



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.06.2010 Patentblatt 2010/25

(51) Int Cl.:
F28F 13/00 (2006.01) **F01D 25/12** (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01) **B22F 7/00** (2006.01)
F23R 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08021833.2**

(22) Anmeldetag: **16.12.2008**

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

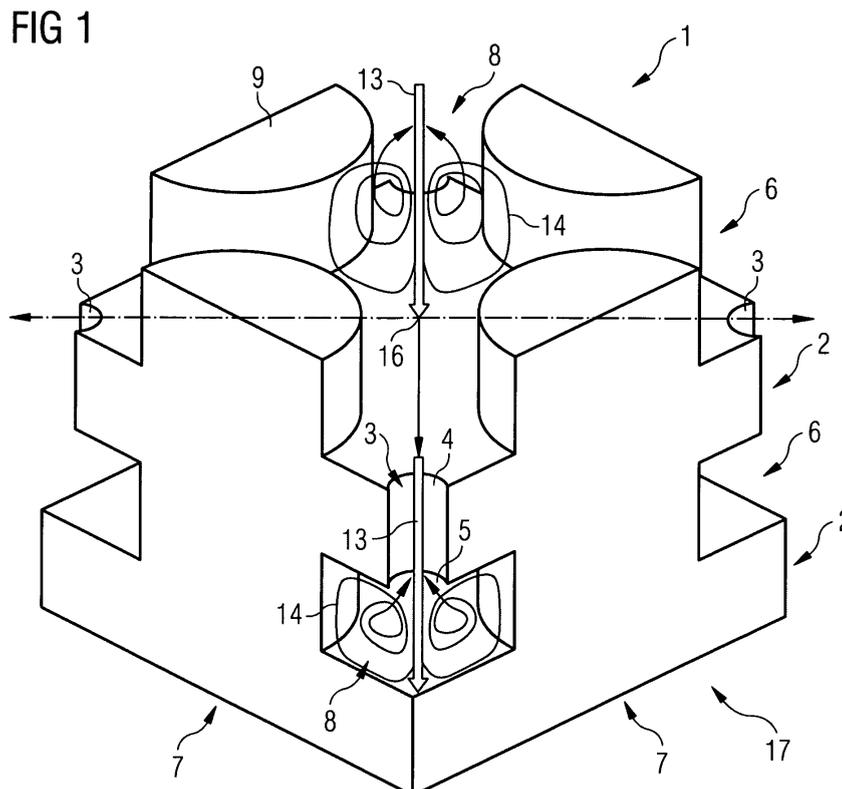
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Heselhaus, Andreas**
40235 Düsseldorf (DE)

(54) **Multi-Impingement-Verbund zum Kühlen einer Wand**

(57) Ein Multi-Impingement-Verbund ist mit der Oberfläche einer zu kühlenden Wand flächig und wärmeleitend kontaktierbar und weist eine Mehrzahl an Lochblendschichten mit einer Mehrzahl an als Lochblenden ausgebildeten, über die Fläche der Lochblendschichten verteilt angeordneten Durchgangslöchern und eine Mehrzahl an Stegschichten auf, die mit den Lochblendschichten abwechselnd gestapelt angeordnet sind und jeweils eine Mehrzahl an Stegen aufweisen, die über die Fläche der Lochblendschichten verteilt angeordnet sind und jeweils diese überbrücken, wobei

jeder Steg der einen Stegschicht mit jeweils einem der Stege der anderen Stegschichten fluchtend angeordnet ist und jedes Durchgangsloch der einen Lochblendschicht zu den Durchgangslöchern der benachbarten Lochblendschichten versetzt angeordnet ist, so dass, wenn der Multi-Impingement-Verbund an seiner einen Flachseite mit dem Kühlfluid druckbeaufschlagt ist, das Kühlfluid durch die Durchgangslöcher strömt und die zwischen den Stegen und den Lochblendschichten angesiedelten Zwischenräume durchflutet, wodurch der in den Stegen von der Wand abgeleitete Wärmestrom mit dem Kühlfluid abführbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Multi-Impingement-Verbund zum Kühlen einer Wand, eine Wand mit dem Multi-Impingement-Verbund und ein Verfahren zur Herstellung des Multi-Impingement-Verbunds.

[0002] In einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere einer Gasturbine, liegen hohe Betriebstemperaturen vor, so dass Heißgas führende Teile einer hohen thermischen Beanspruchung ausgesetzt sind. Hat das Heißgas beim Betrieb der Gasturbine eine Temperatur erreicht, die oberhalb der maximal zulässigen Betriebstemperatur der Heißgas führenden Teile liegt, so sind die Heißgas führenden Teile zu kühlen, damit sie keinen Schaden nehmen. Herkömmlich werden in einer Gasturbine die Heißgas führenden Teile mit Kühlluft gekühlt, die von dem Verdichter der Gasturbine abgezweigt wird. Daraus resultiert eine Verschlechterung des Wirkungsgrads der Gasturbine, so dass ein möglichst niedriger Kühlluftverbrauch angestrebt ist, wodurch die Kühlluft möglichst effektiv ausgenutzt sein soll. Derzeit wird zur Erreichung eines möglichst hohen Wirkungsgrad der Gasturbine eine Halbierung des derzeit gängigen Kühlluftverbrauchs angestrebt.

[0003] Das Heißgas führende Teil weist eine Wand auf, an der sie an ihrer einen Seite mit dem Heißgas in Berührung steht und an ihrer anderen Seite mit der Kühlluft gekühlt wird. Mittels der Kühlluft wird von der Wand ein Wärmestrom abtransportiert, so dass die Wand an ihrer dem Heißgas zugewandten Seite eine Kontakttemperatur hat, die unterhalb der Heißgastemperatur liegt. Es ist bekannt, an der dem Heißgas abgewandten Seite der Wand eine poröse Struktur vorzusehen, die von der Kühlluft durchströmt ist. Die poröse Struktur liegt an der Wand an, so dass durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung Wärme von der Wand in poröse Struktur übertragen wird. Die poröse Struktur gibt wiederum in ihrem ganzen Volumen die Wärme an die Kühlluft ab, mit der die Wärme aus der porösen Struktur abtransportiert werden kann.

[0004] Mit Hilfe der porösen Struktur können beispielsweise Schaufelendwände, Ringsegmente über Laufschaufeln, Transitionswandungen und Brennerwandungen gekühlt werden, wobei diese Wandungen im Wesentlichen eben verlaufen. Daher braucht an diesen Wandungen die Struktur nur ein relativ geringes Volumen zu haben, um einen gewünschte Wärmestrom aus der Wand an die Kühlluft übertragen zu können. Ferner ist es bekannt, dass die Wand eine Mehrzahl an Filmkühlbohrungen aufweisen kann, durch die die Kühlluft durch die Wand in die Heißgasströmung geleitet wird, wodurch sich an der heißgasseitigen Oberfläche der Wand ein Film aus Kühlluft ausbildet. Hervorgerufen durch das Vorsehen der Mehrzahl an Filmkühlbohrungen strömt die Kühlluft aus der porösen Struktur in die Heißgasströmung aus, so dass eine gleichmäßige Durchströmung der porösen Struktur senkrecht zu der Wand erreicht ist. Ferner kann durch das Vorsehen der Kühlluftbohrungen

erreicht werden, dass sich heißgasseitig die Filmkühlung ihrem idealen Grenzfall, der Effusionskühlung, annähern kann. Dadurch stellt sich gleichzeitig ein optimal Wärme isolierender Film aus Kühlluft an der heißgasseitigen Oberfläche der Wand ein.

[0005] Die poröse Struktur kann beispielsweise aus einem Metallschaum hergestellt sein, der aufgrund seines herkömmlichen Herstellungsprozesses nur eine zufällige Struktur mit einer stochastisch verteilten Porenweite hat. Der Metallschaum ist kostengünstig in seiner Herstellung, hat aber signifikante Nachteile. So können beispielsweise in dem Metallschaum Poren teilweise verschlossen sein, die dadurch eine zu geringe Weite haben, so dass die Gefahr der Verstopfung dieser Poren besteht. Außerdem weist der Metallschaum in seinem Inneren scharfe Kanten auf, wodurch sich ein erhöhter Druckverlust beim Durchströmen des Metallschaums mit der Kühlluft einstellen kann. Ferner hat der Metallschaum in seinem Inneren eine Mehrzahl an die Poren abgrenzenden Stege, deren stochastisch konstanter Durchmesser nachteilig für die Wärmeleitung ist. Außerdem ist eine Radienbildung an der Wand in der porösen Struktur nicht gegeben.

[0006] Ferner ist eine designte poröse Struktur bekannt, die prinzipiell jede beliebige, optimale Geometrie haben kann. Die designte poröse Struktur kann beispielsweise mit dem Herstellungsverfahren "selective laser melting" oder "selective sintering" hergestellt werden. Diese Herstellungsverfahren haben jedoch den Nachteil, dass mit ihnen die designte poröse Struktur lediglich bis zu maximal 6 PPI (Poren pro inch) und eine mindeste Stegdicke von 0,6 bis 1 mm hergestellt werden kann. Diese derart hergestellten Designstrukturen sind allerdings für die vorher genannten, ebenen und zu kühlenden Wänden nicht geeignet, da hierzu PPI-Raten von 40 bis 50 PPI erforderlich wären. Außerdem ist das "selective laser melting" sehr zeitaufwändig und kostenintensiv. Somit hat eine designte poröse Struktur zur Kühlung beispielsweise von Schaufelendwänden, Ringsegmenten über Laufschaufeln, Transitionswandungen und Brennerwandungen, wie z. Z. hergestellt werden kann, noch signifikante Nachteile.

[0007] In Fig. 4 ist eine designte poröse Struktur 101 gezeigt. Die designte poröse Struktur 101 weist eine Mehrzahl an Poren 102 auf, die von Stegen 103 gebildet sind, die in Knoten 104 zusammenlaufen. Die hohe Wärmeübertragung der designten porösen Struktur 101 beruht auf der Vielzahl sich wiederholender Staupunktströmungen beim Durchströmen der designten porösen Struktur 101 mit der Kühlluft. Dabei wird durch die eine der Poren 102, die die Form der in Fig. 4 eingezeichneten Pyramide hat, die Kühlluftströmung beschleunigt, die auf einen der Stege 103 oder einen der Knoten 104 prallt, wobei ein hoher lokaler Wärmeübergang entsteht. Von dort wird die Kühlluftströmung durch die nächste Öffnung wieder beschleunigt, um auf die nächsten Knoten 104 oder Stege 103 zu prallen. Bei der designten porösen Struktur 101 mit 6 PPI Strukturen steht allerdings eine

zu geringe Anzahl an Staupunktströmungen pro Volumen zur Verfügung, um in dem bei einem ebenen Bauteil begrenzt zur Verfügung stehenden Volumen die erforderliche Wärme an die Kühlluft zu übertragen. Die Wärmeübertragungsfähigkeit der porösen Struktur 101 kann mit steigender Anzahl an Prallkühlsituationen bzw. der PPI-Rate erhöht werden, bis im Extremfall das ganze Volumen der designten porösen Struktur 101 nur noch aus winzigen Prallkühlströmungen besteht. Problematisch ist, dass die poröse Struktur 101 in nicht ausreichender Feinheit herkömmlich herstellbar ist.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es einen Multi-Impingement-Verbund zum Kühlen einer Wand, eine Wand mit dem Multi-Impingement-Verbund und ein Verfahren zur Herstellung des Multi-Impingement-Verbunds zu schaffen, wobei beim Durchströmen des Multi-Impingement-Verbunds eine hohe Anzahl an Prallkühlströmungen erzeugbar ist, wodurch mit dem Multi-Impingement-Verbund die Wand effektiv kühlbar ist.

[0009] Der erfindungsgemäße Multi-Impingement-Verbund ist mit der Oberfläche einer zu kühlenden Wand flächig und wärmeleitend kontakierbar und weist eine Mehrzahl an Lochblendenschichten mit einer Mehrzahl an als Lochblenden ausgebildeten, über die Fläche der Lochblendenschichten verteilt angeordneten Durchgangslöchern und eine Mehrzahl an Stegschichten auf, die mit den Lochblendenschichten abwechselnd gestapelt angeordnet sind und jeweils eine Mehrzahl an Stegen aufweisen, die über die Fläche der Lochblendenschichten verteilt angeordnet sind und jeweils diese überbrücken, wobei jeder Steg der einen Stegschicht mit jeweils einem der Stege der anderen Stegschichten fluchtend angeordnet ist und jedes Durchgangsloch der einen Lochblendenschicht zu den Durchgangslöchern der benachbarten Lochblendenschichten versetzt angeordnet ist, so dass, wenn der Multi-Impingement-Verbund an seiner einen Flachseite mit dem Kühlfluid druckbeaufschlagt ist, das Kühlfluid durch die Durchgangslöcher strömt und danach die zwischen den Stegen und den Lochblendenschichten angesiedelten Zwischenräume durchflutet, wodurch der in den Stegen von der Wand abgeleitete Wärmestrom mit dem Kühlfluid abführbar ist.

[0010] Der Multi-Impingement-Verbund weist also mehrere Schichten an den Lochblendenschichten auf, die übereinander angeordnet sind und gegeneinander versetzt angeordnete Durchgangslöcher haben. Durch die Durchgangslöcher ist das Kühlfluid kaskadenförmig in eine Prallkühlströmung auf der jeweils darunter liegende Ebene bringbar. Die letzte (heiße) oder die erste (kalte) Ebene stellt die Wand dar, die deutlich dicker als die Prallkühlebenen sein kann. Die Ebenen sind durch die Stege miteinander verbunden, die als Verbindungselemente der Lochblendenschichten ausgebildet sind. Durch die Stege wird Wärme von der zu kühlenden Wand zu den anderen Ebenen geleitet, so dass in den Prallkühlströmungen dort ebenfalls Wärme übertragen werden kann. Dazu liegen die Stege fluchtend übereinander. Die Stege haben jeweils eine möglichst große Quer-

schnittsfläche, damit die Wärmeleitungsrate längs der Stege hoch ist. Die Querschnittsfläche der Stege sind allerdings nur so groß gewählt, dass die durch die Stege verursachten Druckverluste in der Kühlfluidströmung und die dabei einhergehende Beeinträchtigung der Wärmeübergänge in den Prallkühlströmungen nicht übermäßig hoch sind. Die Größenordnungen der Querschnittsflächen der Stege ergeben sich auch aus dem Abstand der Durchgangslöcher.

[0011] Mit dem Abstand zur heißen, zu kühlenden Wand nimmt der Anteil des Wärmestroms ab, der von dem Kühlmedium aufgenommen wird. Somit ist in weit von der Wand entfernten Prallkühlschichten der Anteil des Wärmestroms gering, der von dem Kühlmedium aufgenommen wird. Dadurch ist es ausreichend die Dicke des Multi-Impingement-Verbunds auf ein maximal notwendiges Maß zu begrenzen, so dass der Multi-Impingement-Verbund eine für eine vorherbestimmte Wärmeübertragungsleistung und für einen bestimmten Druckverlust ausgelegt eine ausreichende Anzahl an Lochblendenschichten und Stegschichten aufweist. Die Geometrie des Multi-Impingement-Verbunds kann hinsichtlich seiner insgesamt Wärmeübertragung und seines gesamten Druckverlusts optimiert werden. Die Abstände zwischen den Stegen und die Abstände zwischen den Durchgangslöchern können von weniger als 1 mm bis zu mehreren Zentimetern sein. Somit ist der Multi-Impingement-Verbund als ein Extremfall der designten porösen Struktur ausgebildet, wobei der der Multi-Impingement-Verbund eine hohe geometrische Strukturierung hat.

[0012] In dem Multi-Impingement-Verbund treten neben der Staupunktströmung noch andere Wärmeübertragungsmechanismen auf. Bei einer herkömmlichen designten porösen Struktur ist der Bereich der Staupunktströmung auf einen sehr kleinen Querschnitt begrenzt, der von dem Bereich der von dem Kühlfluid getroffenen Strukturelemente gebildet ist. Dadurch wird die vorhergehend erwähnte Konzentration von möglichst vielen Staupunkten pro Volumen notwendig, wodurch eine hohe PPI-Rate von der porösen Struktur gefordert ist. Bei dem Multi-Impingement-Verbund erstreckt sich der Bereich des hohen Staupunktwärmeübergangs auf den gesamten Zwischenraum zwischen den begrenzenden Stegschichten. Dadurch muss der Abstand zwischen den Stegen und den Durchgangslöchern bei weitem nicht so klein sein, wie es bei einer designten porösen Struktur mit 40 bis 50 PPI notwendig wäre. Zudem ergibt sich durch das Aufprallen des seitlich sich ausbreitenden Prallkühlfluids auf die Stege eine Verwirbelung, die für einen ähnlich hohen Wärmeübergang an den Stegen und weiter stromab liegenden Pralloberfläche sorgt, wie im Staupunktbereich selbst. Somit wird die gesamte innere Oberfläche des Multi-Impingement-Verbunds mit hohem Wärmeübergang beaufschlagt, obwohl der Abstand zwischen den Stegen und den Durchgangslöchern viel größer sein kann als 40 bis 50 PPI.

[0013] Die Längsrichtungen der Stege erstrecken sich

bevorzugt senkrecht zu den Lochblendenschichten. Ferner sind die Stege bevorzugt in ein Rechteckraster gleichmäßig über die Fläche der Lochblendenschichten verteilt angeordnet. Die Durchgangslöcher sind bevorzugt jeweils im gleichen Abstand zu vier unmittelbar benachbarten Stegen angeordnet und der zwischen den vier Stegen gebildete Zwischenraum weist bevorzugt entweder in der einen Lochblendenschicht oder in der anderen Lochblendenschicht eines der Durchgangslöcher auf, so dass die Durchgangslöcher auf Lücke stehen.

[0014] Die Stege haben bevorzugt einen kreisförmigen Querschnitt. Alternativ ist es bevorzugt, dass die Stege einen lanzettenförmigen Querschnitt mit zwei gegenüberliegenden stumpfen Kanten und zwei gegenüberliegenden spitzen Kanten haben. Ferner liegen bevorzugt auf gedachten, die spitzen Kanten kreuzenden Linien die Durchgangslöcher derjenigen benachbarten Lochblendenschicht, durch die das Kühlfluid in dem zwischen den vier Stegen gebildeten Zwischenraum ausströmt, wenn der Multi-Impingement-Verbund an seiner einen Flachseite mit dem Kühlfluidruck beaufschlagt ist. Ferner ist es bevorzugt, dass auf gedachten, die stumpfen Kanten kreuzenden Linien die Durchgangslöcher derjenigen benachbarten Lochblendenschicht liegen, durch die das Kühlfluid in den zwischen den vier Stegen gebildeten Zwischenraum einströmt, wenn der Multi-Impingement-Verbund an seiner einen Flachseite mit dem Kühlfluidruck beaufschlagt ist. Dadurch wird eine gleichmäßige Beschleunigung der Strömung des Kühlfluids zwischen dem Aufprallpunkt auf die stumpfen Kanten und den Austrittsdurchgangslöchern der jeweiligen Ebene erreicht. Somit wird eine Ablösung der Kühlfluidströmung unterbunden, die beispielsweise bei den Stegen mit dem kreisförmigen Querschnitt hinter den engsten durchströmten Querschnitt stattfinden und stromab den Wärmeübergang an der im "Windschatten" liegenden Oberfläche des Stegs deutlich reduzieren würde. Alle Strömungseffekte, wie beispielsweise die Verwirbelung der Kühlfluidströmung in den von den Stegen gebildeten Zwischenräumen bleiben bestehen, so dass die lanzettenartige Ausbildung der Stege eine Optimierung des Multi-Impingement-Verbunds ist.

[0015] An den Durchgangslöchern sind bevorzugt die Lochblendenplatten abgerundet oder angefasst. Dadurch sind Druckverluste in dem Multi-Impingement-Verbund reduziert, wodurch der Druck des Kühlfluids reduziert werden kann, mit dem der Multi-Impingement-Verbund zu beaufschlagen ist. Durch eine weitere Abrundung der Übergänge zwischen den Lochblendenplatten und den Stegen würden die Spannungen in den Lochblendenplatten und den Stegen vorteilhaft derart verteilt, dass übermäßige Spannungsspitzen unterbunden sind. Die erfindungsgemäße Wand weist den Multi-Impingement-Verbund auf, der mit der Oberfläche der Wand flächig und wärmeleitend kontaktiert ist. Der Multi-Impingement-Verbund liegt bevorzugt mit einer der Stegschichten an der Wand an und die Wand weist bevorzugt eine

Mehrzahl an Durchgangslöchern auf, so dass die Wand als eine der Lochblendenschichten ausgebildet ist. Die Verteilungsdichte der Durchgangslöcher in der Wand kann vorteilhaft genauso groß gewählt sein wie die Verteilungsdichte der Durchgangslöcher in den Lochblendenschichten, so dass eine optimale, senkrecht zur Wand gerichtete Strömung ermöglicht ist. Außerdem kann der Effusionskühlungseffekt bei dicht beieinander liegenden Durchgangslöchern in der Wand optimal genutzt werden. Die Lochdichte in der Wand kann aber auch unterschiedlich zu der in den Lochblendenplatten sein.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des Multi-Impingement-Verbunds weist den Schritt auf: Aufeinanderdrücken von einzelnen Schichten des Multi-Impingement-Verbunds in einem Siebdruckverfahren, wobei jeweils für zwei Lochblendenschichten und eine Stegschicht eine Siebmaske erzeugt wird, durch die eine Paste gedrückt wird. Bevorzugt weist die Paste Metallpulver und Binder auf. Der Multi-Impingement-Verbund wird bevorzugt gesintert. Die Dicke der Lochblendenplatten hat bevorzugt die gleiche Größenordnung wie die Dicke der Stegschichten. Außerdem ist es bevorzugt, dass die Siebmaske aus einer Metallfolie photochemisch hergestellt wird. Bei dem Siebdruckverfahren werden die einzelnen Schichten des Multi-Impingement-Verbunds aufeinander gedrückt, wobei für jede Schicht (insgesamt zwei Lochblendenschichten und eine Stegschicht) jeweils eine Siebmaske erzeugt wird. Beim Drücken selbst wird für jede Schicht durch die Poren der Siebmaske die Paste bestehend aus Metallpulver und Binder gedrückt, die später bevorzugt als Ganzes versintert wird. Sind die Prozessparameter bekannt, wie beispielsweise Rezeptur, Trocknungszeit und Schrumpfmaß, so kann der Prozess kostengünstig in Großserie ablaufen.

[0017] Alternativ weist das andere erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des Multi-Impingement-Verbunds die Schritte auf: Vorfertigen von Blöcken des Multi-Impingement-Verbunds aus Schichten mit konstantem Querschnitt; Vortrocknen und Aufeinanderstapeln der Blöcke. Dabei ist es bevorzugt, dass der Multi-Impingement-Verbund gesintert wird. Die Dicke der Lochblendenplatten hat bevorzugt die gleiche Größenordnung wie die Dicke der Stegschichten. Werden die Blöcke des Multi-Impingement-Verbunds vorgefertigt, so werden sie vorgetrocknet und präzise aufeinandergestapelt und anschließend in den Sinterprozess miteinander verbunden. Grundlage für eine hohe Fertigungsgenauigkeit bei der Herstellung des Multi-Impingement-Verbunds ist ein hochpräzises Herstellen der Formen für die Blöcke. Die Formen werden beispielsweise durch ein photochemisches Verfahren gefertigt, das auf einzelne Schichten der Form angewendet wird, die aus Metallfolien hergestellt werden.

[0018] Ferner alternativ weist das weitere erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des Multi-Impingement-Verbunds die Schritte auf: Erzeugen der Lochplattenschichten und der Stegschichten aus dünnen Metall-

folien; Stapeln der Metallfolien unter Ausbilden des Multi-Impingement-Verbunds; Verbinden der Metallfolien mittels "transient liquid phase bonding". Somit werden die Metallfolien direkt aufeinandergestapelt und mittels "transient liquid face bonding" verbunden, wobei die Metallfolien photochemisch zu einzelnen Schichten des Positivs des herzustellenden Multi-Impingement-Verbunds geformt wurden.

[0019] Ist das Rastermaß der Stege und der Durchgangslöcher in der Größenordnung bis zu 1 mm, kann das Siebdruckverfahren vorteilhaft angewendet werden. Bei größeren Abständen zwischen den Stegen besteht jedoch die Gefahr, dass der überhängend gedruckte Film einreißen kann. Das Verfahren zur Herstellung des Multi-Impingement-Verbunds mit vorgefertigten Blöcken aus vorgetrocknetem Sinter/Binder-Material kann jedoch für ein Rastermaß der Stege und der Durchgangsbohrungen eingesetzt werden, das 10 mm und größer ist. Das "transient liquid face bonding" der einzelnen Metallfolien kann bei einem größeren Rastermaß als 10 mm eingesetzt werden.

[0020] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Multi-Impingement-Verbunds anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 und 3 eine perspektivische Ansicht einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform des Multi-Impingement-Verbunds,

Fig. 2 eine Draufsicht eines Querschnitts einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform des Multi-Impingement-Verbunds und

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer herkömmlichen designten porösen Struktur.

[0021] Wie es aus Fig. 1 bis 3 ersichtlich ist, weist ein Multi-Impingement-Verbund eine Mehrzahl an Lochblendenschichten 2 auf, in denen gerastert eine Mehrzahl an Durchgangslöchern 3 vorgesehen ist. Durch die Durchgangslöcher 2 strömt Kühlfluid, so dass die Durchgangslöcher jeweils eine Eintrittsseite 4 und eine Austrittsseite 5 aufweisen.

[0022] Ferner weist der Multi-Impingement-Verbund 1 eine Mehrzahl an Stegschichten 6 auf, die jeweils zwischen zwei benachbarten Lochblendenschichten 2 angeordnet sind, so dass der Multi-Impingement-Verbund 1 eine aus den Lochblendenschichten 2 und den Stegschichten 4 gebildete Sandwichstruktur aufweist. Die Stegschichten 6 sind aus einer Mehrzahl an Stegen 7 gebildet, die ebenfalls rasterartig ähnlich wie die Durchgangslöcher 3 angeordnet sind und mit ihren Längsrichtungen senkrecht zu den Lochblendenschichten 2 stehen. Dadurch ist mit jedem Steg 7 der Abstand zwischen zwei benachbarten Lochblendenschichten 2 überbrückt, so dass Wärme von der einen Lochblendenschicht 2 über den Steg 7 zu der anderen Lochblendenschicht 2 über-

tragen werden kann.

[0023] Zwischen benachbarten Stegen 7 in einer der Stegschichten 6 ist ein Zwischenraum 8 ausgebildet, in den entweder die Eintrittsseite 4 eines der Durchgangslöcher 3 oder die Austrittsseite 5 eines der Durchgangslöcher 3 mündet. Dadurch sind die Durchgangslöcher 3 auf Lücke angeordnet.

[0024] Die Stege 7 der einen Stegschicht 6 sind jeweils fluchtend mit ihren unmittelbaren Nachbarn der anderen Stegschichten angeordnet, wobei die Stege 7 in der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform des Multi-Impingement-Verbunds gemäß Fig. 1 jeweils einen kreisförmigen Querschnitt 9 haben. Hingegen haben die Stege 7 gemäß der zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform des Multi-Impingement-Verbunds gemäß Fig. 2 einen lanzettenförmigen Querschnitt, der von zwei einander abgewandten spitzen Kanten 11 und zwei einander abgewandten stumpfen Kanten 12 gebildet ist, wobei die spitzen Kanten 11 und die stumpfen Kanten 12 beim Umlaufen der Berandung des lanzettenförmigen Querschnitts 10 einander sich abwechselnd angeordnet sind. Auf einer gedachten Linie, die die beiden spitzen Kanten 11 des lanzettenförmigen Querschnitts 10 von einem der Stege 7 kreuzt, liegen auf den Zwischenraum 8 bezogen die Durchgangslöcher 3 mit ihren den Zwischenraum 8 zugewandten Austrittsseiten 5. Analog liegen auf einer gedachten Linie, die durch die stumpfen Kanten 12 der lanzettenförmigen Querschnitte 10 der Stege 7 sich erstreckt, bezogen auf den Zwischenraum 8 diesem zugewandt die Eintrittsseiten 4 der Durchgangslöcher 3.

[0025] In Fig. 1 und 3 unten ist eine mit einer zu kühlenden Wand flächig und wärmeleitend kontaktierbare Flachseite 17 des Multi-Impingement-Verbunds 1 vorgesehen. Dieser Flachseite 17 abgewandt ist an dem Multi-Impingement-Verbund 1 eine mit einem Kühlmedium druckbeaufschlagbare Flachseite 16 vorgesehen. Das Kühlmedium strömt durch die Durchgangslöcher 3 und tritt an der Austrittsseite 5 in einen der Zwischenräume 8 mit einer Hauptströmung 13 ein. Dadurch, dass der Durchmesser der Durchgangslöcher 3 kleiner ist als die Weite der Zwischenräume 8, stellt sich in dem Zwischenraum 8 eine Verwirbelung 14 des Kühlfluids ein. Danach stellt sich eine Querströmung 14 ein, welche von einem Auftreffpunkt 16 der Hauptströmung 13 auf der Lochblendenschicht 2 zu den Eintrittsöffnungen 4 der in der nächsten Ebene versetzt angeordneten Durchgangslöcher 3 strömt. Das Kühlfluid tritt danach an der Eintrittsseite 4 des Durchgangslochs 3 aus dem Zwischenraum 8 als die Hauptströmung 13 wieder aus und gelangt über die Austrittsseite 5 des Durchgangslochs 3 zu dem darunterliegenden Zwischenraum 8. Entgegengesetzt zur Hauptströmung 13 stellt sich durch die Stege 7 von der Wand her übertragen ein Wärmestrom 15 ein. Der Wärmestrom 15 wird in Richtung der Hauptströmung 13 gesehen von Zwischenraum 8 zu Zwischenraum 8 durch konvektive Wärmeübertragung auf das Kühlfluid übertragen, so dass mit dem Kühlfluid die Wand kühlbar ist, zudem wird der Wärmestrom, der in jede Lochblenden-

schicht 2 einfließt, durch die senkrecht auf die Lochblendenschicht 2 auftreffende Hauptströmung 13 von dem Kühlfluid teilweise aufgenommen. Insgesamt erfolgt somit eine Kühlung des Multi-Impingement-Verbunds 1 durch eine Kombination von Prallkühlung und konvektiver Kühlung an der Pin-Fin-Konfiguration.

Patentansprüche

1. Multi-Impingement-Verbund zum Kühlen einer Wand mittels eines Kühlfluids, wobei der Multi-Impingement-Verbund mit der Oberfläche der Wand flächig und wärmeleitend kontaktierbar ist (17) sowie eine Mehrzahl an Lochblendenschichten (2) mit einer Mehrzahl an als Lochblenden ausgebildeten, über die Fläche der Lochblendenschichten (2) verteilt angeordneten Durchgangslöchern (3) und eine Mehrzahl an Stegschichten (6) aufweist, die mit den Lochblendenschichten (2) abwechselnd gestapelt angeordnet sind und jeweils eine Mehrzahl an Stegen (7) aufweisen, die über die Fläche der Lochblendenschichten (2) verteilt angeordnet sind und jeweils diese überbrücken, wobei jeder Steg (7) der einen Stegschicht (6) mit jeweils einem der Stege (7) der anderen Stegschichten (7) fluchtend angeordnet ist und jedes Durchgangsloch (3) der einen Lochblendenschicht (2) zu den Durchgangslöchern (3) der benachbarten Lochblendenschichten (3) versetzt angeordnet ist, so dass, wenn der Multi-Impingement-Verbund (1) an seiner einen Flachseite (16) mit dem Kühlfluid druckbeaufschlagt ist, das Kühlfluid durch die Durchgangslöcher (3) strömt und die zwischen den Stegen (7) und den Lochblendenschichten (2) angesiedelten Zwischenräume (8) durchflutet, wodurch der in den Stegen (7) von der Wand abgeleitete Wärmestrom (15) mit dem Kühlfluid abführbar ist.
2. Multi-Impingement-Verbund gemäß Anspruch 1, wobei die Längsrichtungen der Stege (7) senkrecht zu den Lochblendenschichten (2) sich erstrecken.
3. Multi-Impingement-Verbund gemäß Anspruch 2, wobei die Stege (7) in einem Rechteckraster gleichmäßig über die Fläche der Lochblendenschichten (2) verteilt angeordnet sind.
4. Multi-Impingement-Verbund gemäß Anspruch 3, wobei die Durchgangslöcher (3) jeweils im gleichen Abstand zu vier unmittelbar benachbarten Stegen (7) angeordnet sind und der zwischen den vier Stegen (7) gebildete Zwischenraum (8) entweder in der einen Lochblendenschicht (2) oder in der anderen Lochblendenschicht (2) eines der Durchgangslöcher (3) aufweist, so dass die Durchgangslöcher (3) auf Lücke stehen.
5. Multi-Impingement-Verbund gemäß Anspruch 4, wobei die Stege (7) einen kreisförmigen Querschnitt (9) haben.
6. Multi-Impingement-Verbund gemäß Anspruch 4, wobei die Stege (7) einen lanzettenförmigen Querschnitt (10) mit zwei gegenüberliegenden stumpfen Kanten (12) und zwei gegenüberliegenden spitzen Kanten (11) haben.
7. Multi-Impingement-Verbund gemäß Anspruch 6, wobei auf gedachten, die spitzen Kanten (11) kreuzenden Linien die Durchgangslöcher (3) derjenigen Lochblendenschicht (2) liegen, durch die das Kühlfluid in den zwischen den vier Stegen (7) gebildeten Zwischenraum (8) ausströmt, wenn der Multi-Impingement-Verbund (1) an seiner einen Flachseite (16) mit dem Kühlfluid druckbeaufschlagt ist.
8. Multi-Impingement-Verbund gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei auf gedachten, die stumpfen Kanten (12) kreuzenden Linien die Durchgangslöcher (3) derjenigen Lochblendenschicht (2) liegen, durch die das Kühlfluid in den zwischen den vier Stegen (7) gebildeten Zwischenraum (8) einströmt, wenn der Multi-Impingement-Verbund (1) an seiner einen Flachseite (16) mit dem Kühlfluid druckbeaufschlagt ist.
9. Multi-Impingement-Verbund gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei an den Durchgangslöchern (3) die Lochblendenplatten (2) abgerundet sind.
10. Wand mit einem Multi-Impingement-Verbund gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Multi-Impingement-Verbund (1) mit der Oberfläche der Wand flächig und wärmeleitend kontaktiert ist (17).
11. Wand gemäß Anspruch 10, wobei der Multi-Impingement-Verbund mit einer der Stegschichten (6) an der Wand anliegt und die Wand eine Mehrzahl an Durchgangslöchern (3) aufweist, so dass die Wand als eine der Lochblendenschichten (2) ausgebildet ist.
12. Verfahren zur Herstellung eines Multi-Impingement-Verbunds (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, mit dem Schritt: Aufeinanderdrücken von einzelnen Schichten des Multi-Impingement-Verbunds in einem Siebdruckverfahren, wobei jeweils für zwei Lochblendenschichten (2) und eine Stegschicht (7) eine Siebmaske erzeugt wird, durch die eine Paste gedrückt wird.
13. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Paste Metallpulver und Binder aufweist.

14. Verfahren Anspruch 12 oder 13,
wobei die Siebmaske aus einer Metallfolie photochemisch hergestellt wird.
15. Verfahren zur Herstellung eines Multi-Impingement-Verbunds (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, mit den Schritten:
- Vorfertigen von Blöcken des Multi-Impingement-Verbunds (1) aus Schichten mit konstantem Querschnitt; 10
 - Vortrocknen und Aufeinanderstapeln der Blöcke.
16. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei der Multi-Impingement-Verbund (1) gesintert wird. 15
17. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei die Dicke der Lochblendenplatten (2) die gleiche Größenordnung hat wie die Dicke der Stegschichten (7). 20
18. Verfahren zur Herstellung eines Multi-Impingement-Verbunds (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, mit den Schritten: 25
- Erzeugen der Lochplattenschichten (2) und der Stegschichten (7) aus dünnen Metallfolien; 30
 - Stapeln der Metallfolien unter Ausbilden des Multi-Impingement-Verbunds (1);
 - Verbinden der Metallfolien mittels "transient liquid phase bonding".

35

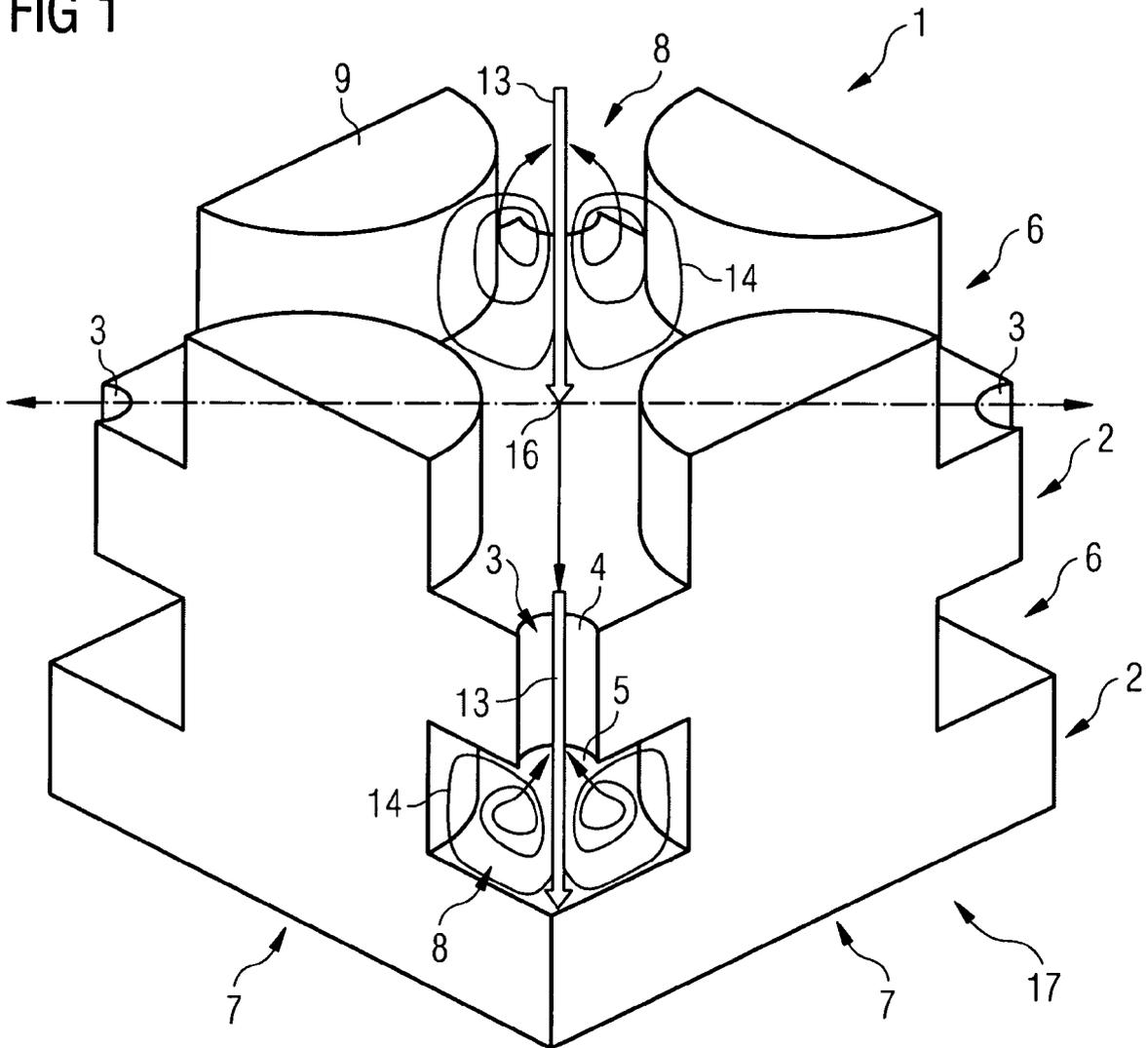
40

45

50

55

FIG 1



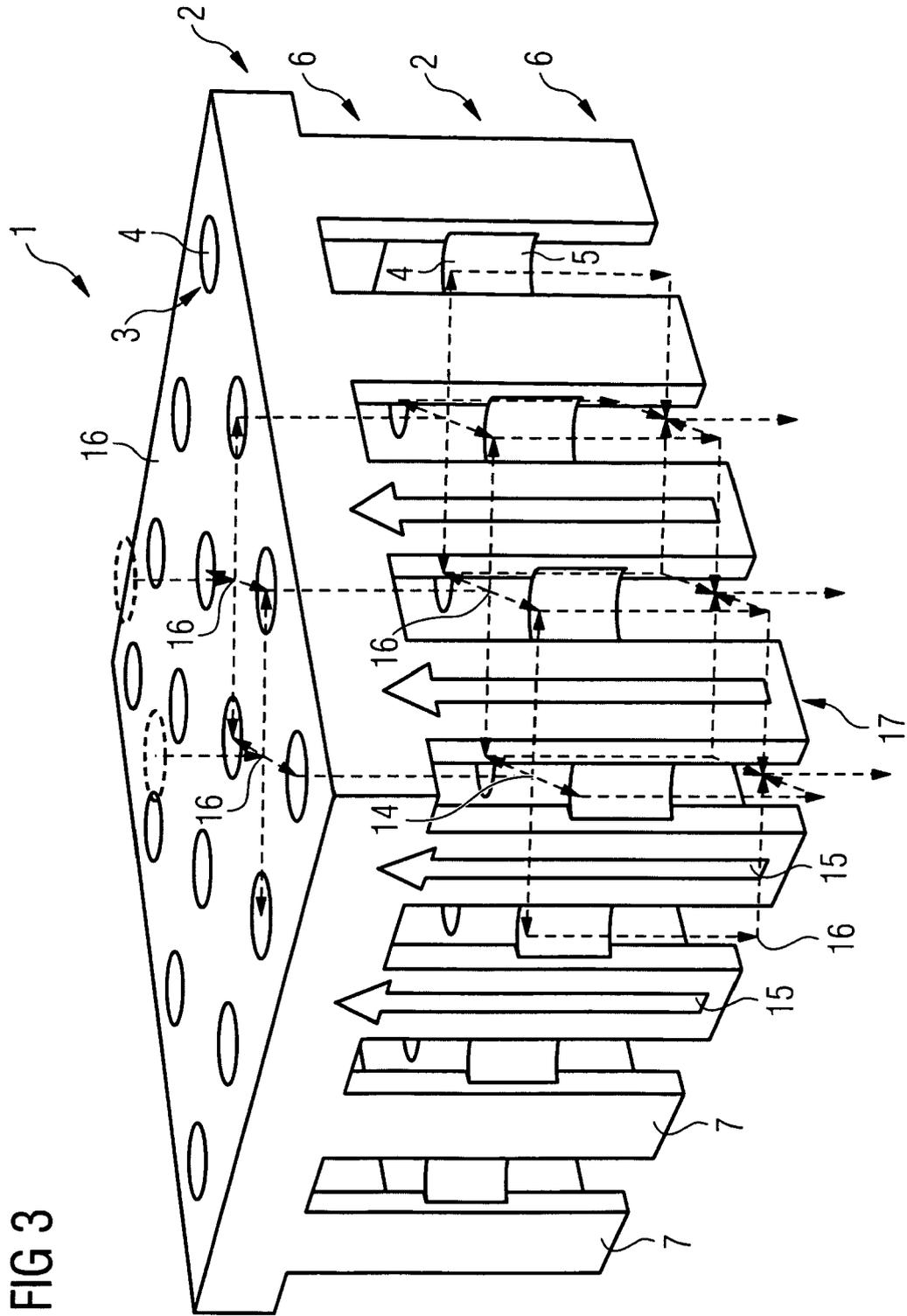
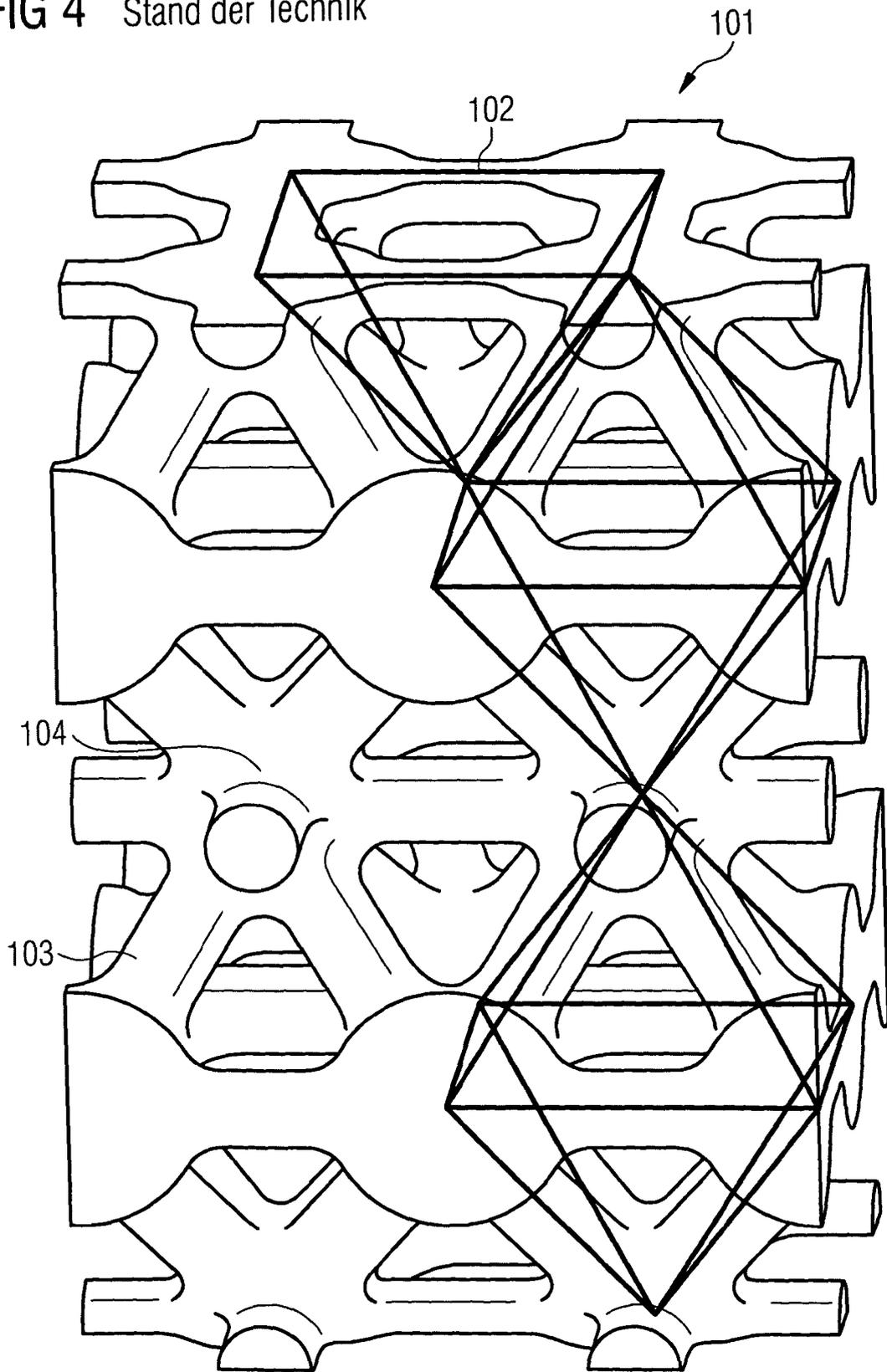


FIG 3

FIG 4 Stand der Technik





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 08 02 1833

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	GB 2 061 482 A (GEN MOTORS CORP) 13. Mai 1981 (1981-05-13)	1-5, 9-11,18	INV. F28F13/00
Y	* das ganze Dokument *	12-17	F01D25/12 B22F5/00 B22F7/00 F23R3/00
Y	EP 1 533 113 A (SIEMENS AG [DE]) 25. Mai 2005 (2005-05-25)	12-17	
A	* Absätze [0013] - [0062]; Ansprüche 27-34; Abbildungen 1-24 *	1	
X	US 2005/053458 A1 (LIANG GEORGE [US]) 10. März 2005 (2005-03-10)	1,9-11	
	* Absätze [0021] - [0033]; Abbildung 4 *		
A	US 5 545 003 A (O'CONNOR KURT F [US] ET AL) 13. August 1996 (1996-08-13)	1-5,9-11	
	* Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 2, Zeile 40 * * Spalte 5, Zeile 20 - Spalte 8, Zeile 48; Abbildungen 6,8 *		
A	DE 30 15 624 A1 (ROLLS ROYCE) 27. November 1980 (1980-11-27)	1-11,18	
	* das ganze Dokument *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 5 145 001 A (VALENZUELA JAVIER A [US]) 8. September 1992 (1992-09-08)	1	F28F F01D B22F F23R
	* Spalte 2, Zeilen 44-61 * * Spalte 10, Zeilen 12-45; Abbildungen 10-12 *		
A	US 3 900 629 A (SPENCER ANDREW R) 19. August 1975 (1975-08-19)	12-18	
	* das ganze Dokument *		
A	US 2002/119079 A1 (BREUER NORBERT [DE] ET AL) 29. August 2002 (2002-08-29)	12-18	
	* das ganze Dokument *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
2	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 14. Mai 2009	Prüfer Leclair, Thomas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P/04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 08 02 1833

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-05-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2061482	A	13-05-1981	CA 1134631 A1 US 4296606 A	02-11-1982 27-10-1981
EP 1533113	A	25-05-2005	AT 355167 T BR PI0416514 A CA 2545954 A1 CN 1878664 A WO 2005049312 A1 ES 2281020 T3 JP 2007516111 T KR 20060129216 A RU 2330162 C2 US 2007275210 A1	15-03-2006 09-01-2007 02-06-2005 13-12-2006 02-06-2005 16-09-2007 21-06-2007 15-12-2006 27-07-2008 29-11-2007
US 2005053458	A1	10-03-2005	KEINE	
US 5545003	A	13-08-1996	CA 2077222 A1 DE 69322300 D1 DE 69322300 T2 DE 69324939 D1 DE 69324939 T2 DE 69330212 D1 DE 69330212 T2 EP 0559251 A1 JP 6055256 A JP 2838081 B2 JP 10029053 A US 5295530 A	19-08-1993 14-01-1999 26-08-1999 17-06-1999 11-11-1999 13-06-2001 20-09-2001 08-09-1993 01-03-1994 16-12-1998 03-02-1998 22-03-1994
DE 3015624	A1	27-11-1980	FR 2455678 A1 GB 2049152 A JP 1485773 C JP 55148151 A JP 63023452 B US 4315406 A	28-11-1980 17-12-1980 14-03-1989 18-11-1980 17-05-1988 16-02-1982
US 5145001	A	08-09-1992	KEINE	
US 3900629	A	19-08-1975	DE 2443926 A1 FR 2243819 A1 GB 1487741 A JP 1139664 C JP 50056480 A JP 57031990 B US RE29524 E	20-03-1975 11-04-1975 05-10-1977 11-03-1983 17-05-1975 08-07-1982 24-01-1978

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 08 02 1833

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-05-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002119079	A1	29-08-2002	KEINE

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82