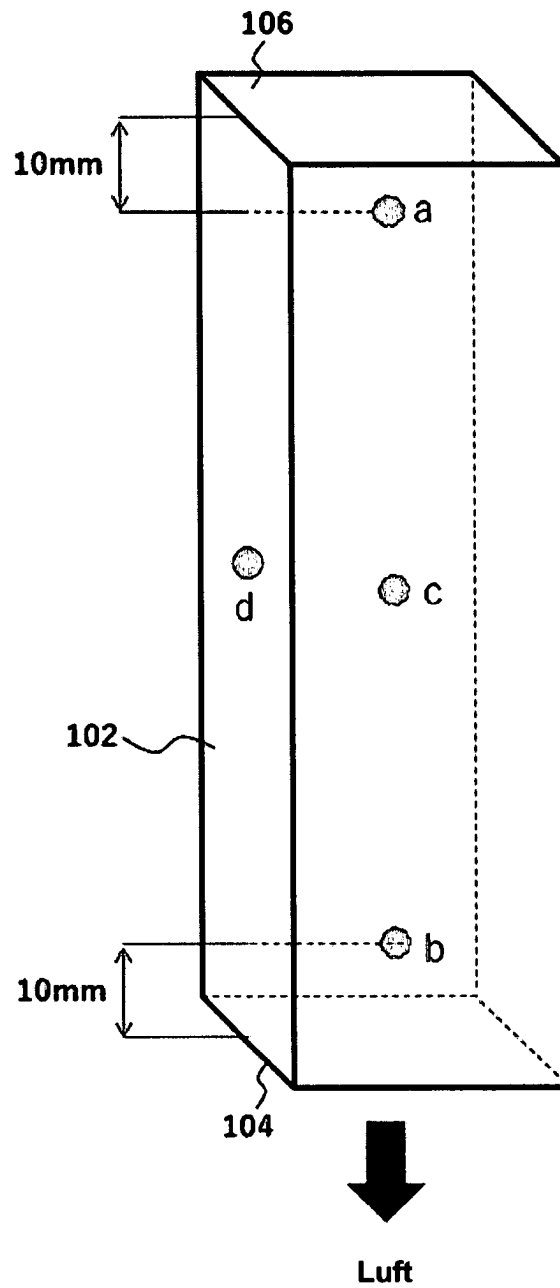
[FIG. 4]



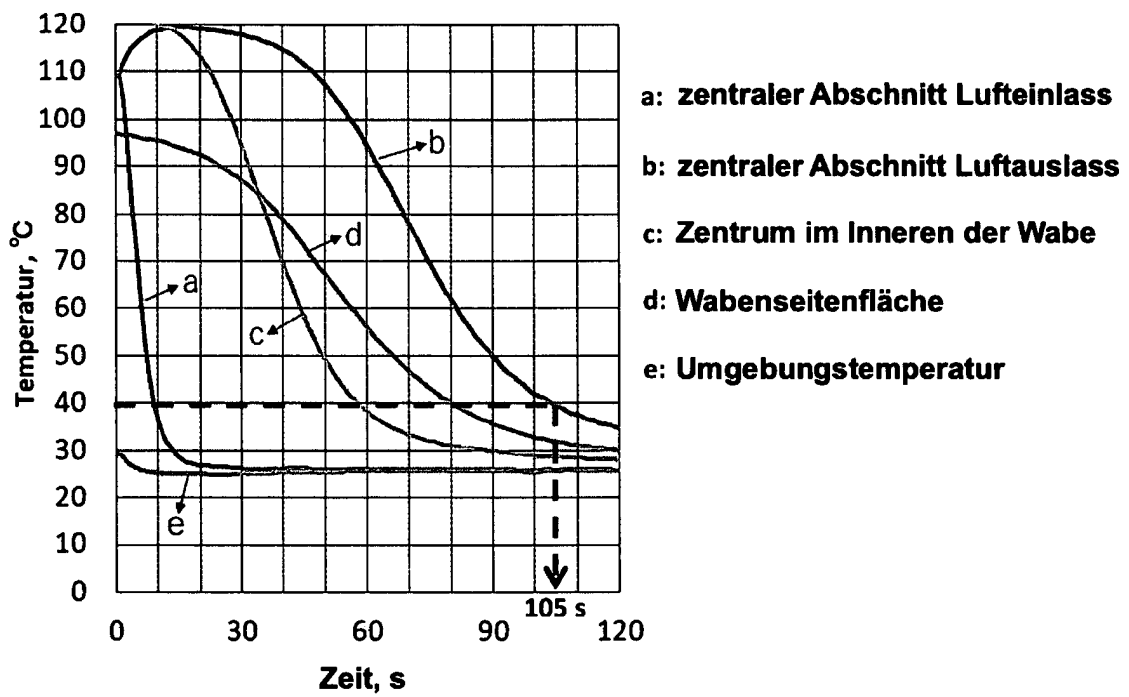
[FIG. 5]



[FIG. 6]



[FIG. 7]



[FIG. 8]

