

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50603/2023
(22) Anmeldetag: 27.07.2023
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2024

(51) Int. Cl.: **B22F 3/12** (2006.01)
B22F 3/24 (2006.01)
B22F 5/08 (2006.01)
H01L 23/34 (2006.01)
H01L 23/367 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 3446860 A2
US 2015077941 A1
US 2014168901 A1
WO 2013013254 A1

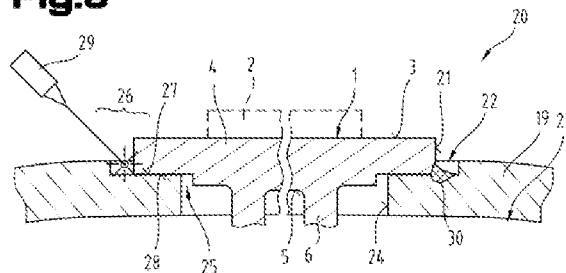
(71) Patentanmelder:
Miba Sinter Austria GmbH
4663 Laakirchen (AT)

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

(54) **Verfahren zur Herstellung einer Kühlanordnung sowie Kühlanordnung für leistungselektronische Bauteile**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Kühlanordnung (20) für leistungselektronische Bauteile (2), umfassend die Schritte Bereitstellung eines pulvermetallurgischen Werkstoffs und Formen oder Pressen des Werkstoffs zu einem Grünling, Sintern des Grünlings zu einem Vorformling, Umformen des Vorformlings zu einer Kühlvorrichtung (1) mit oberflächenvergrößerter Kühlstruktur, welche Kühlstruktur eine Mehrzahl von Kühlvorsprüngen (6) umfasst, welche Kühlvorsprünge (6) mittels einem druckbeaufschlagbaren Formwerkzeug geformt werden, indem ein Teilabschnitt des Vorformlings in formgebende Ausnehmungen des Formwerkzeuges gedrückt wird und dabei ein Basisabschnitt (4) verbleibt, welcher Basisabschnitt (4) die einzelnen Kühlvorsprünge (6) verbindet, und stoffschlüssiges Fügen der Kühlvorrichtung (1) an ein metallisches Gießbauteil (19) durch Schweißen, insbesondere Laserschweißen, oder Löten.

Fig.6



Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Kühlanordnung (20) für leistungselektronische Bauteile (2), umfassend die Schritte Bereitstellung eines pulvermetallurgischen Werkstoffs und Formen oder Pressen des Werkstoffs zu einem Grünling, Sintern des Grünlings zu einem Vorformling, Umformen des Vorformlings zu einer Kühlvorrichtung (1) mit oberflächenvergrößerter Kühlstruktur, welche Kühlstruktur eine Mehrzahl von Kühlvorsprüngen (6) umfasst, welche Kühlvorsprünge (6) mittels einem druckbeaufschlagbaren Formwerkzeug geformt werden, indem ein Teilabschnitt des Vorformlings in formgebende Ausnehmungen des Formwerkzeuges gedrückt wird und dabei ein Basisabschnitt (4) verbleibt, welcher Basisabschnitt (4) die einzelnen Kühlvorsprünge (6) verbindet, und stoffschlüssiges Fügen der Kühlvorrichtung (1) an ein metallisches Gießbauteil (19) durch Schweißen, insbesondere Laserschweißen, oder Löten.

Fig. 6

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Kühlanordnung für leistungselektronische Bauteile, umfassend die Schritte Bereitstellung eines pulvermetallurgischen Werkstoffs und Formen oder Pressen des Werkstoffs zu einem Grünling, Sintern des Grünlings zu einem Vorformling, und Umformen des Vorformlings zu einer Kühlvorrichtung mit oberflächenvergrößerter Kühlstruktur.

Weiters betrifft die Erfindung eine Kühlanordnung zum Kühlen von leistungselektronischen Bauteilen, umfassend eine Kühlvorrichtung als Montageplattform für wenigstens ein leistungselektronisches Bauteil, welche Kühlvorrichtung weiters an einem metallischen Bauteil befestigt ist, wobei die Kühlvorrichtung eine erste Oberfläche an ihrem Basisabschnitt zur Montage des wenigstens einen leistungselektronischen Bauteils aufweist und eine zur ersten Oberfläche gegenüberliegende zweite Oberfläche des Basisabschnitts mit einer Kühlvorsprünge aufweisenden Kühlstruktur versehen ist.

Sogenannte Leistungselektronikbauteile, wie Leistungshalbleiter, sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt. Derartige Bauteile werden häufig eingesetzt, beispielsweise auch in Kraftfahrzeugen. Es ist weiters 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.

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.

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 elektrochemischer Reduktion schützt.

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.

Kühlvorrichtungen für die Leistungselektronik weisen häufig auf ihrer Oberfläche eine Struktur aus Erhebungen auf. Zur Erhöhung der Kühlleistung ist eine möglichst große von einem Kühlfluid umströmbare Oberfläche mit Erhebungen von Vorteil. Diese wird aber durch die mechanische Festigkeit der Erhebungen eingeschränkt, da die Erhebungen in ihrem Querschnitt nur bis zu einer Mindestgröße verkleinert werden können. Durch die querschnittsbezogene Verkleinerung der Erhebungen können mehr Erhebungen pro Flächeneinheit angeordnet werden, wodurch die Kühlleistung aufgrund der dadurch bereitgestellten größeren Oberfläche verbessert werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Kühlleistung einer Kühlanordnung für leistungselektronische Bauteile zu verbessern, wobei die Kühlanordnung ressourcenschonend hergestellt werden soll.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zur Herstellung einer Kühlanordnung für leistungselektronische Bauteile gelöst, welches folgende Schritte umfasst:

- Bereitstellung eines pulvermetallurgischen Werkstoffs und Formen oder Pressen des Werkstoffs zu einem Grünling,
- Sintern des Grünlings zu einem Vorformling,
- Umformen des Vorformlings zu einer Kühlvorrichtung mit oberflächenvergrößerter Kühlstruktur, welche Kühlstruktur eine Mehrzahl von Kühlvorsprüngen umfasst, welche Kühlvorsprünge mittels einem druckbeaufschlagbaren Formwerkzeug geformt werden, indem ein Teilabschnitt des Vorformlings in formgebende Ausnehmungen des Formwerkzeuges gedrückt wird und dabei ein Basisabschnitt verbleibt bzw. zurückgehalten wird, welcher Basisabschnitt die einzelnen Kühlvorsprünge verbindet, insbesondere trägt bzw. einteilig zusammenhält, und
- stoffschlüssiges Fügen der Kühlvorrichtung an ein metallisches Gießbauteil durch Schweißen, insbesondere Laserschweißen, oder Löten.

Weiters wird die Aufgabe der Erfindung mit einer Kühlanordnung zum Kühlen von leistungselektronischen Bauteilen gelöst, welche Kühlanordnung eine Kühlvorrichtung als Montageplattform für wenigstens ein leistungselektronisches Bauteil umfasst, welche Kühlvorrichtung weiters an einem metallischen Bauteil befestigt ist, wobei die Kühlvorrichtung eine erste Oberfläche an ihrem Basisabschnitt zur Montage des wenigstens einen leistungselektronischen Bauteils aufweist und eine zur ersten Oberfläche gegenüberliegende zweite Oberfläche mit einer Kühlvorsprünge aufweisenden Kühlstruktur besitzt bzw. definiert, wobei der Basisabschnitt und die Kühlvorsprünge aus einem Sinterwerkstoff bestehen, wobei die Kühlvorsprünge durch Umformung aus dem Werkstoff bzw. Material des Basisabschnitts hergestellt sind, wobei das metallische Bauteil ein Gießbauteil ist, und wobei der Basisabschnitt der Kühlvorrichtung durch Schweißen, insbesondere Laserschweißen, oder durch Löten stoffschlüssig an das metallische Gießbauteil gefügt ist und durch das genannte stoffschlüssige Fügen zugleich eine flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen der Kühlvorrichtung und dem Gießbauteil aufgebaut ist.

Von Vorteil ist dabei, dass durch die Umformung des gesinterten Vorformlings zu der Kühlvorrichtung mit den Kühlvorsprüngen für deren Herstellung kein Abfallmaterial anfällt, wie dies beispielsweise bei einer spanenden Bearbeitung der Fall ist. Zudem können alle Kühlvorsprünge 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 vorbestimmte Festigkeit aufweist, aufgrund von Poren im Vergleich zu einem Vollmaterial einfacher umformbar ist. Durch den Umformprozess kann eine Kühlvorrichtung mit größerer Oberfläche bereitgestellt werden, womit die Kühlleistung der Kühlvorrichtung verbessert werden kann.

Die Bauteil-Kombination aus der pulvermetallurgisch hergestellten Kühlvorrichtung, welche auch als primärer Kühlkörper bezeichnet werden kann, und aus dem metallischen Gießbauteil ergibt eine leistungsverbesserte Kühlanordnung für leistungselektronische Bauteile, beispielsweise für Halbleiterbauelemente. Durch die relativ hohe Wärmeleitfähigkeit der pulvermetallurgisch hergestellten Kühlvorrichtung im Vergleich zum Gießbauteil kann eine rasche und intensive Wärmeabfuhr

von leistungselektronischen Bauteilen erzielt werden. Die stoffschlüssige Verbindung des Kühlkörpers mit dem metallischen Gießbauteil unterstützt einen möglichst geringen Wärmeübergangswiderstand und verbessert so die weiterführende Ableitung der Wärmeenergie in das metallische Gießbauteil. Eine nach dem angegebenen Verfahren hergestellte Kühlanordnung weist eine günstige Kühlleistung und Kühlcharakteristik für leistungselektronische Halbleiterbauelemente auf. Die mehrteilige, einstückig zusammengefügte Kühlanordnung bietet neben Performancevorteilen auch produktionstechnische Vorteile, wie beispielsweise eine möglichst kostengünstige und dennoch qualitätsorientierte Serienproduktion.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Kühlvorsprünge mittels der Ausnehmungen im Formwerkzeug zylinder- oder kegelförmig geformt werden. Dadurch sind unter Aufbringung von möglichst geringen, formgebenden Drücken gut bzw. konstant reproduzierbare Kühlvorsprünge erzielbar. Unerwünschte Fehlbildungen der Kühlvorsprünge können hintan gehalten werden, nachdem scharfe Kanten, Ecken oder spitzwinkelige Abschnitte vermieden bzw. minimiert sind.

Entsprechend einer alternativen Ausgestaltung können die Kühlvorsprünge in Bezug auf den Querschnitt zu ihrer Höhenachse die Form von Rauten, Dreiecken, Ellipsen, Tear Drops und dergleichen aufweisen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass durch das metallische Gießbauteil eine Kavität für ein Kühlmedium definiert oder zumindest abschnittsweise begrenzt wird, und dass die Kühlvorrichtung in einen Wandungsdurchbruch des metallischen Gießbauteils eingesetzt wird und dieser Wandungsdurchbruch – ohne einem gesonderten bzw. zusätzlichen Dichtungselement – durch die Kühlvorrichtung flüssigkeitsdicht verschlossen wird. Dadurch ist die Kühlanordnung hochfunktionell sowie leistungsfähig und dennoch möglichst kostengünstig herstellbar. Die Erübrigung eines gesonderten Dichtungselementes bringt produktionstechnische Vorteile und kann die Langzeitstabilität der Dichtheit begünstigen. Zudem wird dadurch die erreichbare Kühlleistung der Kühlanordnung begünstigt. Insbesondere können so auch leistungsstarke elektronische Halbleiterbauelemente mit hohen Kühlungsanforderungen zuverlässig temperiert werden.

Entsprechend einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Kühlvorrichtung an ihrem Außenumfang einen durch Umformen mit dem genannten Formwerkzeug oder mit einem weiteren Formwerkzeug hergestellten Stufenfalz, insbesondere einen sogenannten einfachen Falz aufweist, welcher zur Anlage an Begrenzungsabschnitten eines Wanddurchbruches des metallischen Gießbauteils ausgebildet ist bzw. verwendet wird. Ein solcher Stufenfalz kann im Zuge des Formgebungsprozesses der Kühlvorrichtung relativ einfach und relativ maßgenau hergestellt werden. Aufwendige Nachbearbeitungen können häufig erübrigt werden. Diese Maßgenauigkeit ist für die Dichtheit der Fugestelle und für den prozesssicheren Ablauf des stoffschlüssigen Fügens der Kühlvorrichtung an das metallisches Gießbauteil günstig.

Ferner kann im Herstellungsverfahren vorgesehen sein, dass die Begrenzungsabschnitte des Wanddurchbruches vor dem stoffschlüssigen Fügen mit der Kühlvorrichtung spanabhebend bearbeitet werden, sodass eine ebene Anlagefläche für die Kühlvorrichtung geschaffen wird. Dadurch kann sowohl die Dichtheit der Fugestelle als auch die Wärmeübertragungsfähigkeit zwischen der Kühlvorrichtung und dem Gießbauteil optimiert bzw. begünstigt werden, sodass eine verbesserte Kühlanordnung erreicht werden kann.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass vom Basisabschnitt abgewandte Endabschnitte der Kühlvorsprünge in die Kavität des metallischen Gießbauteils hineinragen, und dass auf der von den Kühlvorsprüngen abgewandten ersten Oberfläche des Basisabschnitts das leistungselektronische Bauteil befestigt wird. Die oberflächenvergrößernde Kühlstruktur der Kühlvorrichtung wird dadurch dem Kühlmedium, beispielsweise einer Kühlflüssigkeit, ausgesetzt bzw. vom Kühlmedium umströmt. Die von den Kühlvorsprüngen abgewandte erste Oberfläche des Basisabschnitts kann im Zuge des Press- und Sintervorganges ausreichend ebenflächig hergestellt werden, sodass ein guter Wärmeübergang zwischen dem leistungselektronischen Bauteil und der pulvermetallurgisch hergestellten Kühlvorrichtung gewährleistet werden kann.

Entsprechend einer weiterführenden Maßnahme kann vorgesehen sein, dass zum stoffschlüssigen Fügen eine Laserstrahl-Schweißvorrichtung eingesetzt wird, mit

welcher eine Kehlnaht zwischen einer umlaufenden Seitenfläche der Kühlvorrichtung und dem Gießbauteil hergestellt wird. Dadurch ist eine prozesssichere Großserienfertigung erzielbar und eine zuverlässig dichtende Verbindung zwischen der Kühlvorrichtung und dem Gießbauteil erzielbar. Toleranzen bzw. variierende Spaltmaße haben dadurch kaum bzw. relativ wenig Einfluss auf die Qualität der Schweißverbindung.

Zweckmäßig kann es auch sein, wenn die Umformung des Vorformlings zur Kühlvorrichtung in mehreren Umformschritten durchgeführt wird. Dadurch kann eine hohe Qualität bzw. Maßgenauigkeit der Kühlvorrichtung erzielt werden, wodurch der stoffschlüssige Fügevorgang zur Schaffung der Kühlanordnung prozesssicher ausgeführt werden kann. Darüber hinaus sind bei Verwendung von schrittweise angepassten, jeweils unterschiedlich geformten Formwerkzeugen niedrige Maximum-Pressdrücke erzielbar und kann folglich eine energieeffiziente, ressourcenschonende Fertigung erreicht werden.

Die Kühlvorsprünge an der zweiten Oberfläche des Basisabschnitts können zylinder- oder kegelförmig ausgebildet sein. Solche Kühlvorsprünge sind relativ prozesssicher bzw. relativ wiederholgenau durch Formpressen von Sintermaterial herstellbar. Dies vor allem dann, wenn das Sintermaterial bzw. der Vorformling relativ weiche Metalle umfasst, insbesondere mehr als 97,5 Vol.-% Aluminium oder mehr als 99 Vol.-% Kupfer umfasst.

Durch eine Ausführungsform bei welcher der metallische Gießbauteil eine Kavität für ein Kühlmedium definiert oder zumindest abschnittsweise begrenzt, und die Kühlvorrichtung in einen Wandungsdurchbruch des metallischen Gießbauteils eingesetzt ist, und dieser Wandungsdurchbruch – ohne einem gesonderten Dichtungselement – durch die Kühlvorrichtung flüssigkeitsdicht verschlossen ist, kann eine leistungsfähige und dennoch möglichst kostengünstige sowie ressourcenschonende Kühlanordnung geschaffen werden.

Eine leistungsfähige, robuste und zugleich ressourcenschonende bzw. gewichtsoptimierte, insbesondere leichtgewichtige, Kühlanordnung kann weiters geschaffen werden, indem die Kühlvorrichtung an ihrem Außenumfang einen Stufenfalz

aufweist, welcher an Begrenzungsabschnitten eines Wanddurchbruches des metallischen Gießbauteils lastübertragend und wärmeleitend anliegt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Gießbauteil ein Aluminium-Druckgussbauteil sein und der Sinterwerkstoff der Kühlvorrichtung überwiegend Aluminium oder überwiegend Kupfer umfassen. Mit dieser Bauteilpaarung können vorteilhafte Wechselwirkungen in Bezug auf Kühlleistung, Kosteneffizienz und Herstellbarkeit erzielt werden.

Weiters kann vorgesehen sein, dass zumindest einzelne der Kühlvorsprünge in ihrem vom Basisabschnitt abgewandten Kopfabschnitt eine höhere Dichte aufweisen, als die restlichen Kühlvorsprünge und/oder dass zumindest einzelne der Kühlvorsprünge im Kopfabschnitt eine andere Form aufweisen als die restlichen Kühlvorsprünge. Eine Höhenkalibrierung bzw. Höheneinstellung der Kühlvorsprünge ist mittels einem kraftbeaufschlagten Formwerkzeug effizient erzielbar bzw. gut umsetzbar. Es können damit Kühlvorsprünge zur Verfügung gestellt werden, die besser an den jeweiligen Einsatzbereich angepasst werden können.

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

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 eine Kühlvorrichtung mit zu kühlendem Bauteil in Seitenansicht;
- Fig. 2 eine Kühlvorrichtung in Schrägansicht;
- Fig. 3 eine Ausführungsvariante eines Vorformlings;
- Fig. 4 eine Ausführungsvariante eines Werkzeugs zur Herstellung der Kühlvorrichtung;
- Fig. 5 eine Ausführungsform der mehrteiligen, einstückigen Kühlanordnung in Schnittdarstellung;

Fig. 6 eine weitere Ausführungsform der mehrteiligen, einstückigen Kühlordnung in Schnittdarstellung;

Fig. 7 einen Ausschnitt aus einem Werkzeug zur Einstellung der Höhe der Kühlvorsprünge.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen 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.

In Fig. 1 ist eine Kühlvorrichtung 1 in Seitenansicht dargestellt.

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

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.

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.

Die Kühlvorrichtung 1 umfasst einen Basisabschnitt 4, der auch die Rückseite bzw. erste Oberfläche 3 der Kühlvorrichtung 1 bildet, und welcher Basisabschnitt 4 auf einer zweiten Oberfläche 5, welche der ersten Oberfläche 3 gegenüberliegt, eine Kühlstruktur aufweist bzw. ausbildet. Insbesondere bildet der beispielsweise quader- oder plattenförmige Basisabschnitt 4 der Kühlvorrichtung 1 an seiner zweiten Oberfläche 5 die Kühlstruktur aus. Die Kühlstruktur wird durch Kühlvorsprünge 6 gebildet, die über die zweite Oberfläche 5 vorragend an dem Basisabschnitt 4 angeordnet und einteilig damit 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.

Der Basisabschnitt 4 und die Kühlvorsprünge 6 sind aus einem Sinterwerkstoff hergestellt bzw. bestehen daraus. Weiter sind die Kühlvorsprünge 6 durch Umformung aus dem Basisabschnitt 4 hergestellt, insbesondere durch mechanische Umformungen aus dem Material des Basisabschnitts 4 geformt worden, vorzugsweise ohne spanabhebende Bearbeitung.

In der bevorzugten Ausführungsvariante weisen der Basisabschnitt 4 und die Kühlvorsprünge 8 eine Dichte von zumindest 98 %, insbesondere zumindest 98,5

%, vorzugsweise zumindest 99 %, der Volldichte des eingesetzten Werkstoffes auf.

Die Volldichte bezieht sich dabei auf die Dichte einer schmelzmetallurgisch hergestellten Kühlvorrichtung aus dem gleichen Werkstoff, also ein Bauteil 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.

Die Kühlvorsprünge 6 sind dafür vorgesehen, um von einem Kühlmedium, beispielsweise Wasser, umströmt zu werden, sodass die von der Kühlvorrichtung 1 aufgenommene Wärme über dieses Kühlmedium abtransportiert wird. Bevorzugt ist die Kühlvorrichtung 1 als sogenannte Pin Fin Kühlvorrichtung ausgeführt.

Die Kühlvorsprünge 6 der dargestellten Ausführungsvariante sind vorzugsweise zylindrisch oder kegelstumpfförmig ausgebildet. Sie können aber auch eine andere Form aufweisen, beispielsweise einen sonstigen in Richtung auf einen Kühlvorsprungkopf 7 sich verjüngendem Querschnitt aufweisen, beispielsweise eine pyramidenstumpfförmige Gestalt aufweisen. Gemäß einer Ausführungsvariante können mehrere oder alle Kühlvorsprünge 6 im Kopfbereich pilzförmig ausgebildet sein, wie dies in Fig. 7 strichliert angedeutet ist.

Der Querschnitt der Kühlvorsprünge 6 – bezogen auf deren Höhe 8 relativ zum Basisabschnitt 4 – kann kreisrund, oval, rautenförmig, quadratisch, in Form eines Tear Drop, etc. sein.

Weiter können alle Kühlvorsprünge 6 gleich ausgebildet sein. Es ist aber auch möglich auf einem Basisabschnitt 4 Kühlvorsprünge 6 mit unterschiedlicher Form anzuordnen bzw. zu kombinieren.

Die Kühlvorsprünge 6 können bevorzugt eine Höhe 8 über der zweiten Oberfläche 5 des Basisabschnitts 4 aufweisen, die zwischen 2,5 mm und 40 mm beträgt.

In der einfachsten Ausgestaltung der Kühlvorrichtung 1 weisen sämtliche Kühlvorsprünge 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 Kühlvorsprünge 6 eine geringere Höhe aufweist als die restlichen Kühlvorsprünge 6.

Weiter kann vorgesehen sein, dass pro dm² zweite Oberfläche zwischen 300 und 1300, insbesondere zwischen 300 und 1000, beispielsweise zwischen 300 und 750, Kühlvorsprünge 6 angeordnet bzw. ausgebildet sind. Insbesondere diese Anzahl hat sich in Hinblick auf die Herstellung der Kühlvorrichtung 1, d.h. der Umformung des Basisabschnitts 4 bzw. des Vorformlings 11 zu den Kühlvorsprüngen 6, als vorteilhaft herausgestellt, da damit Beschädigungen der Kühlvorsprünge 6 bzw. unvollständig ausgebildete Kühlvorsprünge 6 vermieden bzw. reduziert werden können.

Wie insbesondere aus Fig. 1 ersichtlich ist, kann gemäß einer Ausführungsvariante der Kühlvorrichtung 1 vorgesehen sein, dass die erste Oberfläche 3 des Basisabschnitts 4 mit einer ebenen Oberfläche ausgebildet ist. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass die erste Oberfläche 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.

Die zumindest eine Vertiefung 9 kann im Rahmen der Herstellung der Kühlvorsprünge 6 gleichzeitig mit diesen hergestellt werden. Durch Anwendung bzw. Ausbildung der zumindest einen Vertiefung 9 an der ersten Oberfläche 3 ist es auch möglich, Kühlvorsprünge 6 herzustellen, deren Höhe 8 größer ist als jene der restlichen Kühlvorsprünge 6.

Wie aus Fig. 2 erkannt werden kann, kann die Kühlvorrichtung 1 auf der zweiten Oberfläche 5 des Basisabschnitts 4 zumindest ein weiteres als Erhebung ausgeführtes 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 Kühlvorsprünge 6 liegt. Das Strukturelement 10 kann also eine größere Höhe aufweisen als die Kühlvorsprünge 6. Es ist aber auch möglich, dass das zumindest eine Strukturelement 10 eine geringere oder die gleiche Höhe aufweist, wie die Kühlvorsprünge 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.

Das Strukturelement 10 kann z.B. für eine Verschraubung, als Versteifung oder als Abstandhalter oder als Anschlag vorgesehen sein.

Das Strukturelement 10 ist bevorzugt nicht mechanisch nachbearbeitet, sondern wird in net shape Qualität oder near net shape Qualität beim Pressen eines Vorformlings 11 für die Herstellung der Kühlvorrichtung 1 mitgepresst bzw. pulvermetallurgisch hergestellt. Das Strukturelement 10 bzw. die Strukturelemente 10 sind daher – ebenso wie die Kühlvorsprünge 6 – bevorzugt einteilig bzw. integral mit dem Basisabschnitt 4 ausgebildet.

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, welches Kupfer- oder Aluminiumpulver enthält.

Die Herstellung der Kühlvorrichtung 1 erfolgt auf pulvermetallurgischem Weg nach einem pulvermetallurgischen 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 90 % und 96 %, der Volldichte des Materials auf.

Der Grünling kann in der Folge bei üblichen Temperaturen entwachst 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.

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.

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

Nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die zweite 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 Umfanges 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.

Die verringerte Dicke 12 in zumindest einem Randabschnitt 13 kann auch an der fertigen Kühlvorrichtung 1 als Schulter bzw. Stufenfalz 25 noch vorhanden sein, wie dies aus Fig. 2 oder aus Fig. 6 zu ersehen ist.

Andere Formen der zweiten Oberfläche 5 des Vorformlings 11 sind in Hinblick auf eine verbesserte Umformbarkeit des Vorformlings 11 möglich. So können bereits

erste Pin Fin Ansätze bzw. Kühlvorsprungsansätze (kreisrund, oval, ellipsenförmig, tropfen- bzw. warzenförmig, etc.) mit einer Höhe zwischen 0,1 mm und 2,0 mm am Vorformling 11 vorgeformt werden bzw. sein. Zusätzlich können in die zweite Oberfläche 5 des Vorformlings 11 bewusst Strukturen eingebracht werden (Wellen, Rippen, etc.) um gegebenenfalls Verwirbelungen eines vorbeiströmenden Kühlmediums zu erhöhen.

Der Vorformling 11 kann in weiterer Folge nachverdichtet werden. Bevorzugt erfolgt die Nachverdichtung aber gleichzeitig mit der Umformung des Vorformlings 11 zur Kühlvorrichtung 1 mit den Kühlvorsprüngen 6.

Die Umformung des Vorformlings 11 zur Schaffung der Kühlstruktur mit der Mehrzahl an Kühlvorsprüngen 6 erfolgt in einem Formwerkzeug 15. Dazu wird der Vorformling 11 in das Formwerkzeug 15 eingelegt oder an dieses angelegt. Im einfachsten Fall umfasst das Formwerkzeug 15 eine Lochplatte 16. 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 Kühlvorsprünge 6 gebildet werden. Der Rest des Materials des Vorformlings 11, der nicht in oder durch die Ausnehmungen 17 des Formwerkzeugs 15 gedrückt wird, bildet den Basisabschnitt 4 der Kühlvorrichtung 1 aus.

Die Ausnehmungen 17, d.h. deren Querschnitte, sind an die Querschnitte der herzustellenden Kühlvorsprünge 6 entsprechend angepasst.

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.

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

Für die Umformung kann an die erste Oberfläche 3 des Vorformlings 11, die auch die erste Oberfläche 3 des Basisabschnitts 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. Alternativ 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.

Es kann vorgesehen sein, dass die Umformung des Vorformlings 11 in die Kühlstruktur bzw. in die Kühlvorrichtung 1 mehrstufig ausgeführt wird, also in zwei oder mehreren Schritten durchgeführt wird. Beispielsweise kann das Umformverfahren zwei oder mehr Umformschritte umfassen, bis die Kühlvorsprünge 6 ausgebildet sind. Insbesondere können drei oder vier oder fünf, etc., Umformschritte mit gleichen oder phasenweise unterschiedlichen Formwerkzeugen 15 vorgesehen sein, um die Kühlvorsprünge 6 herzustellen.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass mit der mehrstufigen Umformung die Umformung des Vorformlings 11 in die Kühlvorsprünge 6 gemeint ist, und nicht andere Umformungen, die gegebenenfalls auch durchgeführt werden, wie beispielsweise das Kalibrieren der Kühlvorsprünge 6, wie dies nachstehend noch ausgeführt wird.

Die mehrstufige Umformung kann in den einzelnen Umformschritten mit zumindest annähernd gleichbleibenden Umformgraden durchgeführt werden. Beispielsweise können die Kühlvorsprünge 6 in jedem der Umformschritte zumindest annähernd die gleiche Höhenänderung erfahren. Es ist aber auch möglich, dass sich die Umformgrade in den einzelnen Umformschritten voneinander unterscheiden. Beispielsweise kann die Höhenänderung der Kühlvorsprünge 6 in einem ersten Umformschritt größer sein als in einem nachfolgendem Umformschritt, oder kann umgekehrt die Höhenänderung der Kühlvorsprünge 6 in einem ersten Umformschritt kleiner sein als in einem nachfolgenden Umformschritt.

Die Parameter für die Umformung können in den einzelnen Umformschritten gleich oder unterschiedlich sein. Beispielsweise kann in einem ersten Umformschritt der auf den Vorformling 11 ausgeübte Druck größer sein, als in einem nachfolgenden Umformschritt. Die Parameter für die Umformung können in den einzelnen Umformschritten aus den voranstehend genannten Bereichen ausgewählt sein.

Im Falle eines zwei- oder mehrstufigen Umformverfahrens zur Ausbildung der Kühlvorsprünge 6 können in einem ersten Umformschritt aus dem Vorformling 11 mit dem Formwerkzeug 15, beispielsweise der angesprochenen Lochplatte 16, die Kühlvorsprünge 6 mit einer ersten Teilhöhe ausgebildet werden. Die erste Teilhöhe ist kleiner als die Höhe 8 der Kühlvorsprünge 6 nach dem zweiten Umformschritt. Die erste Teilhöhe kann beispielsweise im Bereich zwischen 20 % und 80 % der Höhe 8 betragen.

Nach der Formgebung, d.h. der Umformung des Vorformlings 11, kann die Kühlvorrichtung 1 fertig sein. Es besteht aber auch die Möglichkeit einer Nachbearbeitung der Kühlvorrichtung 1, insbesondere einer Kalibrierung der Kühlvorrichtung 1, wie dies nachfolgend noch beschrieben wird.

Die aus metallischem Sintermaterial gebildete, durch ein pulvermetallurgisches Verfahren hergestellte Kühlvorrichtung 1 wird in weiterer Folge an ein metallisches Gießbauteil 19 stoffschlüssig angefügt, wie dies in Fig. 5 oder 6 schematisch veranschaulicht ist. Dieser Gießbauteil 19 kann ein Druckgussbauteil aus Aluminium bzw. aus einer Aluminium-Legierung sein. Der Gießbauteil 19 kann ein Gehäuseteil, beispielsweise in einem Antriebsstrang, oder Teil einer Tragstruktur, beispielsweise einer Tragplattform, sein. Die stoffschlüssige Fugestelle zwischen dem gesinterten und umgeformten Kühlkörper 1 und dem Gießbauteil 19 ist durch Schweißen, insbesondere Laserschweißen, oder durch Löten gebildet. Dadurch wird eine mehrteilige, einstückig zusammengefügte Kühlanordnung 20 für leistungselektronische Bauteile 2 geschaffen.

Der Fügeprozess mit dem Gießbauteil 19 kann erfolgen, nachdem die Kühlvorrichtung 1 abschließend gefertigt, insbesondere endgültig geformt worden ist.

Gemäß der Ausführungsform nach Fig. 5 ist die Kühlvorrichtung 1 mittels ihrer Schmal- oder Seitenflächen 21, welche sich zwischen der ersten und zweiten Oberfläche 3, 5 erstrecken, durch eine Schweißnaht 22 oder alternativ durch Lötmaterial mit dem Gießbauteil 19 stoffschlüssig verbunden. Die Schweißnaht 22 kann durch einen Schweißdrahtwerkstoff gebildet sein.

Bevorzugt ist die Schweißnaht 22 ausschließlich durch partielles Aufschmelzen des Materials des Gießbauteils 19 und durch partielles Aufschmelzen des Materials der Kühlvorrichtung 1 gebildet, also ohne Zugabe eines Schweißwerkstoffes, wie dies in Fig. 6 dargestellt ist.

Der Gießbauteil 19 kann eine Kavität 23 für ein Kühlmedium definieren, insbesondere räumlich begrenzen. Die Kavität 23 kann ein insbesondere zirkulierendes Kühlmedium, beispielsweise Öl oder Wasser, definiert führen.

In dem Gießbauteil 19 kann ein Wandungsdurchbruch 24 ausgebildet sein. Dieser Wandungsdurchbruch 24 ist derart dimensioniert, dass er durch die darin eingesetzte Kühlvorrichtung 1 und durch die Schweißnaht 22 flüssigkeitsdicht verschlossen wird. Die Fugestelle zwischen dem Kühlkörper 1 und dem Gießbauteil 19 ist ohne zusätzliches Dichtungselement ausgeführt, insbesondere nur durch die Schweißnaht 22 flüssigkeitsdicht ausgeführt. Dementsprechend wird die Kühlvorrichtung 1 mit dem Gießbauteil 19 abdichtend verschweißt oder abdichtend verlötet, um die Kühlanordnung 20 auszubilden. Die Verbindung zwischen der gesinter- und formgepressten Kühlvorrichtung 1 und dem Gießbauteil 19 ist insbesondere schrauben- und dichtungslos umgesetzt, wodurch eine kostengünstige Fertigung für eine leistungsstarke Kühlanordnung 20 erzielt werden kann.

Die Kühlvorrichtung 1 kann – wie in den Fig. 2 und 6 beispielhaft veranschaulicht – an ihrem Außenumfang einen Stufenfalz 25, insbesondere einen einfachen Falz aufweisen, und demgemäß eine sogenannte Schulter ausbilden. Der Stufenfalz 25 kann an Begrenzungsabschnitten des Wanddurchbruches 24 des metallischen Gießbauteils 19 lastübertragend und wärmeleitend anliegen. In Begrenzungsabschnitten 26 des Wanddurchbruches 24 und im Stufenfalz 25 der Kühlvorrichtung 1 können zueinander planparallele Anlageflächen 27, 28 ausgebildet sein, welche

sich im gefügten Zustand der Kühlvorrichtung 1 und des Gießbauteils 19 kontaktieren.

Der Begrenzungsabschnitt 26 rings um den Wanddurchbruch 24 kann spanabhebend bearbeitet sein, beispielsweise plangefräst sein, um die Anlagefläche 27 für die Kühlvorrichtung 1 mit ausreichender Planheit auszubilden. Dadurch kann eine gute Wärmeübertragung zwischen der Kühlvorrichtung 1 und dem Gießbauteil 19 sowie eine zuverlässige Dichtheit der Schweiß- oder Löt-Fügestelle erreicht werden. Die spanabhebende Bearbeitung des Gießbauteils 19 kann, wie in Fig. 6 ersichtlich ist, zu einem Absatz bzw. Stufenfalz führen oder auch als auslaufende, nicht abgestufte Anlagefläche 27 ausgeführt sein.

Die vorzugsweise umlaufend und unterbrechungsfrei um die Kühlvorrichtung 1 bzw. entlang des Wanddurchbruches 24 ausgeführte Schweißnaht 22 kann durch eine Laserstrahl-Schweißvorrichtung 29 hergestellt sein. Die Schweißnaht 22 kann als Kehlnaht 30 zwischen einer umfänglichen Seitenfläche 21 der Kühlvorrichtung 1 und der Anlagefläche 27 am Gießbauteil 19 ausgeführt sein. Dadurch ist eine prozessstabile und zeitoptimierte Fertigung sowie eine zuverlässige Dichtheit ohne Erfordernis eines gesonderten Dichtungselementes erzielbar.

Der Gießbauteil 19 kann ein Aluminium-Druckgussbauteil sein und der Sinterwerkstoff der Kühlvorrichtung 1 kann überwiegend Aluminium oder überwiegend Kupfer umfassen. Der Anteil an reinem Aluminium oder reinem Kupfer in der Kühlvorrichtung 1 kann durch die Ausführung als pulvermetallurgisch hergestelltes Bauteil besonders hoch sein, insbesondere mehr als 97,5 Volums-% Aluminium respektive mehr als 99 Volums-% Kupfer der insgesamt in der Kühlvorrichtung 1 vorhandenen Materialien betragen. Durch den hohen metallischen Reinheitsgrad der gesinterten und formgepressten Kühlvorrichtung 1, insbesondere in Bezug auf dessen Aluminium- oder Kupfer-Anteile, kann eine relativ hohe Wärmeleitfähigkeit bzw. eine relativ hohe Kühlleistung der pulvermetallurgisch hergestellten Kühlvorrichtung 1 im Vergleich zu strangextrudierten oder im Gießverfahren hergestellten Kühlkörpern erzielt werden.

Vom Basisabschnitt 4 abgewandte Endabschnitte der Kühlvorsprünge 6 können in die Kavität 23 des metallischen Gießbauteils 19 hineinragen, sodass sie von einem in der Kavität 23 befindlichen Kühlmedium umspülbar sind. Auf der von den Kühlvorsprüngen 6 abgewandten ersten Oberfläche 3 des Basisabschnitts 4 kann das leistungselektronische Bauteil 2 befestigt sein, welches somit von der Kavität 23 flüssigkeitsdicht abgegrenzt ist, mit diesem Kühlmedium jedoch in wärmeleitender Verbindung steht.

Wie in Fig. 7 veranschaulicht, kann vorgesehen sein, dass die Kühlvorrichtung 1 nach der Formgebung durch das wenigstens eine Formwerkzeug 15 (Fig. 4), d.h. nach der Umformung des Vorformlings 11, kalibriert wird. 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 die Kühlstruktur, insbesondere werden zumindest einzelne der Kühlvorsprünge 6, einem Druck auf die jeweilige(n) Oberfläche(n) ausgesetzt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante kann eine Höhenkalibrierung der Kühlvorsprünge 6 vorgenommen werden, wie dies in Fig. 7 dargestellt ist. Dabei kann mit einem Kalibrierwerkzeug 31, das beispielsweise plattenförmig bzw. stempelförmig ausgebildet sein kann, von oben auf die Kühlvorsprungköpfe 7 gedrückt werden. Die Kühlvorrichtung 1 kann während dieses Vorgangs in einem Halteelement, wie beispielsweise einer Matrize, gehalten werden. Die Höhenabweichung nach den mehreren Umformschritten kann beispielsweise in Richtung auf den Mittelabschnitt 14 der Kühlvorrichtung 1 (siehe Fig. 3) abnehmend verlaufen, bis ein tolerierbarer Toleranzbereich der Höhendifferenz bzw. der Höhen 8 der Kühlvorsprünge 6 erreicht ist. Sofern nicht bereits ein Teil dieser Höhendifferenz 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.

Das Kalibrierwerkzeug 31 kann auch Formholräume aufweisen, in denen die Kühlvorsprünge 6 während des Kalibrierens zumindest teilweise aufgenommen sind.

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

Nach einer Ausführungsvariante kann auch vorgesehen sein, dass die Höhen 8 der Kühlvorsprünge 6 durch das Verdrücken von Material aus dem Kopfbereich der Kühlvorsprünge 6 (den Kühlvorsprungköpfen 7) in einen Bereich 32 neben oder unterhalb des Kopfbereichs der Kühlvorsprünge 6 eingestellt werden. Dies ist in Fig. 7 übertrieben dargestellt. Zum Verdrücken kann ein einfaches Plattenwerkzeug, insbesondere das voranstehend genannte Kalibrierwerkzeug 31, verwendet werden, das gegen die Kühlvorsprünge 6 gedrückt wird.

Für das Kalibrieren bzw. Verdrücken von Material kann es von Vorteil sein, wenn die Kühlvorsprünge 6 nach dem Umformen eine Höhendifferenz 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.

Mit dem Kalibrieren kann eine spanende Bearbeitung der Kühlvorsprünge 6 zur Reduktion der Höhentoleranz der Kühlvorsprünge 6 vermieden werden. Durch die Art der Reduktion der Höhentoleranz können teilweise pilzförmig oder (geringfügig) ausgebauchte Kühlvorsprünge 6 entstehen, die in Hinblick auf die Strömung eines die Kühlvorsprünge 6 umströmenden Kühlmediums und damit in Bezug auf 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 Kühlvorsprünge 6 reduziert bzw. beseitigt werden.

Wie voranstehend ausgeführt, kann die Kühlvorrichtung 1 auch Kühlvorsprünge 6 mit einer zueinander unterschiedlichen Höhe 8 aufweisen. Um auch in diesem Fall eine Höhenkalibrierung durchführen zu können, kann das Kalibrierwerkzeug 31 entsprechend dem gewünschten Höhenverlauf der Kühlvorsprünge 6 ausgebildet sein, beispielsweise gestuft ausgeführt sein.

Zum Ausbilden von bestimmten Formen der Kühlvorsprünge 6 kann auch eine entsprechend ausgebildetes Kalibrierwerkzeug 31 eingesetzt werden. Dazu kann das Kalibrierwerkzeug 31 eine Gegenkontur aufweisen, um beispielsweise die Köpfe der Kühlvorsprünge 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.

Für den Fall, dass unterschiedlich hohe Kühlvorsprünge 6 ausgebildet sind, kann auch ein gestuftes Kalibrierwerkzeug 31 verwendet werden.

Es kann mit dem Verfahren eine Kühlvorrichtung 1 zum Kühlen von Bauteilen 2 hergestellt werden, die einen Basisabschnitt 4 mit einer ersten Oberfläche 3, und eine Kühlvorsprünge 6 aufweisenden Kühlstruktur aufweist, welche Kühlstruktur eine zweite Oberfläche 5 auf dem Basisabschnitt 4 überragt. Zumindest einzelne der Kühlvorsprünge 6 können im Kopfbereich eine höhere Dichte aufweisen, als die restlichen Kühlvorsprünge 6 und/oder zumindest einzelne der Kühlvorsprünge 6 können im Kopfbereich eine andere Form aufweisen als die restlichen Kühlvorsprünge 6.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenliste

1	Kühlvorrichtung	30	Kehlnaht
2	Bauteil (leistungselektronisch)	31	Kalibrierwerkzeug
3	erste Oberfläche	32	Bereich
4	Basisabschnitt		
5	zweite Oberfläche		
6	Kühlvorsprünge		
7	Kühlvorsprungkopf		
8	Höhe		
9	Vertiefung		
10	Strukturelement		
11	Vorformling		
12	Dicke		
13	Randabschnitt		
14	Mittenabschnitt		
15	Formwerkzeug		
16	Lochplatte		
17	Ausnehmungen		
18	Stempel		
19	Gießbauteil		
20	Kühlanordnung		
21	Seitenflächen		
22	Schweißnaht		
23	Kavität		
24	Wandungsdurchbruch		
25	Stufenfalz		
26	Begrenzungsabschnitte		
27	Anlagefläche		
28	Anlagefläche		
29	Laserstrahl-Schweißvorrichtung		

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Herstellung einer Kühlanordnung (20) für leistungselektronische Bauteile (2), umfassend die Schritte
 - Bereitstellung eines pulvermetallurgischen Werkstoffs und Formen oder Pressen des Werkstoffs zu einem Grünling,
 - Sintern des Grünlings zu einem Vorformling (11),
 - Umformen des Vorformlings (11) zu einer Kühlvorrichtung (1) mit oberflächenvergrößerter Kühlstruktur, welche Kühlstruktur eine Mehrzahl von Kühlvorsprüngen (6) umfasst, welche Kühlvorsprünge (6) mittels einem druckbeaufschlagbaren Formwerkzeug (15) geformt werden, indem ein Teilabschnitt des Vorformlings (11) in formgebende Ausnehmungen (17) des Formwerkzeuges (15) gedrückt wird und dabei ein Basisabschnitt (4) verbleibt, welcher Basisabschnitt (4) die einzelnen Kühlvorsprünge (6) verbindet, und
 - stoffschlüssiges Fügen der Kühlvorrichtung (1) an ein metallisches Gießbauteil (19) durch Schweißen, insbesondere Laserschweißen, oder Löten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorsprünge (6) mittels der Ausnehmungen (17) im Formwerkzeug (15) zylinder- oder kegelförmig geformt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch das metallische Gießbauteil (19) eine Kavität (23) für ein Kühlmedium definiert oder zumindest abschnittsweise begrenzt wird, und dass die Kühlvorrichtung (1) in einen Wandungsdurchbruch (24) des metallischen Gießbauteils (19) eingesetzt wird und dieser Wandungsdurchbruch (24) – ohne einem gesonderten Dichtungselement – durch die Kühlvorrichtung (1) flüssigkeitsdicht verschlossen wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (1) an ihrem Außenumfang einen durch

Umformen mit dem genannten Formwerkzeug (15) oder mit einem weiteren Formwerkzeug hergestellten Stufenfalz (25) aufweist, welcher zur Anlage an Begrenzungsabschnitten (26) eines Wanddurchbruches (24) des metallischen Gießbauteils (19) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Begrenzungsabschnitte (26) des Wanddurchbruches (24) vor dem stoffschlüssigen Fügen mit der Kühlvorrichtung (1) spanabhebend bearbeitet werden, sodass eine ebene Anlagefläche (27) für die Kühlvorrichtung (1) geschaffen wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vom Basisabschnitt (4) abgewandte Endabschnitte der Kühlvorsprünge (6) in eine Kavität (23) des metallischen Gießbauteils (19) hineinragen, und dass auf der von den Kühlvorsprüngen (6) abgewandten ersten Oberfläche (3) des Basisabschnitts (4) das leistungselektronische Bauteil (2) befestigt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum stoffschlüssigen Fügen eine Laserstrahl-Schweißvorrichtung (29) eingesetzt wird, mit welcher eine Kehlnaht (30) zwischen einer umlaufenden Seitenfläche (21) der Kühlvorrichtung (1) und dem Gießbauteil (19) hergestellt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umformung des Vorformlings (11) zur Kühlvorrichtung (1) in mehreren Umformschritten durchgeführt wird.

9. Kühlanordnung (20) zum Kühlen von leistungselektronischen Bauteilen (2), umfassend eine Kühlvorrichtung (1) als Montageplattform für wenigstens ein leistungselektronisches Bauteil (2), welche Kühlvorrichtung (1) weiters an einem metallischen Bauteil befestigt ist, wobei die Kühlvorrichtung (1) eine erste Oberfläche (3) an ihrem Basisabschnitt (4) zur Montage des wenigstens einen

leistungselektronischen Bauteils (2) aufweist und eine zur ersten Oberfläche (3) gegenüberliegende zweite Oberfläche (5) des Basisabschnitts (4) mit einer Kühlvorsprünge (6) aufweisenden Kühlstruktur versehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Basisabschnitt (4) und die Kühlvorsprünge (6) aus einem Sinterwerkstoff bestehen, dass die Kühlvorsprünge (6) durch Umformung aus dem Werkstoff des Basisabschnitts (3) hergestellt sind, dass das metallische Bauteil ein Gießbauteil (19) ist, und dass der Basisabschnitt (4) der Kühlvorrichtung (1) durch Schweißen, insbesondere Laserschweißen, oder durch Lötensstoffschlüssig an das metallische Gießbauteil (19) gefügt ist und durch das genannte stoffschlüssige Fügen zugleich eine flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen der Kühlvorrichtung (1) und dem Gießbauteil (19) aufgebaut ist.

10. Kühlanordnung (20) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorsprünge (6) an der zweiten Oberfläche (5) des Basisabschnitts (4) zylinder- oder kegelförmig ausgebildet sind.

11. Kühlanordnung (20) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der metallische Gießbauteil (19) eine Kavität (23) für ein Kühlmedium definiert oder zumindest abschnittsweise begrenzt, dass die Kühlvorrichtung (1) in einen Wandungsdurchbruch (24) des metallischen Gießbauteils (19) eingesetzt ist, und dass dieser Wandungsdurchbruch (24) – ohne einem gesonderten Dichtungselement – durch die Kühlvorrichtung (1) flüssigkeitsdicht verschlossen ist.

12. Kühlanordnung (20) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (1) an ihrem Außenumfang einen Stufenfalz (25) aufweist, welcher an Begrenzungsabschnitten (26) eines Wanddurchbruches (24) des metallischen Gießbauteils (19) lastübertragend und wärmeleitend anliegt.

13. Kühlanordnung (20) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Gießbauteil (19) ein Aluminium-Druckgussbauteil ist und

dass der Sinterwerkstoff der Kühlvorrichtung (1) überwiegend Aluminium oder überwiegend Kupfer umfasst.

14. Kühlanordnung (20) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einzelne der Kühlvorsprünge (6) in ihrem vom Basisabschnitt (4) abgewandten Kopfabschnitt eine höhere Dichte aufweisen, als die restlichen Kühlvorsprünge (6) und/oder dass zumindest einzelne der Kühlvorsprünge (6) im Kopfabschnitt eine andere Form aufweisen als die restlichen Kühlvorsprünge (6).

Fig.1

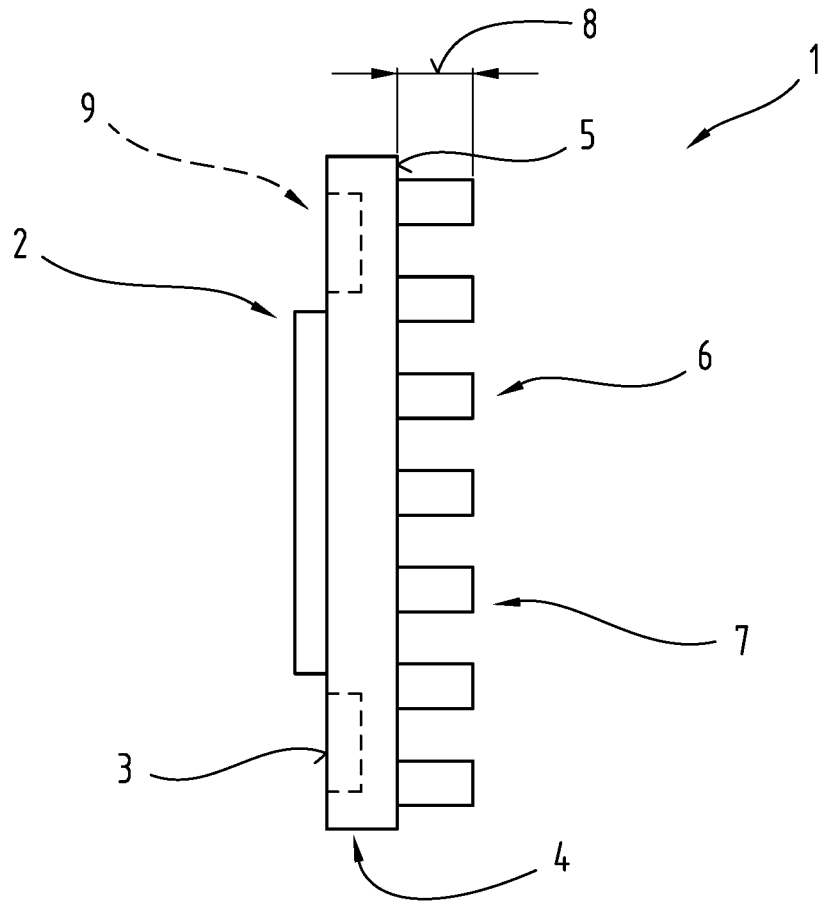


Fig.2

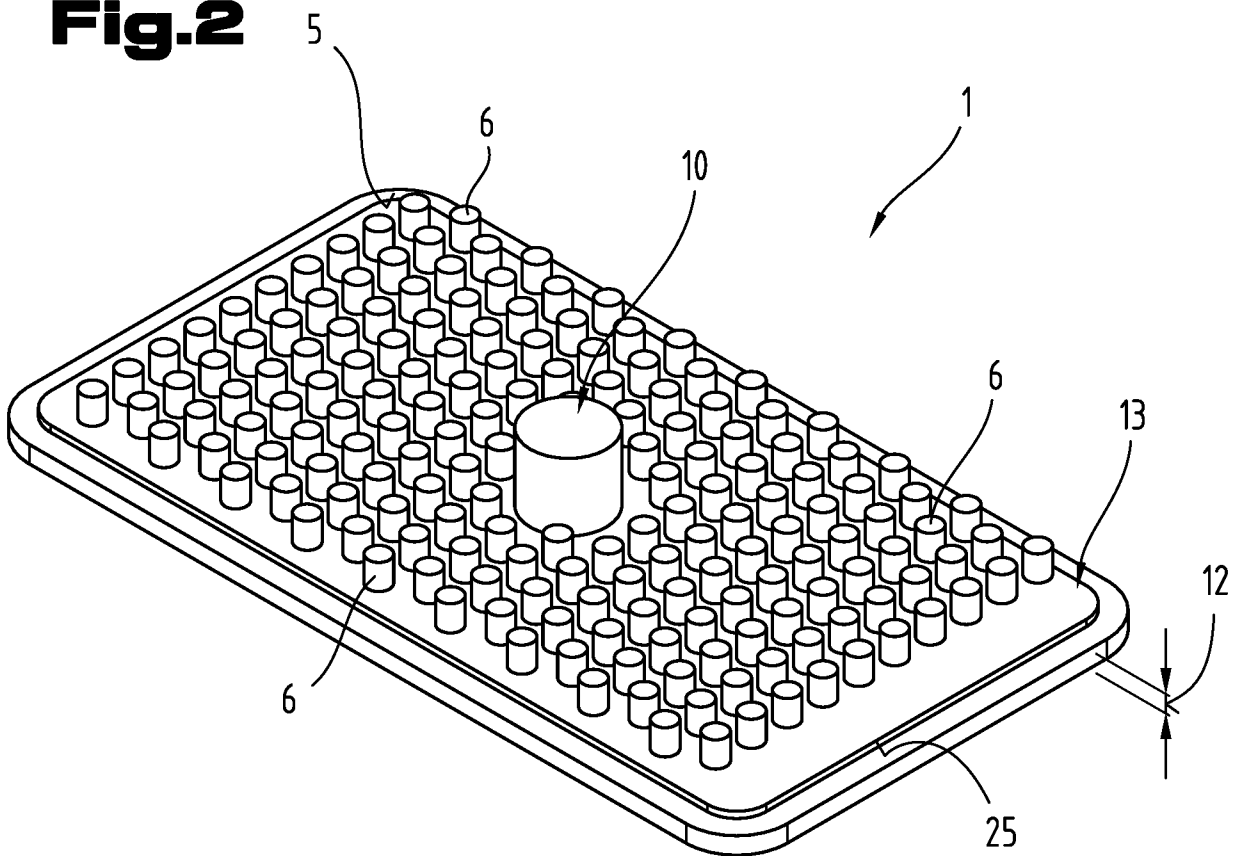


Fig.3

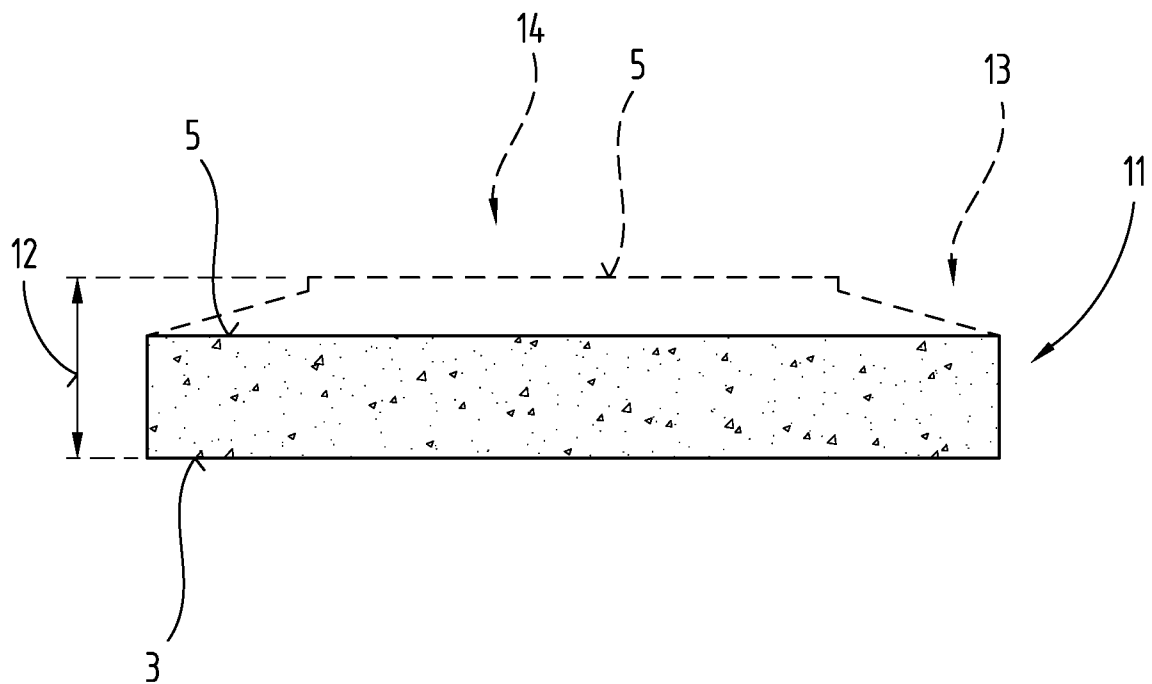


Fig.4

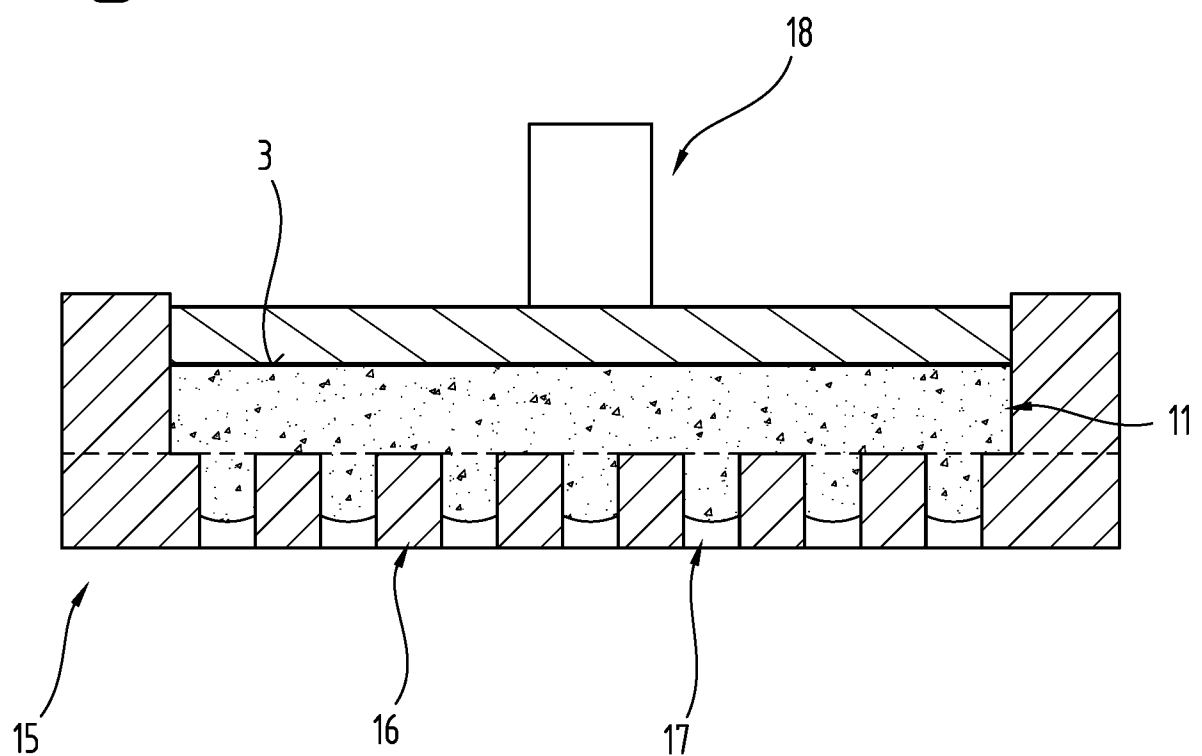


Fig.5

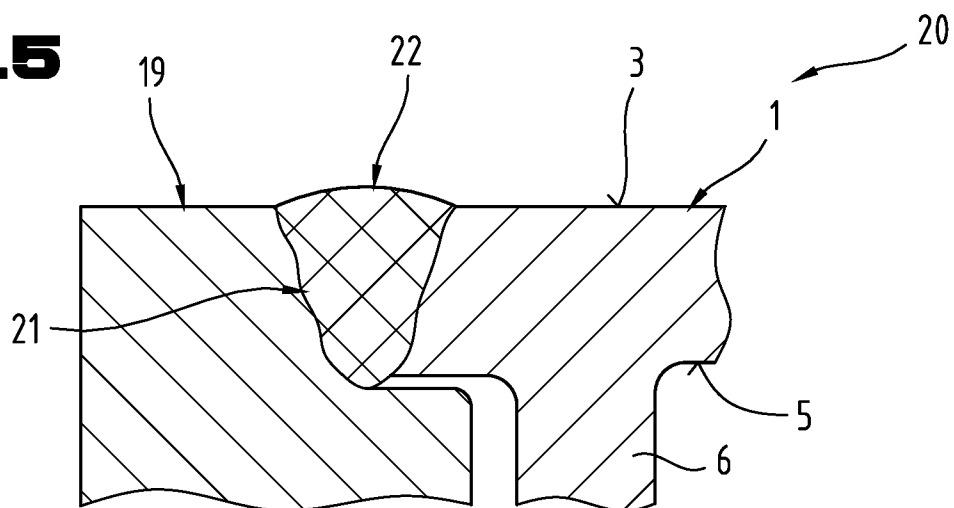


Fig.6

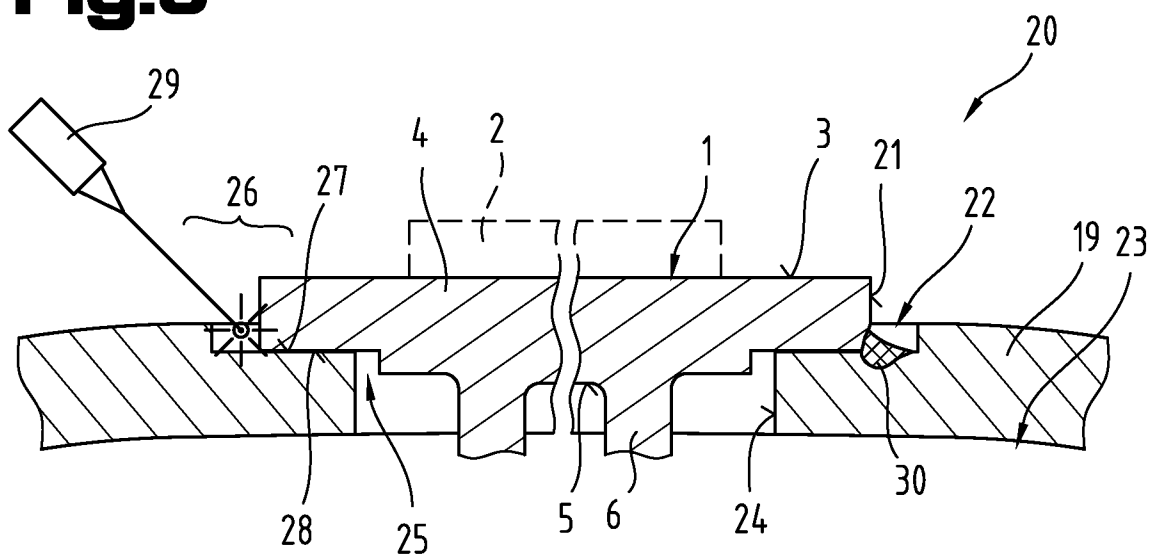


Fig.7

