



Peltier-Kühlung für Kühlzentrifugen

Laird Thermal Systems Anwendungshinweis

Einleitung

Einführung	3
Thermische Herausforderungen	3
Peltier-Module	5
Peltier-Baugruppen mit Temperaturreglern.	6
Über Laird Thermal Systems	7
Kontakt zu Laird Thermal Systems	7

Einführung

Das Zentrifugieren ist ein Prozess zum Trennen von Gemischen durch Zentrifugalkraft. Zentrifugen werden in der Lebensmittelverarbeitung und medizinischen Forschung häufig für die Protein-, Gen- und Zellanalyse eingesetzt. In medizinischen Laboren werden z. B. beim Schleudern medizinischer Proben deren Inhaltsstoffe auf Grundlage der Dichteunterschiede filtriert oder konzentriert. Bestandteile höherer Dichte wandern von der Mittelachse weg, während weniger dichte Bestandteile zur Achse hin wandern.

Damit Zentrifugen den verschiedenen Anforderungen im Hinblick auf Probenvolumen, G-Kräfte und Drehzahl (rpm) gerecht werden können, werden sie in vielen verschiedenen Varianten angeboten. Dazu gehören hoch entwickelte Ultrazentrifugen, Hochgeschwindigkeitszentrifugen Großraumzentrifugen und kleinere Tischzentrifugen. In Bezug auf das Temperaturmanagement gibt es zwei Arten von Laborzentrifugen. Normal belüftete Zentrifugen können die Temperatur in der Trommel regeln und deren Effektivität hängt von der konstruktiven Gestaltung der Zentrifuge ab. High-End-Kühlzentrifugen mit der Möglichkeit, Proben zu temperieren, erfordern eine über die Umgebungsbedingungen hinausgehende Temperaturregelung. Viele Probenarten erfordern eine genaue Temperaturregelung im Schleuderraum. Dies gilt insbesondere für empfindliche lebendige Zellen und Proteine, die bei bestimmten konstanten Temperaturen gelagert und getestet werden müssen, um die gewünschte Reaktion und deren Lebensfähigkeit sicherzustellen.



Zentrifugen nutzen die Zentrifugalkraft, um Gemische zu trennen

Damit eine genaue Temperierung für labortechnische Anwendungen der Zentrifuge gewährleistet werden kann, sind aktive Peltier-Kühler und -Baugruppen die ideale Lösung für das Wärmemanagement. Im Vergleich zur Kompressionskältetechnik ist die Peltier-Kühlung effizienter, kosteneffektiver und zuverlässiger. Darüber hinaus wirken sich die gesetzlichen Vorgaben für herkömmliche und natürliche Kältemittel, ohne die Kompressionskälteanlagen nicht auskommen, auf die Auslegung heutiger und zukünftiger Temperaturmanagementsysteme aus. Die kältemittelfreie Peltier-Kühlung ermöglicht eine wünschenswertere, zukunftssichere Lösung für die Temperierung von Zentrifugen.

Thermische Herausforderungen

Die Hersteller von Laborzentrifugen sehen sich bei der Auslegung des Temperaturmanagements mehreren Herausforderungen gegenüber, wozu neben Temperaturstabilität und wenig Einbauraum auch Lärmpegel, Vibration, Energieeinsparung und Kältemittelleinschränkungen gehören.

Abhängig von der Art der Probe muss eine Zentrifugentrommel bei Umgebungstemperaturen von 23 °C bis 30 °C meist eine Temperatur zwischen 0°C und 40°C während der gesamten Zentrifugation präzise halten können. Zum Beispiel müssen menschliche Gewebeproben auf

der Körpertemperatur von 37 °C gehalten werden. Schon Temperaturabweichungen von 6 °C können die Zellgesundheit deutlich beeinträchtigen und die Zentrifugation nutzlos machen.

Die zu kühlende Wärmelast der Zentrifuge kann je nach Art und Größe zwischen unter 30 Watt und über 150 Watt betragen. Kühllösungen müssen die vorgegebene Wärmelast mit hoher Leistungszahl (CoP) ableiten können, um den Energieverbrauch möglichst auf ein Minimum zu reduzieren.



Eine Zentrifugentrommel muss eine präzise Temperatur halten

Die Miniaturisierung von Laborapparaten, wie z. B. Zentrifugen, zur Gewinnung kostbaren Laborraums zwingt Ingenieure und Konstrukteure dazu, mehr Elektronik auf weniger Fläche zu komprimieren. Mehr Elektronik auf weniger Raum erhöht neben dem Funktionsumfang des Geräts auch die Wärmestromdichte. Der äußerst eingeschränkte Einbauraum erfordert einen effizienten und effektiven Wärmetauscher mit hoch entwickelter Temperaturregelfähigkeit. Das Kühlaggregat muss sehr kompakt ausgelegt sein, um den Schleuderraum möglichst groß gestalten zu können.

Da medizinische Zentrifugen von Labortechnikern bedient werden, sind betriebsbedingte Lärmpegel ein wichtiger Auslegungsaspekt. Um einen ungestörten Laborbetrieb zu gewährleisten, müssen Zentrifugensysteme vom Rotor bis zur Wärmemanagementlösung möglichst hohe Laufruhe bieten.

Abschließend ist zu bedenken, dass OEMs mittlerweile in vielen Ländern schädliche Kältemittel stufenweise durch andere ersetzen müssen. Ältere Systeme mit Kompressor nutzen umweltschädliche FKW-Kältemittel wie R134a und R404A. Bei modernen kompressorbasierten Systemen kommen heute eine Vielfalt natürlicher Kältemittel zum Einsatz: R744 (Kohlenstoffdioxid), R717 (Ammoniak), R290 (Propan), R600a (Isobutan) und R1270 (Propylen). Allerdings bergen auch natürliche Kältemittel Herausforderungen bei der Auslegung, wie zum Beispiel erhöhte Drücke, hohe Toxizität, Brennbarkeit und Erstickungsgefahr sowie ein vergleichsweise schlechtes Leistungsverhalten. Durch die Brennbarkeit einiger natürlicher Kältemittel gibt es beim Transport eine Menge zu beachten. Das Ergebnis: Hersteller von Zentrifugen halten nach alternativen Technologien Ausschau, wie zum Beispiel der Peltier-Kühlung.

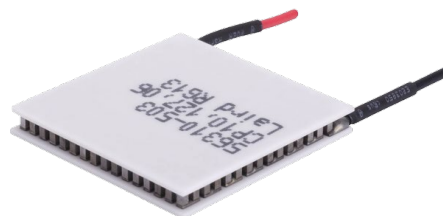
Peltier-Module

Die nach dem Peltier-Effekt funktionierenden, thermoelektrischen Kühlmodule sind aktive Wärmepumpen ohne bewegliche Teile. Sie führen die Wärme effizient ab und schützen so Proben bzw. Medien und gewährleisten die richtige Funktion der Zentrifuge. Peltier-Module sind im Hinblick auf Größe, Effizienz, Kosten und zuverlässigen Dauerbetrieb ausgelegt, damit sich die OEMs von Zentrifugen den wärmetechnischen Entwurfsherausforderungen stellen können.

Dank des niedrigen Wärmewiderstands der Peltier-Module haben sie eine höhere Wärmepumpleistung, weisen im Betrieb eine bessere Leistungszahl (Coefficient of Performance, CoP) auf und senken den Energieverbrauch. Fließt ein Gleichstrom durch ein Peltier-Modul, wird eine Seite heiß und die gegenüberliegende kalt. Bei umgekehrter Stromrichtung tauschen die beiden Seiten ihre Funktion. Die Hersteller von Peltier-Modulen definieren zwei Spezifikationen: ΔT_{Max} und Q_{cMax} . ΔT_{Max} ist der maximale Temperaturunterschied ohne Wärmestrom ($Q_c = 0$). Q_{cMax} ist der maximale Wärmestrom bei gleicher Temperatur auf beiden Seiten ($\Delta T = 0$). Bei den meisten einstufigen Peltier-Modulen beträgt das ΔT_{Max} für gewöhnlich um die 70 K. Sobald die Wärme (Q_c) durch die thermische Grenzschicht strömen muss, fällt der nutzbare ΔT_{Max} -Wert bis der Q_{cMax} Wert bei $\Delta T = 0$ erreicht ist. Zusätzlich zur ‚Austauschbeziehung‘ zwischen ΔT und Q_c kann es zu großen Verlusten bei der Temperaturdifferenz durch Wärmewiderstände auf sowohl der heißen als auch der kalten Seite des Peltier-Moduls kommen. Das Wärmeleitmaterial (TIM) und die Wahl des Kühlkörpers stellen die größten Herausforderungen bei der Auslegung dar. Falls die Kühlleistung (Q_c) erhöht werden muss, erfordert dies entweder Kühlkörper mit geringerem Wärmewiderstand oder mehr Peltier-Module. Dazu können Peltier-Module für 12 V= oder 24 V= in Reihe oder parallel geschaltet werden. Im praktischen Betrieb von Peltier-Modulen gibt es verschiedene Kombinationen von ΔT und Q_c , damit Kühlanforderungen der Zentrifuge im Hinblick auf die Temperaturstabilisierung erfüllt werden können.

Die Baureihe CP (Ceramic Plate) von Laird Thermal Systems ist ein robustes und kompaktes Peltier-Modul speziell für Anwendungen mit höheren Strömen und hohem Wärmepumpbedarf, wie zum Beispiel bei Tisch- und Hochgeschwindigkeitszentrifugen. Bei einer Montage unter der Trommel für eine bodenseitige Kühlung bietet die Direkt-zu-Luft-Konfiguration der Baureihe CP eine maximale Kühlleistung von bis zu 125 Watt bei 67 K Temperaturunterschied (ΔT) und kompakten 62 mm Kantenlänge bei 4,6 mm Höhe, oder kleiner. Dank der großen Auswahl an erhältlichen Wärmepumpleistungen, Formen, Größen und Versorgungsbereichen kann die Baureihe CP vielfältige Anforderungen unterschiedlichster Zentrifugen erfüllen.

Dank der Auslegung ohne bewegliche Teile erhöhen die Peltier-Module die Zuverlässigkeit und Lebensdauer bei stark vibrationsbelasteten Anwendungen, wie Zentrifugen. Diese aktiven Kühlbausteine tragen darüber hinaus zur Senkung der Betriebsgeräuschpegel bei. Insgesamt sorgen Peltier-Module für eine deutliche Reduzierung der Anschaffungs-, Wartungs- und Betriebskosten.



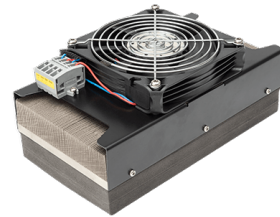
Ceramic Plate (CP) Series

Peltier-Baugruppen mit Temperaturreglern.

Durch die Nutzung von Peltier-Modulen können Peltier-Baugruppen, oder thermoelektrische Kühlerbaugruppen, ein größeres Kühlleistungsspektrum von ca. 10 W bis 250 W darstellen. Peltier-Baugruppen können durch Zwangskonvektion (Luft oder Flüssigkeit) und Konduktion die Wärme von den jeweiligen Regelmedien abführen. Ultra- und Hochgeschwindigkeitszentrifugen erfordern normalerweise eine Kühllösung mit Peltier-Baugruppen. Die Peltier-Baugruppe aus der Tunnel-Baureihe bietet Kühlleistungen bis 100 Watt bei höheren Wirkungsgraden und mehr Laufruhe, während die Peltier-Baugruppe aus der SuperCool-Baureihe mit Kühlleistungen ab 200 Watt bei kompakterer Bauform überzeugt.



Baureihe Tunnel



Baureihe SuperCool

Im Verbund mit einer Temperaturregelung bieten Peltier-Baugruppen im Vergleich zu anderen Kühltechnologien einige Vorteile, zu denen neben dem Kühlen bis unter Umgebungstemperatur und steilen Temperaturrampen auch die präzise Temperaturregelung mit einer Genauigkeit von 0,01 °C bei konstanten Bedingungen und die geringe Geräuschentwicklung gehören. Diese Temperiersysteme sind darüber hinaus umweltfreundlich, weil zum genauen Halten der Solltemperatur innerhalb der Zentrifuge keine Kältemittel verwendet werden.

Der Einsatz von Peltier-Modulen oder -Baugruppen zusammen mit einem Temperaturregler ermöglicht eine reaktionsschnelle und genaue Temperierung. Über eine Rückführung eines Temperatursensors regelt der Temperaturregler den Strom am Ausgang und steuert so die Temperatur in der Zentrifuge. Temperaturregler können an eine Vielzahl von Regeloptionen zum Sparen von Energie und Auslösen von Alarmen angepasst werden. I/O-Kontakte sind vorhanden für Lüfter, Peltier-Module, Alarm/Status-LEDs, Thermistoren, Lüfterdrehzahlmesser und einen Überhitzungsthermostaten.

Im Verbund mit den Peltier-Baugruppen SuperCool oder Tunnel können die Temperaturregler aus der Baureihe SR-54 von Laird Thermal Systems die Temperatur auf $\pm 0,5$ °C regeln. Der Temperaturregler SR-54 überwacht ebenfalls Spannungen, Temperaturen und Ventilator-drehzahlmesser und löst bei Problemen mit einem Lüfter oder beim Versagen eines Peltier-Moduls, Übertemperatur-Thermostaten und Temperatursensors einen Alarm aus – alles sehr wichtige Kriterien für die Maximierung der Zentrifugenbetriebszeit. Der Programmieraufwand für den Regler ist äußerst gering und er kann unkompliziert an einer Peltier-Baugruppe oder an einem Systemgehäuse montiert werden. Der Regler verringert außerdem die Betriebsgeräusche, da die Lüfterdrehzahl bei Erreichen der vorgegebenen Temperatur gedrosselt werden kann.

Eine weitere Option ist der Temperaturregler PR-59 mit wählbarer Leistungsregulierung, der vom Anwender im Hinblick auf PID (Proportional-Integral-Differenzial), Thermostat EIN/AUS oder POWER konfiguriert werden kann, um die Geräte zu schützen und die Leistung zu optimieren. Der programmierbare Mikrocontroller PR-59 kann den Sollwert sowohl im Heiz- als auch Kühlmodus auf $\pm 0,05$ °C stabil regeln. Über einen PC mit entsprechender Software können Solltemperaturen und andere Parameter gewählt werden.

Fazit

High-End-Kühlzentrifugen erfordern für ihren Betrieb ein Wärmemanagementsystem mit präziser Temperaturregelung. Der Einsatz aktiver Peltier-Module oder -Baugruppen ist für labortechnische Zentrifugenanwendungen die ideale Wahl. Peltier-Module und -Baugruppen bieten kompakte und effiziente thermische Lösungen mit stabiler und zuverlässiger Leistung bei geringeren Gesamtbetriebskosten. Laird Thermal Systems verfügt nicht nur über jahrzehntelange Erfahrung bei der Bereitstellung von Kühllösungen für Kühlzentrifugen, sondern auch über einen außerordentlichen Kundenservice. Laird Thermal Systems bietet ein breit gefächertes und umfangreiches Produktportfolio aus hoch entwickelten Peltier-Modulen, Peltier-Baugruppen und Temperaturreglern.

Über Laird Thermal Systems

Laird Thermal Systems entwickelt Wärmemanagementlösungen für anspruchsvolle Anwendungen in den Bereichen Medizin, Industrie, Transport und Telekommunikation. Wir stellen eines der vielfältigsten Produktportfolios der Branche her, das von aktiven thermoelektrischen Kühlern und Baugruppen bis hin zu Temperaturreglern und Flüssigkeitskühlsystemen reicht. Unsere Ingenieure nutzen fortschrittliche thermische Modellierungs- und Managementtechniken, um komplexe Wärme- und Temperatursteuerungsprobleme zu lösen. Wir bieten ein breites Spektrum an Design-, Prototyping- und internen Testmöglichkeiten und arbeiten während des gesamten Produktentwicklungszyklus eng mit unseren Kunden zusammen, um Risiken zu reduzieren und die Markteinführung zu beschleunigen. Unsere weltweiten Fertigungs- und Supportressourcen helfen unseren Kunden, Produktivität, Betriebszeit, Leistung und Produktqualität zu maximieren. Laird Thermal Systems ist die optimale Wahl für standardmäßige oder kundenspezifische thermische Lösungen. Weitere Informationen finden Sie unter www.lairdthermal.com

Kontakt zu Laird Thermal Systems

Haben Sie eine Frage oder benötigen Sie weitere Informationen über Laird Thermal Systems? Bitte kontaktieren Sie uns über die Website www.lairdthermal.com

LTS-Peltier-Cooling-for-Refrigerated-Centrifuges-Appnote-102822

© Copyright 2020 Laird Thermal Systems GmbH. All Rights Reserved. Laird, Laird Technologies, Laird Thermal Systems, the Laird Logo, and other word marks and logos are trademarks or registered trademarks of Laird Limited or an affiliate company thereof. Other product or service names may be the property of third parties. Nothing herein provides a license under any Laird or any third party intellectual property rights.