Quick-Cool-Pipes®

Einleitung

Heatpipes sind bestmögliche Wärmeleiter, mit denen es möglich ist, Wärme dauerhaft, wartungsfrei und ohne äußere Energiezufuhr zu übertragen. Die Heatpipe ist dabei um ein vielfaches besser als Kupfer, einem Material mit einer sehr guten thermischen Leitfähigkeit. Ermöglicht wird dieses Leistungsverhalten durch einen zweiphasigen Wärmetransport. Während in einem Vollmaterial die Wärmeleitung über Gitterschwingungen und Ladungen erfolgt, ist die Heatpipe ein evakuiertes, mit einer kleinen Menge Flüssigkeit befülltes, Kupferrohr. Wenn die Heatpipe an einer Seite erwärmt wird, verdampft an dieser Stelle das Arbeitsmedium und der Dampf steigt zum kalten Ende, wo er kondensiert. Dampf kann schneller größere Mengen Wärme transportieren als ein Feststoff. Der kondensierte Dampf, nun wieder als Flüssigkeit, muss vom kalten Ende zurück zum heißen Ende transportiert werden, damit der Kreislauf erhalten bleibt. Hierfür wird im Idealfall die Schwerkraft genutzt, was aber voraussetzt, dass die wärmere Seite unterhalb der kälteren Seite ist und auch der Transportbereich frei von Siphonen ist. Soll ein lageunabhängiger Betrieb ermöglicht werden, werden auf die Innenoberfläche Kapillarstrukturen aufgebracht, die Flüssigkeiten gegen die Schwerkraft transportieren können. Üblich sind hier feine Drahtgewebe (sog. Mesh) oder eine poröse Sinterstruktur. Das gebräuchlichste Arbeitsmedium ist Wasser, da die meisten Anwendungsfälle im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 200 °C liegen und Wasser im diesem Temperaturbereich die besten Eigenschaften für das Heatpipe Prinzip besitzt.

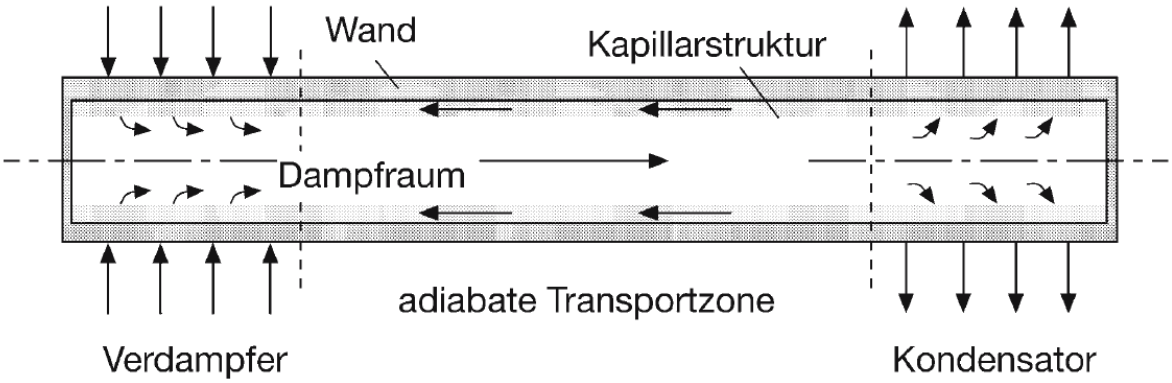

Abb. 1: Prinzipieller Aufbau einer Heatpipe [1]

Für den Einsatz unterhalb des 0°C-Punktes muss ein Arbeitsmedium gewählt werden, dass auch bei Minusgraden im flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand vorliegt. In der Vergangenheit wurden hierfür kundenspezifische Heatpipes in kleinen Stückzahlen angefertigt. Quick-Ohm hat aus den Erfahrungen mit Wasserheatpipes heraus Standards definiert und die ***Quick-Cool-Pipe®*** als Serienprodukt auf den Markt gebracht. Die ***Quick-Cool-Pipe®*** ist eine Heatpipe mit Methanolfüllung die bis -40°C arbeitet. Somit kann ein Wärmemanagement auch bei Temperaturen im Frostbereich, z.B. im Winter bei Außenanwendungen gewährleistet werden.

Anwendung

Leistung

Heatpipes haben keine konstante Maximalleistung. Das Betriebsverhalten ist Temperatur- und Leistungsabhängig. So können Heatpipes bei geringen Temperaturen, bezogen auf den Temperaturbereich des Arbeitsmediums, weniger Leistung übertragen als bei mittleren und höheren Temperaturen. Wasser ist zum Beispiel theoretisch im Bereich von 0°C – 374°C als Arbeitsmedium verwendbar. In diesem Bereich kommt es sowohl flüssig als auch gasförmig vor. Bei Temperaturen unter 3°C ist die Leistungsfähigkeit so gering, dass ein Einsatz als Heatpipe nicht sinnvoll ist. Ab einer Temperatur von 250°C ist der Dampfdruck so groß, dass die mechanische Belastung für das Rohrmaterial kritisch wird, weshalb ein Betrieb weit darüber hinaus nicht sinnvoll ist. Methanol ist theoretisch im Temperaturbereich von -98°C bis +239°C einsetzbar, jedoch ist hier ein Temperaturbereich von -40°C bis +120°C zu bevorzugen. Wir empfehlen grundsätzlich, die ***Coolpipe®*** immer im konkreten Anwendungsfall experimentell zu untersuchen und die angegebenen Werte nur zur Vorauslegung zu berücksichtigen.

Thermischer Widerstand

Der thermische Widerstand der ***Quick-Cool-Pipe®*** ist abhängig von der Einbaulage, aber weitestgehend unabhängig von der Leistung. Er bedeutet jedoch, dass sich auf der ***Quick-Cool-Pipe®*** bei einer bestimmten Leistung eine gewisse Temperaturdifferenz einstellen muss. ***Quick-Cool-Pipe®*** sind nicht in der Lage, Wärme entgegen der Schwerkraft oder in der waagerechten zu transportieren. Es ist möglich, ***Quick-Cool-Pipe®*** unter Berücksichtigung von durchmesserabhängigen Biegeradien, zu biegen. Die Abnahme des thermischen Leitwertes ist jedoch nicht mit Faustformeln abzuschätzen, sondern sollte wieder von Fall zu Fall untersucht werden.

Einbauhinweise

Um die ***Quick-Cool-Pipe®*** an eine vorhandene Geometrie anzupassen, kann sie mit geeigneten Werkzeugen um einen Winkel von bis zu 120 ° gebogen werden. Der kleinst-mögliche Biegeradius ist den Tabellen in der Website www.quick-ohm.de zu entnehmen. Bei einem Biegewinkel von mehr als 120° kann die Funktionsfähigkeit zu stark beeinträchtigt werden. Auch bei kleineren Biegewinkeln wird die Leistung beeinträchtigt. Die Leistungsminderung kann bis zu 30% betragen.

Es ist bei den Biegungen darauf zu achten, dass keine Siphone entstehen und ein Rückfluss des kondensierten Arbeitsmittels durch die Schwerkraft möglich ist. Die ***Quick-Cool-Pipe®*** kann über Klemmverbindungen mit den Anschlussflächen für Wärmeaufnahme (Verdampferzone) und Wärmeabfuhr (Kondensatorzone) verbunden werden. Bei Wahl des geeigneten Materials ist zu beachten, dass Aluminium trotz seiner ca. nur 1/2-mal so guten Wärmeleitfähigkeit gegenüber Kupfer Vorteile haben kann, da es mit weniger Aufwand präziser zu bearbeiten ist.

Eine Möglichkeit ist die Ausführung in Form von zwei Halbschalen mit Längsnut und Pressung durch Schrauben.

Dabei sollte der Radius der Längsnut ca. 0,03 mm kleiner als der Radius der ***Quick-Cool-Pipe®*** sein. So wird immer eine Presspassung gewährleistet.

Die Längsnut wird ganz dünn mit Wärmeleitpaste belegt. Die Wärmeleitpaste hat nur die Aufgabe, die zwischen den Montageflächen vorhandene Luft zu verdrängen. Anschließend werden die beiden Halbschalen zusammengeschraubt. Die ***Quick-Cool-Pipe®*** verträgt eine Pressung um einige zehntel mm ohne Beeinträchtigung.

Literaturverzeichnis

[1] Verein Deutscher Ingenieure VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen. (2006). *VDI-Wärmeatlas.* Berlin Heidelberg: Springer Verlag.