



(10) **DE 10 2022 002 696 B3** 2023.03.30

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 002 696.1**
(22) Anmeldetag: **25.07.2022**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **30.03.2023**

(51) Int Cl.: **H05K 7/20 (2006.01)**
F28D 15/02 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Wieland-Werke Aktiengesellschaft, 89079 Ulm, DE

(72) Erfinder:
Gotterbarm, Achim, Dr., 89160 Dornstadt, DE;
Fetzer, Günter, 89195 Staig, DE; Gaibler, Harald,
89616 Rottenacker, DE; Obst, Verena, 89231 Neu-
Ulm, DE; Reuter, Alexander, 89601 Schelklingen,
DE; Rösch, Heribert, 89284 Pfaffenhofen, DE

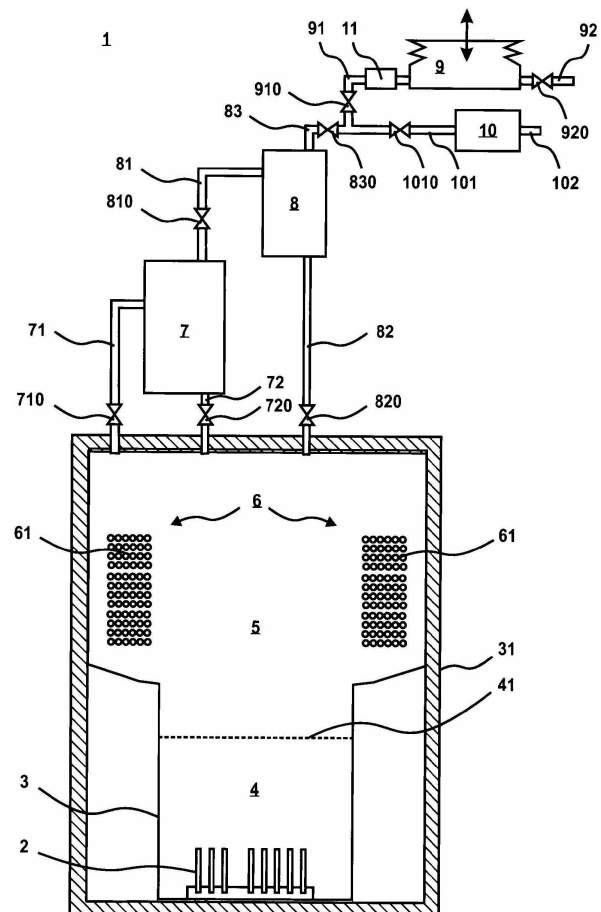
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	10 477 726	B1
US	10 512 192	B2
US	10 966 349	B1
US	2021 / 0 153 392	A1
EP	3 453 235	B1
JP	2021- 111 660	A

(54) Bezeichnung: **Kühlsystem zur Flüssigkeitsimmersionskühlung von elektronischen Bauteilen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Kühlsystem (1) zur Flüssigkeitsimmersionskühlung von elektronischen Bauteilen (2), umfassend

- einen Behälter (3), der im Inneren mit zweiphasigem Wärmeübertragungsfluid (4) befüllbar ist, in dessen flüssige Phase elektronische Bauteile (2) eingetaucht werden können, wobei der Behälter (3) einen Gasraum (5) über der Oberfläche (41) des flüssigen Wärmeübertragungsfluids (4) aufweist,
- eine Wärmeaustauscheinrichtung (6) im Gasraum (5) des Behälters (3) zur Bildung von flüssigem Wärmeübertragungsfluid (4),
- eine erste Kondensatoreinheit (7), welche außerhalb des Behälters (3) angeordnet ist, wobei die erste Kondensatoreinheit (7) mittels einer ersten Zuführleitung (71) mit dem Gasraum (5) des Behälters (3) zum Stoffaustausch von gasförmigem Medium verbunden ist und eine erste Rückführleitung (72) für kondensiertes Wärmeübertragungsfluid zum Behälter (3) aufweist, wobei
- eine zweite Kondensatoreinheit (8) angeordnet ist, welche durch eine zweite Zuführleitung (81) mit der ersten Kondensatoreinheit (7) zum Austausch von gasförmigem Medium verbunden ist und eine zweite Rückführleitung (82) für kondensiertes Wärmeübertragungsfluid zum Behälter (3) aufweist und
- die zweite Kondensatoreinheit (8) einen Auslass (83) aufweist, über den eine Restgasphase abführbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kühlsystem zur Flüssigkeitsimmersionskühlung von elektronischen Bauteilen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Kühlsysteme zur Flüssigkeitsimmersionskühlung sind beispielsweise als Zweiphasen-Tauchkühlsysteme eine aktive Kühllösung für Elektronikbauteile, die im Betrieb viel Wärme erzeugen. Beim Eintauchen der Bauteile in ein zweiphasiges Wärmeübertragungsfluid, welches meist einen niedrigen Siedepunkt hat, kann die vom elektronischen Bauteil erzeugte Wärme das umgebende flüssige Wärmeübertragungsfluid verdampfen, wodurch Wärme von dem elektronischen Bauteil abgeführt wird. Eine Kondensatoreinrichtung verflüssigt das gasförmige Wärmeübertragungsfluid, welches dann in das Reservoir zur Kühlung zurückgeführt wird.

[0003] Aus der Druckschrift US 10 512 192 B2 ist ein zweiphasiges Tauchkühlsystem, mit einem Kühlbecken bekannt. Eine Kondensationskammer, in der das beim Kühlvorgang entstehende gasförmige Fluid kondensiert wird, steht in Verbindung mit dem flüssigen Fluid im Kühlbecken. Eine Dampfumleitungsstruktur ist hierbei über den wärmeerzeugenden Elektronikkomponenten angeordnet, die sich innerhalb des Kühlmediums im Kühlbecken befinden. Das verdampfte Fluid wird mittels der Dampfumleitungsstruktur in die Kondensationskammer zur Verflüssigung geleitet. Die Kondensationskammer befindet sich vollständig innerhalb des Kühlbeckens.

[0004] Aus der Druckschrift US 10 966 349 B1 ist ein zweiphasiges Tauchkühlsystem mit einem Tauchtank und einem Primärkondensator zur Verflüssigung von gasförmigem Wärmeübertragungsfluid bekannt. Der Primärkondensator steht in thermischer Verbindung mit dem Innenvolumen des Tauchtanks. Das Tauchkühlsystem umfasst zudem ein Dampfmanagementsystem, das strömungsmäßig mit dem Kopfraum des Tauchtanks verbunden ist. Das Dampfmanagementsystem ermöglicht es, bei Perioden mit hoher Dampfproduktion, den überschüssigen Fluid Dampf und andere Gase aus dem Kopfraum des Tauchtanks zu entfernen und zu Flüssigkeit zu kondensieren. Das verflüssigte Wärmeübertragungsfluid wird in den Tauchtank zurückgeführt.

[0005] Auch aus der Druckschrift JP 2021-111 660 A ist ein Eintauchkühlsystem mit Kondensatoren bekannt, mit einer Eintaucheinheit für elektronische Bauelemente in Verbindung mit einem Kältemittel mit niedrigem Siedepunkt. Die Eintaucheinheit umfasst ein hermetisch verschlossenes Gefäß, das die im Inneren des Gefäßes angeordneten Kondensatoren enthält. Mittels einer Kühlvorrichtung wird das in den Kondensatoren verwendete Kühlwasser wieder abgekühlt. Die Kühlvorrichtung umfasst ein

Paar V-förmig angeordnete Wärmeaustauscher und ein Gebläse zur Erzeugung von Wärmeaustauschluft. Der Kondensatoren und die Kühlvorrichtung stehen über eine Wasserversorgungsleitung miteinander in Verbindung.

[0006] In diesem Zusammenhang ist aus der Druckschrift US 10 477 726 B1 ein Kühlsystem für Computerkomponenten bekannt. In einem druckgesteuerten Behälter befindet sich ein wärmeleitendes, dielektrisches Wärmeübertragungsfluid in flüssiger und gasförmiger Phase, welches bei Atmosphärendruck einen Siedepunkt unter 80°C aufweist. Im Behälter sind Computerkomponenten angeordnet, die zumindest teilweise in die flüssige Phase des Wärmeübertragungsfluids eingetaucht sind. Mittels eines Kondensators wird das durch die Wärmeentwicklung der Computerkomponenten verdampfte dielektrische Gasphasenfluid zu dielektrischem Flüssigphasenfluid kondensiert. Im Innenraum des druckgesteuerten Behälters wird der Innendruck auf bis zu 650 hPa reduziert. Durch Steuern des Drucks im Behälter, bei dem das System arbeitet, kann der Benutzer die Temperatur beeinflussen, bei der die dielektrische Flüssigkeit verdampft. Hierdurch kann eine erhöhte Kühlleistung erzielt werden. Der Betrieb eines Computersystems innerhalb eines druckgesteuerten Behälters bei einem Betriebsdruck, der vom Umgebungsdruck abweicht, erfordert meist eine konstruktive Anpassung des Systems als Ganzes.

[0007] Aus der Druckschrift US 2021 / 0 153 392 A1 ist ein Kühlsystem mit einem Behälter bekannt, der mit zweiphasigem Wärmeübertragungsfluid als Kühlmittel befüllbar ist, in dessen flüssige Phase elektronische Bauteile eingetaucht werden können. Der Behälter weist einen Gasraum über der Oberfläche des flüssigen Wärmeübertragungsfluids auf. Über dem Behälter ist eine abgetrennte externe Kondensatoreinrichtung angeordnet, die so konfiguriert ist, dass diese die Dampfphase des Wärmeübertragungsfluids kondensiert und als flüssiges Kühlmittel in den Behälter mit den elektronischen Bauteilen zurückführt. Das System umfasst hierzu Rücklauf- und Zufuhrleitungen, die sowohl mit der Kondensatoreinrichtung als auch mit dem Behälter verbunden sind, um eine Wärmetauschschleife zu bilden. Das System umfasst zudem ein Sammelgefäß, welches an der Versorgungsleitung angeordnet und so konfiguriert ist, dass es das kondensierte, flüssige Wärmeübertragungsfluid sammelt, bevor das Kühlmittel dem Behälter zugeführt wird. Dieser Akkumulator bietet auch eine Reservekühlkapazität für das Kühlsystem.

[0008] Aus der Druckschrift EP 3 453 235 B1 ist ein Kühlsystem zur Tauchkühlung von elektronischen Bauteilen bekannt, mit einem druckdichten Tank, konfiguriert zum Fassen von Wärmeübertragungs-

luid in flüssiger Form, in welchen die elektronische Ausrüstung eingetaucht wird. Zudem ist ein Dampfraum oberhalb einer Oberfläche des flüssigen Wärmeübertragungsfluids vorhanden. Außerhalb des druckdichten Tanks ist ein Kondensator angeordnet, wobei der Kondensator einen Einlass aufweist, welcher durch ein Steigrohr mit dem Dampfraum verbunden und zum Aufnehmen von Wärmeübertragungsfluid dampf konfiguriert ist. Zudem weist der Kondensator einen dicht verschließbaren Dampfauslass für Restgase und einen Kondensatauslass mit einer Kondensat-Rückführleitung zum Tank auf. Die Kondensat-Rückführleitung ist so konfiguriert, dass durch sie kondensiertes Wärmeübertragungsfluid vom Kondensatauslass zum Tank zurückfließen kann. Innerhalb des Tanks können auch bereits weitere Kondensatorrohre zur Verflüssigung von gasförmigem Wärmeübertragungsfluid vorhanden sein.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Kühlsystem zur Flüssigkeitsimmersionskühlung von elektronischen Bauteilen bezüglich einer Wärmeaustauschereinrichtung für das Wärmeübertragungsfluid weiterzubilden.

[0010] Die Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 wiedergegeben. Die weiteren rückbezogenen Ansprüche betreffen vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung.

[0011] Die Erfindung schließt ein Kühlsystem zur Flüssigkeitsimmersionskühlung von elektronischen Bauteilen ein. Das Kühlsystem umfasst einen Behälter, der im Inneren mit zweiphasigem Wärmeübertragungsfluid befüllbar ist, in dessen flüssige Phase elektronische Bauteile eingetaucht werden können. Der Behälter weist über der Oberfläche des flüssigen Wärmeübertragungsfluids einen Gasraum auf. Zudem umfasst das Kühlsystem eine Wärmeaustauschereinrichtung im Gasraum des Behälters zur Bildung von flüssigem Wärmeübertragungsfluid. Das Kühlsystem umfasst zudem eine erste Kondensatoreinheit, welche außerhalb des Behälters angeordnet ist, wobei die erste Kondensatoreinheit mittels einer ersten Zuführleitung mit dem Gasraum des Behälters zum Stoffaustausch von gasförmigem Medium verbunden ist und eine erste Rückführleitung für kondensiertes Wärmeübertragungsfluid zum Behälter aufweist. Gemäß der Erfindung ist eine zweite Kondensatoreinheit angeordnet, welche durch eine zweite Zuführleitung mit der ersten Kondensatoreinheit zum Austausch von gasförmigem Medium verbunden ist und eine zweite Rückführleitung für kondensiertes Wärmeübertragungsfluid zum Behälter aufweist. Die zweite Kondensatoreinheit weist einen Auslass auf, über den eine Restgasphase abführbar ist.

[0012] Der Behälter kann druckdicht ausgeführt sein. Vorteilhafterweise kann der Behälter als Druck-

behälter ausgeführt sein, der mit einem Unterdruck und/oder Überdruck betrieben werden kann. Durch Steuern des Drucks im Behälter, bei dem das Kühlsystem arbeitet, kann eine erhöhte Kühlleistung erzielt werden.

[0013] Die Wärmeaustauschereinrichtung im Gasraum besteht bevorzugt aus zumindest einem Rohrbündel mehrerer zueinander angeordneter Wärmeaustauscherrohre. Ein Rohrbündel kann mehrere zueinander parallel angeordnete Wärmeaustauscherrohre mit zwei endständigen Rohrböden aufweisen. Die Anordnung der Rohrbündel bzw. der Wärmeaustauscherrohre im Behälter kann in Bezug auf die Behälterwandung symmetrisch sowie auch unsymmetrisch oder entlang von Schrägungen erfolgen.

[0014] Die Wärmeaustauscherrohre sind bevorzugt Rippenrohre, welche aus Glattrohren hergestellt einem Umformprozess unterzogen wurden. Sie eignen sich besonders als Komponenten in hocheffizienten, kompakten und äußerst stabilen Wärmetauschern mit einem hohen Wärmeübergangskoeffizienten. Die Rohroberflächen sind auf den spezifischen Wärmeübertragungsbedarf der Anwendung optimiert. Mit einer großen Auswahl an Werkstoffen, die Kupfer, Kupferlegierungen, Stähle, Titan oder Titanlegierungen beinhalten, wird sichergestellt, dass für unterschiedlichen Bedarf geeignetes Material für die jeweiligen Anforderungen, insbesondere in Bezug auf Haltbarkeit und Verformbarkeit, zur Verfügung steht.

[0015] Das zweiphasige Wärmeübertragungsfluid, auch als Kältemittel bezeichnet, stellt das im Behälter befindliche äußere Fluid dar, in dessen flüssigem Anteil die elektronischen Bauteile eingetaucht werden. Das in den Wärmeaustauscherrohren befindliche innere Fluid ist üblicherweise ein einphasiges Wärmeträgermedium, beispielsweise Prozesswasser, Glykol oder ein Thermoöl. Allerdings kann auch hier ein zweiphasiges Medium in Verbindung mit einem Kältekreislauf Verwendung finden.

[0016] Im Behälter sind die Elektronikbauteile in für eine Kühlung geeigneter Weise in einem Bad von flüssigem Wärmeübertragungsfluid angeordnet, welche durch Verdampfung des flüssigen Fluids gekühlt werden. Hierbei kann vor und/oder während der Inbetriebnahme der Anteil nicht kondensierbarer Gase aus dem System effektiv entfernt werden.

[0017] Bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform können die Rechenkomponenten und Tauchkühlgeräte sowie die zugehörigen Stromversorgungen, Netzwerkverbindungen, Verdrahtungsverbindungen und dergleichen im Behälter angeordnet sein, der im Betrieb einen vom

Umgebungsdruck abweichenden Innendruck aufweist.

[0018] In diesem Zusammenhang ist es auch von Vorteil, Strom-, Wasser-, Vakuum- und Netzwerkverbindungen in einem Bündel von Leitungen zu kombinieren, um die Durchführungen in den Behälter zu minimieren und um die Gefahr für Lecks zu reduzieren, insbesondere wenn das System im Betrieb unter Vakuum oder Überdruck steht.

[0019] In vorteilhaften Ausführungsformen wird der Behälter während des Betriebs auf bis zu 200 hPa weniger als der atmosphärische Umgebungsdruck gehalten, was dazu beiträgt, den Siedepunkt des zweiphasigen Wärmeübertragungsfluids zu senken und dadurch die Betriebstemperatur der Computerchips und anderer Komponenten zu reduzieren. In einigen besonderen Ausführungsformen kann der druckgesteuerte Behälter einen noch geringeren Druck von bis zu 500 hPa unter dem Umgebungsdruck aufweisen.

[0020] Erfindungsgemäße Ausführungsformen des Kühlsystems umfassen einen Behälter, der so ausgelegt ist, dass ein Zweiphasen-Flüssigkeits-Immersionssystem Verwendung findet. Der Behälter enthält ein Becken aus dielektrischem Kühlfluid, eine Wärmeaustauscheinrichtung und weitere in Reihe geschaltete externe Kondensatoreinheiten zum Kondensieren des dielektrischen Fluids aus der gasförmigen Phase zu einer Flüssigkeit. Die erste außerhalb des Behälters befindliche Kondensatoreinheit soll gasförmiges Wärmeübertragungsfluid, welches auch gewisse Anteile an Luft und Wasserdampf enthält, zunächst zu einem möglichst großen Anteil zu flüssigem Wärmeübertragungsfluid kondensieren. Die Restgasphase aus dieser ersten Kondensatoreinheit gelangt durch eine zweite Zuführleitung in die zweite Kondensatoreinheit. Dort wird das restliche Wärmeübertragungsfluid nahezu vollständig aus der Gasphase kondensiert, so dass als Restgasphase im Wesentlichen nur noch Luft und Wasserdampf übrigbleiben. Ziel bei der Abscheidung von flüssigem Wärmeübertragungsfluid ist dabei, durch eine geeignete Kühlleistung des Systems den Wasserdampf in der Gasphase zu halten. Dieses Restgasgemisch wird über einen Auslass der zweiten Kondensatoreinheit aus dem Kühlsystem abgeführt.

[0021] Zudem können Einrichtungen zum Halten von Computerkomponenten und zum Verteilen von Strom aus dem Stromversorgungssystem zu den Geräten und Komponenten angeordnet sein, die sich innerhalb des Behälters befinden. Es versteht sich, dass eine Vielzahl spezialisierter Verbindungen verwendet werden, um ein Computersystem innerhalb eines Behälters zu betreiben, der beispielsweise auf einem Unterdruck gehalten wird. Einige

Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Systems können eine Reihe von faseroptischen Schnittstellen verwenden, die eine Konnektivität im Behälter ermöglichen und um die Fasern auf die verschiedenen Haltevorrichtungen zu den elektronischen Komponenten zu verteilen. Einige Ausführungsformen des Behälters können für einen sicheren Betrieb Sensoren beinhalten. Diese Sensoren können Temperatursensoren, Fluidpegelsensoren, Drucksensoren, Positionssensoren, elektrische Sensoren und/oder Kameras umfassen, um den Betrieb des Systems sicherzustellen und zu automatisieren.

[0022] Diese Systeme können beispielsweise Drucksensoren innerhalb des druckgeregelten Behälters umfassen, die den Druck überwachen, um sicherzustellen, dass keine wesentlichen Leckagen vorhanden sind. Ebenso können Gassensoren, die an der Außenseite des druckgeregelten Behälters angeordnet sind und das Vorhandensein von möglicherweise vorhandenem dielektrischem Dampf erfassen, welcher aus dem druckgesteuerten Behälter austritt.

[0023] Zudem kann das Kühlsystem vorteilhafterweise eine Steuereinrichtung aufweisen, die dafür ausgelegt ist, um den Betrieb der Fluidzirkulation, beispielsweise als Funktion der Temperatur des zweiphasigen Wärmeübertragungsfluids, und die Druckverhältnisse im Behälter zu regeln.

[0024] Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Kühlsystems kann ein den Behälter stabilisierendes Außengestell sein, welches aus Metallprofilen in Form einer Rahmenkonstruktion ausgelegt sein kann und den Behälter umschließt und stützt. Die Rahmenkonstruktion kann ein offenes Design sein, welches Deckel, Seitenwände und Türen für einen einfachen Zugang im Betrieb und für Wartungsarbeiten umfasst. Dies ermöglicht den Zugang in das Kühlsystem an Standorten vor Ort.

[0025] In vorteilhafter Ausgestaltung kann ein Bestückungssystem eingerichtet sein, mit dem für einen Austausch die elektronischen Bauteile von der Schleuseneinrichtung an die Betriebsposition transportiert werden können. Ein Bestückungssystem kann aus Roboterarmen oder aus Linearantriebsvorrichtungen bestehen. Bei einer geeigneten Ausbildung der Vorrichtung lässt sich ein Austausch der Bauteile über ein vollautomatisches Bestückungssystem durchführen. Alternativ können für einen Austausch der elektronischen Bauteile von der Schleuseneinrichtung an die Betriebsposition auch Handschuhe an geeigneten Behälteröffnungen angeordnet sein. So ist eine Bestückung durch den manuellen Zugriff ins Innere des Behälters ermöglicht.

[0026] In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung können die Zuführleitungen, Rückführleitungen und/oder der Auslass durch Ventile einzeln oder untereinander in Kombination verschließbar bzw. offenbar sein. Zur geeigneten Verfahrensführung werden auf Bedarf einzelne Ventile geöffnet, um gasförmiges Medium bzw. flüssiges Wärmeübertragungsfluid weiterzuleiten. Die Zufuhr bzw. Ableitung kann zyklisch oder auch in einem kontinuierlichen Modus erfolgen. Insbesondere ist die Ventilschaltung am Auslass darauf abgestimmt, dass möglichst wenig oder sogar kein Wärmeübertragungsfluid aus dem Kühlsystem austritt.

[0027] Vorteilhafterweise kann die zweite Kondensatoreinheit heizbar sein. Dieser Betriebsmodus ermöglicht das kurzzeitige Aufheizen der Restgasphase aus Wasserdampf und Luft zum Druckausgleich. In diesem Betriebsmodus befindet sich das auskondensierte Wärmeübertragungsfluid in der zweiten Rückführleitung. Durch einen gewissen Überdruck oder gravitativ kann das flüssige Wärmeübertragungsfluid in den Behälter zurückgeführt werden. Mittels einer Heizung und dem damit verbundene Druckausgleich zur Umgebungsluft bzw. Überdruck kann auch das Restgas leichter abgeführt werden. Bei einem gewissen Überdruck gegenüber der Umgebung kann auch über den Auslass keine Außenluft in Gegenrichtung in das Kühlsystem gelangen.

[0028] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann am Auslass nachgeschaltet ein Sammelbehälter angeordnet sein, über den die Restgasphase abführbar ist. Dieser Behälter sorgt auch dafür, dass von der Umgebung keine Luft in das Kühlsystem gelangen kann. Der Behälter kann ein expandierbarer elastischer Ballon oder ein im Volumen veränderbarer Balg sein.

[0029] Vorteilhafterweise kann zwischen Auslass und Sammelbehälter eine Trocknungseinheit zur Abspaltung von Wasserdampf aus der Gasphase angeordnet sein. Beispielsweise ändert sich bei Lastwechsel die Drucklage im gesamten Kühlsystem. Sofern erforderliche kann über den Sammelbehälter zum Druckausgleich dann Außenluft oder Restgas über die Trocknungseinheit in das Kühlsystem eingebracht werden. Wasserdampf wird mit der Trocknungseinheit dann chemisch abgebunden. Für derartige Trocknungseinheiten eignet sich Silicagel. Weitere vorteilhafte Positionen für Trocknungseinheiten können auch innerhalb des ersten und/oder zweiten Kondensators einschließlich deren Zuführleitungen bzw. Rückführleitungen sein.

[0030] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann am Auslass nachgeschaltet eine Vakuumpumpe angeordnet sein, über welche die Restgasphase abführbar ist. In diesem Fall kann die

Restgasphase aus Wasserdampf und Luft am Auslass auch einen Unterdruck gegenüber der Umgebung aufweisen, da über eine Vakuumpumpe immer eine Strömungsrichtung des Restgases nach außen gewährleistet wird.

[0031] Vorteilhafterweise kann die erste Kondensatoreinheit eine höhere Kühlleistung als die zweite Kondensatoreinheit aufweisen. Beispielsweise ist die Kühlleistung der ersten Kondensatoreinheit zumindest dreifach und weiter bevorzugt zumindest fünffach so hoch wie diejenige der zweiten Kondensatoreinheit. So wird der größte Anteil an Wärmeübertragungsfluid bereits in der ersten Kondensatoreinheit abgespalten und der zur zweiten Kondensatoreinheit weitergeleitete Luft/Wasserdampfanteil in der Gasphase angereichert.

[0032] Vorteilhafterweise können die Wärmeaustauschereinrichtung und die erste Kondensatoreinheit eine gemeinsame erste Versorgungseinheit für ein erstes einphasiges Wärmeträgermedium zur Kühlung aufweisen. So befinden sich beide Einheiten auf einem einheitlichen Temperaturniveau, welches sich für den Abscheideprozess des Wärmeaustauscherfluids eignet.

[0033] Vorteilhafterweise kann die zweite Kondensatoreinheit eine zweite Versorgungseinheit für ein zweites einphasiges Wärmeträgermedium zur Kühlung aufweisen. In der zweiten Kondensatoreinheit kann dann ein eigenständiges abweichendes Temperaturniveau für eine weitere effektive Trennung der einzelnen Phasenbestandteile eingestellt werden.

[0034] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann die zweite Kondensatoreinheit so ausgelegt sein, dass sie gegenüber der ersten Kondensatoreinheit bei geringerer Temperatur des einphasigen Wärmeträgermediums zur Kühlung betrieben werden kann. Insbesondere ist dabei zu berücksichtigen, dass Druck- und Temperaturbedingungen gewählt werden, die nicht unterhalb des Taupunktes des Wasseranteils liegen, um den Wasserdampf in der Restgasphase zu halten und ableiten zu können. In diesem Druck-Temperaturbereich kann die zweite Kondensatoreinheit optimal eingesetzt werden.

[0035] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der schematischen Zeichnung gemäß **Fig. 1** näher erläutert.

[0036] **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansicht eines Kühlsystems 1 zur Flüssigkeitsimmersionskühlung von elektronischen Bauteilen 2. Das Kühlsystem 1 umfasst einen Behälter 3, der im Inneren mit zweiphasigem Wärmeübertragungsfluid befüllt ist. Das zweiphasige Wärmeübertragungsfluid stellt das im Behälter 3 befindliche äußere Fluid dar, mit einem

flüssigen Wärmeübertragungsfluidanteil 4, in dem die elektronischen Bauteile 2 eingetaucht sind und einem Gasraum 5 mit gasförmigem Wärmeübertragungsfluidanteil. Im Behälter 3 ist eine Wärmeaustauschereinrichtung 6 im Gasraum 5 des Behälters 3 zur Bildung von flüssigem Wärmeübertragungsfluid 4 angeordnet.

[0037] Die Wärmeaustauschereinrichtung 6 im Gasraum 5 besteht in dieser vorteilhaften Ausführung aus Rohrbündeln 61 mit jeweils mehreren parallel zueinander angeordneten Wärmeaustauscherrohren.

[0038] In der Figur ist in der dargestellten Ausführungsform der Behälter 3 im Bereich des flüssigen Wärmeübertragungsfluids 4 etwas verjüngt, indem die Behälterwandung nach innen kragt und sich erst im Gasraum 5 öffnet. Die Form des Behälters 3 wird durch einen Metallprofilrahmen 31 gestützt. Der Behälter 3 wird folglich bereits durch ein stabilisierendes Außengestell umschlossen.

[0039] Eine erste Kondensatoreinheit 7 ist außerhalb des Behälters 3 über diesem angeordnet. Die erste Kondensatoreinheit 7 ist zum Stoffaustausch von gasförmigem Medium mittels einer ersten Zuführleitung 71 mit dem Gasraum 5 des Behälters 3 verbunden. Ebenso ist eine erste Rückführleitung 72 für verflüssigtes Wärmeübertragungsfluid zum Behälter 3 angeordnet, über die schwerkraftgetriebenes flüssiges Wärmeübertragungsfluid aus der ersten Kondensatoreinheit 7 wieder in den Behälter 3 gelangt. Zur Regelung des Stoffaustausches sind in der ersten Zuführleitung 71 ein Ventil 710 und der ersten Rückführleitung 72 ein Ventil 720 eingebaut. Über das Ventil 710 der ersten Zuführleitung 71 wird so zyklisch oder kontinuierlich ein gasförmiges Stoffgemisch aus Wärmeübertragungsfluid, Luft und Wasserdampf aus dem Behälter 3 abgezogen. Über das Ventil 720 der ersten Rückführleitung 72 wird lediglich flüssiges Wärmeübertragungsfluid in den Behälter 3 zurückgeführt.

[0040] Das in der ersten Kondensatoreinheit 7 verbleibende gasförmige Stoffgemisch wird einer zweiten Kondensatoreinheit 8 zugeführt, welche durch eine zweite Zuführleitung 81 mit der ersten Kondensatoreinheit 7 verbunden ist. Auch hier regelt ein in der zweiten Zuführleitung eingebautes Ventil 810 den Gasfluss. Eine zweite Rückführleitung 82 für weiterhin kondensiertes Wärmeübertragungsfluid führt von der zweiten Kondensatoreinheit 8 direkt zum Behälter 3. Der Rückfluss des in der zweiten Kondensatoreinheit 8 gebildeten Kondensats wird wiederum mit einem in der zweiten Rückführleitung 82 eingebauten Ventil 820 geregelt. Die verbleibende Restgasphase, welche nach nahezu vollständiger Kondensation des Wärmeübertragungsfluids lediglich aus Luft und Wasserdampf besteht, wird über

einen Auslass 83 mittels eines Auslassventils 830 nach außen abgeführt. Zur zusätzlichen Abspaltung von Wasserdampf ist zwischen Auslass 83 und Sammelbehälter 9 eine Trocknungseinheit 11 zur Abspaltung von Wasserdampf aus der Gasphase angeordnet.

[0041] Je nach Drucklage kann die Restgasphase direkt an die Umgebung abgeführt werden. Dies kann durch eine Heizvorrichtung in der zweiten Kondensatoreinheit 8 erfolgen, welche bei geeignet gesteuerten Ventilen die Drucklage entsprechend zur Umgebung einstellt.

[0042] Alternativ kann die Restgasphase jedoch auch über eine Vakuumpumpe 10 abgeführt werden. Der Auslass 83 ist hierzu über eine Zuführleitung 101 mit einer Vakuumpumpe 10 verbunden, welche über eine Ventilsteuerung 1010 den Restgasfluss mittels einer Abführleitung 102 der Vakuumpumpe 10 nach außen regelt.

[0043] Alternativ oder zusätzlich kann die Restgasphase auch über eine Zuführleitung 91 mit Ventil 910 zu einem Sammelbehälter 9 geführt werden, der als im Volumen expandierfähiger Balg zur Erzeugung eines Unterdrucks ausgelegt sein kann. Wird im Betrieb das Ventil 910 zum Sammelbehälter 9 geschlossen, kann das Restgas über die Abführleitung 92 des Sammelbehälters 9 bei geöffnetem Ventil 920 abgeführt werden.

Bezugszeichenliste

1	Kühlsystem
2	elektronisches Bauteil
3	Behälter
31	Metallprofilrahmen
4	flüssiges Wärmeübertragungsfluid
41	Oberfläche des flüssigen Fluids im Behälter
5	gasförmiges Wärmeübertragungsfluid, Gasraum
6	Wärmeaustauschereinrichtung
61	Rohrbündel
7	erste Kondensatoreinheit
71	erste Zuführleitung
710	Ventil der ersten Zuführleitung
72	erste Rückführleitung
720	Ventil der ersten Rückführleitung
8	zweite Kondensatoreinheit
81	zweite Zuführleitung

810	Ventil der zweiten Zuführleitung
82	zweite Rückführleitung
820	Ventil der zweiten Rückführleitung
83	Auslass
830	Auslassventil
9	Sammelbehälter, Balg
91	Zuführleitung Sammelbehälter
910	Ventil der Zuführleitung Sammelbehälter
92	Abführleitung Sammelbehälter
920	Ventil der Abführleitung Sammelbehälter
10	Vakuumpumpe
101	Zuführleitung Vakuumpumpe
1010	Ventil der Zuführleitung Vakuumpumpe
102	Abführleitung Vakuumpumpe
11	Trocknungseinheit

Patentansprüche

1. Kühltssystem (1) zur Flüssigkeitsimmersionskühlung von elektronischen Bauteilen (2), umfassend

- einen Behälter (3), der im Inneren mit zweiphasigem Wärmeübertragungsfluid (4) befüllbar ist, in dessen flüssige Phase elektronische Bauteile (2) eingetaucht werden können, wobei der Behälter (3) einen Gasraum (5) über der Oberfläche (41) des flüssigen Wärmeübertragungsfluids (4) aufweist,
- eine Wärmeaustauschereinrichtung (6) im Gasraum (5) des Behälters (3) zur Bildung von flüssigem Wärmeübertragungsfluid (4),
- eine erste Kondensatoreinheit (7), welche außerhalb des Behälters (3) angeordnet ist, wobei die erste Kondensatoreinheit (7) mittels einer ersten Zuführleitung (71) mit dem Gasraum (5) des Behälters (3) zum Stoffaustausch von gasförmigem Medium verbunden ist und eine erste Rückführleitung (72) für kondensiertes Wärmeübertragungsfluid zum Behälter (3) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass eine zweite Kondensatoreinheit (8) angeordnet ist, welche durch eine zweite Zuführleitung (81) mit der ersten Kondensatoreinheit (7) zum Austausch von gasförmigem Medium verbunden ist und eine zweite Rückführleitung (82) für kondensiertes Wärmeübertragungsfluid zum Behälter (3) aufweist,
- dass die zweite Kondensatoreinheit (8) einen Auslass (83) aufweist, über den eine Restgasphase abführbar ist.

2. Kühltssystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführleitungen (71, 81), Rückführleitungen (72, 82) und/oder der Auslass (83) durch Ventile (710, 810, 720, 820, 830) einzeln oder untereinander in Kombination verschließbar bzw. offenbar sind.

3. Kühltssystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Kondensatoreinheit (8) heizbar ist.

4. Kühltssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Auslass (83) nachgeschaltet ein Sammelbehälter (9) angeordnet ist, über den die Restgasphase abführbar ist.

5. Kühltssystem (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Auslass (83) und Sammelbehälter (9) eine Trocknungseinheit (11) zur Abspaltung von Wasserdampf aus der Gasphase angeordnet ist.

6. Kühltssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Auslass (83) nachgeschaltet eine Vakuumpumpe (10) angeordnet ist, über welche die Restgasphase abführbar ist.

7. Kühltssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kondensatoreinheit (7) eine höhere Kühlleistung als die zweite Kondensatoreinheit (8) aufweist.

8. Kühltssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmeaustauschereinrichtung (6) und die erste Kondensatoreinheit (7) eine gemeinsame erste Versorgungseinheit für ein erstes einphasiges Wärmeträgermedium zur Kühlung aufweist.

9. Kühltssystem (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Kondensatoreinheit (8) eine zweite Versorgungseinheit für ein zweites einphasiges Wärmeträgermedium zur Kühlung aufweist.

10. Kühltssystem (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Kondensatoreinheit (8) so ausgelegt ist, dass sie gegenüber der ersten Kondensatoreinheit (7) bei geringerer Temperatur des einphasigen Wärmeträgermediums zur Kühlung betrieben werden kann.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

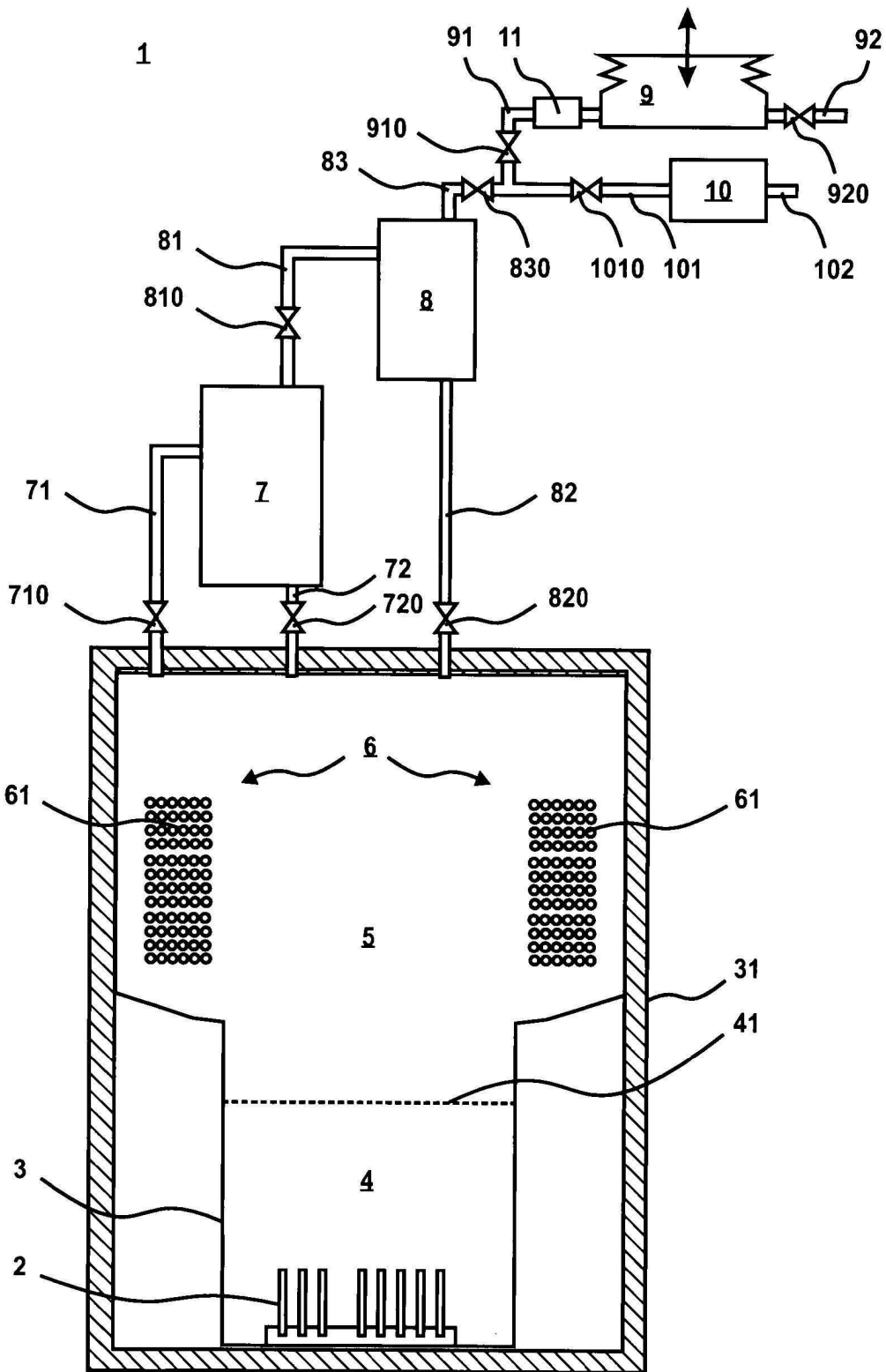


Fig. 1