(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 021 037 A1** 2005.11.24

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 021 037.3**
(22) Anmeldetag: **29.04.2004**
(43) Offenlegungstag: **24.11.2005**

(51) Int Cl.[7]: **F16S 1/04**
F01N 3/28

(71) Anmelder:
Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH, 53797 Lohmar, DE

(74) Vertreter:
Kahlhöfer - Neumann - Herzog - Fiesser, Patentanwälte, 40210 Düsseldorf

(72) Erfinder:
Althöfer, Kait, 51674 Wiehl, DE

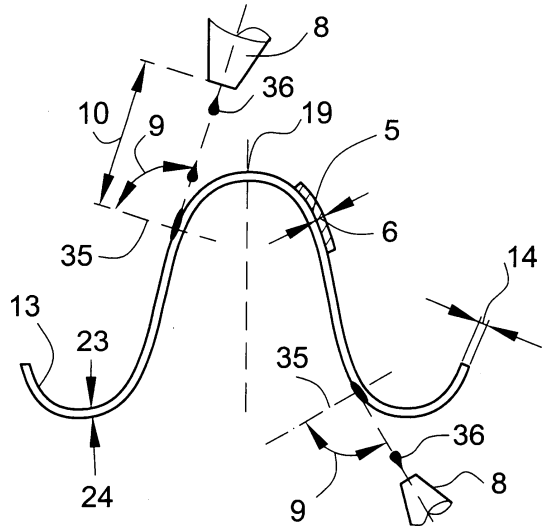
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DE 196 42 946 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer hochtemperaturfesten Struktur**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstellung einer hochtemperaturfesten Struktur (1), umfassend mindestens eine wenigstens teilweise strukturierte Lage (2), mit zumindest den folgenden Schritten:
(a) Auftragen eines Haftmittels (3) auf wenigstens einen Verbindungsabschnitt (4) der mindestens einen Lage (2), wobei das Haftmittel (3) zur Ausbildung einer Haftschicht (5) tropfenförmig appliziert wird, so dass eine Schichtdicke (6) der Haftschicht (5) kleiner 0,05 mm bereitgestellt wird;
(b) zumindest teilweises Formen der Struktur (1);
(c) Applizieren eines Lotmaterials (7), so dass dieses zumindest teilweise an einer Haftschicht (5) fixiert wird;
(d) Durchführen einer thermischen Behandlung.
Das Verfahren erlaubt insbesondere ein präzises Beleimen und Beloten von metallischen Wabenstrukturen, wie sie bevorzugt zur Abgasbehandlung im Automobilbau eingesetzt werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung von hochtemperaturfesten Strukturen wie zum Beispiel Wabenkörpern aus metallischen Lagen, welche insbesondere als Katalysator-Trägerkörper, Adsorber und/oder Filterkörper im Automobilbau eingesetzt werden.

Stand der Technik

[0002] Aus metallischen Lagen gewickelte, geschichtete und/oder verwundene Wabenkörper sind in vielfältigen Formen bekannt. Eine frühe Bauform, für die die DE 2902779 A1 typische Beispiele zeigt, ist die Spiral-Bauform, bei der eine glatte und eine gewellte Blechlage aufeinandergelegt und spiralförmig aufgewickelt wird. Nach einer anderen Bauform wird der Wabenkörper aus einer Mehrzahl von abwechselnd angeordneten glatten und gewellten oder unterschiedlich gewellten Blechlagen aufgebaut, wobei die Blechlagen zunächst einen oder mehrere Stapel bilden, die miteinander verschlungen werden. Dabei kommen die Enden aller Blechlagen außen zu liegen und können mit einem Gehäuse verbunden werden, wodurch zahlreiche Verbindungen entstehen, die die Haltbarkeit des Wabenkörpers erhöhen. Typische Beispiele dieser Bauformen sind in der EP 0245737 B1 oder der WO 90/03220 beschrieben.

[0003] Um einen Wabenkörper herzustellen, müssen diese Lagen zumindest teilweise miteinander verbunden werden. Hierzu sind verschiedene Verbindungstechniken bekannt. Am Markt große Bedeutung haben Hartlötverfahren gewonnen, bei denen die Lagen zumindest in Teilbereichen miteinander hartgelötet werden. Hierzu ist es erforderlich, ein Lotmaterial, welches einen niedrigeren Schmelzpunkt als die Lagen aufweist, in den Wabenkörper einzubringen. Durch Erhitzen des Wabenkörpers über den Schmelzpunkt des Lotmaterials schmilzt das Lot auf und verbindet bei Abkühlung die Lagen miteinander.

[0004] Das Lotmaterial kann in unterschiedlichen Formen in den Wabenkörper eingebracht werden, beispielsweise als Lotfolie oder Lotpulver. Lotfolie wird in den Bereichen, in denen Lagen miteinander verbunden werden sollen, eingelegt oder -geklebt, während Lotpulver (zum Teil unter Einsatz eines zuvor applizierten Haftmittels) in bestimmten Teilbereichen des Wabenkörpers aufgetragen wird.

[0005] Wird das Lotpulver ohne Haftmittel in den Wabenkörper eingebracht, ist ein gezieltes Fixieren der Lotkörper in Teilabschnitten des Wabenköpers praktisch nicht möglich. Das bedeutet, dass für eine lokal inhomogene Verbindung der Lagen untereinander (also eine Verbindung, die in Strömungsrichtung und/oder im wesentlichen quer zur Strömungsrichtung nicht durchgängig ist) oder auch der Lagen mit einem den Wabenkörper umschließenden Mantelrohr das Auftragen eines Haftmittels nötig macht.

[0006] Zum Auftragen des Haftmittels sind verschiedene Techniken bekannt. Beispielsweise offenbart die EP 0422000 B2 den Auftrag eines Haftmittels mittels Walzen. Der Auftrag des Haftmittels erfolgt hier vor dem Wickeln bzw. Stapeln der Lagen. Weiterhin ist beispielsweise aus der DE 10151487 C1 bekannt, das Haftmittel in flüssiger Form unter Ausnutzung von Kapillarkräften bekannt. Hierbei wird der Wabenkörper nach dem Wickeln oder Stapeln und Verwinden der Lagen mit einem flüssigen Haftmittel in Kontakt gebracht, welches durch die Kapillarkräfte in die durch die Kontaktbereiche von Glatt- und Welllagen gebildeten Kapillaren aufsteigt.

[0007] Beide hier beschriebenen Verfahren sind für eine Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungsfällen gut geeignet, ist jedoch eine besonders präzise und exakt definierte Lötanbindung gewünscht, können allerdings technische Schwierigkeiten auftreten. So ist der Auftrag des Haftmittels mittels Walzen relativ aufwendig, zudem ist insbesondere die relative Positionierung der Walzen in Bezug auf die mit Haftmittel zu versehenden Lagen fehleranfällig. Weiterhin erlaubt die Einbringung des Haftmittels mittels Kapillarkräften keine selektive Verbindung von benachbarten Lagen nur in Teilbereichen in einem genügend flexiblen Masse.

Aufgabenstellung

[0008] Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren anzugeben, welches die technischen Probleme bekannter Verfahren zur Herstellung von hochtemperaturfesten Strukturen zumindest mindert. Insbesondere soll ein Verfahren angegeben werden, das ein präzises Beloten der Struktur ermöglicht. Dabei sollen auch die Kriterien einer zumindest halbautomatischen Serienfertigung berücksichtigt werden. Letztendlich soll damit auch eine hochtemperaturfeste Struktur bereitgestellt werden können, die den beträchtlichen thermischen und dynamischen Beanspruchungen beispielsweise im Abgassystem mobiler Verbrennungskraftmaschinen dauerhaft standhält. Auch unter Kostengesichtspunkten soll eine effektive Nutzung von Lotmaterial begünstigt werden. Zudem ist auch gewünscht, dass im Vergleich mit ähnlichen bekannten Verfahren weniger Energie zur Durchführung des Verfahrens erforderlich ist.

[0009] Diese Aufgaben werden gelöst durch das Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängig formulierten Patentansprüche. Dabei sei darauf hingewiesen, dass die dort genannten Merkmale beziehungsweise Verfahrensschritte in beliebiger, techno-

logisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können, wobei weitere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens aufgezeigt sind.

[0010] Das hier vorgeschlagene Verfahren zur Herstellung einer hochtemperaturfesten Struktur, welche mindestens eine wenigstens teilweise strukturierte metallische Lage umfasst, weist zumindest folgende Schritte auf

(a) Auftragen eines Haftmittels auf wenigstens einen Verbindungsabschnitt der mindestens einen Lage, wobei das Haftmittel zur Ausbildung einer Haftschicht tropfenförmig appliziert wird, so dass eine Schichtdicke der Haftschicht kleiner 0,05 mm (Millimeter) bereitgestellt wird;

(b) zumindest teilweises Formen der Struktur;

(c) Applizieren eines Lotmaterials, so dass dieses zumindest teilweise an einer Haftschicht fixiert wird;

(d) Durchführen einer thermischen Behandlung.

[0011] Unter einem Haftmittel wird insbesondere eine Substanz verstanden, die dazu geeignet ist, Lotmaterial (zumindest vorübergehend) zu fixieren, bis dieses bei der schließlich durchgeführten thermischen Behandlung aufgeschmolzen wird. Diese Haftmittel weisen üblicherweise die Fähigkeit auf, andere Körper (hier die Lage und das Lotmaterial) durch starke Oberflächenhaftung (Adhäsion) und starken inneren Zusammenhalt (Kohäsion) zu verbinden.

[0012] Gemäß Schritt (a) wird dieses Haftmittel nun auf wenigstens einen Verbindungsabschnitt aufgetragen. Der Verbindungsabschnitt ist der Bereich, der für die Bereitstellung von Haftmittel auf der Lage vorgesehen ist. Der Verbindungsabschnitt kann sich beispielsweise in Form eines Streifens oder in ähnlicher Weise über einen größeren Abschnitt der Lage erstrecken, es ist jedoch auch möglich, dass der Verbindungsabschnitt nur lokal eng begrenzte Teilbereiche (z.B. mit einer Fläche kleiner 20 mm^2 oder sogar kleiner 10 mm^2 bzw. kleiner 5 mm^2) der Lage meint. Der Verbindungsabschnitt ist somit nicht zwangsläufig mit dem Bereich gleichzusetzen, in denen letztendlich die fügetechnische Verbindung der Lagen generiert wird.

[0013] Die ausgebildete Haftschicht wird demgemäß durch einen tropfenförmigen Auftrag des Haftmittels bereitgestellt. Das hat den Vorteil, dass das Applizieren ohne einen mechanischen Kontakt zwischen dem Mittel zum Auftragen des Haftmittels und der Lage selbst durchgeführt werden kann. Damit werden einerseits mechanische Beschädigungen der Lage vermieden, gleichzeitig ist es auf diese Weise möglich, eine exakt dosierte, vorgegebene kleine Menge des Haftmittels auf der Lage anzuordnen. So wird hier gleichzeitig die Möglichkeit geschaffen, besonders dünne Schichtdicken der Haftschicht bereitzustellen, insbesondere kleiner 0,05 mm. Die sehr geringe Schichtdicke eröffnet nun die Möglichkeit, über die Haftwirkung des Haftmittels selbst einzustellen, da die Kontaktfläche bzw. die Eindringtiefe des eingesetzten Lotmaterials beeinflussbar wird. Die tropfenförmige Bereitstellung des Haftmittels erlaubt dabei noch deutlich dünnere Schichtdicken. So wird auch vorgeschlagen, dass die Schichtdicke noch deutlich kleiner ausgeführt ist, z.B. kleiner 0,01 mm, 0,001 mm (1 µm), insbesondere kleiner 0,0005 mm (0,5 µm), oder sogar kleiner 0,0001 mm (0,1 µm). Die erzielbaren Schichtdicken hängen in gewisser Weise auch mit dem eingesetzten Haftmittel zusammen; so lassen sich extrem dünne Haftschichten beispielsweise mit solchen herstellen, die einen hohen Lösungsmittelanteil aufweisen (z.B. größer 50%). Solche extrem dünnen Schichtdicken waren zuvor nicht im Rahmen einer Serienfertigung zu realisieren. Das Auftragen mit mechanischen Mitteln würde häufig zur Zerstörung der Haftmittelschicht führen bzw. würde zumindest erheblichen Zeit- und Kostenaufwand erfordern.

[0014] Gemäß Schritt (b) wird nach dem Auftragen des Haftmittels zumindest teilweise die Struktur geformt. Damit ist insbesondere gemeint, dass eine Mehrzahl von Lagen gestapelt werden, so dass diese Strömungskanäle bilden, die von üblicherweise zumindest zwei benachbarten Lagen begrenzt werden. Dazu können die Lagen auch miteinander verbunden beziehungsweise gewickelt werden, so dass letztendlich eine Art Wabenstruktur entsteht. Dabei ist es nicht zwangsläufig erforderlich, die endgültig gewünschte Form der Struktur bereits in diesem Verfahrensstadium auszubilden, vielmehr ist auch möglich, dass das Formen der Struktur unterbrochen wird, und weitere Verfahrensschritte durchgeführt werden, beispielsweise erneut Schritt (a) und/oder bereits Schritt (c).

[0015] Mit dem Verfahrensschritt (c) wird nun Lotmaterial appliziert, so dass dieses zumindest teilweise an der Haftschicht fixiert wird. Dabei ist anzumerken, dass der Schritt (c) auch wenigstens teilweise direkt nach Schritt (a) durchgeführt werden kann, der Auftrag des Lotmaterials also schon vor dem zumindest teilweisen Formen der Struktur stattfindet. Die Bereitstellung des Lotmaterials kann auf alle bekannten Arten stattfinden, bevorzugt wird das Lotmaterial jedoch mit einem Trägerstrom (beispielsweise Luft) durch die Struktur hindurch befördert, wobei es mit den Lagen und damit auch mit der Haftschicht in Kontakt kommt. Trifft das Lotmaterial auf eine solche Haftschicht, bleibt dieses dort in der Regel haften. Das Lotmaterial, welches beim Durchströmen durch die Struktur nicht mit Haftmitteln in Kontakt kommt, wird wieder aufgefangen, gegebenenfalls gereinigt und dem Verfahren erneut zugeführt, um ein umweltschonendes und kostengünstiges Verfahren bereitzustellen. Nun befindet sich die gewünschte Menge des Lotmaterials in den vorgesehenen Verbindungs-

abschnitten zwischen benachbart zueinander angeordneten Teilabschnitten der Lage beziehungsweise den Lagen. Diese Menge des Lotmaterials wurde festgelegt unter Berücksichtigung der erforderlichen Dauerfestigkeit unter thermischer und/oder dynamischer Wechselbeanspruchung, wie sie beispielsweise in Abgassystemen mobiler Verbrennungskraftmaschinen stattfindet. Außerdem ist berücksichtigt, dass diese Lotmenge bei der thermischen Behandlung keine (z.B. chemische) Materialveränderung der metallischen Lage zur Folge hat, diese also beispielsweise dauerhaft korrosionsbeständig bleibt.

[0016] Im Verfahrensschritt (d) wird das Lotmaterial nun aufgeschmolzen und generiert schließlich beim Abkühlen fügetechnische Verbindungen, so dass z.B. die Mehrzahl von Lagen unverlierbar miteinander verbunden sind. Bei der thermischen Behandlung handelt es sich bevorzugt um einen Hochtemperatur-Vakuum-Prozeß. Wird die Struktur einer erhöhten Temperatur ausgesetzt, so beginnen zunächst bestimmte Anteile des Haftmittels ihren Aggregatzustand zu verändern, insbesondere sich zu verflüchtigen. Schließlich verflüchtigt sich nahezu das gesamte Haftmittel, so dass die Verbindung im wesentlichen ausschließlich durch das dort vorgesehene Lotmaterial generiert wird. Bevorzugt wird diese thermische Behandlung in einem Lötofen durchgeführt, es ist jedoch auch möglich, ein Aufheizen durch induktives Löten und/oder Strahlungslöten und/oder auch durch die Abwärme eines Schweißvorgangs zu erreichen.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird das Haftmittel mittels einem der nachfolgenden Verfahren aufgedruckt:

- Drop-on-Demand-Verfahren;
- Bubble-Jet-Verfahren;
- Continuous-Jet-Verfahren.

[0018] Die vorstehend genannten Verfahren dienen insbesondere der Separierung beziehungsweise Bildung von Tropfen aus einem Flüssigkeitsreservoir und zur gezielten Positionierung des Tropfens bzw. zum gerichteten Transport des Tropfens hin zu einer Zielstelle.

[0019] „Drop-on-Demand"-Verfahren sind Druckverfahren, die sich dadurch auszeichnen, dass ein Tropfen des Haftmittels nur dann erzeugt wird, wenn dieser tatsächlich benötigt wird. Damit erstellt es quasi ein diskontinuierliches Bereitstellungsverfahren für Haftmitteltropfen dar. Das heißt mit anderen Worten, dass das Applizieren des Haftmittels derart erfolgt, dass eine Relativbewegung zwischen Lage und der Vorrichtung zur Durchführung des Drop-on-Demand-Verfahrens realisiert wird, wobei diese Vorrichtung nur genau dann Tropfen generiert und emittiert, wenn sich diese im Bereich eines gewünschten Verbindungsabschnittes befindet. Für den Fall, dass diese Vorrichtung außerhalb des Verbindungsabschnittes positioniert ist, werden keine Tropfen generiert und emittiert.

[0020] Bei Drop-on-Demand-Systemen ist es beispielsweise möglich, einzelne Tropfen des Haftmittels mittels piezoelektrischer Aktoren zu erzeugen. Bei piezoelektrischen Aktoren handelt es sich um elektromechanische Wandler, die auf dem piezoelektrischen Effekt beruhen. Hierbei führt das Anlegen einer Wechselspannung an das piezoelektrische Element zu mechanischen Schwingungen. Diese Schwingung wird auf ein vorgegebenes Haftmittelvolumen übertragen, wobei sich an einem Auslass jeweils ein Tropfen bildet, der anschließend mit einer relativ hohen Geschwindigkeit einer Düse zugeführt wird. Es sind mehrere Drop-on-Demand-Verfahren bekannt, die piezoelektrischen Wandlern beruhen, beispielsweise Piezoröhrchen, Piezoscheiben, Piezolamellen.

[0021] Ein bevorzugtes Drop-on-Demand-Verfahren stellt das „Bubble-Jet"-Verfahren dar. Hierbei werden die Haftmitteltropfen nicht mittels eines piezoelektrischen Wandlers erzeugt, sondern durch Einsatz von thermischen Aktoren. Diese sind in der Regel Heizelemente, die in einer Düse ausgebildet und mit dem Haftmittel verbunden sind. Durch diese Heizelemente wird kurzzeitig in der Düse ein lokal begrenzter Bereich auf eine sehr hohe Temperatur gebracht, die deutlich über der Siedetemperatur des Haftmittels liegt. Das Haftmittel beginnt dann lokal zu sieden, wodurch sich nach sehr kurzer Zeit eine geschlossene Dampfblase bildet. Diese Dampfblase treibt einen Tropfen des Haftmittels aus der Düse, wobei Drücke von 10 bar oder mehr und Austrittsgeschwindigkeiten von 10 m/s (Meter pro Sekunde) und mehr erreicht werden können. Diese Dampfblase kollabiert anschließend, worauf es aufgrund der Kapillarkräfte zum Nachsaugen von Haftmittel in der Düse kommt. Bei solchen Bubble-Jet-Verfahren werden verschiedene Drucktechniken unterschieden, die allgemein als „Edge-" und „Sides-Hooter" bekannt sind.

[0022] Neben diesen Drop-on-Demand-Verfahren existieren auch kontinuierliche Druckverfahren, bei denen ein kontinuierlicher Strahl von Haftmitteltropfen erzeugt wird, der dann wenn Tropfen benötigt werden, die Vorrichtung verlässt, und sonst so abgelenkt wird, dass die generierten Tropfen in einen Auffangbehälter geführt werden und somit nicht die zu bedruckende Oberfläche erreichen. Ein solches Verfahren stellt auch das „Continuous-Inkjet"-Verfahren bzw. hier als „Continuous-Jet-Verfahren" bezeichnetes Verfahren dar, wobei der kontinuierliche Strahl von Tropfen durch Positionierung des Druckkopfes und/oder elektrostatischer Ablenkung mit einer gewünschten Strahlrichtung generiert wird. Wenn ein solches Continuous-Jet-Verfahren zum Auftragen von Haftmittel verwendet wird, wird ein kontinuierlicher Stahl von Haftmitteltropfen erzeugt, welcher in

ein Fangrohr gerichtet ist, das das Haftmittel schließlich wieder dem Reservoir zuführt. Soll nun der Strahl auf die vorgegebenen Verbindungsabschnitte gerichtet werden, erfolgt eine Ablenkung des Tropfenstrahles im Inneren des System, so dass der Strahl die Vorrichtung verlässt und auf dem gewünschten Verbindungsabschnitt auftrifft.

[0023] Das Auftragen des Haftmittels mittels den oben genannten Verfahren führt dazu, dass besonders kleine Tropfen mit sehr hoher Geschwindigkeit und sehr präzise auf der Lage appliziert werden können. So ist beispielsweise eine Generierung eines Tropfens mit einer Frequenz von ca. 50 kHz (50.000 Tropfen pro Sekunde), gegebenenfalls sogar mit noch höherer Frequenz. Solche hochfrequenten Vorgänge haben hohe Fertigungsgeschwindigkeiten zur Folge, die sich gerade im Hinblick auf eine Serienfertigung derartiger Strukturen vorteilhaft bemerkbar machen.

[0024] Entsprechend einer Weiterbildung des Verfahrens ist das Haftmittel statisch aufladbar und weist bevorzugt eine elektrische Leitfähigkeit auf, die größer 1,0 mS (milli Siemens) beträgt. Bevorzugt beträgt die elektrische Leitfähigkeit dabei höchstens 5,0 mS und insbesondere höchstens 2,0 mS. Durch das statische Aufladen des Haftmittels wird ermöglicht, dass eine Ablenkung des generierten Haftmittel-Tropfenstrahls durch ein elektrisches Feld stattfinden kann. Das hat zur Folge, dass es nicht zwingend erforderlich ist, die Vorrichtung zur Durchführung des tropfenförmigen Auftrages selbst relativ zur Lage bewegt werden muss, vielmehr kann der gebildete Strahl selbst verschwenkt beziehungsweise abgelenkt werden. Zusätzlich eröffnet sich die Möglichkeit, bei einer kontinuierlichen Bereitstellung eines Tropfenstrahles eine Ablenkung genau dann zu bewirken, wenn die Tropfen in einen Auffangbehälter geleitet werden sollen, weil außerhalb der Vorrichtung kein Bedarf an Haftmitteltropfen besteht.

[0025] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird Haftmittel eingesetzt, welches eine dynamische Viskosität im Bereich von 3,0 bis 5,0 mPa (milli Pascal) aufweist. Bevorzugt liegt die dynamische Viskosität in einem Bereich von 3,5 bis 4,5 mPa. Unter einer Viskosität wird insbesondere die Zähigkeit des Haftmittels verstanden. Bestimmt kann sie beispielsweise dadurch werden, dass ein fester Körper mit einer Geschwindigkeit durch die ruhende Haftmittelflüssigkeit hindurch bewegt wird, wobei dann im allgemeinen zur Aufrechterhaltung der Bewegung eine Kraft erforderlich ist, die von der Größe und Form des Körpers und eine Eigenschaft der Flüssigkeit, der dynamischen Viskosität, abhängt. Die Bestimmung der dynamischen Viskosität stellt für den Fachmann keine Probleme dar, wobei die hier angegebenen Werte für die Raumtemperatur und den Atmosphärendruck gelten. Die dynamische Viskosität ist vor allem für die Tropfenbildung im Inneren der Vorrichtung zum Auftragen des Haftmittels von Bedeutung. Liegt die dynamische Viskosität in dem angegebenen Bereich ist sichergestellt, dass ein ausreichendes Fließverhalten vorliegt, wobei die Tropfen nach einer Aufladung sich abtrennen und somit ihre Ladung behalten. Dies gewährleistet die später folgende Ablenkung der Tropfen.

[0026] Weiter wird auch vorgeschlagen, dass das Haftmittel einen Lösungsmittelanteil hat, der mindestens 50 % beträgt. Bevorzugt beträgt dieser Lösemittelanteil mindestens 70 %, insbesondere 90 % und ganz besonders bevorzugt mindestens 98 %. Als Lösungsmittel kommen bevorzugt dünnflüssige, polarisierbare Lösungsmittel zum Einsatz, insbesondere Aceton und/oder Ethanol.

[0027] Zudem wird vorgeschlagen, dass das Haftmittel einen Klebstoffanteil hat, der bis mindestens 300°C (Grad Celsius) beständig ist. Dadurch soll gewährleistet werden, dass die Hafteigenschaft des Haftmittels bis zu mindestens dieser Temperatur vorliegt. So können beispielsweise thermische Vorbehandlungsmaßnahmen getroffen werden, und das Lotmaterial bleibt dennoch bis zur abschließenden thermischen Behandlung an dem gewünschten Verbindungsabschnitt haften. Dabei ist besonders bevorzugt, dass eine gleich bleibende Hafteigenschaft bis ca. 150°C vorliegt, darüber hinaus kann sich diese jedoch verändern. Maßgeblich ist, dass bei 300°C noch eine solche Hafteigenschaft vorliegt, dass das Lotmaterial daran haften bleibt. Das Haftmittel kann neben dem polarisierenden Lösungsmittel, insbesondere Wasser oder organische Lösungsmittel, auch andere Bestandteile aufweisen, z.B. Harze, Härter, Füllstoffe, Zusätze wie Weichmacher, Verdickungsmittel, Konservierungsstoffe, etc..

[0028] Weiter wird auch vorgeschlagen, dass die Struktur vor dem Applizieren des Lotmaterials einer thermischen Vorbehandlung unterzogen wird. Damit ist insbesondere gemeint, dass diese thermische Vorbehandlung vor wenigstens einem der Schritte (c), (b), (a) durchgeführt wird. Die thermische Vorbehandlung umfasst insbesondere ein Reinigen der Lage, beispielsweise von flüchtigen Bestandteilen, die sich auf den Seiten bzw. der Oberfläche der Lage gebildet haben. Diese Verunreinigungen, Betriebsmittel, etc. könnten das Auftragen des Haftmittels bzw. das Applizieren des Lotmaterial negativ beeinträchtigen. Im Hinblick auf das Haftmittel könnte die Adhäsionswirkung hin zur Lage gestört werden. Außerdem ist auch möglich, dass diese Verunreinigungen ebenfalls eine Haftwirkung gegenüber dem verwendeten Lotmaterial haben, so dass ungewünschte Lotverbindungen entstehen würden. Zudem ist zu berücksichtigen, dass gerade bei der Ausgestaltung der abschließenden thermischen Behandlung als Vakuumprozess die flüchtigen Bestandteile eine Störung

des Vakuums zur Folge haben können. Deshalb wird hier vorgeschlagen, im Rahmen einer thermischen Vorbehandlung zumindest die flüchtigen Bestandteile von der Lage zu entfernen. Dieses thermische Reinigen findet beispielsweise bei Temperaturen im Bereich oberhalb von 200°C statt, insbesondere im Bereich von 250°C bis 350°C. Wird diese thermische Vorbehandlung nach Schritt (a) durchgeführt, so können gleichzeitig die Lösungsmittelbestandteile des Haftmittels entfernt werden, so dass diese flüchtigen Bestandteile ebenfalls den nachgeschalteten thermischen Fügeprozess nicht behindern. In Anbetracht der Tatsache, dass die Betriebsmittel zum Teil dafür eingesetzt werden, dass ein betriebssicheres Formen der Struktur gewährleistet ist, wird die thermische Vorbehandlung bevorzugt zwischen Schritt (b) und (c) durchgeführt.

[0029] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird das Haftmittel mit mindestens einer Düse appliziert, wobei die mindestens eine Düse einen Strahlwinkel vorgibt und einen Abstand zum Verbindungsabschnitt aufweist, wobei zur Ausbildung einer Haftschicht mindestens einer der Parameter Strahlwinkel und Abstand so variiert wird, dass die Haftschicht mit einer vorgegebenen Schichtdicke und/oder Schichtausdehnung erzeugt wird.

[0030] Bei dem vorgenannten Verfahren wird das Ziel verfolgt, bei Bereitstellung der gleichen Tropfengröße beziehungsweise des gleichen Haftmittelvolumens pro Tropfen allein durch Variierung des Abstandes und/oder des Strahlwinkels unterschiedliche Fläche der Lage zu benetzen. Der „Abstand" beschreibt dabei im wesentlichen die Länge der freien Flugbahn des Haftmitteltropfens vom Austritt aus der Düse bis zum Auftreffen auf der Lage. Mit „Strahlwinkel" ist der Winkel gemeint, der zwischen einer Senkrechten durch den Verbindungsabschnitt und der Auftreffrichtung des Tropfens gebildet wird. Die Variierung dieses Strahlwinkels hat eine unterschiedliche Ausgestaltung des Tropfens beim Kontakt mit der Lage zur Folge. Erfolgt das Auftragen des Haftmittels parallel zur Senkrechten, also mit einem Strahlwinkel von 0° (Grad), so wird sich bei einer ebenen Gestaltung des Verbindungsabschnittes ein im wesentlicher runder Auftrefffleck ausbilden. Für den Fall, dass beispielsweise eine schräge Auftreffrichtung bzw. ein Strahlwinkel, insbesondere größer 45° zur Senkrechten gewählt wird, bildet sich ein im wesentlichen ovaler bzw. unsymmetrischer Auftrefffleck aus. Damit ist es möglich, durch eine schräge Besprühung der Lage eine größere Fläche des Verbindungsabschnittes mit Haftmittel zu benetzen. Dies führt gleichzeitig zu einer reduzierten Schichtdicke, da pro Tropfen das gleiche Volumen bzw. die gleiche Masse bereitgestellt wird. Die Düsen haben dabei vorzugsweise einen Durchmesser von 0,5 bis 0,6 mm. Auf der Lage bzw. in dem Verbindungsabschnitt werden so Auftrefffflecke der Größe etwa 0,05 bis 0,7 mm erzeugt, insbesondere im Bereich von 0,1 bis 0,5 mm und bevorzugt im Bereich von 0,2 bis 0,3 mm.

[0031] Einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens zur Folge wird Lotmaterial als Pulver mit einer Kornfraktion kleiner 120 µm (Mikrometer) appliziert. Bevorzugt wird dabei eine Kornfraktion eingesetzt, die eine durchschnittliche Größe kleiner 106 µm aufweist, insbesondere in einem Bereich von 63 bis 106 µm, einem Bereich von 36 bis 75 µm, einem Bereich von 40 bis 60 µm oder einem Bereich von 60 bis 80 µm. Als Lot wird bevorzugt ein Nickel-Basis-Lot eingesetzt. Die Wahl der geeigneten Kornfraktion ist insbesondere mit der ausgebildeten Haftschicht abzustimmen. Die verschiedenen Lot-Kornfraktionen stellen jeweils unterschiedliche Umfangsflächen bereit, die schließlich die Haftung im Verbindungsabschnitt beeinflussen. Die Umfangsflächen und die Massen der Lotkornpulver sind also mit Berücksichtigung der vorgegebenen bzw. gewünschten Verbindung und die ausgebildete Haftmittelschicht auszuwählen.

[0032] Wird die Struktur mit mindestens einer glatten Folie und einer gewellten Folie einer vorgegebenen Foliendicke gebildet, welche miteinander Kontaktstellen mit Zwickeln formen, so wird vorgeschlagen, dass eine Menge Lotmaterial appliziert wird, die in Abhängigkeit der Foliendicke in einem Zwickel mindestens folgendem Zusammenhang entspricht:

$$m_{Lot} = \delta_{Lot} \cdot \frac{d_{Lot}^2 \cdot s}{2} \cdot \frac{l}{d_{Lot}};$$

mit

m $_{Lot}$: erforderliche Lotmasse,
δ_{Lot}: Lotmaterialdichte,
d $_{Lot}$: gemittelter Durchmesser des pulverförmigen Lotmaterials,
s: Foliendicke,
1: Länge des Haftmittelstreifens.

[0033] Die hier angegebene Menge mit beschreibt die minimal erforderliche Menge des Lotmaterials zur Gewährleistung einer dauerhaften Verbindung. Üblicherweise sollte dieser Minimalwert nicht um mehr als das 5fache, insbesondere nicht als das 3fache oder sogar nur das 2fache, überschritten werden.

[0034] Die hier beschriebene Struktur weist mindestens eine glatte Folie und eine gewellte Folie auf. Beide sind bevorzugt aus einem hochtemperaturfesten metallischen Material, welches insbesondere Aluminium und/oder Chrom enthält. Die Foliendicke zumindest einer der Folien liegt bevorzugt in einem Bereich kleiner 130 µm, insbesondere kleiner 60 µm. Wird eine solche gewellte Folie auf eine glatte Folie gelegt, so bilden sich Kontaktstellen entlang der Extrema der gewellten Folie aus. Direkt benachbart zu dieser Kontaktstelle sind Zwickel (hier als Oberbegriff für Ein-

buchtungen, Spalte, etc. gemeint) geformt. Je nach Ausgestaltung der Extrema öffnen sich diese Zwickel sehr schnell oder sind relativ flach ausgebildet. Diese Zwickel stellen den Raum für die letztendlich ausgebildeten Lotverbindungen bereit. Nun wird vorgeschlagen, dass nur eine ganz bestimmte Menge Lotmaterial in diesen Zwickeln vorgesehen ist.

[0035] Bei einer Ausgestaltung der Struktur mit mindestens einer glatten Folie und einer gewellten Folie wird auch vorgeschlagen, dass die mindestens eine gewellte Folie mittels einem formgebenden Walz-Verfahrens unter Einsatz eines Öls hergestellt wird, bei dem die hergestellte gewellte Folie entölt wird, bevor das Haftmittel aufgetragen wird. Die Herstellung einer gewellten Folie aus einer glatten Folie mittels einem formgebenden Walz-Verfahren gehört zur üblichen Blechbearbeitung in diesem technischen Gebiet. Der Einsatz des Öls gewährleistet, dass die Walzen bei der Formgebung gut auf der Oberfläche abrollen und somit die Folie nicht beschädigen. Da dieses Öl unter Umständen den weiteren Verfahrensablauf des hier beschriebenen Verfahrens beeinträchtigt, soll das Öl entfernt werden, bevor das Haftmittel aufgetragen wird. Das Entfernen kann thermisch, mechanisch und/oder chemisch erfolgen. Beim Einsatz leicht flüchtiger Öle ist es unter Umständen ausreichend, eine entsprechend große Verflüchtigungs-Transportstrecke vorzusehen, so dass zu dem Zeitpunkt, wenn die Folie mit dem Haftmittel benetzt werden soll, wenigstens ein Großteil des Öls bereits verflüchtigt ist.

[0036] Außerdem wird auch vorgeschlagen, dass bei einer Struktur, die mit mindestens einer glatten Folie und einer gewellten Folie gebildet wird, die gewellte Folie Extrema aufweist, wobei neben mindestens einem Extremum verlaufend, zumindest eine Haftschicht mit einer Distanz von mindestens 0,05 mm (Millimeter) erzeugt wird. Mit Extrema sind insbesondere die Hochpunkte beziehungsweise Tiefpunkte der Struktur gemeint, beispielsweise die Berge und Täler einer wellenförmigen Struktur. Diese Extrema verlaufen in der Regel gradlinig, weisen also eine Art Scheitellinie auf. Mit dem hier vorgeschlagenen Verfahren ist es nun möglich, besonders dicht an dieses Extremum heran solche Haftschichten auszubilden, wobei gleichzeitig verhindert wird, dass das Extremum selbst, das schließlich die Kontaktstelle zu benachbarten Folien bildet, frei von Haftmitteln ist. Die vorgeschlagene Distanz hat auch zur Folge, dass in direkter Nachbarschaft der Extrema kein Haftmittel platziert wird, welches von dem Lotmittel aufgrund der Kornfraktion nicht erreicht werden kann. Dies erlaubt beispielsweise auch beim Formen der Struktur ein Aufeinandergleiten der Folie, weil im Bereich der Kontaktstellen kein Haftmittel vorliegt. Bevorzugt liegt die Distanz in einem Bereich von 0,05 bis 0,1 mm. Dabei wird insbesondere die Begrenzung der Haftschicht herangezogen, die dem Extremum am nächsten ist.

[0037] In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, wenn die Haftschicht eine Schichtbreite kleiner 0,9 mm (Millimeter) hat. Insbesondere liegt die Schichtbreite in einem Bereich von 0,15 mm bis 0,3 mm. Mit derartig präzise positionierten und schmal ausgebildeten Haftschichten lässt sich das Lotmaterial sogar teilweise bis auf das Korn genau in einem Zwickel applizieren. Dies ermöglicht eine bislang nicht verfügbare Präzision der Verbindungstechnik im Bereich der Herstellung von Wabenkörper für Abgasbehandlungsanlagen.

[0038] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens zur Herstellung einer Struktur mit mindestens einer glatten Folie und einer gewellten Folie, wobei die gewellte Folie Extrema aufweist, wird vorgeschlagen, dass zumindest die Anzahl oder die Lagen de Extrema erfasst werden. Bevorzugt werden sowohl die Anzahl als auch die Lage der Extrema erfasst. Das bedeutet zunächst einmal, dass Zähl- oder Überwachungsvorrichtungen vorgesehen sind, die die Lage der Extrema erkennen beziehungsweise registrieren. Dies wird bevorzugt über den gesamten Herstellungsprozess verfolgt. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, die Haftschichten ganz bestimmten Extrema zuzuordnen, so dass eine Vielzahl unterschiedlicher Muster auf die Folien aufgetragen werden können. Es ist auch möglich, somit in der hergestellten Struktur dreidimensionale Muster zu generieren, wobei die Struktur in ganz bestimmten Bereichen unterschiedliche Lotverbindungen ausbildet, bzw. Teilvolumina ohne Lotverbindungen vorgesehen sind. Das Erfassen der Extrema kann beispielsweise durch die formgebenden Walzen, zusätzliche Sensoren oder andere hierfür geeignete Mittel erfolgen.

[0039] Bei der Überwachung bzw. Regelung des Herstellungsvorgangs einer Folie, insbesondere der Erzeugung einer Haftschicht und/oder des Belotens kann es vorteilhaft sein, ein Haftmittel einzusetzen, dessen Lage, Position und/oder Gestalt messtechnisch erfassbar ist. Damit ist insbesondere gemeint, dass das Haftmittel Mittel umfasst, die eine optische Detektierung ermöglichen. So kann beispielsweise eine spezielle Farbe bzw. Einfärbung vorliegen, die die automatische Erkennung der Haftschicht mittels Messwerterfassungseinheiten, insbesondere Sensoren, gewährleisten. Weist das Haftmittel eine solche Farbe auf, kann das Haftmittel z.B. mittels einer Stroboskopanstrahlung und einer erfassten, veränderter Reflexion an der Oberfläche der Folie identifiziert werden. Weiter ist auch möglich, dass zur Detektierung der Haftschicht die unterschiedliche Brechung eines auf die Folie gerichteten Lichtstrahles herangezogen wird. Dies unterscheidet sich beispielsweise erkennbar, wenn eine trockene oder eine mit Haftmittel benetzte Oberfläche (z.B. mit einem Laser) abgetastet wird. Die erhaltenen Messwerte können einer

übergeordneten Regeleinheit zugeführt werden, so dass diese Aussagen über die Art bzw. Qualität der hergestellten Folien erlauben bzw. eine Variierung oder Anpassung der Prozessparameter vornehmen kann. Dieses Verfahren kann selbstverständlich auch noch nach dem Beloten durchgeführt werden, wobei sich unter Umständen sogar Rückschlüsse auf die Belotungsmenge ziehen lassen.

[0040] Einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens zur Folge wird eine Struktur mit mindestens einer glatten Folie und einer gewellten Folie gebildet, wobei folgende Schritte durchgeführt werden:

– Kontinuierliches Erzeugen einer Wellung in einer glatten Folie infolge Hindurchführens durch ineinandergreifende Profilwalzen;
– kontinuierliches Entfernen von an der gewellten Folie haftendem Öl;
– Applizieren wenigstens einer Haftschicht auf einer ersten Seite der gewellten Folie gemäß Schritt (a);
– Trennen der Folie mit eine vorgebbaren Erstreckung;
– Stapeln mindestens einer glatten Folie und einer gewellten Folie zu einer Struktur;
– zumindest teilweises Einbringen der Struktur in ein Gehäuse;
– Applizieren eines pulverförmigen Lotmaterials zu der wenigstens einen Haftschicht;
– Durchführen einer thermischen Behandlung zur Ausbildung von Lötverbindungen.

[0041] Das vorstehend genannte Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung von Wabenkörpern, die als Trägerkörper in Abgassystemen von Automobilen eingesetzt werden. Die Herstellung erfolgt dabei in Serie, wobei das hier vorgeschlagene kontinuierliche Verfahren sich einfach in bestehende Fertigungsprozesse integrieren lässt.

[0042] Bei besonderen Anwendungen kann auch eine zweiseitige Benetzung der gewellten Folie mit Haftmittel vorgenommen werden, wobei z.B. vor dem Trennen der Folien noch folgender Verfahrenschritt durchgeführt wird: Applizieren wenigstens einer Haftschicht auf einer zweiten Seite der gewellten Folie gemäß Schritt (a).

[0043] Mit dem hier beschriebenen Verfahren lassen sich die Verbindungsabschnitte in einer bislang nicht bekannten Weise frei gestalten. Die Verbindungsabschnitte können in einer Struktur bzw. in einem Wabenkörper nunmehr nicht nur axial sondern auch radial zueinander versetzt angeordnet werden. Das bedeutet, dass die Verbindungsabschnitte nun entsprechend den thermischen und dynamischen Belastungen des Wabenkörpers im Einsatz gezielter vorgesehen werden können. Gerade bei besonders großvolumigen Wabenkörpern, die beispielsweise als Katalysator-Trägerkörper in Abgassystemen von Lastkraftwagen eingesetzt werden, sind solche versetzte Lötstellen zum Ausgleich von thermischen Differenzdehnungen vorteilhaft. Das gilt vor allem bei Wabenkörpern mit Durchmessern in einem Bereich von 150 mm bis 450 mm.

Ausführungsbeispiel

[0044] Das hier gegenständliche Verfahren zur Herstellung einer hochtemperaturfesten Struktur wird nachfolgend mit Bezug auf die Figuren näher erläutert. Dabei sei darauf hingewiesen, dass die Figuren besonders bevorzugte Ausgestaltungen des Verfahren beziehungsweise der damit hergestellten Struktur beziehungsweise Halbzeugen davon darstellen, auf die die Erfindung jedoch nicht begrenzt ist. Es zeigen:

[0045] Fig. 1 Eine Ausgestaltung einer hochtemperaturfesten Struktur;

[0046] Fig. 2 ein Detail der hochtemperaturfesten Struktur in perspektivischer Darstellung;

[0047] Fig. 3 eine schematische Darstellung des Auftragens von Haftmitteln mittels Düsen;

[0048] Fig. 4 schematisch den Ablauf eines bevorzugten Verfahrens zur Herstellung eines Wabenkörpers.

[0049] Die Fig. 1 zeigt schematisch und in einer perspektivischen Darstellung eine Ausgestaltung einer hochtemperaturfesten Struktur **1**, wie sie beispielsweise als Trägerkörper für unterschiedliche Beschichtungen **29** zur Abgasbehandlung im Automobilbau eingesetzt wird. Die Struktur **1** umfasst hier ein Gehäuse **26**, in welchem eine teilweise strukturierte Lage **2** aus Metall angeordnet ist. Die Lage **2** weist glatte und strukturierte Teilbereiche auf und ist so gewunden, dass für das Abgas durchströmbare Kanäle **28** gebildet sind. Die glatten Abschnitte der Lage **2** bilden mit der Struktur bzw. Wellung Kontaktstellen **15**, nahe denen schließlich die Lötverbindungen **27** ausgestaltet sind. Weitere Lötverbindungen **27** werden zwischen der Lage **2** und dem Gehäuse **26** ausgebildet. Nahe den Kontaktstellen **15** bilden die angrenzenden bzw. aneinanderanliegenden Lagenabschnitte sogenannte Zwickel **16**, in denen letztlich die Lötverbindung **27** ausgebildet wird. In der dargestellten Ausführungsform hat die Struktur **2** eine im wesentlichen eine sogenannte „race-track"-Form, grundsätzlich sind aber auch runde, mehreckige oder andere Querschnittsformen möglich. Hier ist die Struktur **1** mit Lagen einer Ausdehnung **37** ausgebildet, die im wesentlichen auch einer Ausdehnung des Gehäuses **26** entspricht, was jedoch nicht zwingend der Fall sein muss. In der dargestellten Ausführungsvariante sind die Lötverbindungen **27** über den Querschnitt der Struktur **2** gleichmäßig verteilt. Grundsätz-

lich ist es aber möglich und wird durch das hier vorgeschlagene Verfahren besonders einfach realisierbar, die Struktur **1** über den Querschnitt bzw. auch in Richtung der Ausdehnung **37** mit unterschiedlich ausgebildeten Lötverbindungen **27** auszuführen. Dadurch wird ein besonderes thermisches Ausdehnungsverhalten der Struktur **1** bei thermischer Wechselbeanspruchung generiert, welches die Dauerhaltbarkeit der Struktur **1** begünstigen kann.

[0050] Fig. 2 zeigt nun (ebenfalls in einer schematischen, perspektivischen Darstellung) ein Detail einer Struktur **1**, die mit einer glatten Folie **12** und einer gewellten Folie **13** gebildet wird. Dabei sind die glatten Folien **12** und die gewellten Folien **13** abwechselnd zueinander so angeordnet, dass wiederum Kanäle **28** gebildet sind. Die gewellte Folie **13** weist dabei Extrema **19** auf, die schließlich die Kontaktstellen **15** der glatten Folien **12** und der gewellten Folien **13** darstellen. Nahe diesen Extrema **19** sind Zwickel **16** gebildet, in denen später das Lotmaterial **7** angeordnet werden soll, damit es für die anschließende Ausbildung von fügetechnischen Lötverbindungen **27** an den Kontaktstellen vorliegt.

[0051] Zur Fixierung des Lotmaterials **7** in den Zwickeln **16** bzw. an anderen gewünschten Stellen bzw. Verbindungsabschnitten **4** werden die Folien mit einer Haftschicht **5** versehen. Die Haftschicht **5** wird mit Haftmittel **3** generiert, welches tropfenförmig appliziert wird. Dadurch lassen sich die Haftschichten **5** entsprechend dem gewünschten Verbindungsabschnitt **4** sehr exakt gestalten. Hier sind überwiegend streifenförmige Haftschichten **5** dargestellt, es können jedoch jede beliebige Form von Haftschichten **5** mit nahezu beliebigen Schichtausdehnungen **11** generiert werden. In der dargestellten Ausführungsvariante wurde die glatte Folie **12** mit einem im wesentlichen quer bzw. senkrecht zum Extremum **19** verlaufenden Haftschicht **5** versehen, wobei diese über mehrere Wellungen der gewellten Folie **13** zusammenhängend ausgebildet ist. Bei der gewellten Folie **13** sind nur sehr schmale Streifen nahe den Zwickeln **16** vorgesehen, wobei diese mit einer Distanz **20** und parallel verlaufend zu den Extrema **19** ausgebildet sind. Die Schichtbreite **21** liegt vorteilhafterweise in einem Bereich kleiner 1 mm.

[0052] Bei der Darstellung handelt es sich um ein Detail der Struktur **1**, bevor diese der thermischen Behandlung zur Ausbildung fügetechnischer Verbindungen unterzogen wird. Das Lotmaterial **7** ist hier als Pulver bzw. in Körnerform einer vorgegebenen Kornfraktion bereitgestellt, wobei entsprechend den vorbereiteten Haftschichten **5** eine vorgegebene Menge Lotmaterial **7** im Inneren der Struktur haften bleibt. Dadurch lässt sich über eine Länge **17** der Zwickel **16** eine definierte Lotmenge einbringen. Bei einer anschließenden thermischen Behandlung verflüchtigt sich ein Großteil des Haftmittels **3**, wobei das Lotmaterial **7**, welches nahe den Zwickeln angeordnet ist, die benachbart zueinander angeordneten Folien miteinander verbindet und derart einen dauerhaften Zusammenhalt der Folien gewährleistet.

[0053] Fig. 3 zeigt schematisch das Auftragen des Haftmittels **3** mit einer Düse **8** zur Ausbildung einer Haftschicht **5** mit einer Schichtdicke **6** kleiner 0,01 mm. Das Applizieren des Haftmittels **3** wird hier am Beispiel einer gewellten Folie **13** erläutert. Üblicherweise wird dazu die gewellte Folie **13** relativ zu den dargestellten Düsen **8** bewegt, insbesondere zwischen diesen hindurch geführt. Das ermöglicht, dass zunächst eine Haftschicht **5** auf einer ersten Seite **23** der gewellten Folie **13** generiert wird, während anschließend auch auf der zweiten Seite **24** mittels einer weiteren Düse **8** eine Haftschicht **5** ausgebildet werden kann. Die Menge des Haftmittels **3** bzw. die Ausgestaltung der Haftschicht **5** erfolgt unter Berücksichtigung der letztendlich für die Verbindung gewünschten Lotmittel-Menge, die auch mit Bezug auf die Foliendicke **14** der gewellten Folie **13** gewählt wurde. Um hier eine einfache Anpassung vornehmen zu können, sind die Düsen **8** schwenkbar und/oder relativ bewegbar zu der gewellten Folie **13** ausgebildet. Die Düsen **8** sind bezüglich ihres Strahlwinkels **9** und ihres Abstands **10** veränderbar ausgeführt. Mit Abstand **10** ist dabei wie dargestellt der Abstand der Düsenöffnung bis zum Auftreffpunkt der Tropfen **36** des Haftmittels **3** gemeint. Der Strahlwinkel **9** bestimmt sich durch die Flugrichtung der Tropfen **36** und der Senkrechten **35** durch den Auftreffpunkt auf der gewellten Folie **13** bzw. in dem gewünschten Verbindungsabschnitt **4**. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass der Abstand **10** bzw. der Strahlwinkel **9** der beiden Düsen **8** jeweils voneinander unterschiedlich gewählt sein kann.

[0054] Fig. 4 zeigt schematisch den Ablauf einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens zur Herstellung einer hochtemperaturfesten Struktur **1**, die eine Mehrzahl glatter Folien **12** und gewellter Folien **13** aufweist. Der Fortlauf des Verfahrens ist durch weiße Pfeile gekennzeichnet, wobei die Figur zeilenweise aufgebaut ist und stets von links nach rechts zu lesen ist.

[0055] Ausgehend von einer glatten Folie **12**, die beispielsweise auf einer Spule **30** bevorratet wird, wird zunächst die gewünschte Wellung in die Folie **12** eingebracht. Hierzu wird die glatte Folie **12** zunächst mit Öl **18** in Kontakt gebracht, unmittelbar bevor die glatte Folie **12** durch ineinandergreifende Profilwalzen **22** hindurchgeführt wird, um den dabei stattfindenden Umformungsprozess zu begünstigen. Im Anschluss an diesen Umformprozess wird die nun gewellte Folie **13** durch einen Ofen **31** hindurchgeführt, wobei sich das an der gewellten Folie **13** haftende Öl **18** wenigstens größtenteils verflüchtigt. Die so gereinigte gewellte Folie **13** wird nun einem System zum

Ausbilden der gewünschten Haftmittelschichten zugeführt, was hier durch zwei Düsen **8** symbolisiert wird, die auf beiden Seiten **23**, **24** der gewellten Folie **13** angeordnet sind. Zur Ausbildung extrem dünner Haftschichten bzw. besonders präzise positionierter Haftschichten wird das Haftmittel **3** mittels einem Drop-On-Demand-Verfahren, einem Bubble-Jet-Verfahren oder einem Continuous-Jet-Verfahren aufgedruckt, wobei es grundsätzlich auch möglich ist, für jede Düse ein separates Verfahren einzusetzen bzw. mehrere solche Bearbeitungsstationen vorzusehen, die jeweils unterschiedliche Haftschichten ausbilden und auf ein abweichendes Verfahren zurückgreifen. Diese so vorbereitete gewellte Folie **13** wird nun einer Schneidevorrichtung **32** zugeführt, welche die gewellte Folie **13** mit einer vorgebbaren Erstreckung **25** abtrennt. Die so hergestellten gewellten Folien **13** werden mit glatten Folien **12** (beispielsweise von einer anderen Spule **30**) abwechselnd zu einer Struktur **1** gestapelt. Dieser Stapel bildet bevorzugt Kanäle **28**, die für ein Abgas zumindest teilweise durchströmbar sind.

[0056] Dieser Stapel wird nun bei der hier beschriebenen Ausgestaltung des Verfahrens noch S-förmig gewunden, wobei eine im wesentlichen zylindrische Form gebildet ist. Auch derartige Strukturen **1** werden beispielsweise als Wabenkörper **33** bezeichnet. Der so gebildete Wabenkörper **33** bzw. die so gebildete Struktur **1** wird nun in ein Gehäuse **26** integriert. Die Struktur **1** wird nun über die Stirnseite, also beispielsweise auch durch die Kanäle **28** hindurch, mit Lotmittel **7** in Kontakt gebracht. Hier erfolgt dieses Kontaktieren des Lotmittels **7** in Pulverform mittels einem sogenannten Wirbelbett **34**, in dem ein Trägermedium (Luft), das Lotmaterial **7** durch die Struktur **1** hindurch befördere. Dabei bleibt die gewünschte Menge Lotmaterial **7** an den zuvor generierten Haftschichten **5** kleben. Der so mit Lotmaterial bestückte Wabenkörper **33** bzw. die so hergestellte Struktur **1** wird nun noch einer thermischen Behandlung unterzogen, die hier wiederum in einem Ofen **31** durchgeführt wird. Dabei handelt es sich bevorzugt um das Hochtemperatur-Vakuum-Löten.

[0057] Das hier beschriebene Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung von thermisch und dynamisch hochbelasteten metallischen Wabenkörpern. Die erzielbare Genauigkeit bezüglich der Ausbildung von Haftschichten und der daraus resultierenden gezielten Einbringung einer gewünschten Lotmenge an gewünschte Positionen erlaubt eine sehr exakte Abstimmung der Lötverbindungen auf das jeweils anzutreffende Einsatzgebiet. Insbesondere ist es möglich, sehr definiert das thermische und dynamische Verhalten der Struktur bzw. des Wabenkörpers auf Druck und Temperatur zu bestimmen. Dadurch wird insbesondere die Lebensdauer derartiger Strukturen in Abgassystemen von Automobilen verlängert bzw. die Produktion wird kostentechnisch effizienter gestaltet, da jeweils nur soviel Lotmaterial eingebracht wird, wie dies tatsächlich für die Verbindung erforderlich ist.

Bezugszeichenliste

1	Struktur
2	Lage
3	Haftmittel
4	Verbindungsabschnitt
5	Haftschicht
6	Schichtdicke
7	Lotmaterial
8	Düse
9	Strahlwinkel
10	Abstand
11	Schichtausdehnung
12	glatte Folie
13	gewellte Folie
14	Foliendicke
15	Kontaktstelle
16	Zwickel
17	Länge
18	Öl
19	Extremum
20	Distanz
21	Schichtbreite
22	Profilwalze
23	Erste Seite
24	Zweite Seite
25	Erstreckung
26	Gehäuse
27	Lötverbindung
28	Kanal
29	Beschichtung
30	Spule
31	Ofen
32	Schneidevorrichtung
33	Wabenkörper
34	Wirbelbett
35	Senkrechte
36	Tropfen
37	Ausdehnung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer hochtemperaturfesten Struktur (**1**) umfassend mindestens eine wenigstens teilweise strukturierte metallische Lage (**2**) mit zumindest den folgenden Schritten:
(a) Auftragen eines Haftmittels (**3**) auf wenigstens einen Verbindungsabschnitt (**4**) der mindestens einen Lage (**2**), wobei das Haftmittel (**3**) zur Ausbildung einer Haftschicht (**5**) tropfenförmig appliziert wird, so dass eine Schichtdicke (**6**) der Haftschicht (**5**) kleiner 0,05 mm bereitgestellt wird;
(b) Zumindest teilweises Formen der Struktur (**1**);
(c) Applizieren eines Lotmaterials (**7**), so dass dieses zumindest teilweise an der Haftschicht (**5**) fixiert wird;
(d) Durchführen einer thermischen Behandlung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Haftmittel (**3**) mittels einem der nachfolgenden Verfahren aufgedruckt wird:
– Drop-on-Demand-Verfahren;
– Bubble-Jet-Verfahren;
– Continuous-Jet-Verfahren.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Haftmittel (**3**) statisch aufladbar ist und bevorzugt eine elektrische Leitfähigkeit aufweist, die größer 1,0 mS beträgt.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem das Haftmittel (**3**) eine dynamische Viskosität im Bereich von 3,0 bis 5,0 mPa aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem das Haftmittel (**3**) einen Lösungsmittelanteil hat, der mindestens 50% beträgt.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem das Haftmittel (**3**) einen Klebstoffanteil hat, der bis mindestens 300 °C beständig ist.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem die Struktur (**1**) vor dem Applizieren des Lotmaterials (**7**) einer thermischen Vorbehandlung unterzogen wird.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem das Haftmittel (**3**) mit mindestens einer Düse (**8**) appliziert wird, wobei die mindestens eine Düse (**8**) einen Strahlwinkel (**9**) vorgibt und einen Abstand (**10**) zum Verbindungsabschnitt (**4**) aufweist, wobei zur Ausbildung einer Haftschicht (**5**) mindestens einer der Parameter Strahlwinkel (**9**) und Abstand (**10**) so variiert wird, dass die Haftschicht (**5**) mit einer vorgegebenen Schichtdicke (**6**) und/oder Schichtausdehnung (**11**) erzeugt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem das Lotmaterial (**7**) als Pulver mit einer Kornfraktion kleiner 120 µm appliziert wird.

10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem die Struktur (**1**) mit mindestens einer glatten Folie (**12**) und einer gewellten Folie (**13**) einer vorgegebenen Foliendicke (**14**) gebildet wird, welche miteinander Kontaktstellen (**15**) mit Zwickeln (**16**) formen, wobei eine Menge Lotmaterial (**7**) appliziert wird, die in Abhängigkeit der Foliendicke (**14**) in einem Zwickel (**16**) mindestens folgendem Zusammenhang entspricht:

$$m_{Lot} = \delta_{Lot} \cdot \frac{d_{Lot}^2 \cdot s}{2} \cdot \frac{l}{d_{Lot}};$$

mit m_{Lot}: erforderliche Lotmasse,
δ_{Lot}: Lotmaterialdichte,
d_{Lot}: gemittelter Durchmesser des pulverförmigen Lotmaterials,
s: Foliendicke,
l: Länge des Haftmittelstreifens.

11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Struktur (**1**) mit mindestens einer glatten Folie (**12**) und einer gewellten Folie (**13**) gebildet wird, wobei die mindestens eine gewellte Folie (**13**) mittels einem formgebenden Walz-Verfahren unter Einsatz eines Öls (**18**) hergestellt wird, bei dem die hergestellte gewellte Folie (**13**) entölt wird, bevor das Haftmittel (**3**) aufgetragen wird.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Struktur (**1**) mit mindestens einer glatten Folie (**12**) und einer gewellten Folie (**13**) gebildet wird und die gewellte Folie (**13**) Extrema (**19**) aufweist, bei dem neben mindestens einem Extremum (**19**) verlaufend, zumindest eine Haftschicht (**5**) mit einer Distanz (**20**) von mindestens 0,05 mm erzeugt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem die Haftschicht (**5**) eine Schichtbreite (**21**) kleiner 0,9 mm hat.

14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Struktur (**1**) mit mindestens einer glatten Folie (**12**) und einer gewellten Folie (**13**) gebildet wird und die gewellte Folie (**13**) Extrema (**19**) aufweist, bei dem zumindest die Anzahl oder die Lage der Extrema (**19**) erfasst werden.

15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Struktur (**1**) mit mindestens einer glatten Folie (**12**) und einer gewellten Folie (**13**) gebildet wird, bei dem folgende Schritte durchgeführt werden:
– kontinuierliches Erzeugen einer Wellung in eine glatte Folie (**12**) infolge Hindurchführens durch ineinander greifende Profilwalzen (**22**);
– kontinuierliches Entfernen von an der gewellten Folie (**13**) haftendem Öl (**18**);
– Applizieren wenigstens einer Haftschicht (**5**) auf einer ersten Seite (**23**) der gewellten Folie (**13**) gemäß Schritt (a);
– Trennen der Folie (**12**, **13**) mit einer vorgebbaren Erstreckung (**25**);
– Stapeln mindestens einer glatten Folie (**12**) und einer gewellten Folie (**13**) zu einer Struktur (**1**);
– Zumindest teilweises Einbringen der Struktur (**1**) in ein Gehäuse (**26**);
– Applizieren eines pulverförmigen Lotmaterials (**7**) zu der wenigstens einen Haftschicht (**5**);
– Durchführen einer thermischen Behandlung zur Ausbildung von Lotverbindungen (**27**).

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

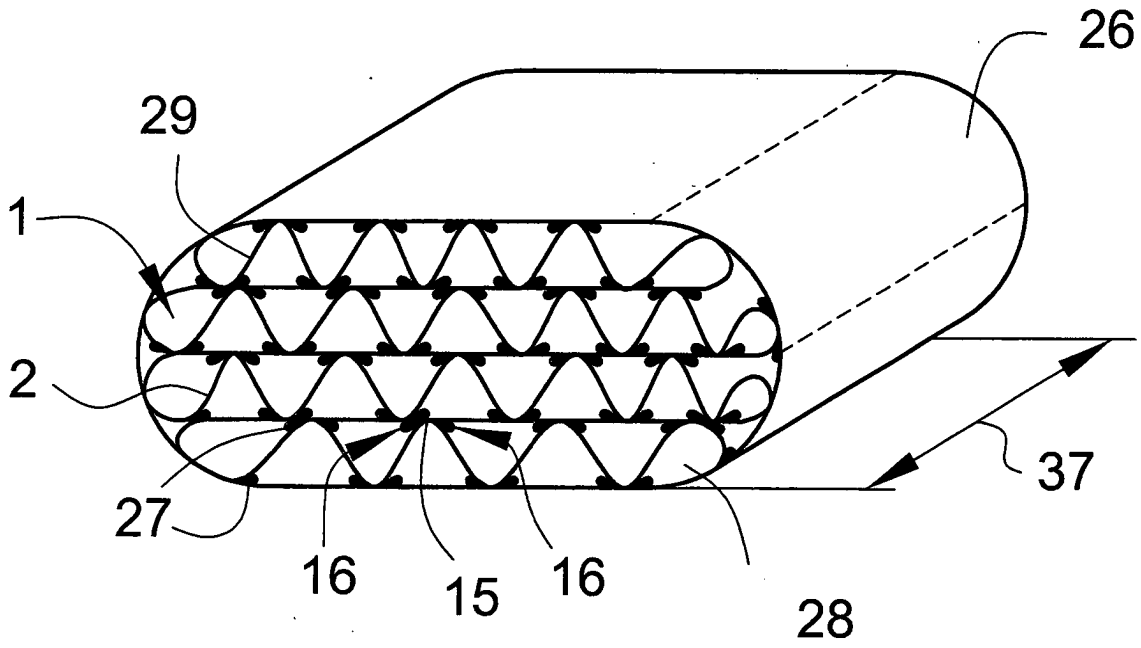


FIG. 2

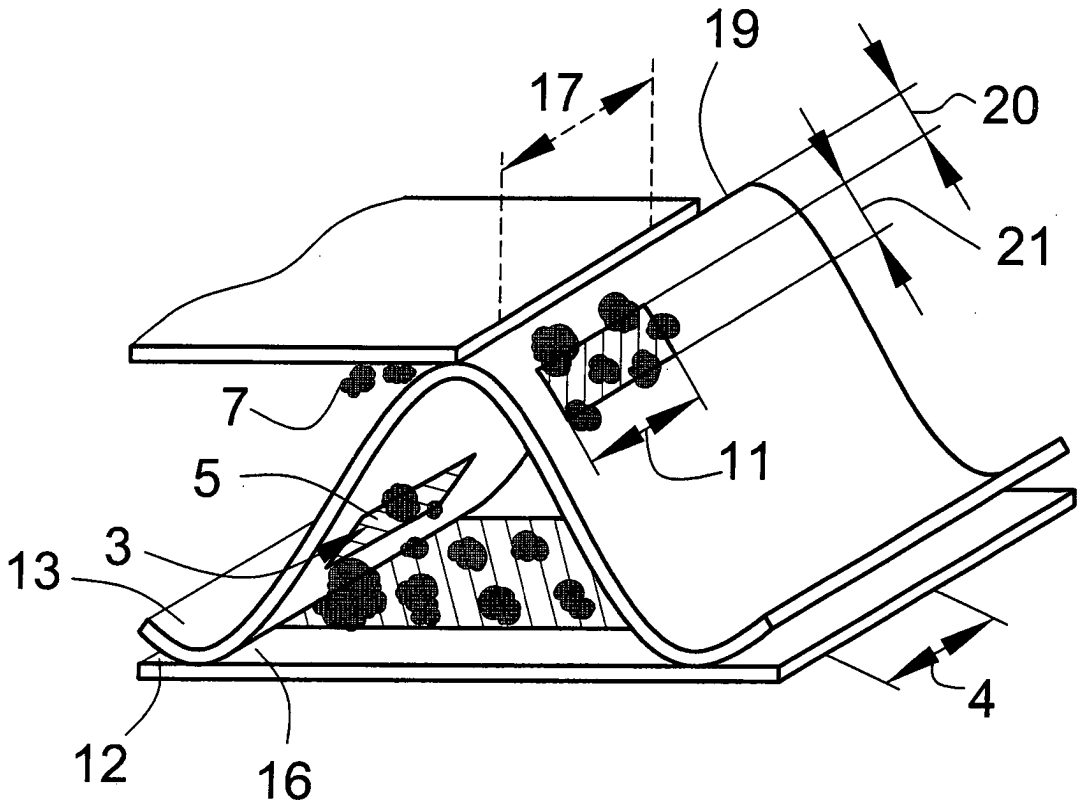


FIG. 3

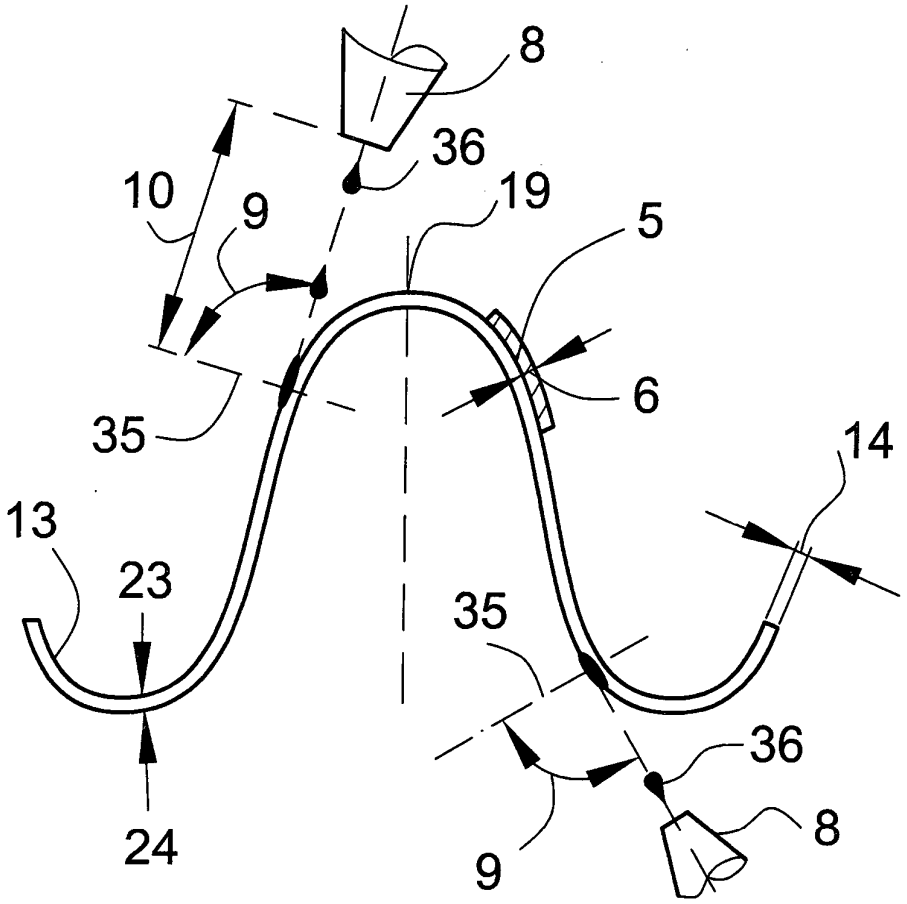
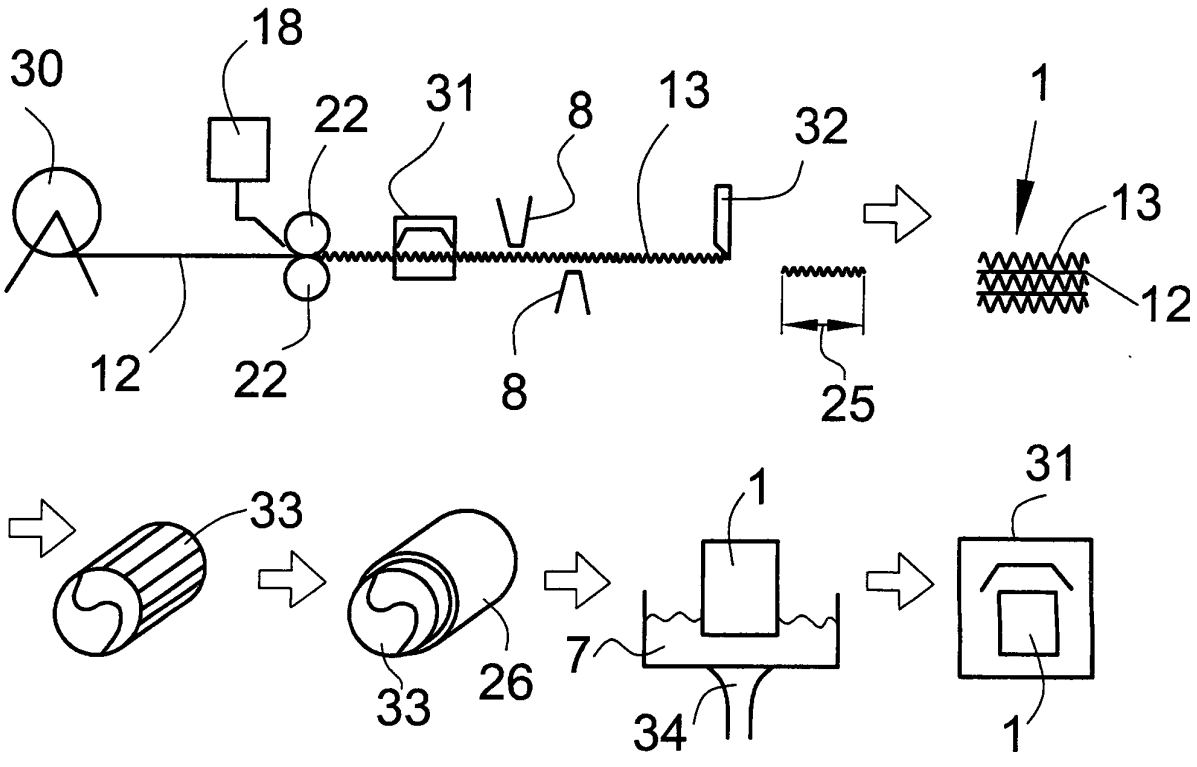

8
36
10
9
19
5
6
35
14
13
23
35
36
24
9
8

FIG. 4


18
30
22
31
8
13
32
1
13
12
12
22
8
25
33
1
31
33
26
7
34
1