



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.11.2012 Patentblatt 2012/47

(51) Int Cl.:
B21D 53/92 ^(2006.01) **B21D 26/059** ^(2011.01)
B21D 26/027 ^(2011.01)

(21) Anmeldenummer: **12156430.6**

(22) Anmeldetag: **22.02.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder: **Beck, Werner**
28844 Weyhe (DE)

(74) Vertreter: **Siekman, Gunnar**
Jabbusch Siekman & Wasiljeff
Patentanwälte
Hauptstrasse 85
26131 Oldenburg (DE)

(30) Priorität: **19.05.2011 DE 102011102087**

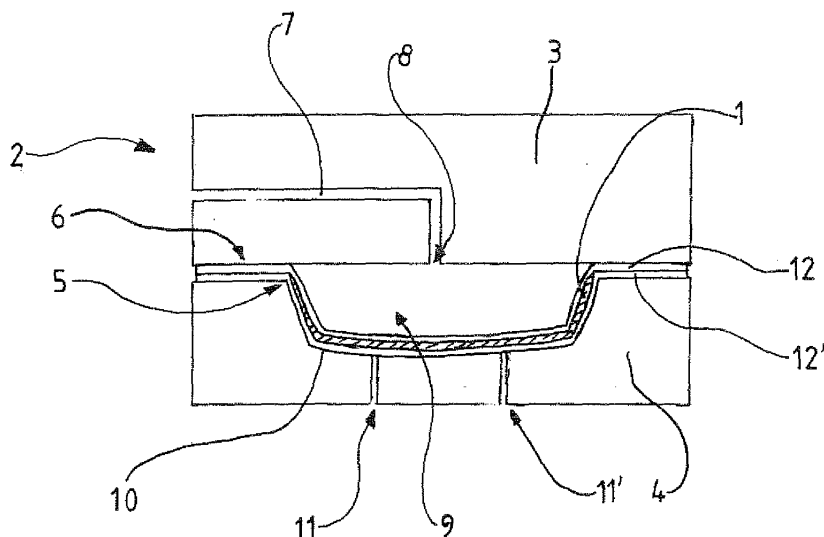
(71) Anmelder: **FormTech GmbH**
28844 Weyhe-Dreye (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Schallschutzdämmung zur Auskleidung eines Flugzeugtriebwerks und eine solche Schallschutzdämmung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten mindestens eines Flächenelements (1), insbesondere eines Durchbrüche aufweisenden Flächenelements (1), bei dem an das Flächenelement (1) beidseitig je wenigstens eine Lage (12,12') eines verformbaren, mediumdichten Materials angelegt wird, das Flächenelement (1) zusammen mit den verformbaren Lagen (12,12') zwischen wenigstens zwei Formwerkzeugteile (3,4) eingelegt wird und auf mindestens einen Bereich eines Flächenabschnitts des eingelegten Flächenelements (1) bei einer vorgegebenen Umformtemperatur durch Einleiten

eines Mediums zwischen eine der verformbaren Lagen (12) und einem ersten Formwerkzeugteil Druck ausgeübt wird. Der Druck wirkt unmittelbar gegen die verformbare Lage (12), so dass das Flächenelement (1) aufgrund des erzeugten Druckes zusammen mit den verformbaren Lagen (12,12') in wenigstens einen benachbarten Hohlraum (9) eines zweiten Formwerkzeugteils (4) hineingeformt wird. Mit diesem Verfahren ist eine Möglichkeit geschaffen, bisher nicht mittels Gasdruck umformbare Flächenelemente, in komplexe, nämlich räumlich gekrümmte Geometrien zu formen.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten mindestens eines Flächenelements, insbesondere eines Durchbrüche aufweisenden Flächenelements, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie eine insbesondere mit dem Verfahren hergestellte Schallschutzdämmung zur Auskleidung eines Flugzeugtriebwerks.

[0002] Flächenelemente, insbesondere aus metallischen Werkstoffen, können mit den bekannten Bearbeitungsverfahren und in Abhängigkeit von den Materialeigenschaften häufig nur in begrenztem Umfang umgeformt werden. Für die Umformung hochfester Werkstoffe, wie beispielsweise Titanlegierungen eignen sich grundsätzlich nur Warmumformverfahren, wobei besonders für niedrige Stückzahlen solche bevorzugt werden, bei denen mit einem Medium Druck auf den umzuformenden Werkstoff ausgeübt wird. Diese Warmumformverfahren mit einem druckerzeugenden Medium werden auch als superplastische Umformverfahren bezeichnet und ermöglichen komplexe, nämlich räumlich gekrümmte Werkstückgeometrien, die mit anderen Verfahren nicht oder zumindest nicht wirtschaftlich herzustellen sind.

[0003] Ein so zu bearbeitender Werkstoff, zum Beispiel eine Titanlegierung, wird auf eine bestimmte Umformtemperatur erwärmt und weist bei sehr geringen Umformgeschwindigkeiten eine extrem niedrige Fließspannung sowie ein sehr großes Formänderungsvermögen auf. Das Formänderungsvermögen beträgt dabei einige hundert Prozent bis über tausend Prozent.

[0004] Jedoch weisen nur wenige Werkstoffe superplastische Umformeigenschaften auf, so dass diese Bearbeitungsverfahren nur bei bestimmten Werkstoffen angewendet werden können. Zudem können Durchbrüche aufweisende Flächenelemente nicht umgeformt werden, da diese nicht mediumdicht sind, das heißt, es kann mit dem Medium kein Umformdruck aufgebaut werden.

[0005] Anwendungsbereiche für superplastisch verformte Werkstücke mit komplexen, räumlich gekrümmten Geometrien, liegen vor allem im Karosseriebau und in der Luft- und Raumfahrttechnik, um beispielsweise raumsparende beziehungsweise aerodynamisch günstige Konstruktionen zu ermöglichen. In manchen Bereichen, wie beispielsweise der Triebwerkentwicklung für die Luftfahrt, ist zudem die Verwendung von Flächenelementen mit Durchbrüchen erforderlich, um möglichst niedrige Lärmemissionen zu erreichen. Dabei basieren die erforschten beziehungsweise eingesetzten Flächenelemente zur Reduzierung der Lärmemissionen häufig auf dem Helmholtz-Resonator-Prinzip. Die dafür benötigten Materialien sind bevorzugt hochfeste und wärmebeständige Titanwerkstoffe und/oder andere metallische Legierungen. Die damit hergestellten Bauteile weisen unvorteilhafterweise nur einfache Werkstückgeometrien auf und sind lediglich zylindrisch oder kegelförmig ausgebildet. Alternativ bestehen die Flächenelemente aus

Nickelbasiswerkstoffen, hochfesten Stählen oder Reintitan, wobei Nickelbasiswerkstoffe und Stahlwerkstoffe mit einem hohen spezifischen Gewicht und Reintitan mit einer niedrigen Festigkeit jeweils einen entscheidenden Nachteil gegenüber Titanlegierungen aufweisen. Aerodynamisch günstige und raumsparende Werkstückgeometrien mit hoher Festigkeit, bei denen die bekannten Nachteile vermieden sind, sind bisher nicht möglich.

[0006] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, das die Bearbeitung von bisher nicht superplastisch umformbaren Flächenelementen, insbesondere Durchbrüche aufweisenden Flächenelementen, ermöglicht, um unter anderem räumlich gekrümmte Schallschutzdämmungen für Flugzeugtriebwerke zu fertigen.

[0007] Diese Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 verfahrensmäßig gelöst. Vorrichtungsmäßig wird die Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0008] Bei dem Verfahren zum Bearbeiten mindestens eines Flächenelements, insbesondere eines Durchbrüche aufweisenden Flächenelements, wird erfindungsgemäß beidseitig an das Flächenelement je wenigstens eine Lage eines verformbaren, mediumdichten Materials angelegt, wird das Flächenelement zusammen mit den verformbaren Lagen zwischen wenigstens zwei Formwerkzeugteilen eingelegt und wird auf mindestens einen Bereich eines Flächenabschnitts des eingelegten Flächenelements bei einer vorgegebenen Umformtemperatur durch Einleiten eines Mediums zwischen eine der verformbaren Lagen und einem ersten Formwerkzeugteil Druck ausgeübt, wobei der Druck unmittelbar gegen die verformbare Lage wirkt, und das Flächenelement durch den erzeugten Druck zusammen mit den verformbaren Lagen in wenigstens einen benachbarten Hohlraum eines zweiten Formwerkzeugteils hineingeformt wird.

[0009] Mit den beidseitig an das Flächenelement angelegten verformbaren Lagen ist es möglich auch Werkstoffe zu bearbeiten, die mit den bekannten, konventionellen Verfahren nicht beziehungsweise nur schlecht superplastisch umzuformen sind. So können einerseits Durchbrüche aufweisende Flächenelemente und andererseits auch mediumdichte Flächenelemente aus Werkstoffen, die nur bedingt geeignete Umformeigenschaften aufweisen, auf einfache Weise und mit hoher Präzision in komplexe, räumlich gekrümmte Werkstückgeometrien gedrückt werden, die ohne eine niederhaltende Funktion der verformbaren Lagen nicht möglich sind. Das eigentlich umzuformende Flächenelement wird dabei zwischen den verformbaren Lagen gehalten, wobei dieses sich bei der Umformung in einem durch den Abstand der verformbaren Lagen zueinander begrenzten Raum relativ bewegen kann.

[0010] Während der Umformung drückt das eingeleitete Medium unmittelbar gegen eine erste der beiden verformbaren Lagen, mittelbar über die erste verformbare

Lage gegen das Flächenelement, aus dem das Werkstück beziehungsweise Bauteil geformt wird, und über das Flächenelement auch gegen eine zweite verformbare Lage. Dem Fließverhalten des eigentlichen Werkstücks wird somit durch die verformbaren Lagen eine Richtung vorgegeben. Sobald der zu bearbeitende Werkstoff zusammen mit den verformbaren Lagen vollständig an der Kontur der Wandung des benachbarten Hohlraums des zweiten Formwerkzeugteils anliegt, ist der Umformvorgang abgeschlossen. Das Flächenelement kann dann zusammen mit den verformten Lagen aus den Formwerkzeugteilen herausgenommen werden. Nach dem Abkühlen wird das Flächenelement dann aus dem Kuvert der verformbaren Lagen herausgenommen.

[0011] Die zusammen mit dem Werkstück umgeformten Lagen aus verformbarem, mediumdichtem Material sind nur ein Hilfsmittel für die Umformung und in den meisten Fällen zu verwerfen. Eine Mehrfachnutzung ist aufgrund des bevorzugt zu verwendenden Materials der verformbaren Lagen nicht oder zumindest nicht wirtschaftlich möglich. Damit ist die verformbare Lage als ein "verlorenes Teil" beziehungsweise Verbrauchsmaterial zu sehen.

[0012] Vorteilhafterweise bestehen die für eine Umformung verwendeten verformbaren Lagen aus einem Material mit einem geringem Wert und einem befriedigendem Warmumformverhalten. Geeignet ist zum Beispiel Blechmaterial, insbesondere aus Mikro-Duplex-Stahlliegierungen. In anderen Ausführungen sind aber auch andere hochtemperaturbeständige, verformbare, mediumdichte Materialien einsetzbar. In Frage kommen zum Beispiel Magnesium bei Temperaturen bis ca. 380 °C, Aluminium bis ca. 480 °C, Titan bis 700 °C beziehungsweise 900 °C, Stahl bis ca. 1100 °C. Da sich die aus einem Material gefertigten, verformbaren Lagen gleichartig verformen und das Werkstück sich zwischen den Lagen relativ bewegen kann und nicht gestreckt wird, ist der Abstand zwischen diesen bei der Umformung gleichbleibend, wodurch nahezu wanddickengleiche Werkstücke gewährleistet werden können, die nicht stark stretchgezogen sind und auch keine Ausdünnungen in der Materialstärke aufweisen. Dieser Vorteil besteht insbesondere auch bei mediumdichten Flächenelementen mit einer geschlossenen Oberfläche.

[0013] Das zu bearbeitende Flächenelement muss dagegen nicht unbedingt auch superplastische Umformigenschaften aufweisen, da es aufgrund der Verformung der anliegenden Lagen "zwangsgeführt" wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das zu bearbeitende Flächenelement Durchbrüche aufweisen kann, so dass auch Flächenelemente mit Gitter-, Sieb-, Loch- oder Netzstrukturen umformbar sind. Vorzugsweise ist das Flächenelement aus einem metallischen Werkstoff, wie Stahl- oder Titanlegierungen, gefertigt, wobei ein besonderes Interesse in der Umformung von Titan-Aluminiden besteht. Diese können dabei sowohl als Folie oder dünnes Blech als auch als dickere Platte zwischen die ver-

formbaren Lagen eingelegt werden. Neben metallischen Werkstoffen kann das umzuformende Flächenelement beispielsweise aber auch aus CFK oder anderen Verbundwerkstoffen bestehen, wenn diese eine thermoplastische Matrix aufweisen.

[0014] Der Zuschnitt des Flächenelements kann, wenn dieses zwischen den verformbaren Lagen fixiert wird, kleiner ausfallen, da kein Rand benötigt wird, um das Flächenelement zwischen den Formwerkzeugteilen einzuspannen. Die verformbaren Lagen weisen dazu vorteilhafterweise einen umlaufend um den Zuschnitt des Flächenelements überstehenden Randbereich auf. Zwischen den Formwerkzeugteilen werden dann nur die Randbereiche der verformbaren Lagen in einem Einspannbereich gehalten, so dass das zwischen den Lagen fixierte Flächenelement für die Umformung optimal, das heißt, ohne Materialverluste, positioniert ist. Durch den kleineren Zuschnitt des Flächenelements können die Kosten sowohl bei der Umformung von Flächenelementen mit Durchbrüchen als auch bei mediumdichten Flächenelementen gesenkt werden, da der Werkstoff des Flächenelements den Wert der verformbaren Lagen zu meist deutlich übersteigt und somit maßgeblich für die bei der Durchführung des Verfahrens anfallenden Kosten ist.

[0015] Als druckerzeugendes Medium wird zumeist ein Gas eingesetzt. Vorteilhafterweise ist das eingesetzte Medium ein reaktionsträges Schutzgas, wie zum Beispiel Argon oder Stickstoff, um unerwünschte Reaktionen zu vermeiden.

[0016] Vor dem Einlegen zwischen die Formwerkzeugteile kann das Flächenelement zusammen mit den verformbaren Lagen vorgewärmt werden, um die für das eigentliche Umformverfahren benötigte Zeit zu verkürzen. Um die Formwerkzeugteile mit dem umzuformenden Flächenelement und den verformbaren Lagen auf die vorgegebene Umformtemperatur zu erwärmen, werden diese bevorzugt in eine Heizpresse eingelegt. In der Heizpresse erfolgt dann die Umformung der zwischen den Formwerkzeugteilen angeordneten Flächenelemente.

[0017] Damit die verformbaren Lagen und der jeweils an den verformbaren Lagen anliegende Flächenabschnitt bei den zumeist sehr hohen Temperaturen nicht miteinander verkleben, ist zumindest zwischen wenigstens einem Flächenabschnitt des Flächenelements und einer jeweils zugeordneten verformbaren Lage ein Trennmittel aufzubringen. Dieses bewirkt, dass das Flächenelement und die verformbare Lage nach dem Abkühlen einfach separierbar sind. Als Trennmittel kommen vor allem Graphit und Bornitrid sowie Yttrium in Frage. Bevorzugt sind derartige Trennmittel auch in den Bereichen aufzubringen, an denen das Werkstück oder die verformbaren Lagen an den Formwerkzeugteilen anliegen, insbesondere der Wandung des Hohlraums, um auch hier ein "Verschweißen" zu verhindern. Die Trennmittel können beispielsweise flüssig auf die Flächen gespritzt werden oder auch als Graphitfolie oder Graphit-

platte eingelegt werden.

[0018] Nach einer Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, dass wenigstens zwei Flächenelemente gemeinsam zwischen die Formwerkzeugteile eingelegt und umgeformt werden. Werden diese durch mindestens eine verformbare Lage voneinander getrennt, können in einem Umformvorgang mehrere Werkstücke gleichzeitig erstellt werden. Eine Alternative zu einer verformbaren Lage könnte auch eine zwischen die Flächenelemente aufgebraute Schicht aus Trennmittel sein.

[0019] Wird keine verformbare Lage und kein Trennmittel zwischen zwei aneinanderliegend angeordneten Flächenelementen eingelegt beziehungsweise aufgebracht, können die wenigstens zwei Flächenelemente durch Diffusions-schweißen miteinander verbunden werden. Sowohl die Umformung als auch das Diffusions-schweißen werden dabei bevorzugt in einem Fertigungszyklus eines Werkstücks miteinander kombiniert, wobei entweder zuerst diffusionsgeschweißt und dann umgeformt wird oder zuerst umgeformt und dann diffusionsgeschweißt wird. Die Verbindung mittels Diffusions-schweißen wird durch Grenzflächendiffusion der jeweiligen Grenzflächen miteinander erreicht und bietet die Möglichkeit, eine vollflächige Verbindung der Flächenelemente auszubilden. Für Titanlegierungen sind beim Diffusionsschweißen beispielsweise Temperaturen von über 900 °C, ein spezifischer Anpressdruck sowie eine bestimmte Verweilzeit erforderlich.

[0020] Das Diffusionsschweißen der Flächenelemente erfolgt dabei insbesondere unter Schutzgas, um Beeinträchtigungen durch umgebende Luft oder andere zutretende Gase, wie beispielsweise Sauerstoff, zu verhindern. Bei mehrlagigen Flächenelementen, wovon zumindest eines abschnittsweise Durchbrüche aufweist, sind diese zu komplexen Geometrien formbar. Mehrere Durchbrüche aufweisende Flächenelemente können vorteilhafterweise vollflächig miteinander verbunden werden und somit höchsten Festigkeitsanforderungen genügen. Ein Anwendungsgebiet für einen derartig vollflächig verschweißten Verbund könnte eine Kombination von Lochblech und Gitter- beziehungsweise Sieb- oder Netzstrukturen sein, wie sie zur Senkung der Lärmemissionen von Flugzeugtriebwerken erforscht und eingesetzt werden. Bei der Kombination eines Durchbrüche aufweisenden Flächenelements mit einem Flächenelement ohne Durchbrüche lässt sich zudem eine Oberflächenstruktur derart gestalten, dass die geschlossene Oberfläche des einen Flächenelements mit dem Durchbrüche aufweisenden Flächenelement vergrößert wird. Auf der Seite des Werkstücks an der das Flächenelement mit den Durchbrüchen angeordnet ist, ist somit eine strukturierte Oberfläche mit einer Vielzahl von Vertiefungen geschaffen. An dieser strukturierten Oberfläche ist dann eine geometrische Verriegelung anderer Oberflächen beziehungsweise Bauteile möglich. Durch geometrische Verriegelung kann eine Verbesserung der Lastübertragung von Klebefügungen erreicht werden kann.

[0021] Alternativ ist vorgesehen, dass in mindestens einen Flächenabschnitt eines Flächenelements eine Oberflächenstruktur eingeprägt wird, um sichere Klebeverbindungen mit anderen Werkstücken zu gewährleisten. Die eingeprägten Muster sind dabei weitestgehend frei gestaltbar und können in eine der verformbaren Lagen beziehungsweise der Wandung des Hohlraums, in den das Flächenelement hineingeformt wird, eingearbeitet sein. Dabei entstehen ebenso wie beim Diffusions-schweißen keine Eigenspannungen im Werkstoff des Werkstücks.

[0022] Weiterhin umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zum Bearbeiten mindestens eines Durchbrüche aufweisenden Flächenelements, mit wenigstens zwei Formwerkzeugteilen, zwischen denen zumindest ein Aufnahmebereich für mindestens ein Flächenelement angeordnet ist, wobei wenigstens ein erstes Formwerkzeugteil eine zu dem Aufnahmebereich führende Mediumleitung mit einer Einlassöffnung für ein druckbeaufschlagbares Medium aufweist und zumindest in einem zweiten Formwerkzeugteil wenigstens ein zu dem Aufnahmebereich benachbarter Hohlraum ausgebildet ist. Diese Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass dem ersten Formwerkzeugteil und dem zweiten Formwerkzeugteil jeweils wenigstens eine Lage aus verformbarem, mediumdichtem Material zugeordnet ist, die den Aufnahmebereich für das Flächenelement zu dem ersten Formwerkzeugteil und zu dem zweiten Formwerkzeugteil hin begrenzen und zwischen die das wenigstens eine umzuformende Flächenelement einlegbar ist.

[0023] Eine erste der verformbaren Lagen ist dabei bevorzugt derart angeordnet, dass der Bereich in den über die Einlassöffnung Medium eingeleitet wird zu einem im Aufnahmebereich eingelegten Flächenelement hin abgedichtet ist. Dadurch ist gewährleistet, dass zwischen der ersten verformbaren Lage und dem ersten Formwerkzeugteil ein Druck aufgebaut werden kann, der mittelbar auch gegen das an der ersten verformbaren Lage anliegend angeordnete Flächenelement und eine zweite verformbare Lage drückt. Das Flächenelement verformt sich unter dem Druck zusammen mit den verformbaren Lagen, bis dieses vollständig an der Innenwandung des Hohlraums des zweiten Formwerkzeugteils anliegt. Mit der zweiten verformbaren Lage kann das Flächenelement zudem einen möglichst kleinen Zuschnitt des zu meist teuren Werkstoffs aufweisen. Vorteilhafterweise weisen die verformbaren Lagen dann einen umlaufend um die Abmessungen des Flächenelements überstehenden Randbereich auf. Mit dem überstehenden Randbereich sind nur die verformbaren Lagen in einen Einspannbereich der Formwerkzeugteile einlegbar, wobei ein in den Aufnahmebereich eingelegtes Flächenelement aufgrund der zumindest um den einspannbaren Randbereich geringeren Abmessungen nur zwischen den verformbaren Lagen fixiert ist und nicht in den Einspannbereich der Formwerkzeugteile hineinragt.

[0024] Zudem werden, bei einem zwischen zwei verformbaren Lagen fixierten Flächenelement, während der

Umformung möglicherweise auftretende Stauchfalten vermieden und das umgeformte Werkstück ist im Ergebnis nahezu wanddickengleich. Trotzdem ist ein ausreichendes Fließverhalten des auf Umformtemperatur erwärmten Werkstoffs des Flächenelements zwischen den verformbaren Lagen gewährleistet.

[0025] Damit das in dem Hohlraum, in den das Flächenelement hineinformatbar ist, enthaltende Gas entweichen kann, ist der Innenwandung des Hohlraums wenigstens eine Entgasungsöffnung zugeordnet. Bei der Umformung unter Schutzgas oder Vakuum sind sowohl die Entgasungsöffnung als auch die Mediumleitung vorteilhafterweise einem zur Umgebung abgeschlossenen System zugeordnet, um bei dem Verfahren unerwünschte Gase auszuschließen und eine sparsame Verwendung des Schutzgases zu ermöglichen.

[0026] Um das zwischen die Formwerkzeugteile eingelegte Flächenelement auf die Umformtemperatur zu erhitzen, ist vorgesehen, dass die Formwerkzeuge einer Heizpresse zugeordnet sind und in dieser auf die Umformtemperatur erwärmt werden. Alternativ zu einer Heizpresse kann zumindest eines der Formwerkzeugteile vorteilhafterweise wenigstens ein Heizelement aufweisen. Für eine bessere Wärmeverteilung und Wärmenutzung sollten dann beide Formwerkzeugteile ein beziehungsweise mehrere Heizelemente aufweisen, um eine entsprechend optimierte Anordnung der Heizelemente zu schaffen. Mit dem vorbezeichneten Verfahren beziehungsweise der Vorrichtung können dann unter anderem Schallschutzdämmungen zur Auskleidung von Flugzeugtriebwerken usw. gefertigt werden. Diese weisen wenigstens ein Durchbrüche aufweisendes Flächenelement auf und zeichnen sich erfindungsgemäß dadurch aus, dass das Flächenelement eine räumlich gekrümmte, nicht abwickelbare Geometrie aufweist, und dass das Flächenelement aus hochfestem, wärmebeständigem Material ausgebildet ist. Unter der räumlich gekrümmten, nicht abwickelbaren Geometrie des Flächenelements ist hier zum Beispiel eine Wölbstruktur zu verstehen, die in der Ausgestaltung als Schallschutzdämmung für ein Flugzeug zum Beispiel als Halbrohr ausgebildet ist. Das Halbrohr weist einen annähernd zylindrischen Abschnitt und einen an einem leicht verbreiterten Endbereich des zylindrischen Abschnitts angesetzten zweiten Abschnitt auf, der gegenüber dem zylindrischen Abschnitt nach außen ausgewölbt ist. Zwei dieser Halbrohre bilden vorzugsweise die Schallschutzdämmung eines Triebwerkes, wobei die Lärmemissionen verursachenden Luftströmungen beziehungsweise Abgase an die Schallschutzdämmung strömen. Durch eine der jeweiligen Luftbeziehungsweise Abgasströmung zugewandt angeordneten Oberflächenstruktur aus Flächenelementen mit Durchbrüchen, insbesondere einer Kombination aus Lochblechen und/oder Gitter- beziehungsweise Sieb- oder Netzstrukturen, werden die entstehenden Lärmemissionen aufgrund des Helmholtz-Resonator-Prinzips gemindert. In Versuchen konnten die Lärmemissionen beispielsweise um mehr als 4db reduziert werden. Je

nach Ausführung des Triebwerkes beziehungsweise der Schallschutzdämmung können die Flächenelemente mit den Lochblechen und/oder Gitterstrukturen an der konkaven Innenwandung und/oder an der konvexen Außenwandung angeordnet sein. Bei nur einem Flächenelement mit Lochblech/Gitterstruktur ist die zweite Wandung als geschlossene Oberfläche auszubilden.

[0027] Bevorzugt sind die einzelnen Lagen des Flächenelements aus Lochblech und/oder Gitterstruktur über die gesamte aneinanderliegende Grenzfläche mittels Diffusionsschweißen miteinander verbunden. Dadurch kann eine besonders feste, den hohen Anforderungen genügende Verbindung von Lochblech und Gitterstruktur erreicht werden. Als Material für die Schallschutzdämmung ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass das hochfeste, wärmebeständige Material des Flächenelements eine Titanlegierung oder Titanaluminidlegierung ist. Diese weist eine hohe Festigkeit bei gleichzeitig guten Gewichtseigenschaften und hoher Wärmebeständigkeit auf.

[0028] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, aus dem sich weitere erfinderische Merkmale ergeben, ist in der Zeichnung dargestellt. Es zeigen:

25 Fig. 1: ein Querschnitt durch eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem unbearbeiteten Flächenelement;

30 Fig. 2: die schematische Darstellung der Vorrichtung im Querschnitt mit dem umgeformten Flächenelement;

35 Fig. 3: ein Querschnitt durch einen Abschnitt eines diffusionsgeschweißtes Flächenelements; und

Fig. 4: eine Schallschutzdämmung für ein Triebwerk eines Flugzeugs in perspektivischer Ansicht.

40 **[0029]** Fig. 1 und Fig. 2 zeigen je einen Verfahrensschritt der Umformung eines Durchbrüche aufweisenden Flächenelements 1 mit einer Vorrichtung 2. Diese Vorrichtung 2 weist ein erstes Formwerkzeugteil 3 und ein zweites Formwerkzeugteil 4 auf. Zwischen den Formwerkzeugteilen 3, 4 ist ein Aufnahmebereich 5 für ein Flächenelement 1 angeordnet. Um den Aufnahmebereich 5 herum ist umlaufend ein Einspannbereich 6 zwischen den Formwerkzeugteilen 3, 4 angeordnet. Das erste Formwerkzeugteil 3 weist eine Mediumleitung 7 auf, die in einer zum Aufnahmebereich 5 hin gerichteten Einlassöffnung 8 endet. In dem zweiten Formwerkzeugteil 4 ist ein Hohlraum 9 ausgebildet, dessen Wandung 10 die Kontur des aus dem Flächenelement 1 zu formenden Werkstücks aufweist. Dem Hohlraum 9 sind zudem Entgasungsöffnungen 11, 11 zugeordnet.

55 **[0030]** In Fig. 1 ist in dem Aufnahmebereich 5 ein Flächenelement 1 zwischen zwei verformbaren Lagen 12,

12' gehalten, wobei die verformbaren Lagen 12, 12' einen größeren Zuschnitt als das Flächenelement 1 aufweisen und mit ihrem äußeren Rand an jeweils gegenüberliegenden Abschnitten in den Einspannbereich 6 hineinragen. Das Flächenelement 1 entspricht in seinen Abmessungen denen des Hohlraums 9.

[0031] In Fig. 2 ist das zwischen den Formwerkzeugen 3, 4 gehaltene Flächenelement 1 aus Fig. 1 zusammen mit den verformbaren Lagen 12, 12' umgeformt und liegt eingefasst von den verformbaren Lagen an der Wandung 10 des Hohlraums 9 an.

[0032] Während der Umformung werden die beiden Formwerkzeugteile 3, 4 nach außen abdichtend aufeinander gepresst und über die Mediumleitung 7 sowie die Einlassöffnung 8 wird Medium zwischen das erste Formwerkzeugteil 3 und die verformbare Lage 12 gedrückt. Die mit Druck beaufschlagte verformbare Lage 12 wird dadurch derart verformt, dass diese zusammen mit dem Flächenelement 1 und der verformbaren Lage 12' in den Hohlraum 9 hineingeformt wird, bis die verformbare Lage 12' vollständig an der Wandung 10 anliegt und eine weitere Verformung nicht möglich ist. In dem Hohlraum 9 enthaltenes Gas kann über die Entgasungsöffnungen 11, 11' vollständig entweichen. Durch Öffnen der Formwerkzeugteile 3, 4 kann das Flächenelement 1 nach der Umformung zusammen mit den verformten Lagen 12, 12' aus den Formwerkzeugteilen 3, 4 entnommen werden. Nach dem das Flächenelement 1 und die verformbaren Lagen 12, 12' abgekühlt sind, werden das Flächenelement 1 und die verformbaren Lagen 12, 12' voneinander separiert. Das fertige Flächenelement 1 kann dann einer weiteren Bearbeitung zugeführt werden.

[0033] In Fig. 3 ist ein Querschnitt durch ein mehrlagiges Flächenelement 1 gezeigt. Dieses besteht aus einer Lage Lochblech 13 und drei Lagen mit einer Gitterstruktur 14, 14', 14'', welche mittels Diffusionsschweißen jeweils an den Grenzflächen zwischen den aneinander liegenden Lagen 13, 14, 14', 14'' vollflächig miteinander verbunden sind.

[0034] Fig. 4 zeigt eine mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gefertigte Schallschutzdämmung 15 für ein Flugzeugtriebwerk, welche ein entsprechend Fig. 3 aufgebautes Flächenelement 1 sowie ein weiteres Flächenelement 16 aus Blech aufweist, wobei das Flächenelement 1 beziehungsweise 16 mit Durchbrüchen an der Innenwandung oder der Außenwandung angeordnet wäre. Dabei weist die Schallschutzdämmung 15 eine Geometrie auf, die als ein Halbrohr ausgebildet ist und einen annähernd zylindrischen ersten Abschnitt sowie einen an einen breiteren Endbereich des ersten Abschnitts angesetzten, nach außen ausgewölbten zweiten Abschnitt aufweist. Die Flächenelemente 1 und 16 sind über die gesamte Geometrie mit im Wesentlichen gleichem Abstand zueinander beabstandet. Dieser Abstand ist durch zwischen den Flächenelementen 1 und 16 angeordnete Versteifungsstrukturen 17 vorgegeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten mindestens eines Flächenelements (1), insbesondere eines Durchbrüches aufweisenden Flächenelements (1), bei dem an das Flächenelement (1) beidseitig je wenigstens eine Lage (12, 12') eines verformbaren, mediumdichten Materials angelegt wird, das Flächenelement (1) zusammen mit den verformbaren Lagen (12, 12') zwischen wenigstens zwei Formwerkzeugteilen (3, 4) eingelegt wird, auf mindestens einen Bereich eines Flächenabschnitts des eingelegten Flächenelements (1) bei einer vorgegebenen Umformtemperatur durch Einleiten eines Mediums zwischen eine der verformbaren Lagen (12) und einem ersten Formwerkzeugteil (3) Druck ausgeübt wird, wobei der Druck unmittelbar gegen die verformbare Lage (12) wirkt, und das Flächenelement (1) durch den erzeugten Druck zusammen mit den verformbaren Lagen (12, 12') in wenigstens einen benachbarten Hohlraum (9) eines zweiten Formwerkzeugteils (4) hineingeformt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verformbaren Lagen (12, 12') mit einem umlaufend um das Flächenelement (1) überstehenden Randbereich zwischen den Formwerkzeugteilen (3, 4) eingespannt werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Medium ein Schutzgas ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flächenelement (1) vor dem Einlegen zwischen die Formwerkzeugteile (3, 4) vorgewärmt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formwerkzeugteile (3, 4) mit dem Flächenelement (1) und den verformbaren Lagen (12, 12') in eine Heizpresse eingelegt werden und in dieser auf die vorgegebene Umformtemperatur erwärmt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwischen wenigstens einem Flächenabschnitt des Flächenelements (1) und einer jeweils zugeordneten verformbaren Lage (12, 12') ein Trennmittel eingebracht wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Flächenelemente (1) gemeinsam zwischen die Formwerkzeugteile (3, 4) eingelegt und umgeformt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Flächenelemente (1) durch Diffusionsschweißen miteinander verbunden werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit wenigstens einem eine Loch-, eine Sieb- oder eine Netzstruktur aufweisenden Flächenelement eine strukturierte Oberfläche erzeugt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in mindestens einen Flächenabschnitt eines Flächenelements (1) eine Oberflächenstruktur eingeprägt wird.
11. Vorrichtung zur Bearbeitung mindestens eines Durchbrüche aufweisenden Flächenelements, mit wenigstens zwei Formwerkzeugteilen, zwischen denen zumindest ein Aufnahmebereich für mindestens ein Flächenelement angeordnet ist, wobei wenigstens ein erstes Formwerkzeugteil mindestens eine zu dem Aufnahmebereich führende Mediumleitung mit wenigstens einer Einlassöffnung für ein druckbeaufschlagbares Medium aufweist und zumindest in einem zweiten Formwerkzeugteil wenigstens ein zu dem Aufnahmebereich benachbarter Hohlraum ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem ersten Formwerkzeugteil (3) und dem zweiten Formwerkzeugteil (4) jeweils wenigstens eine Lage (12) aus verformbarem, mediumdichtem Material zugeordnet ist, die den Aufnahmebereich (5) für das wenigstens eine Flächenelement (1) zu dem ersten Formwerkzeugteil (3) und zu dem zweiten Formwerkzeugteil (4) hin begrenzen und zwischen die das wenigstens eine Flächenelement (1) einlegbar ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verformbaren Lagen (12, 12') einen umlaufend um die Abmessungen des Flächenelements (1) überstehenden Randbereich aufweisen.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formwerkzeugteile (3, 4) einer Heizpresse zugeordnet sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Formwerkzeugteile (3, 4) wenigstens ein Heizelement aufweist.
15. Schallschutzdämmung zur Auskleidung eines Flugzeugtriebwerks, die insbesondere mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 und mit der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14
- gefertigt ist, mit wenigstens einem Durchbrüche aufweisenden Flächenelement, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flächenelement (1, 16) eine räumlich gekrümmte, nicht abwickelbare Geometrie aufweist, und **dass** das Flächenelement (1, 16) aus hochfestem, wärmebeständigem Material ausgebildet ist.
16. Schallschutzdämmung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flächenelement (1, 16) eine Kombination aus wenigstens einem Lochblech (13) und mindestens einer Gitterstruktur (14, 14', 14'') aufweist, wobei das Lochblech (13) und die Gitterstruktur (14, 14', 14'') über die gesamte aneinander liegende Grenzfläche miteinander verbunden sind.
17. Schallschutzdämmung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flächenelement (1, 16) aus einem hitzebeständigen Werkstoff besteht.
18. Schallschutzdämmung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hochfeste, wärmebeständige Material des Flächenelements (1, 16) eine Titanlegierung oder eine Titanaluminidlegierung ist.

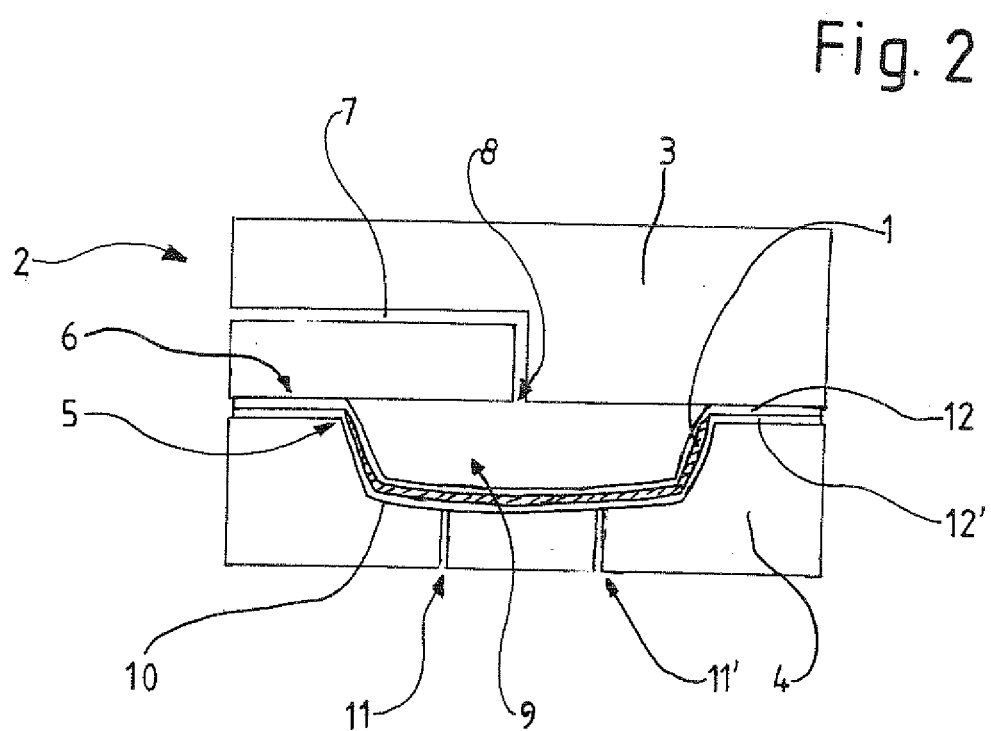
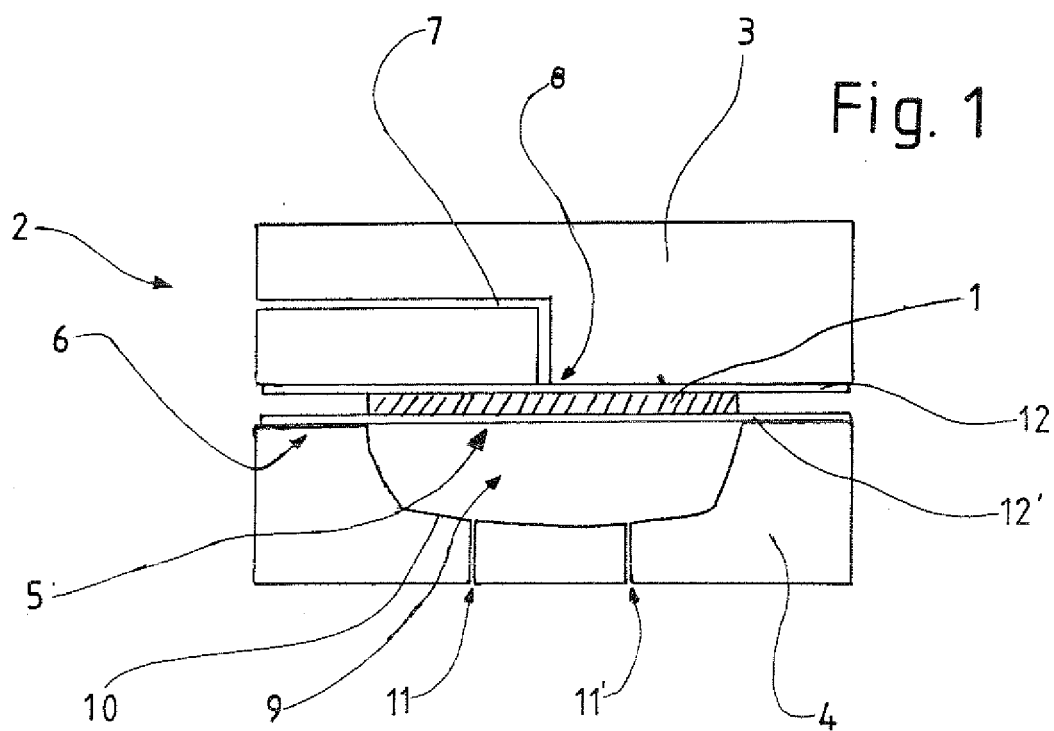


Fig. 3

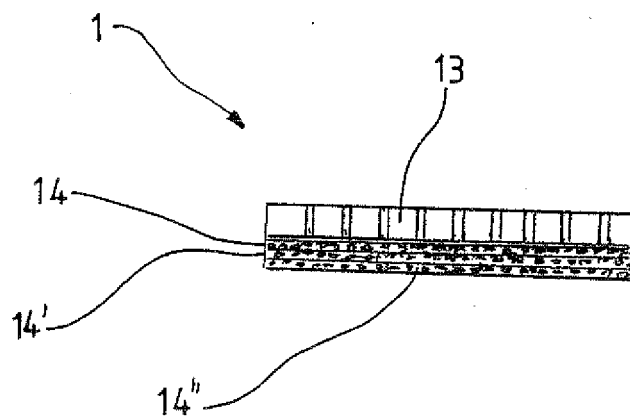


Fig. 4

