

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50872/2020
(22) Anmeldetag: 09.10.2020
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2022

(51) Int. Cl.: **F28D 15/02** (2006.01)
F28D 15/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2005022976 A1
US 2004211549 A1
US 4274479 A

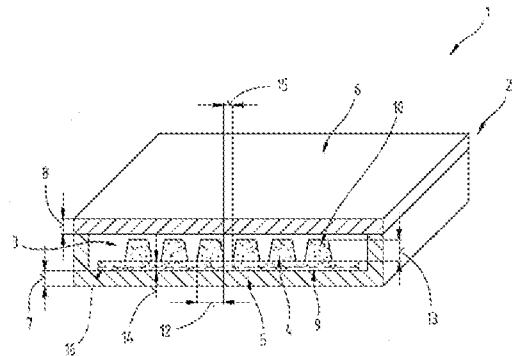
(71) Patentanmelder:
Miba Sinter Austria GmbH
4663 Laakirchen (AT)

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

(54) **Wärmetransportvorrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Wärmetransportvorrichtung (1) umfassend eine Hülle (2), die einen Innenraum (3) bildet, in dem ein Arbeitsmedium und ein Verdampfungselement (4) mit Strukturelementen (10) oder mehrere Verdampfungselemente (4) mit Strukturelementen (10) zur Überführung zumindest eines Teils des Arbeitsmediums vom flüssigen in den gasförmigen Zustand enthalten sind, wobei das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) eine Porosität aufweist oder aufweisen, und mit der Hülle (2) verbunden ist oder verbunden sind.

Das Verdampfungselement (4) ist oder die Verdampfungselemente (4) sind pulvermetallurgisch oder mittels 3D-Druck gesondert von der Hülle hergestellt.



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

Die Erfindung betrifft eine Wärmetransportvorrichtung (1) umfassend eine Hülle (2), die einen Innenraum (3) bildet, in dem ein Arbeitsmedium und ein Verdampfungselement (4) mit Strukturelementen (10) oder mehrere Verdampfungselemente (4) mit Strukturelementen (10) zur Überführung zumindest eines Teils des Arbeitsmediums vom flüssigen in den gasförmigen Zustand enthalten sind, wobei das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) eine Porosität aufweist oder aufweisen, und mit der Hülle (2) verbunden ist oder verbunden sind.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Wärmetransportvorrichtung umfassend eine Hülle, die einen Innenraum bildet, in dem ein Arbeitsmedium und ein oder mehrere Verdampfungselement(e) mit, insbesondere noppenförmigen, Strukturelementen zur Überführung zumindest eines Teils des Arbeitsmediums vom flüssigen in den gasförmigen Zustand enthalten sind, wobei das Verdampfungselement eine Porosität aufweist.

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Wärmetransportvorrichtung umfassend die Schritte (nicht notwendigerweise in der angegebenen Reihenfolge): Bereitstellen einer Hülle; Bereitstellen eines Verdampfungselementes oder mehrerer Verdampfungselemente mit, insbesondere noppenförmigen, Strukturelementen; Einfüllen eines Arbeitsmediums in die Hülle; druckdichtes Verschießen und Reduzierung des Druckes im Innenraum der Hülle.

Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass für die Kühlung von elektronischen Bauteilen sogenannte Heatpipes eingesetzt werden.

Eine Heatpipe (auch als Wärmerohr bezeichnet) ist vereinfacht ausgedrückt ein in sich geschlossenes System in einem im Wesentlichen rohrförmigen oder flachen Gehäuse, das in seinem Inneren ein Fluid aufweist, das sich aufgrund des herrschenden Drucks bei Betriebstemperatur nahe an seinem Siedepunkt befindet. Wird die Heatpipe in einem Teilbereich erwärmt, so geht das Fluid in die Gasphase über, um im Inneren der Heatpipe in Richtung eines kühleren Bereichs zu strömen, dort zu kondensieren und entlang der Innenwände des Gehäuses der Heatpipe in den wärmeren Bereich zurückzufließen. Bei diesem (Wärme-)Transportprozess entzieht die Heatpipe in einem Verdampfungsbereich ihrer Umgebung

Wärme und führt diese Wärme der Umgebung des Kondensationsbereichs der Heatpipe zu.

Ein derartiges Kühlsystem beschreibt beispielsweise die DE 10 2008 054 958 A1, aus der ein Temperiersystem zum Temperieren mindestens einer wiederaufladbaren Batterie eines Kraftfahrzeugs mit mindestens einer Wärmetransportvorrichtung zur thermischen Anbindung der Batterie an mindestens eine im Kraftfahrzeug angeordnete Wärmequelle und/oder Wärmesenke bekannt ist. Die Wärmetransportvorrichtung weist mindestens einen Wärmekontaktbereich zur lösbaren thermischen Kontaktierung der Batterie und mindestens eine Heatpipe zum Wärmetransport auf.

Die WO 03/019098 A1 zeigt eine plattenförmige Kühlvorrichtung zur Kühlung elektronischer Bauteile mit einer Hülle aus einer mehrschichtigen Folie, die einen Innenraum bildet, in dem ein Arbeitsmedium und ein Verdampfungselement enthalten sind. Das Verdampfungselement ist in Form eines drahtähnlichen Separators ausgebildet. Zwischen dem Verdampfungselement und der Hülle ist eine Matte aus anorganischen Fasern angeordnet.

Die US 2007/240860 A1 zeigt eine plattenförmige Kühlvorrichtung zur Kühlung elektronischer Bauteile mit einer Hülle aus einem metallisierten Kunststoff und einem einstückigen Verdampfungselement mit Strukturelementen. Zwischen dem Verdampfungselement und der Hülle ist eine Matte aus Fasern angeordnet.

Die US 2008/210407 A1 zeigt eine plattenförmige Kühlvorrichtung, umfassend eine Hülle aus zwei miteinander verbundenen flexiblen Folien, ein einstückiges Verdampfungselement aus einem polymeren Werkstoff zur Überführung des Arbeitsmediums vom flüssigen in den gasförmigen Zustand und eine Matte aus anorganischen Fasern.

Die CN 107401941 A zeigt eine plattenförmige Kühlvorrichtung zur Kühlung elektronischer Bauteile. In einer Hülle ist ein Verdampfungselement aus metallischem Schaum und eine Matte aus Fasern angeordnet.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Wärmetransportsystem, insbesondere zur Kühlung eines Bauteils, bevorzugt eines elektronischen Bauteils, zu schaffen.

Die Aufgabe wird mit der eingangs genannten Wärmetransportvorrichtung gelöst, bei der das Verdampfungselement oder die Verdampfungselement(e) mit der Hülle verbunden ist/sind.

Weiter wird die Aufgabe mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, nach dem vorgesehen ist, dass das die Verdampfungselement(e) mit der Hülle verbunden werden.

Von Vorteil ist dabei, dass durch die Verbindung des zumindest einen Verdampfungselements mit der Hülle eine bessere Wärmeübertragung vom Verdampfungselement auf die Hülle und damit letzten Endes ein verbesserter Wärmetransport bzw. eine verbesserte Kühlwirkung erreicht werden kann. Es ist damit eine relativ hohe Wärmespreizung und ein schneller Wärmeabtransport auf kleinem (engem) Raum erreichbar.

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Verdampfungselement auf der der Hülle zugewandten Seite eine Schicht mit einer im Vergleich zum restlichen Verdampfungselement geringeren Porosität aufweist. Es kann damit einer bessere Verbindbarkeit des an sich porösen Verdampfungselementes erreicht werden.

Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass für einen homogenen Wärmeabtransport im Verdampfungselement Abschnitte mit unterschiedlichen Porositäten ausgebildet sind.

Zur weiteren Verbesserung der Kühlwirkung bzw. des Wärmetransports, kann nach einer anderen Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass zumindest die, bevorzugt noppenförmigen, Strukturelemente des Verdampfungselements eine Porosität zwischen 5 % und 70 % aufweisen, womit eine entsprechend große Oberfläche für das Verdampfen des Arbeitsmediums zur Verfügung gestellt werden kann.

Ebenfalls aus dem Grund der Bereitstellung einer großen Oberfläche und damit der Verbesserung des Wärmetransports bzw. der Kühlwirkung kann entsprechend einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass zumindest 15 % des Volumens der Hülle durch das oder die Verdampfungselement(e) besetzt sind. Andererseits kann auch vorgesehen sein, dass maximal 70 % des Volumens der Hülle durch das oder die Verdampfungselement(e) besetzt sind, sodass die Dampfphase in der Wärmetransportvorrichtung noch ein entsprechend großes Volumen zur Verfügung hat und damit wiederum die Leistungsfähigkeit der Wärmetransportvorrichtung verbessert werden kann.

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann auch vorgesehen sein, dass in der Hülle mehrere unterschiedliche Verdampfungselemente angeordnet sind, womit der Wärmetransport in verschiedenen Zonen bzw. die Kühlwirkung in verschiedenen Kühlzonen unterschiedlich ausgebildet werden kann und damit eine bessere Anpassung an die Temperaturverteilung des (zu kühlenden) Gegenstandes erreichbar ist.

Zur Erhöhung der Modularität des Systems, um insbesondere damit auch ein System mit möglichst vielen Gleichteilen bei unterschiedlichen Aufgaben (Kühlaufgaben) zu erreichen, kann nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, das oder die Verdampfungselement(e) mit zumindest einer Sollbruchstelle hergestellt werden.

Die gewünschte Porosität der Verdampfungselemente kann einfach bereitgestellt werden, wenn nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen wird, dass das oder die Verdampfungselement(e) pulvermetallurgisch oder mittels 3D-Druck hergestellt wird/werden.

Unterschiedliche Porositäten können in dem zumindest einen Verdampfungselement einfach hergestellt werden, wenn nach einer weiteren Ausführungsvariante vorgesehen wird, dass das oder die Verdampfungselement(e) aus einem Pulver hergestellt wird oder werden, das Partikel mit einer Korngröße zwischen 5 μm und 500 μm aufweist. Beispielsweise kann das Pulver Partikel mit einer Korngröße

zwischen 5 μm und 100 μm und/oder Partikel mit einer Korngröße zwischen 150 μm und 300 μm aufweisen.

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

Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 eine Ausführungsvariante einer Wärmetransportvorrichtung in Schrägansicht geschnitten;
- Fig. 2 eine Mikroskopaufnahme von noppenförmigen Strukturelementen einer weiteren Ausführungsvariante der Wärmetransportvorrichtung in Draufsicht;
- Fig. 3 eine Mikroskopaufnahme von noppenförmigen Strukturelementen einer anderen Ausführungsvariante der Wärmetransportvorrichtung in Draufsicht;
- Fig. 4 einen Ausschnitt aus dem Verfahrensablauf zur Herstellung einer Wärmetransportvorrichtung;
- Fig. 5 die grafische Darstellung eines Temperaturverlaufs zur sintertechnischen Herstellung einer Wärmetransportvorrichtung.

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.

Sofern in dieser Beschreibung Angaben zu Normen enthalten sind, beziehen sich diese immer auf die am Prioritätstag gegenständlicher Anmeldung letztgültige Fassung dieser Normen, sofern nicht explizit etwas anderes angegeben ist.

In Fig. 1 ist eine erste Ausführungsvariante einer Wärmetransportvorrichtung 1, insbesondere eine Kühlvorrichtung, in Schrägansicht geschnitten dargestellt. Die Wärmetransportvorrichtung 1 umfasst eine Hülle 2, die einen Innenraum 3 bildet. Im Innenraum 3 ist zumindest ein Verdampfungselement 4 angeordnet. Weiter ist im Innenraum 3 ein nicht dargestelltes Arbeitsmedium enthalten. Das Arbeitsmedium kann beispielsweise Wasser sein. Es sind aber auch andere Flüssigkeiten oder Gase einsetzbar, solange die Bedingung erfüllt ist, dass das Arbeitsmedium während des Betriebes der Wärmetransportvorrichtung 1 zumindest teilweise verdampfen und wieder kondensieren kann, um damit die Kühlung des mit der Wärmetransportvorrichtung 1 ausgestatteten Gegenstandes zu erreichen.

Die Wärmetransportvorrichtung 1 kann insbesondere im Bereich der Industrie- und Hochleistungselektronik, wie z.B. Leistungshalbleiter, Umrichter oder Frequenzumrichter im Bereich der elektrischen Antriebstechnik, Solarwechselrichter und Umrichter für Windkraftanlagen, Schaltnetzteile, etc., eingesetzt werden. Die angeführten Beispiele derartiger Leistungselektronikbauteile sind jedoch nicht beschränkend zu verstehen. Vielmehr kann die Wärmetransportvorrichtung 1 auch in anderen Anwendungen eingesetzt werden, wie beispielsweise zur Kühlung von sekundären Energiespeicherelementen, etc.

Die Hülle 2 umfasst ein erstes Hüllenteil 5 und ein zweites Hüllenteil 6 oder besteht daraus. Das erste Hüllenteil 5 bildet insbesondere das Bodenelement der Hülle 2 und somit die Auflagefläche für das Verdampfungselement 4. Das zweite Hüllenteil 6 bildet die Abdeckung, mit der die Hülle 2 verschlossen wird.

Die Hülle 2 ist bevorzugt formstabil ausgebildet. Dazu kann die Hülle 2 insbesondere eine Eigensteifigkeit aufweisen, die diese Formstabilität ermöglicht. Mit anderen Worten ausgedrückt besteht die Hülle 2 bevorzugt nicht aus Folien, wie dies beispielsweise aus der AT 521 573 A1 bekannt ist, wenngleich dies möglich ist,

insbesondere wenn die Hülle 2 aus einer oder mehrere Metallfolie(n) hergestellt wird.

In der bevorzugten Ausführungsvariante bildet das erste Hüllenteil 5 nicht nur den Boden der Hülle 2 an sich, sondern auch die Seitenwände, sodass das zweite Hüllenteil 6 als ebene Platte ausgeführt sein kann. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass sowohl das erste Hüllenteil 5 als auch das zweite Hüllenteil 6 jeweils einen Teil der Seitenwände der Hülle bilden.

Weiter besteht bevorzugt des erste Hüllenteil 5 und vorzugsweise besteht auch das zweite Hüllenteil 6 aus einem metallischen Werkstoff mit einer Wärmeleitfähigkeit von zumindest 40 W/(m.K) , insbesondere zumindest 100 W/(m.K) , vorzugsweise zumindest 200 W/(m.K) . Insbesondere besteht das erste Hüllenteil 5 und/oder das zweite Hüllenteil 6 aus Kupfer oder Aluminium, kann aber z.B. auch als Edelstahl oder Messing, etc., bestehen.

Die beiden Hüllenteile 5, 6 werden zur Ausbildung der Wärmetransportvorrichtung 1 nach dem Einbringen des zumindest einen Verdampfungselementes 4 und dem Einbringen des Arbeitsmediums druckdicht miteinander verbunden und der Druck im Innenraum reduziert (bezogen auf den Umgebungsdruck der Wärmetransportvorrichtung 1) bzw. der Innenraum evakuiert. Die druckdichte Verbindung kann durch stoffschlüssiges Verbinden der beiden Hüllenteile 5, 6 miteinander hergestellt werden, wie beispielsweise durch Schweißen oder Löten. Es sind dafür aber auch Klebeverbindungen einsetzbar bzw. ausbildbar.

Das erste Hüllenteil 5 kann insbesondere eine Wandstärke 7 von größer $0,5 \text{ mm}$ aufweisen, beispielsweise zwischen $0,6 \text{ mm}$ und 5 mm . Das zweite Hüllenteil 6 kann insbesondere eine Wandstärke 8 von größer $0,5 \text{ mm}$ aufweisen, beispielsweise zwischen $0,6 \text{ mm}$ und 5 mm .

Das zumindest eine Verdampfungselement 4 ist plattenförmig ausgebildet und weist ein insbesondere plattenförmiges Halteelement 9 auf, auf dem mehrere noppenförmige Strukturelemente 10 angeordnet sind. Die noppenförmigen Struktu-

relemente 10 überragen dabei die Oberfläche des Halteelementes 9 in einer Richtung, also beispielsweise nach oben bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsvariante. Bevorzugt überragen die noppenförmigen Strukturelemente 10 das Halteelement 9 ausschließlich in einer Richtung.

Erläuternd sei in diesem Zusammenhang erwähnt, dass die noppenförmigen Strukturelemente 10 für sich nicht noppenförmig ausgebildet sein müssen, sondern dass die „Noppenform“ im Zusammenspiel mit dem Halteelement 9 zu sehen ist. Das Verdampfungselement 4 als gesamtes weist also die Noppenförmigkeit der Oberfläche auf.

In der bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung sind die noppenförmigen Strukturelemente 10 einstückig mit dem Halteelement 9 ausgebildet. Dazu kann das zumindest eine Verdampfungselement 4 insbesondere nach einem pulvermetallurgischem Verfahren oder mittels 3D-Druck hergestellt werden.

Das zumindest eine Verdampfungselement 4 ist mit einer Porosität ausgebildet, d.h. weist Poren 11 auf, wie dies beispielsweise aus den Fig. 2 und 3 ersichtlich ist. In diese Poren 11 kann das Arbeitsmedium eindringen, sodass die Poren 11 die zur Verfügung stehende Oberfläche des Verdampfungselementes 4 vergrößern.

Generell kann die Porosität der (noppenförmigen) Strukturelement 10 zwischen 5 %, insbesondere 10 %, und 70 % betragen. Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann die Porosität der (noppenförmigen) Strukturelement 10 zwischen 20 % und 60 % betragen. Die Porosität bezeichnet dabei das Verhältnis von Hohlraumvolumen zum Gesamtvolumen der Strukturelemente 10. Die Porosität kann beispielsweise mit einem Porosimeter oder durch die Wasserverdrängungsmethode nach Archimedes gemessen werden.

Das Halteelement 9 ist zumindest bereichsweise mit einer Porosität ausgebildet. Die entsprechenden Ausführungen zur Porosität der Strukturelemente 10 können hierauf angewendet werden.

Es ist auch möglich, dass das Halteelement 9 porenfrei bzw. als dichte Trägerschicht ausgebildet ist, z.B. aus einem Aluminiumblech besteht. Auf dieses Halteelement können poröse Noppen aufgesintert sein.

Weiter besteht die Möglichkeit, dass die Wärmetransportvorrichtung 1 kein Halteelement 9 aufweist, sondern dass die Strukturelemente direkt mit der Hülle 2 verbunden sind, beispielsweise aufgesintert oder aufgeklebt oder anderweitig verbunden sind.

Die Poren 11 der porösen noppenförmigen Strukturelemente 10 (und gegebenenfalls des Haltelements 9) können einen maximalen Durchmesser zwischen 0,5 μm und 50 μm , insbesondere zwischen 1,5 μm und 45 μm , aufweisen.

Die noppenförmigen Strukturelemente 10 sind in der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsvariante des Verdampfungselementes 4 zumindest annähernd kegeltumpfförmig, insbesondere kegeltumpfförmig, ausgebildet. Diese Strukturelemente 10 können aber auch eine andere Form aufweisen, beispielsweise eine zylinderförmige, eine pyramidenstumpfförmige, etc. Die Strukturelemente 10 können auch als Rillen, Finnen, Waben, rohrförmige Elemente, etc., ausgebildet sein. Es können auch unterschiedlich ausgestaltete Strukturelemente 10 innerhalb einer Wärmetransportvorrichtung 1 angeordnet sein.

Noppenförmige Strukturelemente 10 mit kreisförmigen Querschnitt können einen maximalen Durchmesser 12 aufweisen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,4 mm bis 75 mm, insbesondere aus einem Bereich von 1 mm bis 10 mm. Bei Strukturelementen 10 mit nichtkreisförmigen sondern polygonalem Querschnitt, kann die längste Seitenkante des Querschnitts einen Wert aufweisen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,5 mm bis 50 mm, insbesondere aus einem Bereich von 1 mm bis 10 mm.

Weiter können die noppenförmigen Strukturelemente 10 eine Höhe 13 aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,3 mm bis 30 mm, insbesondere aus einem Bereich von 1 mm bis 10 mm. Die Höhe 13 bemisst sich dabei ab der Oberfläche des Halteelementes 9. Das Halteelement 9 selbst kann eine Dicke 14 in

Richtung der Höhe 13 aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,03 mm bis 15 mm, insbesondere aus einem Bereich von 0,1 mm bis 5 mm.

Ein minimaler Abstand 15 zwischen unmittelbar benachbarten Strukturelementen 10 kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 0,5 mm bis 50 mm, insbesondere aus einem Bereich von 1 mm bis 10 mm.

Die voranstehend genannten Angaben zu den geometrischen Abmessungen der noppenförmigen Strukturelemente 10 können auch auf anders ausgebildete Strukturelemente 10 übertragen werden.

Die noppenförmigen Strukturelemente 10 können in Reihen und Spalten angeordnet sein. Sie können aber auch eine andere geometrische Anordnung auf dem Haltelemente 9 aufweisen.

Die noppenförmigen Strukturelemente 10 dienen insbesondere auch der Ausbildung eines Gasraums im Innenraum 3 der Wärmetransportvorrichtung 1.

Das Verdampfungselement 4 kann eine rechteckige Grundfläche aufweisen. Es sind aber auch andere Geometrien möglich, beispielsweise eine quadratische, eine dreieckförmige, etc.

Die porösen Strukturelemente 10 bzw. das poröse Verdampfungselement 4 wirken/wirkt an dem kapillaren Flüssigkeitstransport innerhalb der Wärmetransportvorrichtung 1 mit. Sie können als Kapillarpumpen wirken. Für den vertikalen Flüssigkeits- bzw. Wärmetransport steht das Verdampfungselement 4 mit den jeweils darunter angeordneten Lagen, insbesondere dem ersten Hüllenteil 5, der Wärmetransportvorrichtung 1 in Kontakt, insbesondere in direktem Kontakt. Dazu ist vorgesehen, dass das Verdampfungselement 4 mit der Hülle 2, insbesondere dem ersten Hüllenteil 5, verbunden ist. Bevorzugt ist das Verdampfungselement 4 bzw. sind die Strukturelemente 10 direkt (unmittelbar) mit der Hülle 2 verbunden. Die Verbindung des Verdampfungselements 4 kann über das Haltelement 9 hergestellt sein.

Die Verbindung zwischen der Hülle 2 und dem Verdampfungselement 4 bzw. den Strukturelementen 10 kann beispielsweise als Klebeverbindung bzw. generell als stoffschlüssige Verbindung ausgeführt sein. Insbesondere ist das zumindest eine Verdampfungselement 4 bzw. sind die Strukturelemente 10 thermisch an die Hülle 2 angebunden. Dazu kann für die stoffschlüssige Verbindung ein thermisch leitfähiger Hilfsstoff, wie z.B. ein Lot oder ein thermisch leitfähiger Kleber, eingesetzt werden.

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Verdampfungselement 4 auf der der Hülle 2 zugewandten Seite eine Schicht 16 mit einer im Vergleich zum restlichen Verdampfungselement 4 geringeren Porosität aufweist. Die Porosität kann dabei um einen Wert geringer sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 30 % bis 100 % der Porosität in jenem Bereich des Verdampfungselementes 4, der die höchste Porosität aufweist. Die Schicht 16 kann somit auch voll dicht ausgeführt sein, wobei zur Auffüllung der Poren 11 in dieser Schicht 16 gegebenenfalls ein Hilfsstoff verwendet wird. Dieser Hilfsstoff weist bevorzugt eine Wärmeleitfähigkeit von zumindest 40 W/(m.K), insbesondere zumindest 100 W/(m.K), auf. Der Hilfsstoff kann also beispielsweise metallisch ausgeführt sein. Die geringere Porosität kann auch durch eine Verdichtung der Schicht 16 oder durch entsprechende Herstellung mit geringer Porosität, beispielsweise mittels 3D-Druck, hergestellt werden.

Neben dieser Ausbildung eines Porositätsgradienten im Verdampfungselement mit kleiner werdender Porosität in Richtung auf den Verbindungsbereich zwischen dem Verdampfungselement 4 und der Hülle 2 kann generell vorgesehen sein, dass gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung das Verdampfungselement 4 bzw. die Strukturelemente 10 Abschnitte mit unterschiedlichen Porosität aufweist. Die Werte der Porositäten können dabei aus den voranstehend genannten Bereichen für die Porosität des Verdampfungselementes 4 ausgewählt sein. Diese Abschnitte unterschiedlicher Porosität können ebenfalls durch teilweises Auffüllen der Poren 11 oder durch Verdichten der Abschnitte nach der Herstellung des Verdampfungselementes 4 oder durch direktes Herstellen mit geringer Porosität, beispielsweise mittels 3D-Druck, hergestellt werden.

Die Abschnitte unterschiedlicher Porosität bzw. die Schicht 16 mit geringerer Porosität können/kann auch durch die Verwendung von Pulvern mit unterschiedlicher Korngröße in einem sintertechnischen (pulvermetallurgischen) Herstellungsverfahren erhalten werden. So kann durch die Verwendung eines feinkörnigen Pulvers eine kleiner Porosität erhalten werden, als bei Verwendung eines grobkörnigen Pulvers. Es sei dazu auf die Fig. 2 und 3 verwiesen, die dies anhand von Strukturelementen 10 unterschiedlicher Porosität verdeutlichen. Für die Herstellung des Verdampfungselementes 4 nach Fig. 2 wurde ein grobkörnigeres Pulver verwendet, während für die Herstellung des Verdampfungselementes 4 nach Fig. 3 ein feinkörnigeres Pulver verwendet wurde. Das Strukturelement 10 nach Fig. 2 weist eine Porosität von ca. 45 % auf, während das Strukturelement 10 nach Fig. 3 weist eine Porosität von ca. 20 % aufweist.

Als feinkörniges Pulver kann gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung insbesondere ein Pulver verwendet werden, das Partikel mit einer Korngröße zwischen 0,5 µm und 100 µm aufweist.

Als grobkörniges Pulver kann gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung insbesondere ein Pulver verwendet werden, das Partikel mit einer Korngröße zwischen 150 µm und 300 µm aufweist.

Es ist auch möglich, dass (diese beiden) Pulver unterschiedlicher Körnung für die Herstellung eines Verdampfungselementes 4 bzw. der Strukturelemente 10 gemeinsam eingesetzt werden.

Generell können Pulver verwendet werden, die Partikel mit einer Korngröße zwischen 0,5 µm und 500 µm aufweisen.

Die Abschnitte mit unterschiedlicher Porosität können in einem Verdampfungselement 4 in vertikaler Richtung und/oder in horizontaler Richtung nebeneinanderliegend ausgebildet sein. Beispielsweise kann in Bereichen, in denen mit dem Anfall einer hohen Wärmemenge gerechnet wird, die Porosität im Vergleich zu anderen Abschnitten mit einem größeren Wert ausgelegt werden. In Bereichen, in denen es nicht um die Aufnahme der Wärme, sondern um deren Abtransport geht, kann

die Porosität hingegen mit einem im Vergleich dazu kleinerem Wert ausgelegt werden.

Im Rahmen der Erfindung ist es aber nicht nur möglich, dass im Innenraum 3 der Hülle 2 ein einziges Verdampfungselement 4 angeordnet ist, sondern können auch mehrere Verdampfungselemente 4 (z.B. zwischen zwei und zehn) nebeneinander angeordnet werden. Dabei ist ebenfalls möglich, dass eines oder mehrere Verdampfungselemente 4 zu den restlichen Verdampfungselementen 4 unterschiedliche Eigenschaften haben, beispielsweise auch eine unterschiedliche Porosität. Selbstverständlich können aber auch alle Verdampfungselemente 4 einer Wärmetransportvorrichtung 1 gleich ausgebildet sein. Die unterschiedlichen Verdampfungselemente 4 können auch eine unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit aufweisen oder generell aus einem unterschiedlichen Material bestehen.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zumindest 15 %, insbesondere zwischen 15 % und 70 %, dieses Volumens des Innenraums 3 durch das Verdampfungselement 4 oder die Verdampfungselemente 4 oder die Strukturelemente 10 besetzt sind.

In Fig. 4 ist schematisch die pulvermetallurgische Herstellung eines Verdampfungselementes 4 gezeigt.

Pulvermetallurgische Verfahren an sich sind aus dem Stand der Technik bekannt, sodass sich weitere Ausführungen dazu erübrigen. Es sei nur so viel erwähnt, dass diese Verfahren die Verfahrensschritte Herstellung eines Grünlings aus einem Pulver, Sintern des Grünlings und gegebenenfalls Nachbearbeitung des gesinterten Bauteils umfassen.

Auch bei dem Verfahren zur Herstellung des Verdampfungselementes 4 wird eine Form 17 bereitgestellt, mit deren Hilfe durch Einfüllen des Pulvers ein (nicht verpresster) Grünling 18 hergestellt wird. Die Form 17 weist an den Stellen, an denen die Strukturelemente 10 ausgebildet werden sollen, entsprechende Kavitäten 19 auf. Weiter kann die Form 17 nicht dargestellte Seitenwände aufweisen, die die

Ebene der Kavitäten 19 überragt, sodass auch das Haltelement 9 mitausgebildet werden kann.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass der Begriff Grünling auch Ausformungen umfasst, bei denen der Grünling 18 für sich nicht formstabil ist. Insbesondere aufgrund der Herstellung von Verdampfungselementen 4 mit höheren Porositäten kann es notwendig sein, dass das eingefüllte Pulver unverpresst oder mit geringem Pressgrad gesintert wird.

Die Form 17 wird mit dem Pulver, aus dem das Verdampfungselement 4 hergestellt werden soll, befüllt. Dabei werden bevorzugt sowohl die noppenförmigen Strukturelemente 10 als auch das Haltelement 9 ausgebildet. Als Pulver wird insbesondere ein metallisches Pulver verwendet. Beispielsweise kann ein Aluminiumbasislegierungspulver eingesetzt werden, das zwischen 0,1 Gew.-% und 0,4 Gew.-% Kupfer, zwischen 0,5 Gew.-% und 2 Gew.-% Magnesium, zwischen 0,4 Gew.-% und 1 Gew.-% Silizium, und zwischen 0,1 Gew.-% und 0,4 Gew.-% Eisen aufweist. Den Rest auf 100 Gew.-% bilden Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen der Metalle. Es sind aber auch andere metallische Pulver einsetzbar, wie z.B. andere als das genannten Aluminiumbasislegierungspulver, Kupferpulver, Kupferbasislegierungspulver (Messing, Bronze), Edelpulver, Silberpulver, Goldpulver, Zinnpulver, Titanpulver, Mischungen aus den genannten Pulvern, etc.

Gegebenenfalls wird der Grünling 18 verdichtet, wobei die Verdichtung nicht so weit geht, dass die Porosität unterhalb des voranstehend genannten Mindestwertes fällt.

Der Grünling 18 wird gesintert, gegebenenfalls in der Form 17.

Das Verdampfungselement 4 wird zur Herstellung der Wärmetransportvorrichtung 1 mit der Hülle 2 verbunden, wie dies bereits ausgeführt wurde. Dazu kann nach einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen werden, dass das untere Hüllenteil 5 aus einem metallischen Werkstoff bereitgestellt wird. Zur

Ausbildung der Seitenwände der Hülle 2 kann das erste Hüllenteil 5 beispielsweise durch Tiefziehen aus einem ebenen Metallblech hergestellt werden. Auf dieses erste Hüllenteil 5 wird das zumindest eine Verdampfungselement 4 aufgelegt, insbesondere mit dem Halteelement 9. In der bevorzugten Ausführungsvariante wird zwischen dem ersten Hüllenteil 5 und dem Verdampfungselement 4 ein Lot eingebracht. In der Folge wird das zweite Hüllenteil 6 auf das erste Hüllenteil 5 zur Ausbildung des Innenraums 3 aufgelegt und mit dem unteren Hüllenteil 5 zur Ausbildung der Hülle 2 verbunden, insbesondere stoffschlüssig verbunden. Dabei kann gleichzeitig im selben Schritt auch das Verdampfungselement 4 mit dem unteren Hüllenteil 5 verbunden werden. Generell kann die Verbindung nicht nur stoffschlüssig, sondern alternativ oder zusätzlich dazu auch formschlüssig erfolgen. Insbesondere können die stoffschlüssigen Verbindungen der beiden Hüllenteile 5, 6 miteinander und des Verdampfungselementes 4 mit dem unteren Hüllenteil 5 durch Vakuumlöten erfolgen.

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das zumindest eine Verdampfungselement 4 mit zumindest einer Sollbruchstelle hergestellt wird. Beispielsweise kann diese rillenförmig ausgebildet sein, um damit das Abtrennen eines Teils des Verdampfungselementes 4 und damit eine Größenanpassung der Wärmetransportvorrichtung 1 an das zu kühlende Bauteil zu vereinfachen.

In Fig. 5 ist als ein Beispiel der Temperaturverlauf während des Sinterns des Grünlings 18 zum Verdampfungselement 4 über die Zeit dargestellt. Beispielsweise kann am Beginn für eine Zeitspanne von 30 Minuten der Grünling 18 aus dem voranstehend genannten Aluminiumbasislegierungspulver einer Temperatur von 390 °C ausgesetzt werden. Danach kann die Temperatur mit einer Rate von 5 °C/min auf 620 °C erhöht werden und diese Temperatur für eine Zeitspanne von 20 Minuten gehalten werden.

Es sind aber auch andere Temperaturverläufe möglich, insbesondere wenn ein anderes metallisches Pulver gesintert wird. Generell kann also der Sintervorgang zwischen 60 Minuten und 240 Minuten dauern wobei der Grünling 18 einer Temperatur zwischen 250 °C und 1200 °C ausgesetzt wird.

Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Wärmetransportvorrichtung 1 diese nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Wärmetransportvorrichtung
- 2 Hülle
- 3 Innenraum
- 4 Verdampfungselement
- 5 Hüllenteil
- 6 Hüllenteil
- 7 Wandstärke
- 8 Wandstärke
- 9 Haltelement
- 10 Strukturelemente
- 11 Pore
- 12 Durchmesser
- 13 Höhe
- 14 Dicke
- 15 Abstand
- 16 Schicht
- 17 Form
- 18 Grünling
- 19 Kavität
- 20 Sollbruchstelle

Patentansprüche

1. Wärmetransportvorrichtung (1) umfassend eine Hülle (2), die einen Innenraum (3) bildet, in dem ein Arbeitsmedium und ein Verdampfungselement (4) mit, bevorzugt noppenförmigen, Strukturelementen (10) oder mehrere Verdampfungselemente (4) mit, bevorzugt noppenförmigen, Strukturelementen (10) zur Überführung zumindest eines Teils des Arbeitsmediums vom flüssigen in den gasförmigen Zustand enthalten sind, wobei das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) eine Porosität aufweist oder aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) mit der Hülle (2) verbunden ist oder die Verdampfungselemente (4) mit der Hülle (2) verbunden sind.
2. Wärmetransportvorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) auf der der Hülle (2) zugewandten Seite eine Schicht (16) mit einer im Vergleich zum restlichen Verdampfungselement (4) geringeren Porosität aufweist.
3. Wärmetransportvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Verdampfungselement (4) oder in den Verdampfungselementen (4) Abschnitte mit unterschiedlichen Porositäten ausgebildet sind.
4. Wärmetransportvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Strukturelemente (10) des Verdampfungselements (4) oder der Verdampfungselemente (4) eine Porosität zwischen 5 % und 70 % aufweisen.
5. Wärmetransportvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle (2) ein Volumen definiert, und dass zumindest 15 % dieses Volumens durch das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) besetzt sind.

6. Wärmetransportvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in der Hülle (2) mehrere unterschiedliche Verdampfungselemente (4) angeordnet sind.
7. Verfahren zur Herstellung einer Wärmetransportvorrichtung (1) umfassend die Schritte:
- Bereitstellen einer Hülle (2);
 - Bereitstellen eines Verdampfungselementes (4) mit noppenförmigen Strukturelementen (10) oder mehrerer Verdampfungselemente (4) mit noppenförmigen Strukturelementen (10);
 - Einfüllen einer Flüssigkeit in die Hülle (2);
 - druckdichtes Verschließen und Reduzierung des Druckes im Innenraum (3) der Hülle (2);
- dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) mit der Hülle (2) verbunden werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) mit zumindest einer Sollbruchstelle (20) hergestellt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) pulvermetallurgisch oder mittels 3D-Druck hergestellt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) aus einem Pulver hergestellt wird oder werden, das Partikel mit einer Korngröße zwischen 5 μm und 500 μm aufweist.

Fig.1

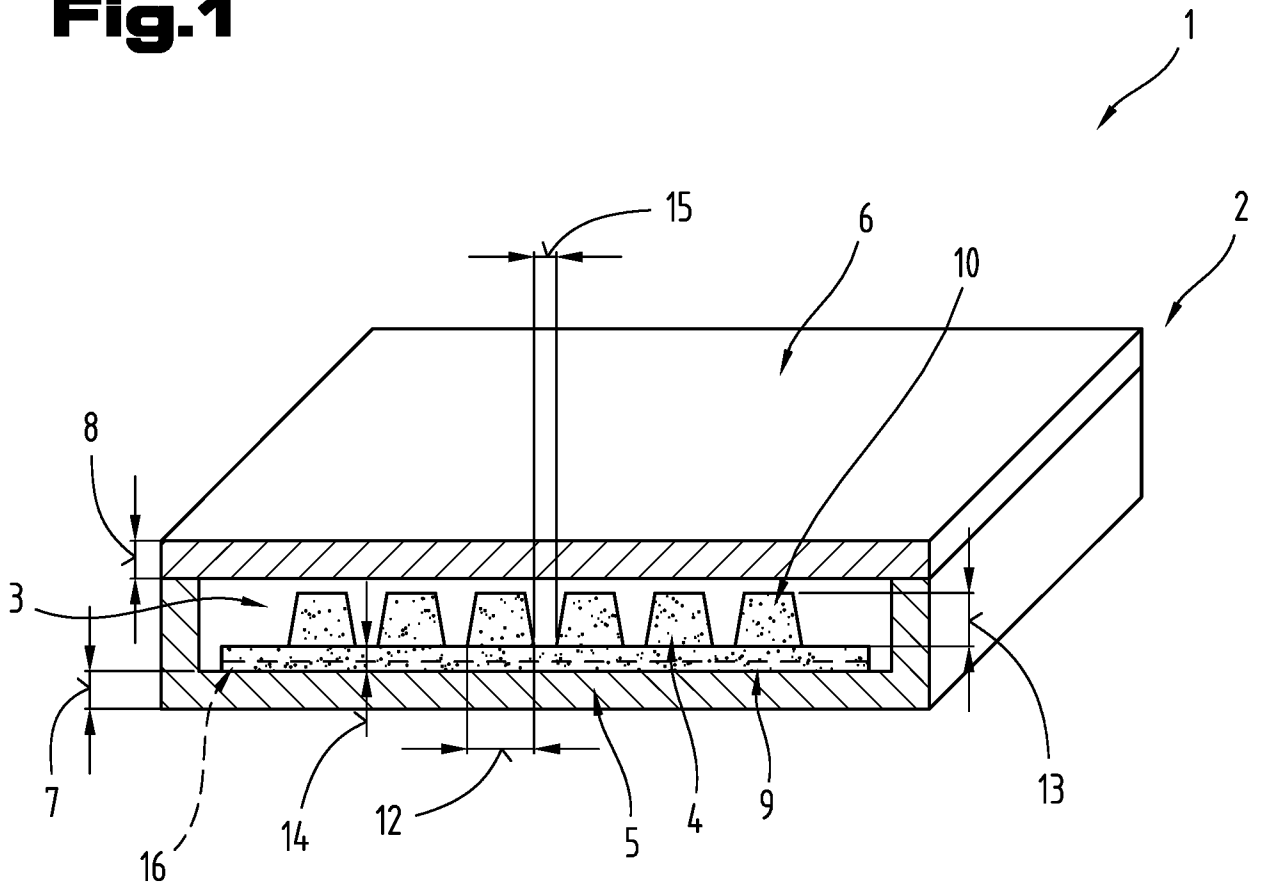


Fig.2

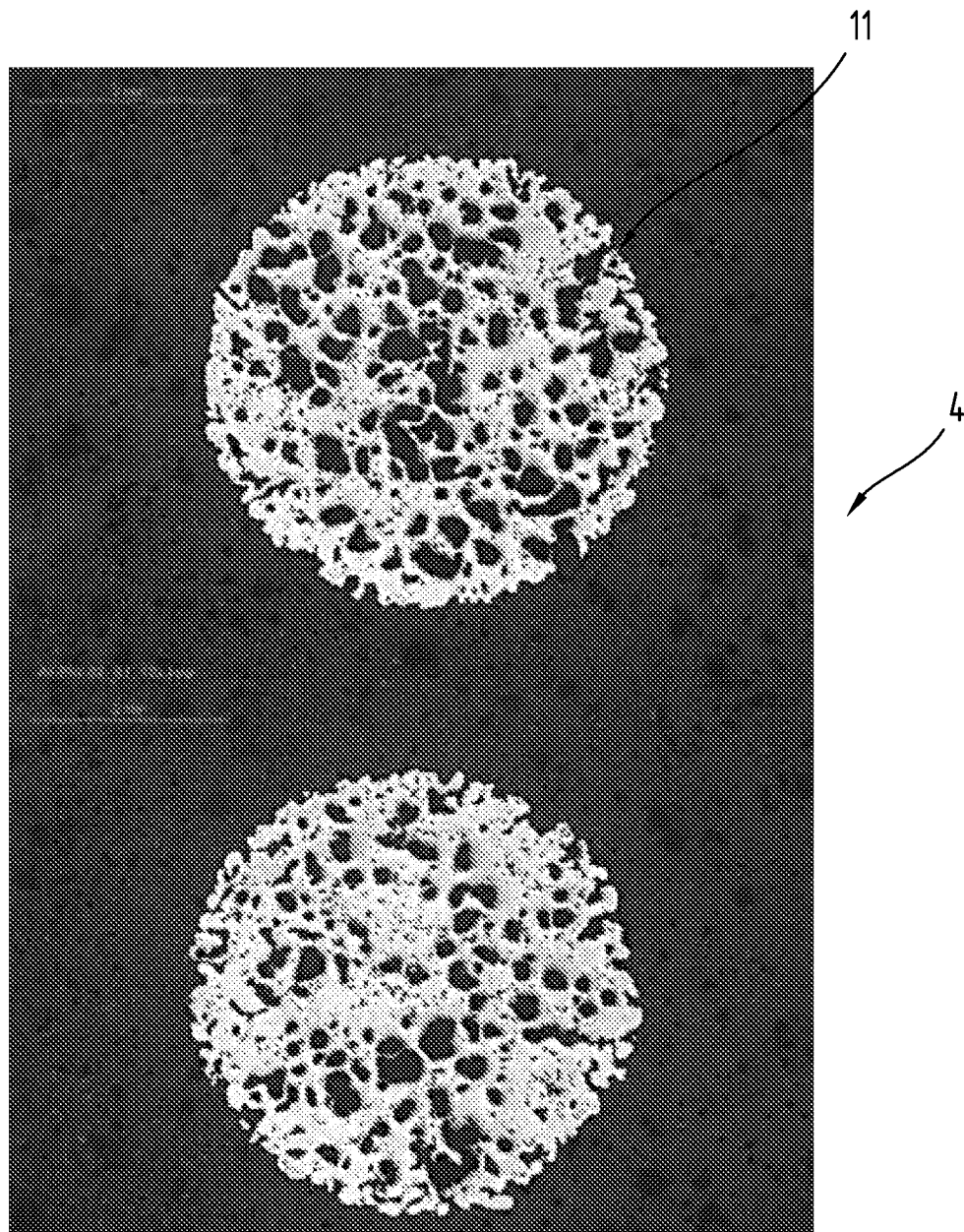


Fig.3

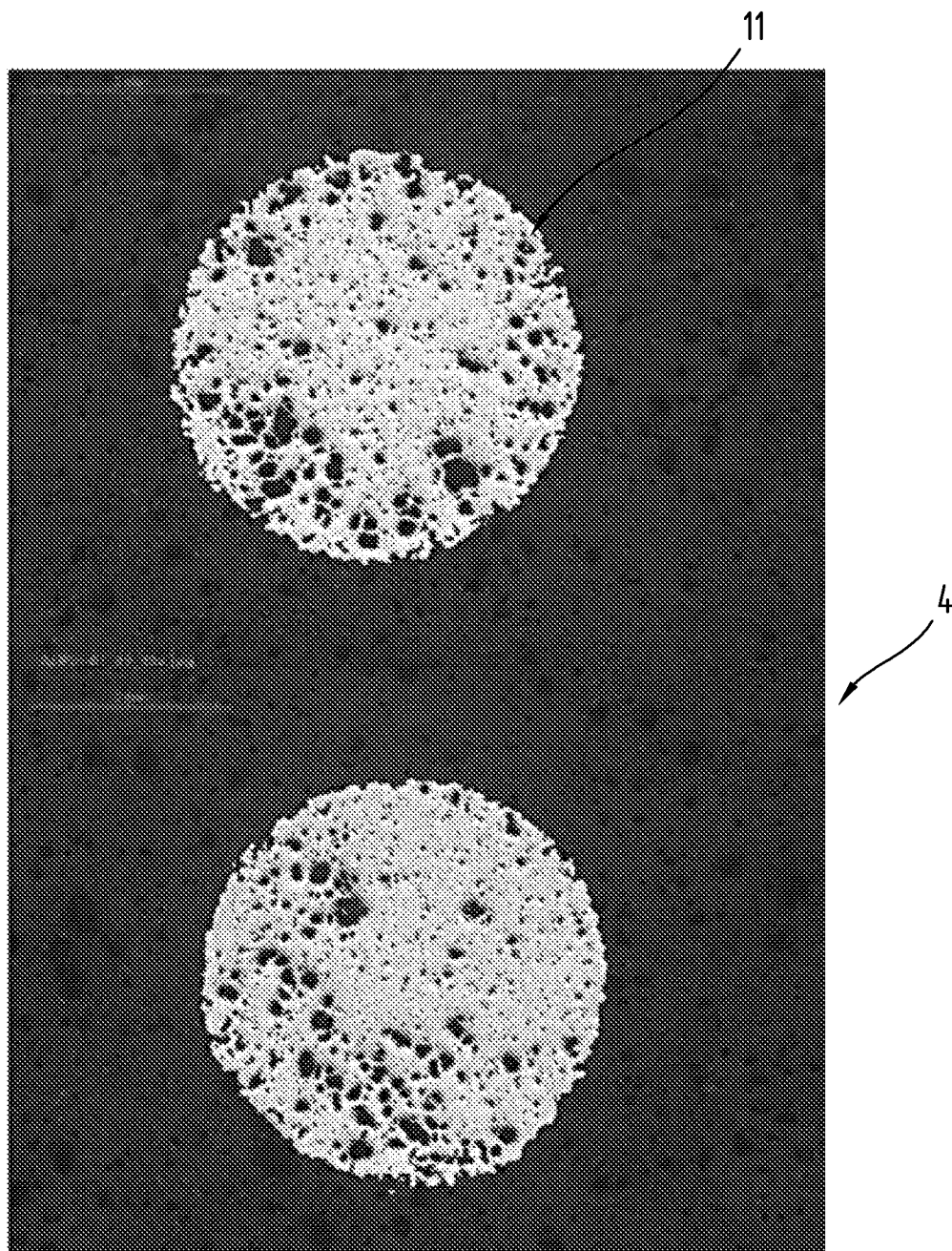


Fig.4

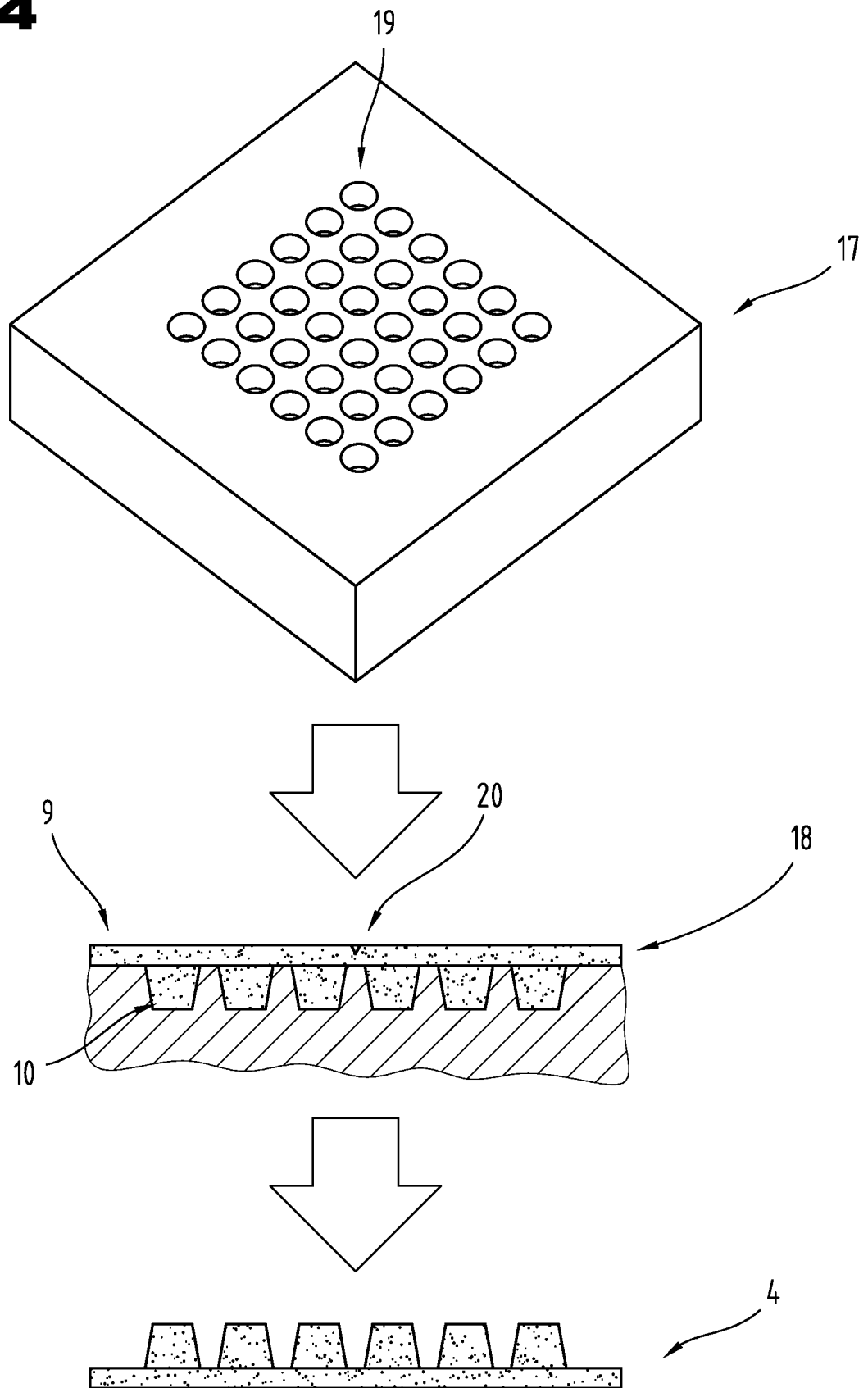
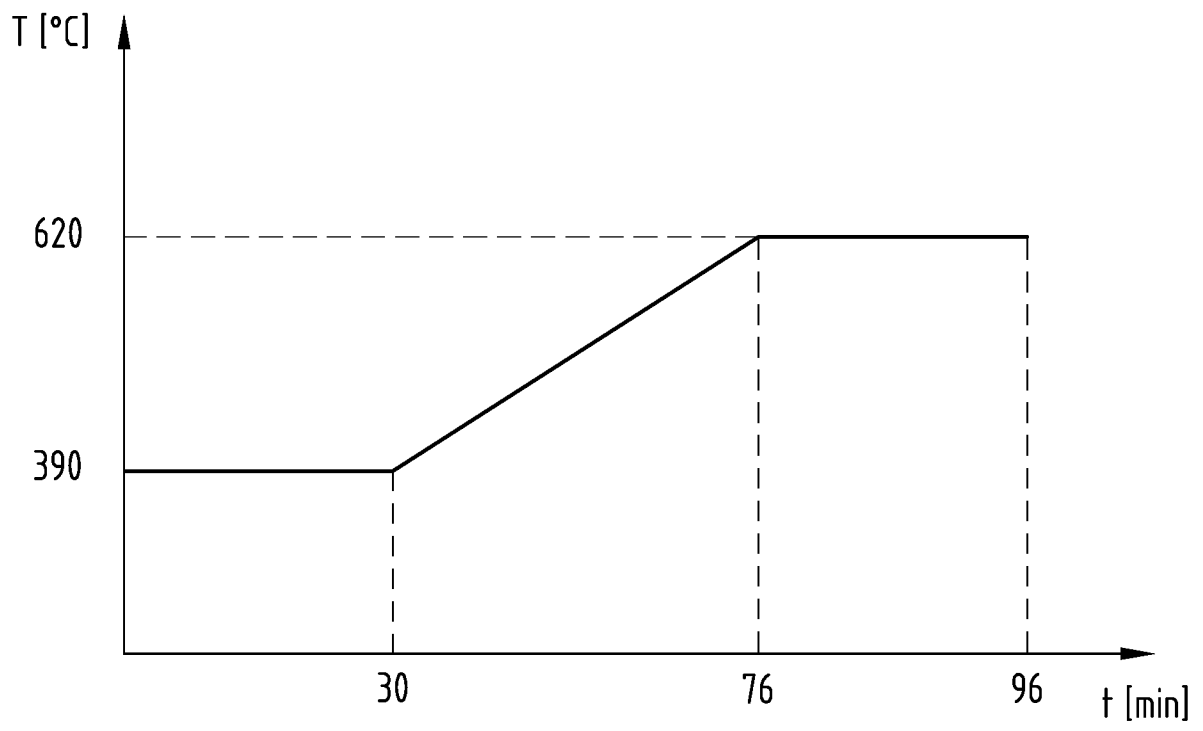


Fig.5



Patentansprüche

1. Wärmetransportvorrichtung (1) umfassend eine Hülle (2), die einen Innenraum (3) bildet, in dem ein Arbeitsmedium und ein Verdampfungselement (4) mit, bevorzugt noppenförmigen, Strukturelementen (10) oder mehrere Verdampfungselemente (4) mit, bevorzugt noppenförmigen, Strukturelementen (10) zur Überführung zumindest eines Teils des Arbeitsmediums vom flüssigen in den gasförmigen Zustand enthalten sind, wobei das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) eine Porosität aufweist oder aufweisen, und das Verdampfungselement (4) mit der Hülle (2) verbunden ist oder die Verdampfungselemente (4) mit der Hülle (2) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) pulvermetallurgisch oder mittels 3D-Druck gesondert von der Hülle hergestellt ist oder sind.
2. Wärmetransportvorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) auf der der Hülle (2) zugewandten Seite eine Schicht (16) mit einer im Vergleich zum restlichen Verdampfungselement (4) geringeren Porosität aufweist.
3. Wärmetransportvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Verdampfungselement (4) oder in den Verdampfungselementen (4) Abschnitte mit unterschiedlichen Porositäten ausgebildet sind.
4. Wärmetransportvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Strukturelemente (10) des Verdampfungselements (4) oder der Verdampfungselemente (4) eine Porosität zwischen 5 % und 70 % aufweisen.

5. Wärmetransportvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle (2) ein Volumen definiert, und dass zumindest 15 % dieses Volumens durch das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) besetzt sind.

6. Wärmetransportvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in der Hülle (2) mehrere unterschiedliche Verdampfungselemente (4) angeordnet sind.

7. Verfahren zur Herstellung einer Wärmetransportvorrichtung (1) umfassend die Schritte:

- Bereitstellen einer Hülle (2);
- Bereitstellen eines Verdampfungselementes (4) mit noppenförmigen Strukturelementen (10) oder mehrerer Verdampfungselemente (4) mit noppenförmigen Strukturelementen (10);
- Einfüllen einer Flüssigkeit in die Hülle (2);
- druckdichtes Verschließen und Reduzierung des Druckes im Innenraum (3) der Hülle (2);

wobei das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) mit der Hülle (2) verbunden wird oder werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) pulvermetallurgisch oder mittels 3D-Druck hergestellt ist oder werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) mit zumindest einer Sollbruchstelle (20) hergestellt werden.

9. Verfahren nach Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement (4) oder die Verdampfungselemente (4) aus einem Pulver hergestellt wird oder werden, das Partikel mit einer Korngröße zwischen 5 µm und 500 µm aufweist.