



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 33 957 A1** 2004.02.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 33 957.0**
 (22) Anmeldetag: **25.07.2002**
 (43) Offenlegungstag: **19.02.2004**

(51) Int Cl.7: **B21D 13/00**
B21D 53/04, B01J 37/00, B01J 35/04,
B01J 32/00

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
 angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(72) Erfinder:
**Klose, Lutz, 08141 Reinsdorf, DE; Biehler, Hubert,
 34131 Kassel, DE**

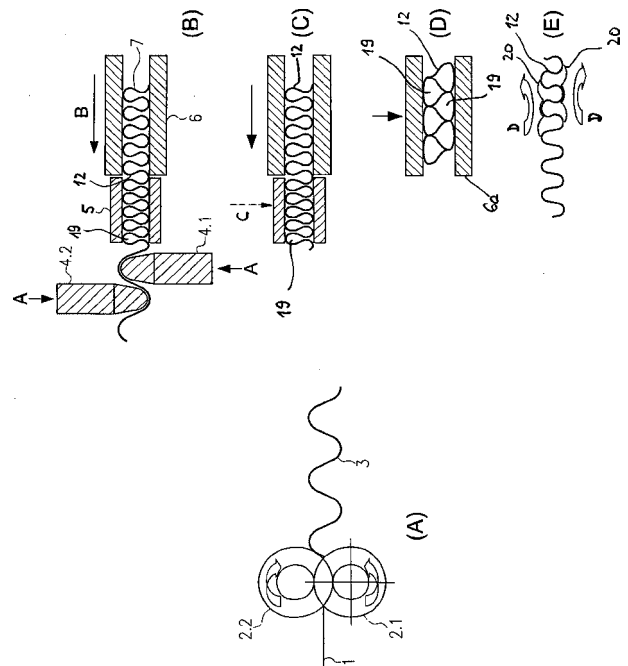
(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
 Schwanhäusser, 80538 München**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials und Vorrichtung hierfür sowie profiliertes Blechmaterial, metallischer Verbundkörper aus diesem Blechmaterial und Katalysator**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials sowie eine Vorrichtung hierfür, ein profiliertes Blechmaterial sowie einen Verbundkörper, insbesondere Katalysator-Trägerkörper und einen Katalysator, wobei die Erfindung vorsieht, die gewellten, kanalbildenden Strukturen des Verbundkörpers bzw. Katalysator-Trägerkörpers umformtechnisch mit Hinterschneidungen zu versehen, so dass auf Zwischenlagen zwischen den strömungskanalbildenden Wellprofilen ebenso verzichtet werden kann wie auf ein Verlöten zwischen den einzelnen Lagen. Die Erfindung ist insbesondere für den Bau von Katalysatoren anwendbar, ohne hierauf beschränkt zu sein. Sie kann vielmehr auch im Bereich des Baus von Wärmetauschern oder Kältemittelkondensatoren für KFZ-Klimaanlagen verwendet werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials, insbesondere eines Katalysator-Trägerkörpers, eines Wärmetauscherbleches oder eines anderen Blechmaterials mit einer oberflächenintensiven Wirkfläche, eine Vorrichtung zur Herstellung eines fertigen profilierten Blechmaterials, ein profiliertes Blechmaterial selbst sowie einen aus diesem gebildeten metallischen Verbundkörper und einen Katalysator.

[0002] Bevorzugtes Einsatzgebiet der vorliegenden Erfindung ist die Herstellung eines wellenförmig profilierten Blechmaterials als Trägermaterial für abgasreinigende katalytische Materialien sowie die Bildung von Katalysatoren bzw. entsprechender pakettierter oder spiralig gewickelter Verbundkörper, die mit katalytischer Beschichtung in Abgassysteme von Kraftfahrzeugen eingesetzt werden.

[0003] Daneben ist die vorliegende Erfindung aber auch für die Ausbildung von Wärmetauscherflächen bzw. von Lagenmaterialien geeignet, die mit oberflächenaktiven Wirkstoffen beschichtet bzw. versehen sind, um den Wirkkontakt mit Fluiden, die in Strömungskanälen des so gebildeten Lagenmaterials strömen, in stofflichen oder anderen, wie z.B. Temperaturenaustausch, zu treten.

Stand der Technik

[0004] Ein Verbundkörper als Katalysator-Trägerkörper ist z.B. aus der DE 197 04 129 A1 bekannt. Hierbei wird gewelltes Blechmaterial spiralig unter Einsatz von Zwischenblechen als Abstands- und Stützmaterial zu einem rohrförmigen Körper gewickelt und nach entsprechender katalytischer Beaufschlagung in KFZ-Abgassystemen eingesetzt.

[0005] Der Füllungsgrad solcher Katalysator-Trägerkörper ist im Hinblick auf die erforderlichen Zwischenlagen nicht in wünschenswerter Weise hoch, außerdem ist ein zwei Bauteile miteinander vereiniger Fügeprozess (Hartlöten) erforderlich und die Flexibilität der Raumform ist gering. Überdies sind derartige aufgebaute Katalysatoren in Bezug auf die pro Volumeneinheit bereitgestellte aktive Katalysator-Austauschoberfläche Keramikkatalysatoren unterlegen. Ähnliche Lösungen sind aus der DE 196 41 049 sowie der US 5,562,885 bekannt.

[0006] Im Hinblick auf strengere Abgasvorschriften soll die Reinigungswirkung von Metallkatalysatoren durch eine vergrößerte katalytisch wirksame Oberfläche pro Volumeneinheit Abgasstrom weiter verbessert und bei hinreichender Bauteilsteifigkeit eine größere räumliche Formflexibilität hinsichtlich der herstellbaren Querschnitte (bisher vorzugsweise rund, ellipsoid oder dreieckig) erreicht werden. Hinsichtlich der Oberflächenaffinität wie auch der Produktionskosten sollen die Vergleichswerte von Keramikkatalysatoren erreicht werden.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials, das insbesondere zur Bildung eines Katalysator-Trägerkörpers (Verbundkörper) verwendet werden kann, sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen profilierten Blechmaterials anzugeben.

Aufgabenstellung

[0008] Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein wellenförmig profiliertes Blechmaterial zu schaffen, das sowohl hinsichtlich der Fertigungskosten als auch hinsichtlich der insbesondere katalytischen Oberflächeneffizienz, zu einem entsprechenden Verbundkörper, vorzugsweise als Trägerkörper für katalytisches Material, gebildet werden kann.

[0009] Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, einen Katalysator anzugeben, der günstiger und in Großserienfertigung hergestellt werden kann, eine hohe Bauteilsteifigkeit bei Vergrößerung der Wirkoberfläche und eine hohe Formvariabilität aufweist.

[0010] Die vorgenannten Aufgaben werden hinsichtlich des Verfahrens zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials durch die Merkmale des Patentanspruches **1**, hinsichtlich der Vorrichtung zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruches **11**, hinsichtlich eines wellenförmig profilierten Blechmaterials durch ein Blechmaterial mit den Merkmalen des Patentanspruches **19**, hinsichtlich eines metallischen Verbundkörpers, insbesondere Katalysator-Trägerkörpers aus gewickeltem oder pakettiertem Blechmaterial durch die Merkmale des Patentanspruches **23** und hinsichtlich des Katalysators durch die Merkmale des Patentanspruches **29** gelöst.

[0011] Bevorzugte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind in den jeweils den unabhängigen Patentansprüchen nachgeordneten Unteransprüchen dargelegt.

[0012] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst in einem ersten Arbeitsgang aus einem flachen Blechmaterial ein gewelltes bzw. wellenförmig profiliertes Blechmaterial, vorzugsweise ein sinus- oder ein rechteckwellenförmiges Blechmaterial erzeugt. Dies geschieht z.B. durch Walzen des flachen Blechmaterials. Anschließend wird in einem zweiten Arbeitsgang eine Wellenstruktur des Blechmaterials umformtechnisch mit hinterschnittenen Formelementen unter Bildung von im wesentlichen parallelen Strömungskanälen versehen.

[0013] Auf diese Weise wird durch das erfindungsgemäße Verfahren ein wellenförmig profiliertes, gestauchtes Blechmaterial geschaffen, das sich kontinuierlich und mit einer Struktur herstellen lässt, die zu einer hervorragenden Wickel- und Paketierfähigkeit bei einer lagenweisen Zusammenordnung derartiger Blechmateriallagen zu einem Verbundkörper unter gleichzeitiger Vergrößerung der Wirkoberfläche, d.h.

der möglichen aktiven Austauschoberfläche solchen Blechmaterials in Bezug auf Strömungsmedien führt, die an diesen in Strömungskanälen entlanggeführt werden (z.B. Abgas- oder Kältemittel).

[0014] In Abhängigkeit vom Maß der vorzugsweise durch vertikales, horizontales oder rotatorisches Stauchen herbeigeführten Hinterschneidungen ist auch die aktive Oberfläche des so geschaffenen, wellenförmig profilierten, gestauchten Blechmaterials in gewissem Rahmen einstellbar, und durch die mit dem umformtechnischen Prozess einhergehende größere Formänderung wird die Bauteilsteifigkeit erhöht, so dass die Blechdicke des wellenförmig profilierten Blechmaterials gegenüber herkömmlichen Bauteilen verringert werden kann, wobei dies wiederum zu einer Erhöhung der Oberflächeneffektivität (wirksame Austauschoberfläche pro Volumeneinheit Gasstrom) führt.

[0015] Überdies ist das solchermaßen hergestellte Blechmaterial in verbesserter Weise mechanisch vorspannbar, so daß bei einer Paketierung oder Wicklung des Blechmaterials zu einem Verbundkörper dieser ohne weitere Montagehilfsmittel, insbesondere ohne zusätzliche Lötungsarbeiten und ohne zwischen die Blechmateriallagen eingefügte Deckbleche durch Einsetzen (Klemmbefestigung) in ein im wesentlichen geschlossenes Hohlprofil zur Bildung eines Katalysators verarbeitet ist.

[0016] Der Wegfall von Deckblechen zwischen den einzelnen Blechmateriallagen bei der Bildung von Verbundkörpern aus derartigem Blechmaterial wird ebenfalls die aktive Oberfläche pro Volumeneinheit vergrößert, und es kann eine höhere Anzahl von Strömungskanälen pro Einheitsvolumen untergebracht werden. Damit kann auch eine größere katalytisch wirksame Oberfläche pro Volumeneinheit des Verbundkörpers vorgesehen und dadurch die Reinigungswirkung von Katalysatoren verbessert werden, deren Trägerkörper in dieser Weise gebildet ist. Durch die umformtechnisch ausgebildeten (vorzugsweise durch vertikales, horizontales oder rotatorisches Stauchen dem wellenförmig profilierten Blechmaterial verliehene Hinterschneidungsstruktur (die vorzugsweise gegen eine Laufrichtung des Blechmaterials im wesentlichen rechtwinklig geneigt ist) wird eine Struktur erzeugt, die beim Paketieren des Blechmaterials nicht ineinander fällt, sondern auch ohne eine Einfügung von Zwischenlagen (Deckblechen) die Querschnitte der Strömungskanäle zwischen benachbarten Blechlagen vollständig erhalten bleiben.

[0017] Vorzugsweise erfolgt die umformtechnische Ausbildung der hinterschnittenen Formelemente, z.B. durch rotatorische Stauchwalzen, in mehreren Schritten, und es kann eine gleichmäßig oder auch eine einseitig geschränkte Hinterschneidungsstruktur erzielt werden.

[0018] Die vorgenannte Aufgabe wird hinsichtlich der Vorrichtung zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 11 ge-

löst.

[0019] Dabei schließt sich an eine Profilierungsanordnung, vorzugsweise ein Walzenpaar, zur Bildung eines wellenförmig profilierten Blechmaterials aus einem ebenen Blechmaterial eine Stauchvorrichtung an, die umformtechnisch (vorzugsweise vertikal, horizontal oder durch rotatorische opponierende Stauchwalzen) der Wellenstruktur des wellenförmig profilierten Blechmaterials eine Struktur mit hinterschnittenen Formelementen verleiht, unter Ausbildung von im wesentlichen parallelen Strömungskanälen. Die Profilierungsanordnung kann, ausgehend von einem ebenen Flachmaterial (Streifen, Platinen, Band) vorzugsweise aus einem Walzenpaar bestehen, durch das das flache Blechmaterial hindurchgeführt wird, hierfür können jedoch auch Prägwalzen sowie Tiefzieh- oder Biegewerkzeuge zur Herstellung eines insbesondere gleichmäßig wellenförmig profilierten Blechmaterials verwendet werden. Die Stauchanordnung ist vorzugsweise eine Rückstauchanordnung zur Erzeugung der hinterschnittenen Formelemente, wobei die Wahl einer Stauchkraft, insbesondere Rückstauchkraft, eine Geometrie des Profilquerschnittes der einzelnen von den hinterschnittenen Wellungen begrenzten Strömungskanäle bestimmt.

[0020] Vorzugsweise kann der Stauchvorrichtung einen Klemm- oder Haltevorrichtung, z.B. ein oder ein Paar von Klemmstempeln vorgeschaltet sein, um das Blechmaterial während des Stauchvorganges (z.B. in Durchlaufrichtung vertikal festzuhalten, Rückstauchen).

[0021] Zwischen planparallelen Platten kann das Stauchen zur Ausbildung der Hinterschneidungen des Wellenprofils auch horizontal oder mittels der beiden Seiten des wellenförmig profilierten Blechmaterials angeordneter, rotatorisch gegensinnig angetriebener Stauchwalzen erfolgen, wobei deren Profilierung vorzugsweise gegen die Laufrichtung des Blechmaterials unter einem Winkel von $90^\circ \pm 20^\circ$ geneigt ist.

[0022] Weitere, bevorzugte Ausgestaltungen der Vorrichtung sind in den übrigen, zugehörigen Unteransprüchen dargelegt.

[0023] Zur Lösung der vorgenannten Aufgabe hinsichtlich des wellenförmig profilierten Blechmaterials selbst wird diese durch ein wellenförmig profiliertes Blechmaterial mit den Merkmalen des Anspruches 19 gelöst.

[0024] Dieses zeichnet sich durch eine abfolgende Anordnung von Wellprofilierungen aus, die jeweils Hinterschneidungen aufweisen, und zwar vorzugsweise gleichmäßig zur Bildung und Begrenzung der so definierten Fluid-Strömungskanäle (Gas- oder Flüssigkeits-Strömungskanäle).

[0025] Vorzugsweise kann die umformtechnische Ausbildung der Hinterschneidungen so erfolgen, dass die Strömungskanäle zwischen den einzelnen Wellungen des wellenförmig profilierten Blechmaterials im wesentlichen geschlossen sind, so dass bei

dem Wickeln oder Paketieren derartiger Blechmaterialien benachbarte Lagen unmittelbar und ohne die Gefahr des Ineinanderrutschens gegeneinander abgestützt werden können.

[0026] Weitere, bevorzugte Ausgestaltungen des wellenförmig profilierten Blechmaterials sind in den übrigen Unteransprüchen dargelegt.

[0027] Hinsichtlich eines metallischen Verbundkörpers, insbesondere Katalysator-Trägerkörpers, aus gewickeltem oder paketierte Blechmaterial mit im wesentlichen parallelen Strömungskanälen wird die obige Aufgabe erfindungsgemäß durch einen Verbundkörper mit den Merkmalen des Anspruchs 23 gelöst.

[0028] Dieser zeichnet sich im übrigen vorteilhafterweise dadurch aus, dass benachbarte Blechmateriallagen direkt unter Einschluss der hinterschnittenen Formelemente gegeneinander abgestützt sind, ohne dass hierfür herkömmliche Deckbleche eingesetzt werden.

[0029] Hierdurch wird der katalytische „Füllungsgrad“ eines aus einem solchen wabenförmigen Verbundkörper bestehenden Trägerkörpers für einen Katalysator wesentlich verbessert.

[0030] Vorzugsweise sind im übrigen im Bereich der Scheitel der Wellungen und/oder von hinterschnittenen Formelementen des wellenförmig profilierten, gestauchten Blechmaterials Abstützformelemente, insbesondere Querrillen oder Sicken vorgesehen, die neben einer kraftschlüssigen Paketbildung benachbarter Lagen des gewellten Blechmaterials bei der Bildung des Verbundkörpers für eine formschlüssige Abstützung benachbarter Blechmateriallagen gegeneinander sorgen, einhergehend mit einer Minimierung der Berührungsflächen beim Paketieren oder Wickeln des Blechmaterials zwischen benachbarten Lagen.

[0031] Der Verbundkörper kann unter Einsatz in ein zumindest im wesentlichen geschlossenes Hohlprofil ohne zusätzliche Fügeprozesse wie Verlöten benachbarter Lagen miteinander unter Ausnutzung der elastischen Vorspannbarkeit der Wellprofilierungen der einzelnen Blechlagen montiert (eingespannt, eingeklemmt) werden, so dass Füge- und Montageprozesse erheblich vereinfacht werden.

[0032] Bevorzugte Ausgestaltungen des metallischen Verbundkörpers der vorliegenden Erfindung sind in den übrigen zugehörigen Unteransprüchen dargelegt.

[0033] Im Hinblick auf einen Katalysator wird die obige Aufgabe erfindungsgemäß durch einen Katalysator mit dem Merkmalen des Anspruchs 29 gelöst.

[0034] Durch die vorliegende Erfindung wird es damit möglich, in einem kontinuierlichen und fertigungstechnisch sehr vorteilhaften Prozess sowohl das Grundmaterial für die Bildung eines Katalysator-Trägerkörpers wie auch einen solchen Trägerkörper als metallischen Verbundkörper zwischenlagenfrei und ohne das Erfordernis von Lötprozessen herzustellen und sehr dicht zu paketieren, so dass eine hohe Pro-

zesseffizienz wie auch funktionale Vorteile durch den Wegfall von Deckschichten zwischen den einzelnen, die Strömungskanäle bildenden Lagen des Verbundkörpers erreicht werden und Katalysatoren mit einem auf diese Weise ausgebildeten Trägerkörper für die katalytische Beschichtung eine Keramikkatalysatoren vergleichbare wirksame Oberfläche und Oberflächenaktivität zur Verfügung stellen können.

[0035] Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher beschrieben und erläutert. In diesen, jeweils in schematischer Darstellung, zeigt:

[0036] **Fig. 1A** einen ersten Verfahrensschritt für die Herstellung eines wellenförmig profilierten, mit Hinterschnidungen versehenen Blechmaterials (Herstellung eines wellenförmig profilierten Blechmaterials),

[0037] **Fig. 1B–1E** unterschiedliche Verfahrensausführungsbeispiele für die Ausbildung von Hinterschnidungen in einem profilierten Blechmaterial, hergestellt beispielsweise nach **Fig. 1A**, mit

[0038] **Fig. 1B** die Ausbildung von Hinterschnidungen durch ein vertikales Stauchen in Verbindung mit einer Klemmerfassung des wellenförmig profilierten Blechmaterials,

[0039] **Fig. 1C** eine Verfahrens-Modifikation des Verfahrens nach **Fig. 1B** ohne stromaufseitige Klemmerfassung des wellenförmig profilierten Blechmaterials,

[0040] **Fig. 1D** ein Verfahrensausführungsbeispiel Ausbildung der hinterschnittenen Formelemente bei einem wellenförmig profilierten Blechmaterial (Ausgangsmaterial) nach **Fig. 1A** im Wege eines horizontalen Stauchens in schematischer Darstellung, und

[0041] **Fig. 1E** die Ausbildung von Hinterschnidungen an einem wellenförmig profilierten Blechmaterial (Ausgangsmaterial nach **Fig. 1A**) durch rotatorisches Stauchen in Verbindung mit gegenüberliegend angeordneten Stauchwalzen, die gegensinnig angetrieben sind und zwischen sich das wellenförmig profilierte Blechmaterial umformend mit den hinterschnittenen Formelementen versehen;

[0042] **Fig. 2** einen Ausschnitt aus einem Verbundkörper basierend auf einem wellenförmig profilierten, mit Hinterschnidungen versehenen Blechmaterial mit sinusförmiger Wellung;

[0043] **Fig. 3** einen Ausschnitt aus einem Verbundkörper basierend auf einem wellenförmig profilierten, mit Hinterschnidungen versehenen Blechmaterial mit rechteckförmiger Wellung;

[0044] **Fig. 4** einen Querschnitt eines mit gleichförmigen Hinterschnidungen versehenen wellenförmig profilierten Blechmaterials;

[0045] **Fig. 5A–5G** eine schematische Darstellung von Umformphasen für ein sinuswellenförmig profiliertes Blechmaterial zur Ausbildung von hinterschnittenen Formelementen in einseitig geschränkter Struktur.

[0046] **Fig. 1** zeigt schematisch sowohl verfahrenstechnische als auch vorrichtungstechnische Aspekte von Aus-

führungsbeispielen für die Herstellung eines wellenförmig profilierten Blechmaterials, das zur Bildung von Wabenkörpern bzw. Verbundkörpern pakettiert oder gewickelt werden kann, z.B. Katalysator-Trägerkörpern, um nach katalytischer Beschichtung als Katalysatoren in Kraftfahrzeug-Abgassystemen zur Abgasreinigung Anwendung zu finden.

[0047] Die vorliegenden Ausführungsbeispiele sind allerdings nicht auf eine solche Anwendung beschränkt, vielmehr können in gleicher Weise Wärmetauscherbleche oder die Strömungsstrukturen in Kondensatoren von Klimaanlageanlagen, z.B. Kraftfahrzeugklimaanlagen, ausgebildet werden.

[0048] Von besonderem Vorteil ist hierbei, dass in einer lagenweisen Ausbildung einer Vielzahl, auch vollständig voneinander separierter Strömungskanäle mit erhöhter Austauschoberfläche hergestellt werden können, ohne dass es der Zwischenlage von Stützblechen, Decklagen, Zwischenschichten o. dgl. bedarf, da die Aktivelemente, d.h., die mit Hinterschnidungen versehenen, gewellten Blechmateriallagen eine hinreichende Eigensteifigkeit und direktes Abstützvermögen gegeneinander aufweisen, so dass die zur Verfügung stehende Wirkoberfläche solcher oberflächenaktiver Wellelemente gegenüber herkömmlichen Strukturen weitaus verbessert werden kann, bei vereinfachter Herstellung und der Vermeidung von stoffschlüssigen Fügeprozessen zur Lagefixierung der einzelnen Blechlagen bzw. Wellungen gegeneinander.

[0049] **Fig. 1A** zeigt ein Ausführungsbeispiel, wie aus einem ebenen bzw. flachen Blechmaterial **1** ein, vorzugsweise gleichmäßig, wellenförmig profiliertes Blechmaterial **3** als Ausgangsmaterial für die weitere umformtechnische Verarbeitung (vgl. die alternativen Fertigungsverfahren nach den **Fig. 1B–1E**) hergestellt wird.

[0050] In **Fig. 1A** ist als Profilierungsanordnung ein Walzenpaar **2.1, 2.2** vorgesehen, zwischen denen das flache Blechmaterial **1** hindurchgeführt wird und die diesem eine im vorliegenden Fall sinuswellenförmige Profilierung zu dem wellenförmig profilierten Blechmaterial **3** verleihen.

[0051] Auf diese Weise ist das Wellenmaterial in einem kontinuierlichen Prozess besonders vorteilhaft herstellbar. Es könnte in ähnlicher Weise aber auch ein wellenförmiges Profil als Rechteckprofil erzeugt werden, wie dies z.B. das Ausgangsmaterial für die weitere Verarbeitung in **Fig. 3** bildet.

[0052] Während der wellenförmigen Profilierung kann überdies zusätzlich, insbesondere in den Scheitelbereichen der Wellungen, das wellenförmig profilierte Blechmaterial **3** mit den in Durchlaufrichtung des Blechmaterials verlaufenden Rillen oder Sicken **21** (vgl. **Fig. 5A**) versehen sein, (z.B. in einer Breite von 0.05 mm), die bei der Pakettierung oder Wicklung eines solchen wellenförmig profilierten und gestauchten Blechmaterials **7** zu einem Katalysator-Trägerkörper (Verbundkörper **15, 16**) als zusätzlich formschlüssige Abstützelemente zwischen einzelnen

Blechmateriallagen dienen. Gegebenenfalls können solche die weitere Montage und Wicklung bzw. Pakettierung des wellenförmigen, profilierten Blechmaterials fördernde Formelemente auch in Verbindung mit der weiteren umformtechnisch, vorzugsweise durch Stauchen erfolgenden Ausbildung von hinterschnittenen Formelementen **12, 13** (d.h. in den Prozessstufen nach den **Fig. 1B–1E**) erfolgen.

[0053] In Abhängigkeit von den Produktions- und einsatztechnischen Randbedingungen kann als ebenes Blechmaterial **1** sowohl Streifen- oder Bandmaterial wie auch Platinen verwendet werden, und die z.B. sinus- oder rechteckwellenförmige Ausbildung des wellenförmig profilierten Blechmaterials **3** kann nicht nur, wie in **Fig. 1A** gezeigt, durch Walzen, sondern auch durch Prägevorgänge, Tiefziehen oder Biegen erfolgen.

[0054] Um derartiges, wellenförmig profiliertes Blechmaterial **3** zu Verbundkörpern als Katalysator-Trägerkörper zu pakettieren oder zu wickeln, dabei zugleich aber auf Deckbleche zwischen den einzelnen profilierten Blechmateriallagen zu verzichten und ein Ineinanderrutschen der einzelnen Lagen sicher zu verhindern, um die vorgesehene Strömungsquerschnitte der zwischen den Wellungen gebildeten Strömungskanäle zu garantieren, wird erfindungsgemäß das wellenförmig profilierte Blechmaterial **3** mit hinterschnittenen Formelementen, d.h. mit Hinterschnidungen **12** bzw. **13** (vgl. auch **Fig. 2, 3**) versehen, und zwar vorzugsweise umformtechnisch durch Stauchvorgänge, die neben einer Oberflächenvergrößerung zu Wellprofilen führen, die bei mehrlagiger Anordnung gegeneinander formstabil elastisch abstützbar sind, ohne Zwischenlage weiteren Materials und sowohl zu einseitig offenen (**Fig. 1B, 1C, 1E**) als auch zu praktisch geschlossenen Strömungskanälen **19** (vgl. **Fig. 1D**) gestaltet werden können.

[0055] In **Fig. 1B** erfolgt in einer ersten Verfahrensvariante die Ausbildung der hinterschnittenen Formelemente bzw. Hinterschnidungen **12** in einem Rückstauchen, wobei das wellenförmig profilierte Blechmaterial **3** aus **Fig. 1A** in einem gegen die Laufrichtung des Blechmaterials **3** bewegbaren Stauchschiitten **6** aufgenommen und vorzugsweise unter intermittierendem Festlegen durch eine stromauf angeordnete Klemmstempelanordnung **4.1, 4.2** (die eine Klemmkraft A aufbringen) entgegen seiner Laufrichtung mittels einer Rückstauchkraft B in eine Aufnahmeanordnung **5** rückgestaucht wird, unter Ausbildung der hinterschnittenen Formelemente **12**, wie dies in **Fig. 1B** dargestellt ist, wobei die Größe der Rückstauchkraft die „Packungsdichte“, d.h. die Geometrie und den Querschnitt der zwischen den mit den hinterschnittenen Formelementen **12** versehenen Wellungen verbleibenden Strömungskanäle **19** bestimmt.

[0056] Das solchermaßen in der Aufnahmeanordnung **5** entstehende, umgeformte wellenförmig profilierte und mit Hinterschnidungen **12** versehene Blechmaterial **7** kann dann einer weiteren Verarbei-

tung (Wicklung, Paketierung) zu einem Verbundkörper **15**, **16** (wie in den **Fig. 2** oder **3** dargestellt) verarbeitet werden.

[0057] **Fig. 1C** verdeutlicht schematisch ein entsprechendes Rückstauchverfahren zur Ausbildung der hinterschnittenen Formelemente an dem wellenförmigen Blechmaterial **3** ohne spezielle Klemmstempel stromauf dieser Rückstauchanordnung. Als entsprechende Gegenhalterkraft kann auch die dem Blechmaterial insbesondere in Laufrichtung selbst anhaftende Formsteifigkeit bzw. die Einstellung der Reibungsverhältnisse innerhalb der Stauchschlittenanordnung **6** bzw. der Aufnahmeanordnung **5** gewählt werden.

[0058] In einer – hier nicht dargestellten – Modifikation dieses Verfahrens könnte dieser Rückstauchprozess in Laufrichtung des wellenförmig profilierten Blechmaterials **3** auch mit einem hierzu senkrecht gerichteten Vertikal- bzw. Horizontalstauchvorgang (vgl. z.B. **Fig. 1D**) kombiniert werden, z.B. im Bereich der Aufnahmeanordnung **5**, um zusätzlich die Profilhöhe des hinterschnittenen Wellprofils zu ändern bzw. einzustellen und die Geometrie der Strömungskanäle weiter zu beeinflussen, insbesondere allseitig geschlossene Strömungskanäle **19** innerhalb des Blechmaterials zu realisieren. Eine solche Möglichkeit ist durch den in **Fig. 1C** gestrichelt angedeuteten Pfeil C dargestellt.

[0059] Bei Verwendung von Klemmstempeln gemäß der Verfahrensvariante nach **Fig. 1B** ist die Eingriffsgeometrie der Stempel an die Wellprofilierung angepasst. Wenn z.B. Rechteckwellen in dem Verfahren nach **Fig. 1A** erzeugt werden, haben auch die Eingriffsseiten der Klemmstempel eine entsprechend angepasste Geometrie.

[0060] **Fig. 1D** verdeutlicht ein Verfahren zum Herstellen der Hinterschneidungen **12** durch Aufnahme des wellenförmig profilierten Blechmaterials zwischen Stauchplatten **6a**, die vertikal zur Laufrichtung des Blechmaterials die Wellungen stauchen (ggf. auch zusätzliche Rillungen **21** als Formelemente zur Herstellung eines späteren Formschlusses bei der Paketierung aufeinanderfolgender Lagen einbringen) und zu einem einlagigen Blechmaterial **7** mit im wesentlichen geschlossenen Strömungskanälen **19** führen.

[0061] Die weitere schematische Ausführungsform nach **Fig. 1E** verdeutlicht das Herstellen von Hinterschneidungen **12** in einem umformtechnischen Prozess zwischen Stauchwalzen als rotatorisches Stauchen, wie es durch die gegeneinander versetzten Stauchwalzprofile **20** und die gegensinnigen Drehrichtungen andeutenden Pfeile D in **Fig. 1E** nur schematisch dargestellt ist.

[0062] Auf diese Weise wird ein kontinuierlicher Durchlaufprozess möglich, d.h. die Ausbildung der wellenförmigen Profilierungen gemäß **Fig. 1A** und auch der Stauchprozess zur Ausbildung der Hinterschneidungen können in einem großserientauglichen kontinuierlichen Herstellungsvorgang ausgebildet

werden.

[0063] Basierend auf einem sinuswellenförmig profilierten Blechmaterial **3** und z.B. einem Stauchvorgang zwischen planparallelen Stauchplatten gemäß **Fig. 1D** wird solchermaßen mit hinterschnittenen Formelementen **12** versehenes, wellenförmig profiliertes Blechmaterial **7** zu einem wabenförmigen Verbundkörper **15** fortlaufend spiralig gewickelt oder (nach Schneiden) lagenförmig paketierrt, wobei **Fig. 2** nur einen Ausschnitt aus einem solchen Verbundkörper zeigt, der endgültig durch Einsetzen solchermaßen profilierter, hinterschnittener Blechmateriallagen **9.1**, **9.2** in einem im wesentlichen geschlossenen rohrförmigen Hohlprofil gebildet wird, in dem die Lagen des rückgestauchten Blechmaterials **7** unter elastischer Vorspannung und zuverlässiger gegenseitiger Abstützung, ggf. unter Verwendung zusätzlicher Formrillen **21** (vgl. **Fig. 5A**), ohne das Erfordernis eines Lötvorganges oder des Einsetzens von Stützblechen zwischen den einzelnen Blechmateriallagen des rückgestauchten Blechmaterials **7** in ein solches Hohlprofil zur Bildung eines Katalysators eingesetzt werden.

[0064] In der Ausführungsform nach **Fig. 2** sind die parallelen Strömungskanäle **19** praktisch vollständig geschlossen, und es steht eine hohe Wirkfläche für den Kontakt zwischen einem in den Strömungskanälen **19** z.B. strömenden Abgas und einer katalytischen Beschichtung (hier nicht dargestellt) eines solchermaßen gebildeten Katalysator-Trägerkörpers (Verbundkörper **15**) zur Verfügung.

[0065] **Fig. 3** verdeutlicht eine entsprechende Bildung eines Verbundkörpers **16** aus einem rechteckförmig profilierten, gewellten Blechmaterial **10**, das nach einer entsprechenden Rückstauchung eine trapez- bzw. dreiecksförmige Querschnittsform seiner Strömungskanäle **19** bildet, wobei die einzelnen Lagen **11.1**, **11.2** des Blechmaterials ebenfalls unmittelbar gegeneinander abgestützt und vorzugsweise in einem hier nicht dargestellten Gehäuse zu einem rohrförmigen Trägerkörper für eine katalytische Beschichtung kraft- und/oder formschlüssig, insbesondere klemmbefestigt werden. Hierzu wird wiederum die federelastische Vorspannung des Profils der rückgestauchten Blechmateriallagen **11.1**; **11.2** mit den hinterschnittenen Formelementen **13** zur Herstellung eines kraft- und/oder formschlüssigen Verbundes innerhalb eines (hier nicht dargestellten) rohrförmigen Aufnahmekörpers herangezogen.

[0066] Durch Variation der Frequenz bei der Bildung der wellenförmigen Profilierungen bzw. durch Variation innerhalb der Stauchkraft und des Stauchprozesses zur Ausbildung der Hinterschneidungen **12**, **13**, lässt sich die Geometrie und damit auch der Strömungsquerschnitt der Strömungskanäle **17** in weitem Rahmen variieren, so dass auch Lagen unterschiedlicher Konfiguration (Amplitude) und/oder Periode gewickelt und innerhalb eines Verbundkörpers **15** bzw. **16** verwendet werden können. Auch müssen die Strömungsquerschnitte **19** innerhalb eines Verbund-

körpers **15**, **16** nicht alle gleich groß sein.

[0067] Die erfindungsgemäße Lösung gestattet es auch durch ihre hohe Formstabilität die Blechdicke der einzelnen Blechmateriallagen zu verringern und lässt aufgrund der fertigungstechnischen unkomplizierten Verfahrungsweise vielfältige Geometrien für die Herstellung von Katalysator-Trägerkörpern bzw. Verbundkörpern zu, und es kann die katalytisch wirksame Oberfläche gegenüber herkömmlichen Katalysator-Trägerkörpern vergrößert, insbesondere derjenigen von Keramikatalysatoren angenähert werden. Zugleich führt die mechanische Vorspannbarkeit innerhalb eines rohrförmigen Aufnahmekörpers zu einem sehr festen Verbund ohne das Erfordernis einer Fixierung der Lagekorrelation der einzelnen Blechmateriallagen zueinander, insbesondere können aufwendige Lötprozesse vollständig entfallen.

[0068] **Fig. 4** zeigt ein Beispiel eines gleichmäßig mit Hinterschneidungen **12** versehenen wellenförmig profilierten, gestauchten Blechmaterials **7**, wie es vorzugsweise zum Wickeln oder Paketieren von Katalysator-Trägerkörpern verwendet werden kann.

[0069] **Fig. 5** verdeutlicht, dass es nicht erforderlich ist, stets gleichmäßige Hinterschneidungen **12** auszubilden, sondern dass auch einseitig geschränkte Strukturen in Abhängigkeit vom verwendeten Umformprozess, z.B. durch rotatorisches Stauchen nach **Fig. 1E** aus einem z.B. sinusförmig gewelltem Blechmaterial **3** oder durch Stauchen zwischen planparallelen Platten unter Einsatz einer Lateralkraftkomponente zu vorteilhaften Lösungen führt. Dieses ist in **Fig. 5A** verdeutlicht, wobei die Linien **21** Querrillen oder Sicken (z.B. im Bereich von 0,05 mm darstellen) bezeichnen, die später einen Formschluss zwischen benachbarten, paketierte bzw. gewickelten Blechmateriallagen (vgl. **Fig. 2** und **3**) erleichtern und zugleich dazu beitragen, die Berührungsfläche zwischen benachbarten paketierte oder gewickelten Blechlagen zu minimieren. Ein solches sinuswellenförmig profiliertes Blechmaterial wird vorzugsweise durch rotatorisches Stauchen oder durch Stauchen zwischen planparallelen Platten mit einer lateralen Vorzugsrichtung, ausgehend von einem sinuswellenförmigen Blechmaterial **3** nach den **Fig. 5A** und **5B** zu einer einseitig geschränkten, hinterschnittenen Struktur gestaucht, unter gleichzeitiger Verringerung der Amplitude bzw. Profilhöhe des Blechmaterials **3**.

[0070] Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet die Herstellung von Ausgangsmaterialien und daraus hergestellten Katalysator-Trägerkörpern (Verbundkörper) bzw. Katalysatoren mit hoher Oberflächenaktivität, erhöhter Packungsdichte durch den Wegfall nicht aktiver Bereiche (Deckbleche) und unter Einsparung aufwendiger Fügeprozesse, da derartige Blechmateriallagen unter Nutzung der federelastischen Vorspannung des Wickels oder so gebildeten Lagenpaketes in einen rohrförmigen Gehäusekörper beliebigen Querschnittes eingesetzt werden können. Kontinuierliche Prozesse lassen sich auch im Hinblick auf den Stauchvorgang zur Ausbildung der hin-

terschnittenen Formelemente ausführen (vgl. **Fig. 1E**), und es wird die zuverlässige Beibehaltung der Querschnittsflächen der Strömungskanäle während des Packungsvorganges zu dem Verbundkörper garantiert, da die Hinterschneidungen neben einer Vergrößerung der Strömungskanaloberfläche auch zu einer zuverlässigen Bereitstellung von Abstützfläche der einzelnen Blechmateriallagen gegeneinander führen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials, insbesondere eines Katalysator-Trägerkörpers, eines Wärmetauscherbleches oder eines anderen Blechmaterials mit einer oberflächenintensiven Wirkfläche, wobei aus einem flachen Blechmaterial (**1**) ein wellenförmig profiliertes Blechmaterial (**3**) erzeugt wird und anschließend eine Wellenstruktur des gewellten Blechmaterials (**3**) umformtechnisch mit hinterschnittenen Formelementen (**12**, **13**) unter Bildung von im wesentlichen parallelen Strömungskanälen (**19**) versehen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mit den hinterschnittenen Formelementen (**12**, **13**) versehene Blechmaterial (**3**) zu einem Verbundkörper (**15**, **16**) gewickelt oder paketierte wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Querschnitt der Strömungskanäle (**14**) durch eine horizontal oder vertikal auf das gewellte Blechmaterial (**3**) einwirkende Stauchkraft bestimmt wird.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das gewellte Blechmaterial (**3**) während eines vertikalen Rückstauchens mit zumindest einem Klemmstempel (**4.1**, **4.2**) festgehalten wird.

5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das gewellte Blechmaterial (**3**) zur Ausbildung hinterschnittener Formelemente (**12**, **13**) einem rotatorischen Stauchen mittels profilierter Stauchwalzen unterzogen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Stauchwalzen unter einem Winkel zu einer Durchlaufrichtung des gewellten Blechmaterials (**3**) geneigt angeordnete Profilierungen aufweisen.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem gewellten Blechmaterial (**3**) in Verbindung mit der Ausbildungen von Wellungen und/oder

der hinterschnittenen Formelemente (**12, 13**) zumindest im Bereich von Scheiteln der Wellungen Formelemente (**21**), insbesondere zur Förderung einer form- und/oder kraftschlüssigen Abstützung benachbarter Wellungen nach einer Wicklung oder Paketierung des Blechmaterials (**3**) zu einem Verbundkörper (**15, 16**) verliehen werden.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Paketieren oder Wickeln des mit hinterschnittenen Formelementen (**12, 13**) versehenen, wellenförmig profilierten Blechmaterials (**7**) zu einem Verbundkörper in mehreren Lagen (**9.1, 9.2; 11.1, 11.2**) unter Nutzung einer profilmanenten Federelastizität des wellenförmig profilierten Blechmaterials (**3**) erfolgt.

9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das wellenförmig profilierte Blechmaterial (**3**) in einem kontinuierlichen Prozess hergestellt wird.

10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das mit den hinterschnittenen Formelementen (**12, 13**) versehene, wellenförmig profilierte Blechmaterial (**7**) in einzelne Abschnitte getrennt und zur Bildung abfolgender Lagen (**9.1, 9.2; 11.1, 11.2**) paketiert wird.

11. Vorrichtung zur Herstellung eines profilierten Blechmaterials, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Profilierungsanordnung (**2.1, 2.2**) zur Bildung eines wellenförmig profilierten Blechmaterials (**3**), eine anschließend Stauchvorrichtung (**6**) für das wellenförmig profilierte Blechmaterial (**3**) zur Ausbildung von hinterschnittenen Formelementen (**12, 13**) an dem wellenförmig profilierten Blechmaterial (**3**), die im wesentlichen parallele Strömungskanäle (**19**) begrenzen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch zumindest einen Klemmstempel (**4.1, 4.2**) stromauf der Stauchanordnung (**6**) zum Festhalten des wellenförmig profilierten Blechmaterials (**3**) während des Stauchens.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch ein Paar Klemmstempel (**4.1, 4.2**) mit einander entgegengesetzt gerichteten und lateral versetzt angeordneten Klemmstempeln (**4.1, 4.2**).

14. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Walzenanordnung ein Walzenpaar (**2.1, 2.2**) aufweist.

15. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Stauchanordnung (**6**) einen in Durchlaufrichtung des wellenförmig profilierten Blechmaterials (**3**) zur vertikalen Stauchung bewegbaren Stauchschlitten (**6**) und stromauf eine Aufnahmeeinheit (**5**) für verdichtetes, mit hinterschnittenen Formelementen (**12, 13**) versehenem, wellenförmig profiliertem Blechmaterial (**7**) aufweist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die vertikale Stauchung des wellenförmig profilierten Blechmaterials eine Stauchung in Laufrichtung des Blechmaterials (**3**) ist.

17. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 14, gekennzeichnet durch opponierend bewegbar horizontale Stauchplatten (**6a**), zwischen denen das wellenförmig profilierte Blechmaterial angeordnet und mit hinterschnittenen Formelementen (**12, 13**) versehen ist.

18. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass stromab des das Blechmaterial (**1**) mit Wellungen versehenen Walzenpaares (**2.1, 2.2**) ein Stauchwalzenpaar mit opponierend angeordneten, profilierten Stauchwalzen vorgesehen ist, deren Profilierungen (**20**) vorzugsweise zur Durchlaufrichtung des wellenförmig profilierten Blechmaterials (**3**) geneigt sind.

19. Wellenförmig profiliertes Blechmaterial, insbesondere Katalysator-Trägermaterial, mit im wesentlichen parallelen, in abfolgender Anordnung durch hinterschnittene Formelemente (**12, 13**) begrenzten Strömungskanälen (**19**).

20. Wellenförmig profiliertes Blechmaterial nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungskanäle durch die hinterschnittenen Formelemente verengt oder im wesentlichen zu einem Hohlprofil geschlossen sind.

21. Wellenförmig profiliertes Blechmaterial nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich von Scheiteln der Wellungen und/oder im Bereich von hinterschnittenen Formelementen (**12, 13**) Abstütz-Formelemente, insbesondere in Laufrichtung des wellenförmig profilierten Blechmaterials (**3**) verlaufende Rillen (**21**) vorgesehen sind.

22. Wellenförmig profiliertes Blechmaterial nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungskanäle (**14**) im wesentlichen gleiche Querschnittsflächen aufweisen.

23. Wellenförmig profiliertes Blechmaterial nach

zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungskanäle (19) durch gleichmäßig symmetrisch ausgebildete, hinterschnittene Formelemente (12, 13) begrenzt sind.

24. Wellenförmig profiliertes Blechmaterial nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungskanäle (19) durch einseitig beschränkte, asymmetrisch ausgebildete, hinterschnittene Formelemente (12, 13) begrenzt sind

25. Metallischer Verbundkörper, insbesondere Katalysator-Trägerkörper aus gewickeltem oder paketi-ertem Blechmaterial mit im wesentlichen parallelen Strömungskanälen, dadurch gekennzeichnet, dass das die Strömungskanäle (19) bildende, mehrlagig angeordnete Blechmaterial (7) durch hinterschnittenen Formelemente (12, 13) begrenzt sind.

26. Metallischer Verbundkörper nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Blechmateriallagen (9.1, 9.2; 11.1, 11.2) unter direkter Abstützung vermittels der hinterschnittenen Formelemente (12, 13) gegeneinander abgestützt sind.

27. Metallischer Verbundkörper nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abstützung benachbarter Blechmateriallagen kraft- und/oder formschlüssig vorgesehen ist.

28. Metallischer Verbundkörper nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 23 bis 27, gekennzeichnet durch einen Wickel oder einen Stapel von Lagen (9.1, 9.2; 11.1, 11.2) aus wellenförmig profiliertem, gestauchtem Blechmaterial (7), die zwischenlagenfrei gegeneinander direkt abgestützt sind.

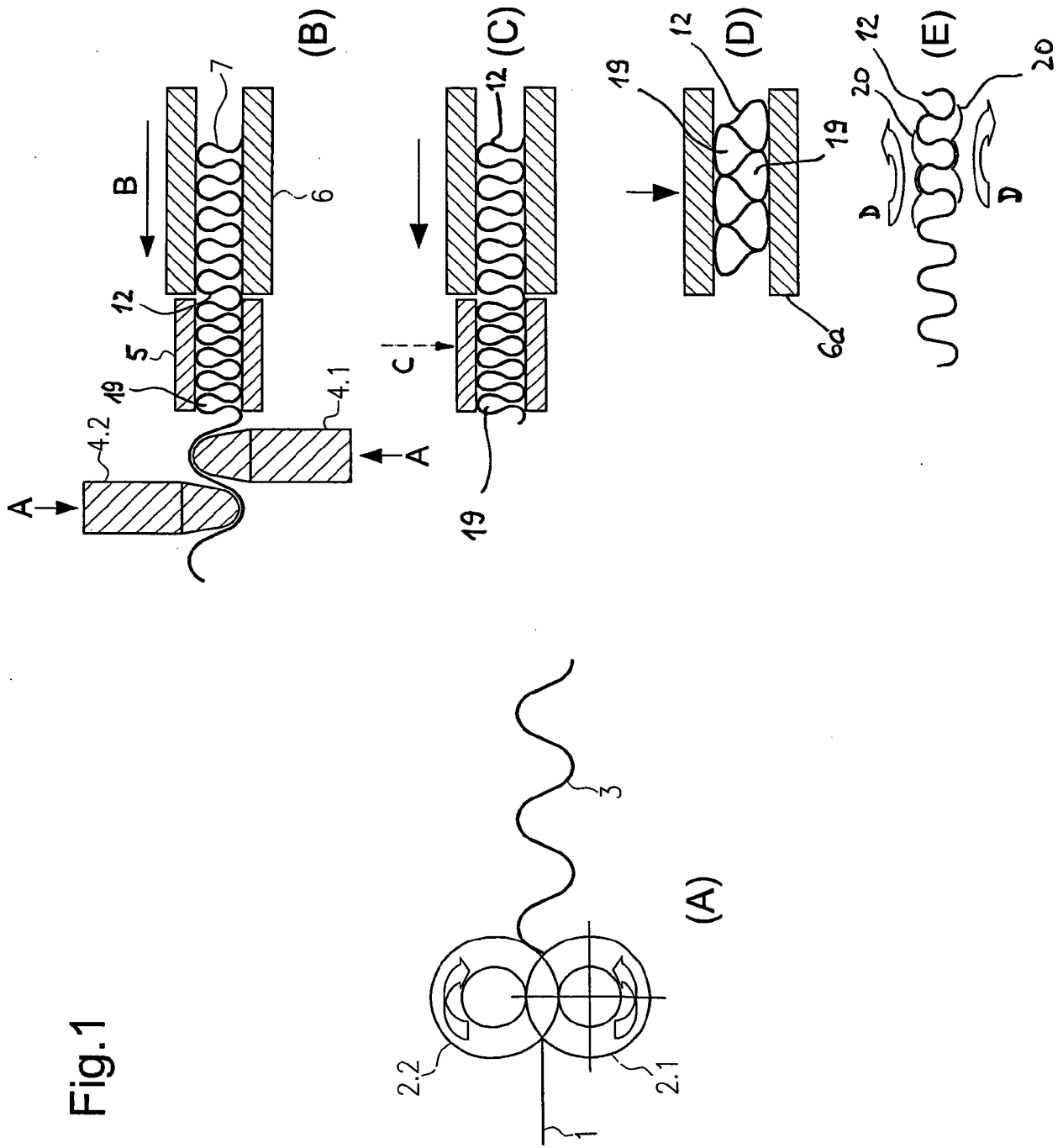
29. Metallischer Verbundkörper nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 23 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass miteinander in abstützenden Kontakt befindliche Scheitel und/oder hinterschnittene Formelemente (21, 22) benachbarter Blechmateriallagen Abstütz-Formelemente, insbesondere in Laufrichtung des Blechmaterials verlaufende Rillen, zur Lagefixierung benachbarter Blechmateriallagen und/oder Minimierung von Kontaktflächen zwischen benachbarten Blechmateriallagen aufweisen.

30. Metallischer Verbundkörper nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 23 bis 29, gekennzeichnet durch eine Aufnahme des Verbundkörpers (15, 16) in einem zumindest im wesentlichen geschlossenen Hohlprofil unter elastischer Vorspannung.

31. Katalysator aus einem katalytisch beschichteten Katalysator-Trägerkörper, bestehend aus einem metallischen Verbundkörper (15, 16) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 23 bis 27.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1



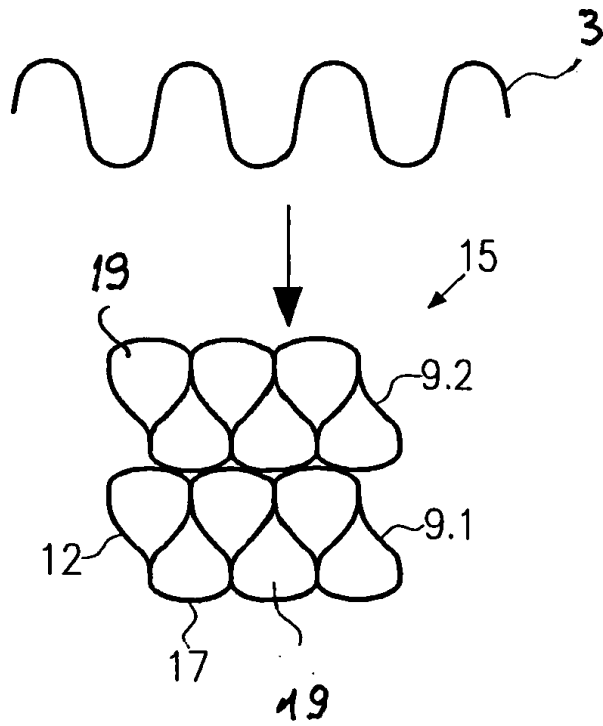


Fig. 2

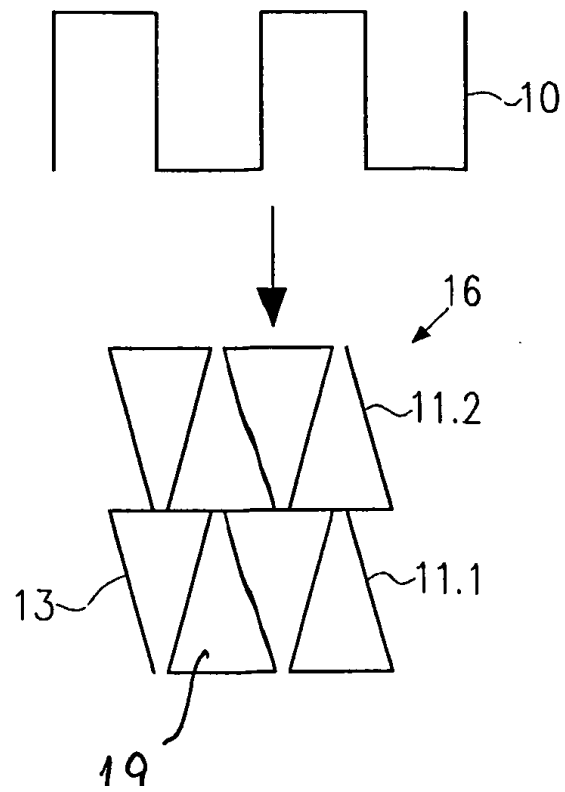


Fig. 3



Fig. 4

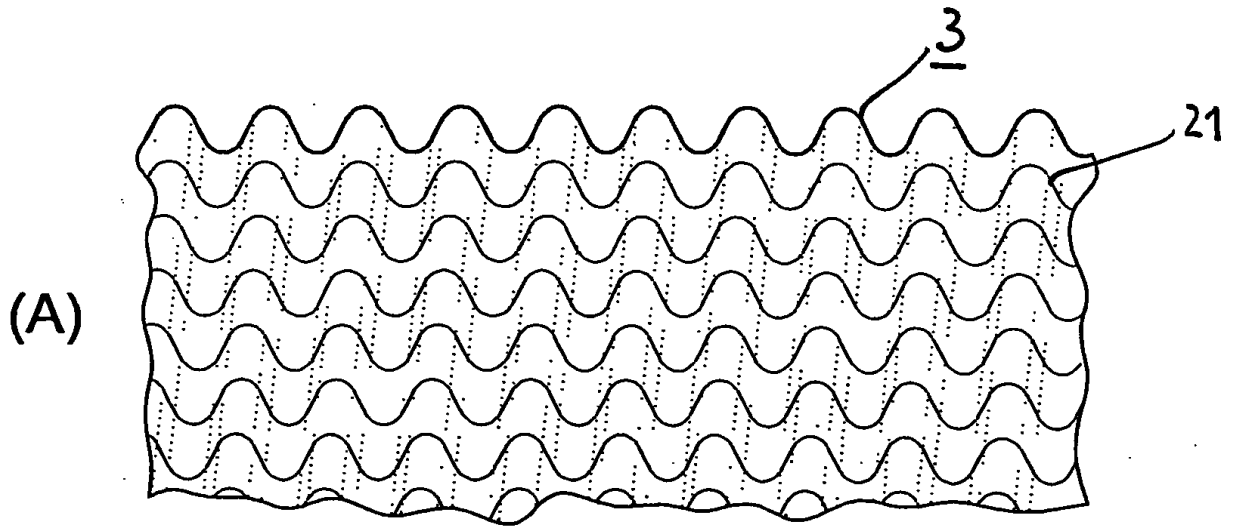


Fig. 5