

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50396/2023
(22) Anmeldetag: 22.05.2023
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2025

(51) Int. Cl.: **B22F 3/16** (2006.01)
B22F 3/24 (2006.01)
B22F 5/08 (2006.01)
H01L 23/34 (2006.01)
H01L 23/367 (2006.01)
H01L 23/473 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2023152045 A1
KR 20160036470 A
CN 1393930 A
JP 2002314013 A
JP 2000311971 A

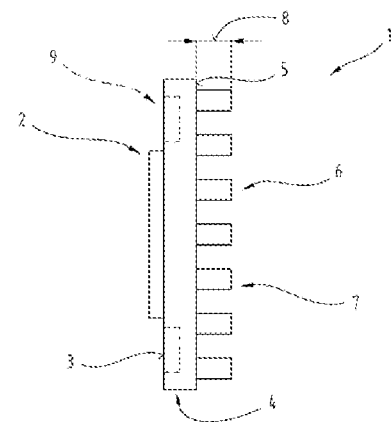
(73) Patentinhaber:
Miba Sinter Austria GmbH
4663 Laakirchen (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung (1) umfassend die Schritte Bereitstellung eines Werkstoffes und Ausbildung einer Kühlstruktur aus dem Werkstoff, wobei als Werkstoff ein Sinterpulver verwendet wird, aus dem durch Pressen ein Grünling hergestellt wird, der Grünling zu einem Vorformling (11) gesintert wird, und aus dem Vorformling (11) die Kühlstruktur in Form von Kühlelementen (6) durch Umformung hergestellt wird, wozu ein Teil des Vorformlings (11) durch ein Formwerkzeug (15) gepresst wird, und wobei nach dem Umformen die Kühlstruktur kalibriert wird.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung umfassend die Schritte Bereitstellung eines Werkstoffes und Ausbildung einer Kühlstruktur aus dem Werkstoff, wobei als Werkstoff ein Sinterpulver verwendet wird, aus dem durch Pressen ein Grünling hergestellt wird, der zu einem Vorformling gesintert wird.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung eine Kühlvorrichtung zum Kühlen von Bauteilen umfassend ein Basiselement mit einer ersten Oberfläche, und mit einer Kühlelemente aufweisenden Kühlstruktur, die auf dem Basiselement die erste Oberfläche überragend angeordnet ist, wobei das Basiselement und die Kühlelemente aus einem Sinterwerkstoff bestehen.

[0003] Sogenannten Leistungselektronikbauteile, wie Leistungshalbleiter, sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt. Derartige Bauteile werden häufig eingesetzt, beispielsweise auch in Kraftfahrzeugen. Es ist weiter bekannt, dass diese Bauteile im Betrieb größere Mengen an Wärme erzeugen, die oft mit Hilfe eines Kühlmediums abgeführt werden müssen. Für diesen Zweck sind im Stand der Technik unterschiedlichste Kühler bekannt.

[0004] So beschreibt beispielsweise die DE 11 2007 000 829 B4 eine Anordnung aus einem Wechselrichter und einem Kühler zum Kühlen des Wechselrichters, wobei der Kühler Folgendes umfasst: ein Substrat, das eine Oberfläche hat, auf der der Wechselrichter angeordnet ist; Wärmeabgabebauteile, die an einer anderen, gegenüberliegenden Oberfläche des Substrats befestigt sind und einen Bereich umgeben, der einem Bereich gegenüberliegt, in dem auf der einen Oberfläche des Substrats der Wechselrichter angeordnet ist; ein Hauptrohr, das von der anderen Oberfläche des Substrats entfernt liegt und einen Raum begrenzt, der zwischen dem Hauptrohr und dem Substrat liegt und der so ausgebildet ist, dass ihm ein Kühlmittel zugeleitet werden kann und er dem Kühlmittel ermöglicht, mit den Wärmeabgabebauteilen in Kontakt zu treten; und ein Nebenrohr, das von dem Hauptrohr zum Substrat hin vorsteht und das dem Bereich des Substrats gegenüberliegt, in dem der Wechselrichter angeordnet ist, sodass es auf der anderen Oberfläche des Substrats an dem Bereich, der dem Bereich gegenüberliegt, in dem der Wechselrichter angeordnet ist, ein dem Hauptrohr zugeführtes Kühlmittel auftreffen lässt, wobei das dem Hauptrohr zugeführte Kühlmittel von dem dem Raum zugeführten Kühlmittel getrennt ist, bis es aus dem Nebenrohr ausgestoßen wird.

[0005] Im Stand der Technik sind auch sogenannte Pin Fin Kühlkörper beschrieben worden, die von einem Kühlmedium umspült werden und so die Wärme von den Pins auf das Kühlmedium übertragen. Z.B. beschreibt die DE 10 2019 108 106 A1 einen Kühler für einen Leistungshalbleiter in einem Inverter, wobei der Kühler zweiteilig ausgestaltet ist und umfasst: eine Bodenplatte als erstes Teil, die wärmeleitend an den Leistungshalbleiter anbindbar ist; einen Kühlkörper als zweites Teil, der an der Bodenplatte angeordnet ist, wobei der Kühlkörper mindestens eine wellenförmige Ausnehmung aufweist, die durchgängig von einer der Bodenplatte abgewandten Seite des Kühlkörpers bis zu einer dem Kühlkörper zugewandten Seite ausgebildet ist; wobei das erste und zweite Teil miteinander verbunden sind und mittels einer Schicht überzogen sind, die beide Teile vor elektrochemische Reduktion schützt.

[0006] Aus der DE 10 2018 216 859 A1 ist eine Vorrichtung zur Kühlung von Bauteilen bekannt, aufweisend: einen ersten und einen zweiten Grundkörper; in dem ersten Grundkörper ausgebildete zylinder- und/oder kegelförmige erste Kühlrippen, die von einem Kühlmittel umströmbar sind, und in dem zweiten Grundkörper ausgebildete zylinder- und/oder kegelförmige zweite Kühlrippen, die von dem Kühlmittel umströmbar sind, wobei der zweite mit dem ersten Grundkörper derart zusammengefügt ist, dass die zweiten Kühlrippen zwischen den ersten Kühlrippen zu liegen kommen ohne den ersten Grundkörper zu berühren.

[0007] Die US 2023/152045 A1 beschreibt ein flüssigkeitsgekühltes Wärmeableitungssubstrat mit einer verdichteten Verstärkungsstruktur. Die Verstärkungsstruktur wird in der oberen und/oder unteren Oberfläche des Substrats durch Verdichtung des Materials als Vertiefung ausgebildet.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Kühlvorrichtung für Bauteile

mit höherer Genauigkeit einfacher herstellen zu können bzw. eine derartige Kühlvorrichtung bereitzustellen.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, nach dem vorgesehen ist, dass aus dem Vorformling die Kühlstruktur in Form von Kühlelementen durch Umformung hergestellt wird, wozu ein Teil des Vorformlings durch ein Formwerkzeug gepresst wird, und dass nach dem Umformen die Kühlstruktur kalibriert wird.

[0010] Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit der eingangs genannten Kühlvorrichtung gelöst, bei der die Kühlelemente durch Umformung aus dem Werkstoff des Basiselements hergestellt sind und zumindest einzelne der Kühlelemente im Kopfbereich eine höhere Dichte aufweisen, als die restlichen Kühlelemente und/oder zumindest einzelne der Kühlelemente im Kopfbereich eine andere Form aufweisen als die restlichen Kühlelemente.

[0011] Von Vorteil ist dabei, dass durch die Umformung des Basiselements zu den Kühlelementen und deren nachträgliche Kalibrierung für deren Herstellung bei hoher Bauteilgenauigkeit kein Abfallmaterial anfällt, wie dies beispielsweise bei einer spanenden Bearbeitung der Fall ist. Zudem können alle Kühlelemente der Kühlvorrichtung gleichzeitig hergestellt werden, womit eine entsprechende Erhöhung der Produktivität erreicht werden kann. Für die Umformung ist dabei von Vorteil, dass der Vorformling, obwohl er durch das Sintern bereits eine entsprechende Festigkeit aufweist, aufgrund von Poren im Vergleich zu einem Vollmaterial einfacher umformbar ist. Dieser Vorteil macht sich auch bei der Kalibrierung bemerkbar, da damit das Kalibrieren einfacher erfolgen kann.

[0012] Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass durch das Kalibrieren die Kühlstruktur zumindest bereichsweise umgeformt wird. Es ist damit in einem Schritt möglich nicht nur die Bauteilgenauigkeit zu verbessern, sondern zudem auch Kühlelemente bereitzustellen, die nur mit einer aufwändigeren Umformung herstellbar wären.

[0013] Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass beim Kalibrieren die Höhe der Kühlelemente durch das Verdrücken von Material aus dem Kopfbereich von zumindest einzelnen der Kühlelemente in einen Bereich neben oder unterhalb des Kopfbereichs dieser Kühlelemente eingestellt wird. Es kann damit einerseits eine einfache Möglichkeit zur Höhenkalibrierung der Kühlelemente erreicht werden, womit eine Kühlstruktur bereitgestellt werden kann, die eine geringe Höhenvarianz der Kühlelemente aufweist. Andererseits können damit kostengünstiger und ohne spanende Bearbeitung hinterschnittene Kühlelemente hergestellt werden. Insbesondere können damit zur Beeinflussung des Strömungsverhaltens im Bereich der Kühlstruktur zumindest einzelne der Kühlelemente pilzförmig ausgebildet sein. Auch für diese Ausführungsvarianten von hinterschnittenen Kühlelementformen ist wiederum die Verwendung eines Sinterwerkstoffes von Vorteil, da damit das Verdrücken des Materials im Kopfbereich der Kühlelemente aufgrund von Restporen einfacher erfolgen kann. Die Höhe der Kühlelemente, insbesondere die bis auf Toleranzen gleiche Höhe der Kühlelemente, kann damit einfach und rasch ohne spanende Nachbearbeitung eingestellt werden.

[0014] Entsprechend einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Kühlstruktur durch Verwendung einer Lochplatte als Formwerkzeug in Form von pinförmigen Kühlelementen hergestellt wird. Das Formwerkzeug kann damit relativ einfach ausgestaltet werden. Zudem ist es einfach an unterschiedliche Formen von Kühlelementen anpassbar. Überraschenderweise stellt trotz der großen Kontaktfläche die Entformung der Kühlelemente durch Abziehen der Lochplatte keine Problem in Hinblick auf Materialausbrüche, etc., dar.

[0015] Von Vorteil ist auch, wenn der Vorformling entsprechend einer Ausführungsvariante der Erfindung plattenförmig ausgebildet wird, da damit die Formgebung des Vorformlings deutliche vereinfacht werden kann. Die Plattenförmigkeit ermöglicht zudem eine einfachere Umformung durch die Verwendung eines einfacher ausgestalteten Umformwerkzeugs.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Vorformling zumindest in Abschnitten mit einer unterschiedlichen Dicke hergestellt wird. Es ist damit ein verbessertes „Fließverhalten“ des Materials für die Herstellung der Kühlstruktur er-

reichbar. Zudem können damit bereits bei der Herstellung Höhenunterschiede der Kühlelemente, die diese nach dem Umformen, insbesondere unter Verwendung einer Lochplatte, gegebenenfalls haben, berücksichtigt werden. So kann in Bereichen, in denen die Kühlelemente beim Umformen höher ausgebildet werden, der Vorformling eine geringere Dicke aufweisen. In weiterer Folge können damit die Kühlelemente bereits beim Umformen mit einer höheren Genauigkeit hergestellt werden, womit das anschließende Kalibrieren mit weniger Aufwand bzw. geringeren Kalibrierkräften durchgeführt werden kann.

[0017] Dabei hat es sich für das Fließverhalten des Materials beim Umformen als Vorteil herausgestellt, wenn gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung der Vorformling in Randabschnitten dünner hergestellt wird als in einem Mittenabschnitt.

[0018] Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Vorformling nachverdichtet wird und dass die Kühlstruktur während der Nachverdichtung ausgebildet wird. Durch die Zusammenlegung dieser Schritte in einen einzigen Verfahrensschritt kann eine entsprechende Verkürzung der Herstellzeit der Kühlvorrichtung erreicht werden. Dabei ist von Vorteil, dass durch die nicht vorab erfolgte Nachverdichtung des Vorformlings dessen Umformung zur Kühlstruktur aufgrund eines höheren Porenanteils einfacher durchgeführt werden kann.

[0019] Entsprechend einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung können das Basiselement und die Kühlelemente eine Dichte von zumindest 98 % der Volldichte des eingesetzten Werkstoffes aufweisen, womit die Kühlvorrichtung trotz der pulvermetallurgischen Herstellung auch ohne weitere Nachbehandlung verbesserte Korrosionseigenschaften aufweisen kann. Dies ist insbesondere für die im Betrieb von einem Kühlmittel umströmten Kühlelemente von Vorteil.

[0020] Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Kühlelemente eine Höhe über der ersten Oberfläche des Basiselements zwischen 2 mm und 20 mm aufweisen. In Hinblick auf die Umformbarkeit haben sich diese Höhen der Kühlelemente als vorteilhaft herausgestellt, da damit der Materialfluss über die gesamte Höhe der Kühlelemente gleichmäßiger gestaltet werden kann.

[0021] Nach einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass eine Rückseite des Basiselements mit einer ebenen Oberfläche ausgebildet ist, womit die Anlage des Basiselementes einerseits beim Umformen an einen Stempel und andererseits an ein zu kühlendes Bauteil im Betrieb der Kühlvorrichtung verbessert werden kann.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass auf der ersten Oberfläche des Basiselements zumindest ein weiteres Strukturelement angeordnet ist, das die Kühlelemente in Richtung der Höhe überragt und das in net shape oder near net shape Qualität hergestellt ist. Auch hierbei ist wiederum die pulvermetallurgische Herstellung der Kühlvorrichtung von Vorteil, da weitere Ebenen an der Kühlvorrichtung ohne aufwändige spanende Nachbearbeitung erzeugt werden können, indem sie bereits bei der ursprünglichen Formgebung zur Herstellung des Vorformlings berücksichtigt werden.

[0023] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0024] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0025] Fig. 1 eine Kühlvorrichtung mit zu kühlendem Bauteil in Seitenansicht;

[0026] Fig. 2 eine Kühlvorrichtung in Schrägansicht;

[0027] Fig. 3 eine Ausführungsvariante eines Vorformlings;

[0028] Fig. 4 eine Ausführungsvariante eines Werkzeugs zur Herstellung der Kühlvorrichtung;

[0029] Fig. 5 eine Ausführungsvariante des Kalibrierschrittes zur Herstellung der Kühlvorrichtung in Seitenansicht;

[0030] Fig. 6 einen Ausschnitt aus einer höhenkalibrierten Kühlvorrichtung in Seitenansicht.

[0031] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsfor-

men gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0032] In Fig. 1 ist eine Kühlvorrichtung 1 in Seitenansicht dargestellt.

[0033] Die Kühlvorrichtung 1 dient der Kühlung eines Bauteils 2 oder mehrerer Bauteile 2 bzw. einer Baugruppe. Dazu liegt die Kühlvorrichtung 1 mit einer Rückseite 3 an dem zumindest einen Bauteil 2 an, insbesondere unmittelbar, ist also zum Wärmeaustausch bevorzugt in direktem Kontakt mit dem Bauteil 2.

[0034] Das Bauteil 2 ist bevorzugt ein Elektronikbauteil, insbesondere ein sogenanntes Leistungselektronikbauteil bzw. Hochleistungselektronikbauteil oder ein Leistungshalbleiter bzw. Hochleistungshalbleiter, kann aber auch anders ausgeführt sein. Insbesondere können derartige Bauteile 2 bzw. Baugruppen aus/mit diesen Bauteilen 2 für eine Leistung im Bereich von mehreren kW bis zu MW vorgesehen sein. Derartige Bauteile 2 dienen z.B. der Umformung elektrischer Energie mit schaltenden elektronischen Bauelementen. Typische Anwendungen sind Umrichter oder Frequenzumrichter im Bereich der elektrischen Antriebstechnik, Solarwechselrichter und Umrichter für Windkraftanlagen zur Netzeinspeisung regenerativ erzeugter Energie oder Schaltnetzteile, generell die Umrichtung von Wechselspannung in Gleichspannung durch Gleichrichter, die Umrichtung von Gleichspannung in Wechselspannung durch Wechselrichter, Steuerungen, beispielsweise in der Antriebstechnik eines Elektroantriebs in Elektrofahrzeugen bzw. Hybridfahrzeugen, Batteriemanagementsysteme, etc. Ein Leistungselektronikbauteil kann beispielsweise ein Halbleiter, insbesondere ein so genannter Leistungshalbleiter, z.B. ein IGBT, sein.

[0035] Da derartige Bauteile 2 an sich aus dem einschlägigen Stand der Technik bekannt sind, sei zur Vermeidung von Wiederholungen bzgl. Einzelheiten dazu auf diesen Stand der Technik verwiesen.

[0036] Die Kühlvorrichtung 1 umfasst ein Basiselement 4, das auch die Rückseite 3 der Kühlvorrichtung 1 bildet, und das auf einer ersten Oberfläche 5 eine Kühlstruktur aufweist, bzw. besteht aus dem Basiselement 4 und der Kühlstruktur. Die Kühlstruktur wird durch Kühlelemente 6 gebildet, die über die erste Oberfläche 5 vorragend an dem Basiselement 4 angeordnet und damit einstückig verbunden sind, wie dies auch aus Fig. 2 ersichtlich ist. Mit anderen Worten ausgedrückt ist die Kühlvorrichtung 1 in der bevorzugten Ausführungsvariante nur durch ein einziges Teil gebildet. Ungeachtet dieser Einteiligkeit besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass pro Bauteil 2 bzw. Baugruppe aus/mit zumindest einem derartigen Bauteil 2 mehrere Kühlvorrichtungen 1 entsprechend der Erfindung miteinander zur einer Kühlvorrichtungsgruppe kombiniert sein können. Insbesondere können mehrere Kühlvorrichtungen 1 also auch modular zu einer Kühlvorrichtungsgruppe zusammengesetzt werden/sein.

[0037] Das Basiselement 4 und die Kühlelemente 6 sind aus einem Sinterwerkstoff hergestellt bzw. bestehen daraus. Weiter sind die Kühlelemente 6 durch Umformung aus dem Basiselement 4 hergestellt.

[0038] In der bevorzugten Ausführungsvariante weisen das Basiselement 4 und die Kühlelemente 6 eine Dichte von zumindest 98 %, insbesondere zumindest 98,5 %, vorzugsweise zumindest 99 %, der Volldichte des eingesetzten Werkstoffes auf.

[0039] Die Volldichte bezieht sich dabei auf die Dichte einer schmelzmetallurgisch hergestellten Kühlvorrichtung 1 aus dem gleichen Werkstoff, also ein Bauteil 2 aus einem Vollwerkstoff. Mit Vollwerkstoff ist dabei ein metallischer Werkstoff gemeint, der - mit Ausnahme von Fehlstellen - keine Poren aufweist, wie diese bei Sinterbauteilen üblicherweise vorhanden sind.

[0040] Die Kühlelemente 6 sind dafür vorgesehen, um von einem Kühlfluid, beispielsweise Wasser, umströmt zu werden, sodass die von der Kühlvorrichtung 1 aufgenommene Wärme über dieses Kühlfluid abtransportiert wird. Bevorzugt ist die Kühlvorrichtung 1 eine sogenannte Pin Fin

Kühlvorrichtung.

[0041] Die Kühlelemente 6 der dargestellten Ausführungsvariante sind zylindrisch ausgebildet. Sie können aber auch eine andere Form aufweisen, beispielsweise eine kegelstumpfförmige bzw. generell eine mit einem in Richtung auf einen Kühlelementkopf 7 sich verjüngendem Querschnitt, beispielsweise eine pyramidenstumpfförmige. Gemäß einer Ausführungsvariante können mehrere oder alle Kühlelemente 6 im Kopfbereich pilzförmig ausgebildet sein, wie dies in Fig. 6 strichliert angedeutet ist.

[0042] Der Querschnitt der Kühlelemente 6 kann kreisrund, oval, rautenförmig, quadratisch, etc. sein.

[0043] Weiter können alle Kühlelemente 6 gleich ausgebildet sein. Es ist aber auch möglich auf einem Basiselement 4 Kühlelemente 6 mit unterschiedlicher Form anzuordnen bzw. zu kombinieren.

[0044] Die Kühlelemente 6 können bevorzugt eine Höhe 8 über der ersten Oberfläche 5 des Basiselements 4 aufweisen, die zwischen 2 mm und 20 mm beträgt.

[0045] In der einfachsten Ausgestaltung der Kühlvorrichtung 1 weisen sämtliche Kühlelemente 6 der Kühlvorrichtung 1 im Rahmen der Toleranzen die gleiche Höhe 8 auf. Es besteht aber im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass ein Teil der Kühlelemente 6 eine geringere Höhe 8 aufweist als die restlichen Kühlelemente 6. In diesem Fall können die Kühlelemente 6 mit der geringeren Höhe 8, d.h. deren Kühlelementkopf 7, z.B. (deutlich) pilzförmig ausgebildet sein.

[0046] Weiter kann vorgesehen sein, dass pro dm² erste Oberfläche 5 zwischen 300 und 1300, insbesondere zwischen 300 und 1000, beispielsweise zwischen 300 und 750, Kühlelemente 6 angeordnet bzw. ausgebildet sind. Insbesondere diese Anzahl hat sich in Hinblick auf die Herstellung der Kühlvorrichtung 1, d.h. der Umformung des Basiselements 4 zu den Kühlelementen 6, als vorteilhaft herausgestellt, da damit Beschädigungen der Kühlelemente 6 bzw. unvollständig ausgebildete Kühlelemente 6 vermieden bzw. reduziert werden können.

[0047] Wie insbesondere aus Fig. 1 ersichtlich ist, kann gemäß einer Ausführungsvariante der Kühlvorrichtung 1 vorgesehen sein, dass die Rückseite 3 des Basiselements 4 mit einer ebenen Oberfläche 5 ausgebildet ist. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass die Rückseite 3 mit einer oder mehreren Vertiefungen 9 ausgebildet ist, in der ein Bauteil 2 zumindest teilweise aufgenommen ist. Es ist damit eine bessere Anbindung des Bauteils 2 an die Kühlvorrichtung 1 erreichbar. Generell kann das Bauteil 2 mit der Kühlvorrichtung 1 z.B. verklebt oder verschraubt oder verlötet oder versintert, etc., sein.

[0048] Die zumindest eine Vertiefung 9 kann im Rahmen der Herstellung der Kühlelemente 6 gleichzeitig mit diesen hergestellt werden. Über die zumindest eine Vertiefung 9 ist es auch möglich, Kühlelemente 6 herzustellen, deren Höhe 8 größer ist als jene der restlichen Kühlelemente 6.

[0049] Wie aus Fig. 2 erkannt werden kann, kann die Kühlvorrichtung 1 auf der ersten Oberfläche 5 des Basiselements 4 zumindest ein weiteres Strukturelement 10 aufweisen. Das Strukturelement 10 ist in der dargestellten Form ein Zylinder, kann aber auch eine andere Querschnittsfläche aufweisen, beispielsweise eine rautenförmige. Mit dem Strukturelement 10 kann auf der Kühlvorrichtung 1 eine weitere Fläche zur Verfügung gestellt werden, die oberhalb der Ebene der Kühlelemente 6 liegt. Das Strukturelement 10 kann also eine größere Höhe 8 aufweisen als die Kühlelemente 6. Es ist aber auch möglich, dass das zumindest eine Strukturelement 10 eine geringere oder die gleiche Höhe 8 aufweist, wie die Kühlelemente 6. Weiter kann mehr als ein Strukturelement 10 angeordnet sein, wobei die mehreren Strukturelemente 10 gleich oder unterschiedlich ausgebildet sein können, z.B. in Form und/oder Höhe 8.

[0050] Das Strukturelement 10 kann z.B. für eine Verschraubung, als Versteifungen oder als Abstandhalter oder als Anschlag vorgesehen sein.

[0051] Das Strukturelement 10 ist bevorzugt nicht mechanisch nachbearbeitet, sondern wird in net shape oder near net shape Qualität beim Pressen eines Vorformlings für die Herstellung des

Kühlvorrichtung 1 mitgepresst bzw. pulvermetallurgisch hergestellt. Das Strukturelement 10 bzw. die Strukturelemente 10 sind daher bevorzugt einstückig mit dem Basiselement 4 und den Kühlelementen 6 ausgebildet.

[0052] Zur Herstellung der Kühlvorrichtung 1 wird ein Sinterpulver bzw. ein in der Pulvermetallurgie eingesetztes, insbesondere metallisches, Pulver verwendet. Bevorzugt wird ein Sinterpulver eingesetzt, das eine entsprechend gute Wärmeleitfähigkeit aufweist. Insbesondere wird ein Sinterpulver auf Basis von Aluminium bzw. einer Aluminiumlegierung oder auf Basis von Kupfer bzw. einer Kupferlegierung oder ein MMC-Pulver (Metal-Matrix-Composite) eingesetzt.

[0053] Die Herstellung der Kühlvorrichtung 1 erfolgt auf pulvermetallurgischem Weg nach einem pulvermetallurgischem Verfahren, die Kühlvorrichtung 1 ist also bevorzugt ein Sinterbauteil. Dazu wird aus einem Sinterpulver, das aus den einzelnen (metallischen) Pulvern durch Mischen hergestellt werden kann, wobei die Pulver gegebenenfalls vorlegiert eingesetzt werden können, ein Grünling in einer entsprechenden Pressform (Matrize) hergestellt. Vorzugsweise weist der Grünling eine Dichte von zumindest 80 %, insbesondere zwischen 80 % und 96 %, der Volldichte des Materials auf.

[0054] Der Grünling kann in der Folge bei üblichen Temperaturen entwacht und ein- oder zweistufig bzw. mehrstufig gesintert werden und danach vorzugsweise auf Raumtemperatur abgekühlt werden. Das Sintern kann beispielsweise bei einer Temperatur zwischen 500°C und 1300 °C erfolgen.

[0055] Da diese Verfahrensweisen und die dabei verwendeten Verfahrensparameter ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt sind, sei diesbezüglich zur Vermeidung von Wiederholungen auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0056] Durch das Sintern entsteht aus dem Grünling eine Vorformling 11, wie er beispielhaft in Fig. 3 dargestellt ist. Der Vorformling 11 kann als flache Platte bzw. plattenförmig ausgebildet sein, sodass also die Rückseite 3 und zumindest eine Abschnitt der ersten Oberfläche 5 zueinander parallel verlaufen können.

[0057] Nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die erste Oberfläche 5 des Vorformlings 11, auf der die Kühlstruktur ausgebildet wird, zumindest in Abschnitten gewölbt hergestellt wird. Generell kann der Vorformling 11 zumindest in Abschnitten mit einer unterschiedlichen Dicke 12 hergestellt werden. Insbesondere kann der Vorformling 11 in zumindest einem Randabschnitt 13 oder in mehreren Randabschnitten 13 dünner hergestellt werden als in einem Mittenabschnitt 14, wie dies in Fig. 3 strichliert dargestellt ist. Der Mittenabschnitt 14 ist dabei jener Bereich des Vorformlings 11, der die größte Dicke 12 aufweist. Die dünneren Randabschnitte 13 können beispielsweise um den Mittenabschnitt 14 umlaufend, d.h. entlang des gesamten Umfangs des Mittenabschnittes 14, ausgebildet sein. Die Verringerung der Dicke 12 kann vom Mittenabschnitt 14 beginnend sprunghaft und/oder rampenförmig ausgebildet sein, wie dies ebenfalls in Fig. 3 dargestellt ist. Andere Formen sind ebenfalls möglich.

[0058] Die verringerte Dicke 12 in zumindest einem Randabschnitt 13 kann auch an der fertigen Kühlvorrichtung 1 noch vorhanden sein, wie dies aus Fig. 2 zu ersehen ist.

[0059] Andere Formen der ersten Oberfläche 5 des Vorformlings 11 sind in Hinblick auf eine verbesserte Umformbarkeit des Vorformlings 11 möglich. So können bereits erste Pin Fin Ansätze bzw. Kühlelementansätze (kreisrund, oval, ellipsenförmig, etc.) mit einer Höhe 8 zwischen 0,1 mm und 2,0 mm vorgeformt werden. Zusätzlich können in die Oberfläche 5 des Vorformlings 11 bewusst Strukturen eingebracht werden (Wellen, Rippen, etc.) um gegebenenfalls Verwirbelungen eines Kühlfluids zu erhöhen.

[0060] Der Vorformling 11 kann in weiterer Folge nachverdichtet werden. Bevorzugt erfolgt die Nachverdichtung aber gleichzeitig mit der Umformung des Vorformlings 11 zu den Kühlelementen 6.

[0061] Die Umformung des Vorformlings 11 erfolgt in einem Formwerkzeug 15. Dazu wird der Vorformling 11 in das Formwerkzeug 15 eingelegt oder an dieses angelegt. Im einfachsten Fall

ist das Formwerkzeug 15 durch eine Lochplatte 16 gebildet. Die Lochplatte 16 weist Ausnehmungen 17, insbesondere Durchbrüche, auf, in die bzw. durch die ein Teil des Materials des Vorformlings 11 gedrückt wird, wodurch die Kühlelemente 6 gebildet werden. Der Rest des Materials des Vorformlings 11, der nicht in oder durch das Formwerkzeug 15 gedrückt wird, bildet das Basiselement 4.

[0062] Die Ausnehmungen 17, d.h. deren Querschnitt, ist an den Querschnitt der herzustellenden Kühlelemente 6 entsprechend angepasst.

[0063] Das Formwerkzeug 15 kann auch anders aussehen, muss also nicht zwingend eine einfache Lochplatte 16 sein. Insbesondere kann das Formwerkzeug 15 „topfförmig“ als Matrize ausgebildet sein.

[0064] Für den Fall, dass zumindest ein weiteres Strukturelement 10 vorhanden ist, kann dieses durch eine entsprechende Ausnehmung 17 bzw. einen entsprechenden Durchbruch im Formwerkzeug 15 berücksichtigt werden.

[0065] Für die Umformung kann an die Rückseite 3 des Vorformlings 11, die auch die Rückseite 3 des Basiselements 4 bildet, ein Stempel 18 angelegt und mit einem vorbestimmbaren Druck auf den Vorformling 11 gedrückt werden. Durch den auf den Vorformling 11 ausgeübten Druck wird Material des Vorformlings 11 in die Ausnehmungen 17 bzw. Durchbrüche des Formwerkzeugs 15 gedrückt. Die Umformung kann beispielsweise bei einem Druck zwischen 700 MPa und 1600 MPa erfolgen. Weiter kann die Umformung während einer Zeit von bis zu 10 Sekunden, insbesondere zwischen 0,1 Sekunden und 10 Sekunden, erfolgen. Weiter erfolgt die Umformung bevorzugt bei Raumtemperatur (20 °C), d.h. kalt, bzw. kann die Umformung auch nach einer Vorerwärmung des Vorformlings 11 auf eine Temperatur zwischen 50 °C und 300 °C, beispielsweise zwischen 50 °C und 150 °C, und/oder in/mit einem auf eine Temperatur zwischen 50 °C und 300 °C, beispielsweise zwischen 50 °C und 150 °C, erwärmten Formwerkzeug 15 erfolgen.

[0066] Nach der Formgebung, d.h. der Umformung des Vorformlings 11, wird die Kühlvorrichtung 1 kalibriert. Durch das Kalibrieren wird die Maßgenauigkeit der Kühlvorrichtung 1 zumindest in Abschnitten bzw. bereichsweise erhöht. Zudem können durch das Kalibrieren die Poren im Bereich der kalibrierten Oberfläche geschlossen werden, womit also eine dichtere Struktur erreicht werden kann. Beim Kalibrieren wird also die Kühlstruktur, insbesondere werden zumindest einzelne der Kühlelemente 6, einem Druck auf die jeweilige(n) Oberfläche(n) ausgesetzt.

[0067] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante kann eine Höhenkalibrierung der Kühlelemente 6 vorgenommen werden, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist. Dabei kann mit einem Kalibrierwerkzeug 19, das beispielsweise plattenförmig bzw. stempelförmig ausgebildet sein kann, von oben auf die Kühlelementköpfe 7 gedrückt werden. Die Kühlvorrichtung 1 kann während dieses Vorgangs in einem Halteelement, wie beispielsweise einer Matrize, gehalten werden. Zur Verdeutlichung des Höhenkalibrierens sind in Fig. 5 die Höhen 8 der Kühlelemente 6 in den Randabschnitten 13 übertrieben vergrößert dargestellt, sodass eine deutliche Höhendifferenz 20 zu sehen ist. Die Höhenabweichung kann in Richtung auf den Mittenabschnitt 14 der Kühlvorrichtung 1 abnehmend verlaufen, bis ein tolerierbarer Toleranzbereich der Höhendifferenz 20 bzw. der Höhen 8 der Kühlelemente 6 erreicht ist. Sofern nicht bereits ein Teil dieser Höhendifferenz 20 durch die Form des Vorformlings 11 berücksichtigt ist (beispielsweise durch die Ausbildung von Bereichen mit unterschiedlicher Dicke 12, beispielsweise einem Kurvenverlauf folgend), kann das Kalibrieren entsprechend umfassend ausgeführt werden. Mit einem Vorformling 11 der eine Höhenabweichung des gesinterten und umgeformten Grünlings bereits zumindest teilweise berücksichtigt, kann die Kalibrierarbeit, d.h. der Kalibrieraufwand, reduziert werden.

[0068] Wie im linken Teil der Fig. 5 gezeigt, kann das Kalibrierwerkzeug 19 auch Formholräume 21 aufweisen, in denen die Kühlelemente 6 während des Kalibrierens zumindest teilweise aufgenommen sind. Diese Formhohlräume 21 können beispielsweise als Vertiefungen im Kalibrierwerkzeug 19 oder durch (stegförmige) Werkzeugwände 22 gebildet sein.

[0069] Das Kalibrieren kann ein- oder mehrstufig erfolgen, gegebenenfalls mit einer Zwischenentlastung der Kühlvorrichtung 1 zwischen den Kalibrierschritten.

[0070] Nach einer Ausführungsvariante kann auch vorgesehen sein, dass die Höhe 8 der Kühlelemente 6 durch das Verdrücken von Material aus dem Kopfbereich der Kühlelemente 6 (den Kühlelementköpfen 7) in einen Bereich 23 neben oder unterhalb des Kopfbereichs der Kühlelemente 6 eingestellt werden. Dies ist in Fig. 6, die einen Ausschnitt aus einer kalibrierten Kühlvorrichtung 1 zeigt, übertrieben dargestellt. Zum Verdrücken kann ein einfaches Plattenwerkzeug, insbesondere das voranstehend genannte Kalibrierwerkzeug 19, verwendet werden, dass gegen die Kühlelemente 6 gedrückt wird.

[0071] Für das Kalibrieren bzw. Verdrücken von Material kann es von Vorteil sein, wenn die Kühlelemente 6 nach dem Umformen eine Höhendifferenz 20 zwischen maximal 0,2 mm und maximal 0,4 mm aufweisen, also mit relativ geringen Höhenunterschieden hergestellt werden. Dies kann beispielsweise mit der voranstehend genannten Berücksichtigung der Form des Vorformlings 11 erfolgen. Die finale Höhentoleranz kann in einem nachgehenden Arbeitsgang mittels Höhenkalibrieren einfacher erreicht werden.

[0072] Mit dem Kalibrieren kann eine spanende Bearbeitung der Kühlelemente 6 zur Reduktion der Höhentoleranz der Kühlelemente 6 vermieden werden. Durch die Art der Reduktion der Höhentoleranz können teilweise pilzförmig oder (geringfügig) ausgebauchte Kühlelemente 6 entstehend, die in Hinblick auf Strömung eines die Kühlelemente 6 umströmenden Kühlfluids und damit die Kühlleistung der Kühlvorrichtung 1 ebenfalls von Vorteil sein können. Zudem kann mit der Reduktion der Höhentoleranz auch eine restliche Porosität am oberen Ende der Kühlelemente 6 reduziert bzw. beseitigt werden.

[0073] Wie voranstehend ausgeführt, kann die Kühlvorrichtung 1 auch Kühlelemente 6 mit einer zueinander unterschiedlichen Höhe 8 aufweisen. Um auch in diesem Fall eine Höhenkalibrieren bzw. Kalibrierung durchführen zu können, kann das Kalibrierwerkzeug entsprechend dem gewünschten Höhenverlauf der Kühlelemente 6 ausgebildet sein, beispielsweise gestuft.

[0074] Zum Ausbilden von bestimmten Formen der Kühlelemente 6 kann auch eine entsprechend ausgebildetes Kalibrierwerkzeug 19 eingesetzt werden. Dazu kann das Kalibrierwerkzeug 19 eine Gegenkontur aufweisen, um beispielsweise die Köpfe der Kühlelemente 6 dementsprechend auszuformen, d.h. mit einer Kontur bzw. Oberflächengestaltung, wie z.B. einer Verrundung, einer Fase, etc., oder mit einer Vertiefung, einer Oberflächenrauigkeit, die größer ist, als die Rauigkeit nach dem Sintern, etc., zu versehen.

[0075] Für den Fall, dass unterschiedlich hohe Kühlelemente 6 ausgebildet sind, kann auch ein gestuftes Kalibrierwerkzeug 19 verwendet werden.

[0076] Es kann mit dem Verfahren nach der Erfindung eine Kühlvorrichtung 1 zum Kühlen von Bauteilen 2 hergestellt werden, die ein Basiselement 4 mit einer ersten Oberfläche 5, und mit einer Kühlelemente 6 aufweisenden Kühlstruktur, die auf dem Basiselement 4 die erste Oberfläche 5 überragend angeordnet ist, bereitgestellt werden. Zumindest einzelne der Kühlelemente 6 können im Kopfbereich eine höhere Dichte aufweisen, als die restlichen Kühlelemente 6 und/oder zumindest einzelne der Kühlelemente 6 können im Kopfbereich eine andere Form aufweisen als die restlichen Kühlelemente 6.

[0077] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Kühlvorrichtung 1 bzw. des Formwerkzeugs 15 diese nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt sind.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Kühlvorrichtung
- 2 Bauteil
- 3 Rückseite
- 4 Basiselement
- 5 Oberfläche
- 6 Kühlelement
- 7 Kühlelementkopf
- 8 Höhe
- 9 Vertiefung
- 10 Strukturelement
- 11 Vorformling
- 12 Dicke
- 13 Randabschnitt
- 14 Mittenabschnitt
- 15 Formwerkzeug
- 16 Lochplatte
- 17 Ausnehmung
- 18 Stempel
- 19 Kalibrierwerkzeug
- 20 Höhendifferenz
- 21 Formhohlraum
- 22 Werkzeugwand
- 23 Bereich

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung (1) umfassend die Schritte Bereitstellung eines Werkstoffes und Ausbildung einer Kühlstruktur aus dem Werkstoff, wobei als Werkstoff ein Sinterpulver verwendet wird, aus dem durch Pressen ein Grünling hergestellt wird, der zu einem Vorformling (11) gesintert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Vorformling (11) die Kühlstruktur in Form von Kühlelementen (6) durch Umformung hergestellt wird, wozu ein Teil des Vorformlings (11) durch ein Formwerkzeug (15) gepresst wird, und dass nach dem Umformen die Kühlstruktur kalibriert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch das Kalibrieren die Kühlstruktur zumindest bereichsweise umgeformt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Kalibrieren die Höhe (8) der Kühlelemente (6) durch das Verdrücken von Material aus dem Kopfbereich von zumindest einzelnen der Kühlelemente (6) in einen Bereich (23) neben oder unterhalb des Kopfbereichs dieser Kühlelemente (6) eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlstruktur durch Verwendung einer Lochplatte (16) als Formwerkzeug (12) in Form von pinförmigen Kühlelementen (6) hergestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorformling (11) plattenförmig ausgebildet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorformling (11) zumindest in Abschnitten mit einer unterschiedlichen Dicke (12) hergestellt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorformling (11) in Randabschnitten (13) dünner hergestellt wird als in einem Mittenabschnitt (14).
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorformling (11) nachverdichtet wird und dass die Kühlstruktur während der Nachverdichtung ausgebildet wird.
9. Kühlvorrichtung (1) zum Kühlen von Bauteilen (2) umfassend ein Basiselement (4) mit einer ersten Oberfläche (5), und mit einer Kühlelemente (6) aufweisenden Kühlstruktur, die auf dem Basiselement (4) die erste Oberfläche (5) überragend angeordnet ist, wobei das Basiselement (4) und die Kühlelemente (6) aus einem Sinterwerkstoff bestehen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlelemente (6) durch Umformung aus dem Werkstoff des Basiselements (4) hergestellt sind und dass zumindest einzelne der Kühlelemente (6) im Kopfbereich eine höhere Dichte aufweisen, als die restlichen Kühlelemente (6) und/oder dass zumindest einzelne der Kühlelemente (6) im Kopfbereich eine andere Form aufweisen als die restlichen Kühlelemente (6).
10. Kühlvorrichtung (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einzelne der Kühlelemente (6) pilzförmig ausgebildet sind.
11. Kühlvorrichtung (1) nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Basiselement (4) und die Kühlelemente (6) eine Dichte von zumindest 98 % der Volldichte des eingesetzten Werkstoffes aufweisen.
12. Kühlvorrichtung (1) nach Anspruch 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlelemente (6) eine Höhe (8) über der ersten Oberfläche (5) des Basiselements (4) zwischen 2 mm und 20 mm aufweisen.
13. Kühlvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Rückseite (3) des Basiselements (4) mit einer ebenen Oberfläche (5) ausgebildet ist.
14. Kühlvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der ersten Oberfläche (5) des Basiselements (4) zumindest ein weiteres Strukturelement

(10) angeordnet ist, das die Kühlelemente (6) in Richtung der Höhe (8) überragt und das in net shape oder near net shape Qualität hergestellt ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1

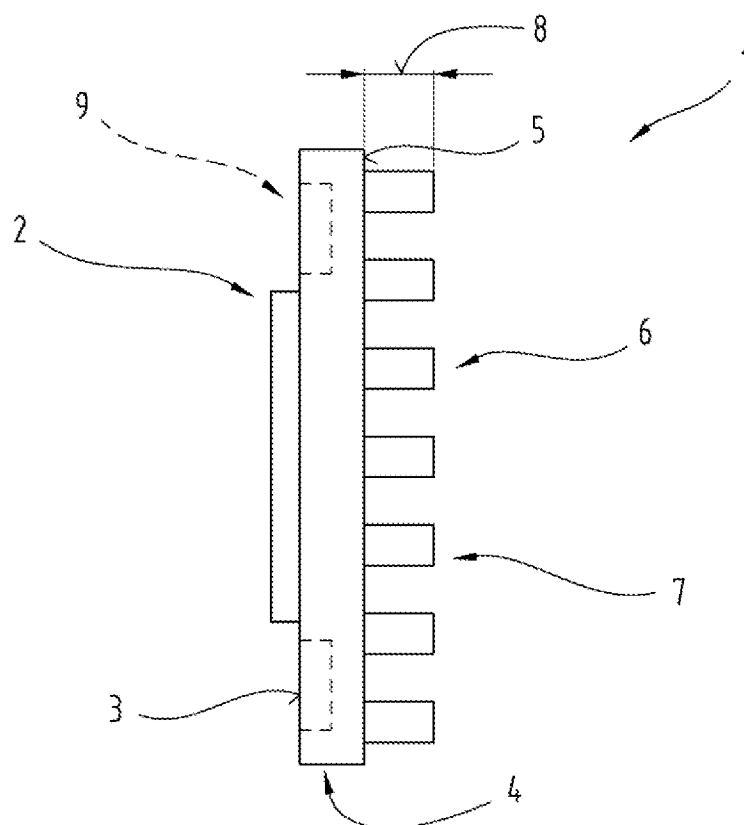


Fig.2

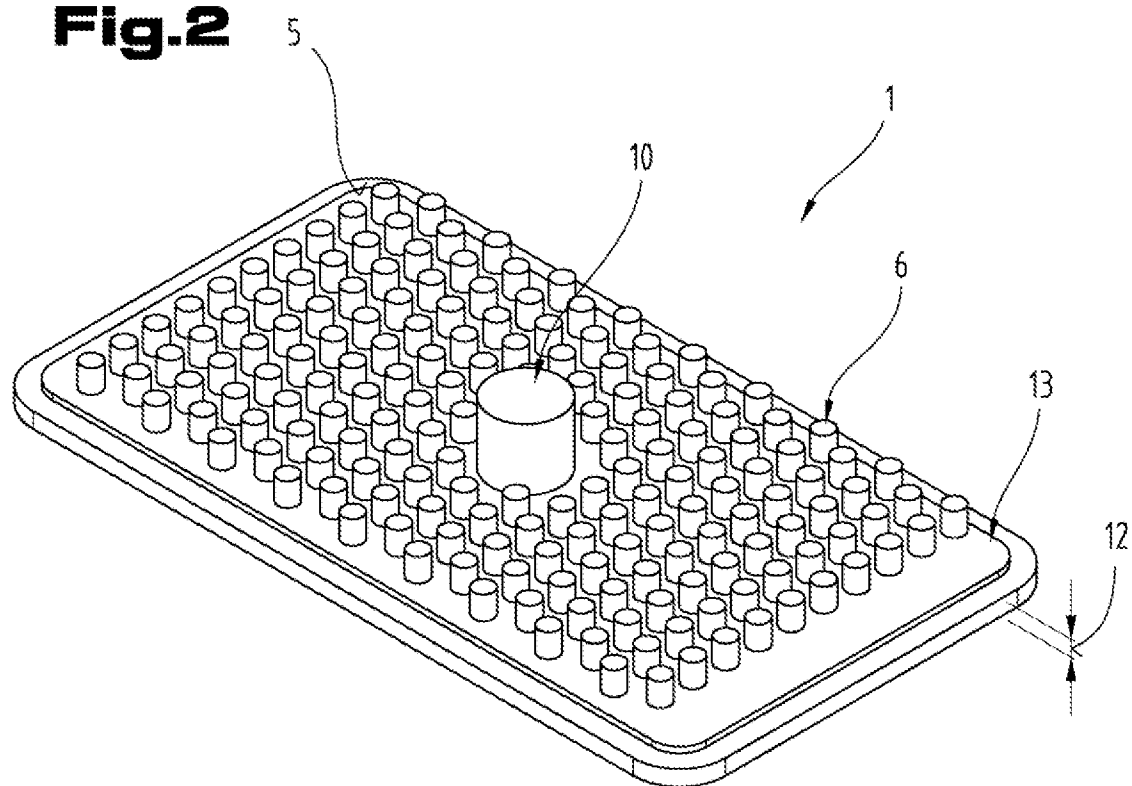


Fig.3

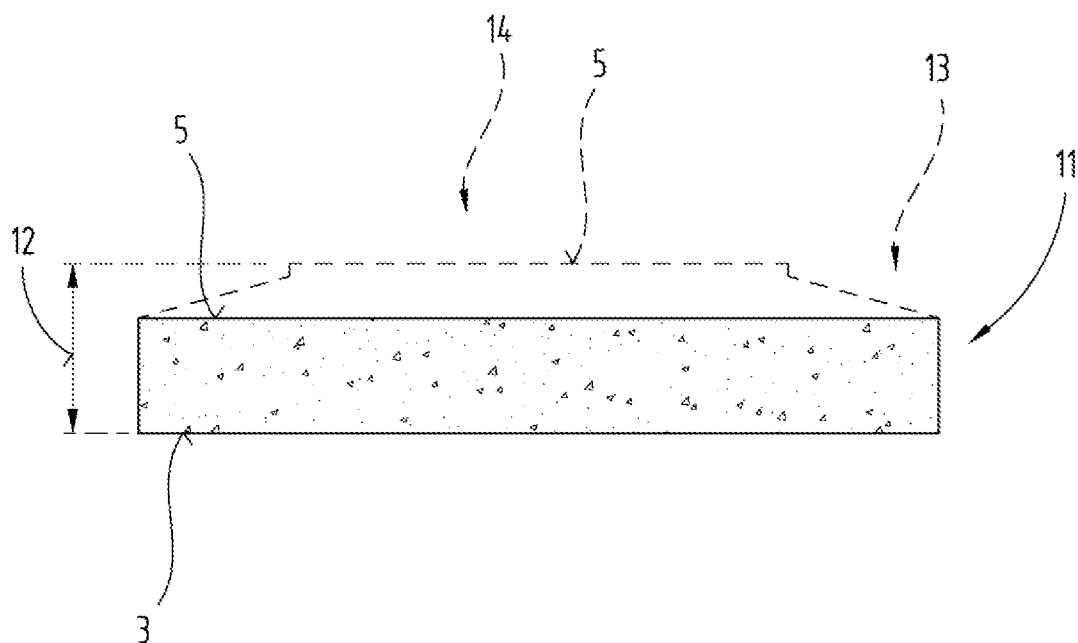


Fig.4

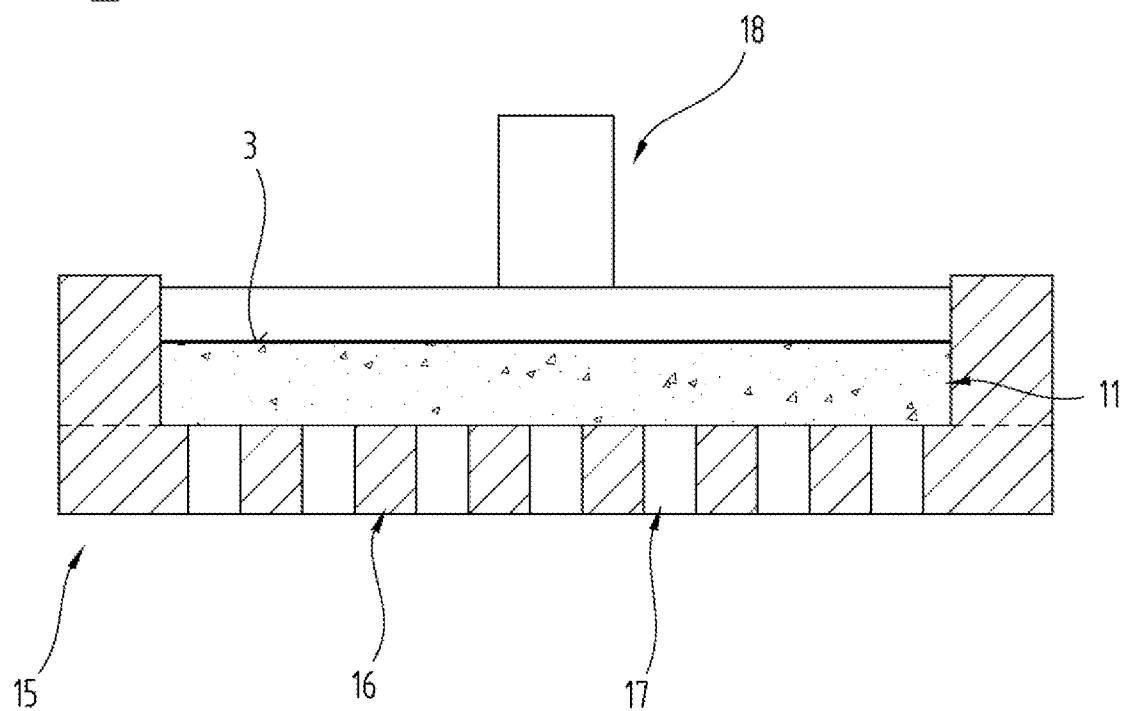


Fig.5

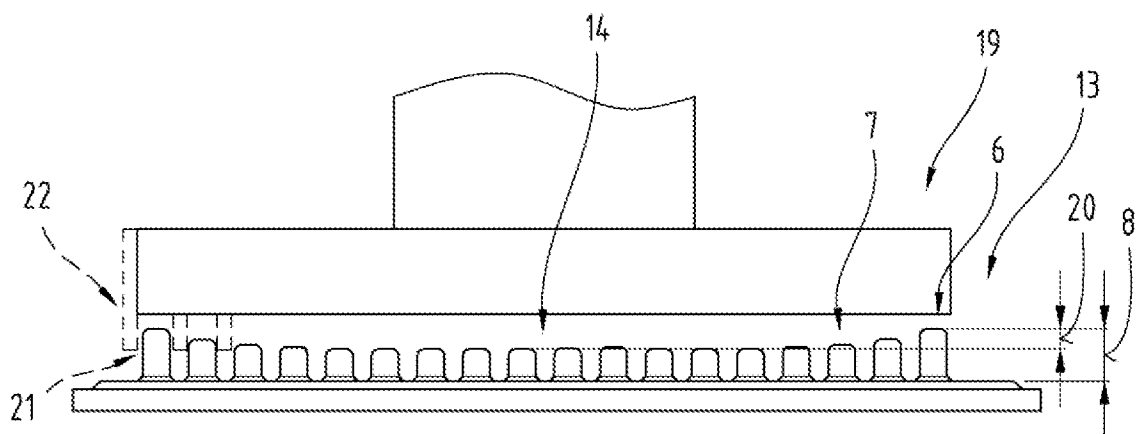


Fig.6

