WÄRMEMANAGEMENT

Elektronik in E-Fahrzeugen richtig kühlen

Jedes Elektronikbauteil hat seine „Wohlfühltemperatur“. Daher wird dort, wo viel Elektronik verbaut ist, das richtige Thermomanagement für die Funktionalität essenziell. Als besonders herausfordernd gelten Elektrofahrzeuge. CTX löst die Anforderung mit passgenauen Kühlkonzepten.

VERFASST VON
Thomas Windeck
Vertriebsleitung
CTX Thermal Solutions

Bis zu 85 Steuergeräte – so viele Elektronikkomponenten können heutzutage allein in Mittelklassewagen mit Verbrennermotor zusammenkommen. Von der Beleuchtung und Navigation bis hin zu den Assistenzsystemen wird alles elektronisch geregelt. Mit Blick auf die weitere Entwicklung von Elektromobilität, Smart Mobility und autonomem Fahren wird dieser Bedarf an Leistungselektronik und damit auch an Kühllösungen zunehmen, schätzt Arthur Brinkmann, Sales Manager bei CTX Thermal Solutions: „Die Fahrzeugelektronik vereint meist mehrere Spannungsnetze mit 12, 48 oder gar 400 oder 800 Volt. Auf diese Weise entsteht eine enorme Wärme, die Wirkungsgrad und Lebensdauer maßgeblich beeinflussen kann. Das Thermomanagement ist ein essenzieller Faktor, damit Komponenten in E-Autos 15 bis 20 Jahre zuverlässig funktionieren können.“



Für einen Automobilzulieferer fertigte CTX zur Kühlung einer Battery Management Unit (BMU) einen Flüssigkeitskühlkörper mit einer Größe von etwa einem DIN A4-Blatt.

Bild: CTX Thermal Solutions

CTX entwickelt und fertigt passive und aktive Kühllösungen für die Elektronik in verschiedenen industriellen Branchen. Der Bereich Elektromobilität ist eine davon. Standard- und kundenspezifische Kühlkörper des Herstellers aus Nettetal kommen bei der Kühlung der Elektronik von Wallboxen und Ladesäulen zum Einsatz. In E-Fahrzeugen regulieren sie die Wärmeentwicklung von Komponenten wie unter anderem Batteriemanagementsystemen, On-Board-Chargern, Gleichspannungswandlern oder Wechselrichtern.

Dafür nutzt das Unternehmen eine große Bandbreite an Herstellverfahren, um für die verschiedenen Applikationen die jeweils passende Kühllösung zu fertigen. Arthur Brinkmann von CTX sieht für Kühlkörper in E-Fahrzeugkomponenten zwei Aspekte als entscheidend an: Sie müssen zum einen klein und leicht sein. Zum anderen muss ihre Serienfertigung unter Automotive-Bedingungen wirtschaftlich machbar sein. „Bei der Größe des Kühlkörpers kommt es unbedingt auf die effiziente Nutzung eines sehr engen Bauraums an“, so der Sales Manager. „Es gilt, die notwendige Kühlleistung in kompakter, leichter Bauweise zu erbringen. Das ist selten mit Standardkühlkörpern möglich, sondern erfordert meist applikationsspezifisch ausgelegte Lösungen mit individuellen Geometrien oder Profilen.“

AUTOMOTIVE-KÜHLKÖRPER LEISTEN VIEL AUF KLEINEM BAURAUM

Als ein prägnantes Beispiel nennt er digitale Armaturenbretter mit ihrem breiten Display und Navigationssystem. Sie benötigen viel Leistungselektronik auf engstem Raum. Damit entsteht die Verlustleistung dort, wo für Kühlkörper eigentlich kein Platz ist. Hier kommt oft das Kühlkonzept der Heatpipe zum Einsatz. Sie besteht aus einer Aluplatte, in der sich ein geschlossenes Kupferrohrsystem mit innenliegender Kapillarstruktur befindet. Die Platte selbst benötigt wenig Platz und kann direkt am Hotspot installiert werden.

Das Besondere ist der Wärmetransport. Denn im Rohrsystem der Heatpipe nimmt ein Kühlmedium hohe Wärmemengen am Hotspot auf und transportiert sie zum eigentlichen Kühlkörper, der die Wärme an die Umgebung abgibt. Der Vorteil besteht in der Kom-

bination aus Leistungsfähigkeit und geringem Platzbedarf: Mit einer Wärmeleitfähigkeit von bis zu 400 W/mK können die Rohre aus Kupfer die Wärme schnell zum Kühlkörper abtransportieren. Dieser kann dort montiert werden, wo Bauraum verfügbar ist.

Ein weiteres Beispiel ist das Kühlen des Batteriemanagementsystems von Elektrofahrzeugen. Um die sehr hohen Wärmemengen schnell abtransportieren zu können, kommen in der Regel Flüssigkeitskühlkörper zum Einsatz. Sie gelten als die leistungsstärksten Kühlkomponenten, da sie bis zu 25 Prozent mehr Wärme als lüftergestützte Konzepte ableiten können. Auch sie bestehen aus einer Aluminium-Kühlplatte, in die Rohre aus Kupfer, Edelstahl oder Aluminium eingebettet sind. Als Kühlmittel kommen in der Regel Wasser, Glykol oder Öl zum Einsatz. Für die Großserienfertigung im Automotive-Bereich entstehen die Flüssigkeitskühlkörper meist im Druckguss. Als formgebendes Verfahren ermöglicht diese Methode die Herstellung auch komplexer Geometrien zu geringen Stückkosten. Dafür wird Metall unter hohem Druck in ein Gusswerkzeug eingebracht, das die Form des Kühlelements vorgibt. Auf diese Weise lassen sich mehrere Kühlkörper in einem Vorgang fertigen.

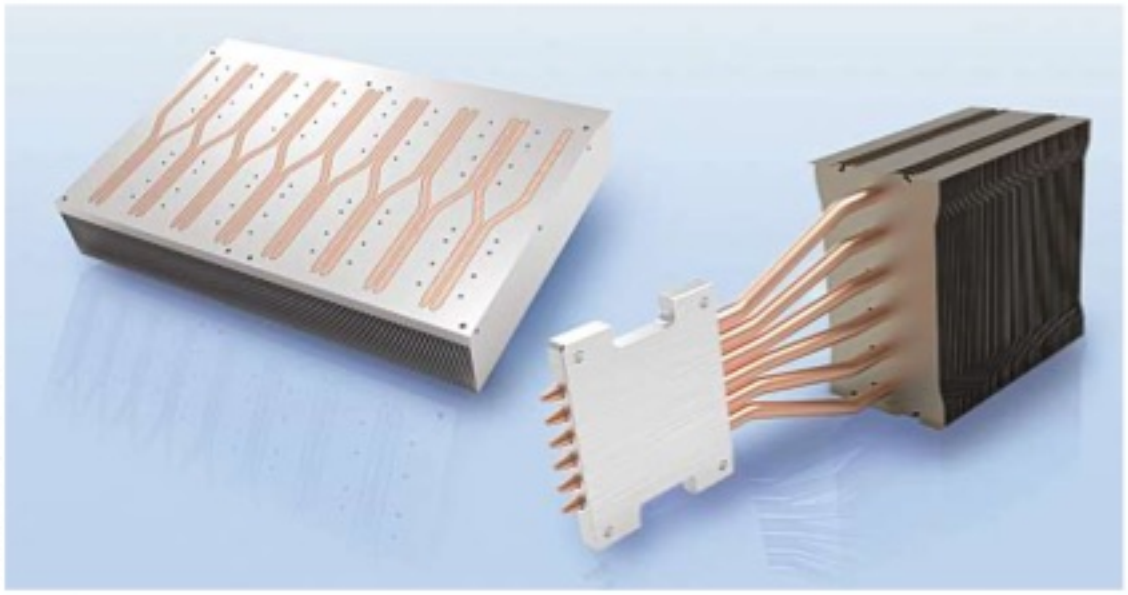

Bild: CTX Thermal Solutions

Heatpipes transportieren große Wärmemengen schnell vom Hotspot zum eigentlichen Kühlkörper. Dadurch eignen sie sich ideal für enge Bauräume.

PRAXISBEISPIEL: BATTERY MANAGEMENT UNIT EFFIZIENT KÜHLEN

„In einem Elektroauto ist die Batterie das wertvollste Bauteil", sagt Arthur Brinkmann von CTX. „Die Anforderungen an eine passgenaue Kühllösung, aber auch an ihre Fertigung sind damit hoch." Wie viel Expertise hier vom Kühlkörperhersteller gefordert ist, zeigt sich beispielhaft in einer Kühllösung, die CTX für eine BMU fertigte.

BMU steht für Battery Management Unit. Sie ist quasi die Schaltzentrale eines Batteriemanagementsystems, steuert und überwacht die Batterie anhand von Sensorik- und anderen Daten und kommuniziert mit den verschiedenen Fahrzeugsystemen. „Die Leistungsfähigkeit einer Batterie entscheidet sich in der BMU und damit zu einem nicht unwesentlichen Teil durch die Kühllösung", erklärt Brinkmann. Der Kunde kam bereits mit einem Vorentwurf des Kühlkonzepts in den ersten Austausch mit CTX: einem Flüssigkeitskühlkörper mit Metallplatte und integriertem Metallrohr. „Wie gekühlt werden sollte, war damit von Anfang an klar", sagt Brinkmann. „Unsere Aufgabe war es, im engen Austausch das Konzept hinsichtlich seiner Machbarkeit und seiner thermischen Leistungsfähigkeit zur Serienreife zu bringen."

Es entstand eine Wasserkühlplatte, die etwa die Größe eines DIN A4-Blattes und eine Dicke von 8,65 Millimetern hat. Sie wird im Aluminiumdruckguss gefertigt und mit zwei Anschlussstücken verschweißt. In die Platte wird ein vorgebogenes Edelstahlrohr mechanisch eingepresst, durch das dann Wasser als Kühlflüssigkeit strömt. „Die Dicke der Platte war mit der wichtigste Punkt, an dem wir zu arbeiten hatten", erläutert Brinkmann. „Sie war nur zu realisieren, indem wir auch den Biegungsradius des Edelstahlrohrs anpassten." Auch die Wahl der geeigneten Edelstahllegierung für das Rohr war nicht schnell entschieden. Es musste das richtige Verhältnis aus Wärmeleitfähigkeit, Produzierbarkeit, Beständigkeit und Wirtschaftlichkeit erreicht werden. Nach rund zwei Jahren fertigte CTX die ersten Prototypen, ein weiteres Jahr später startete die Serienfertigung.

> ***„In einem Elektroauto ist die Batterie das wertvollste Bauteil."***
>
> Arthur Brinkmann, Sales Manager, CTX

MASSHALTIGKEIT UND TECHNISCHE SAUBERKEIT SICHERSTELLEN

Für die Kühlkörper-Produktion galt es, auch in der Großauflage hohe Anforderungen hinsichtlich der Maßhaltigkeit und der technischen Sauberkeit sicherzustellen. Bei CTX entstanden dafür komplett neue Einheiten zur Prozesskontrolle. Mit neuen Prüfmitteln und Messmethoden gewährleistet das Unternehmen das Einhalten der vorgegebenen engen Toleranzen von ≤ 1 mm. „Gerade bei herausfordernden Fertigungsschritten wie der rechtwinkligen Biegung des Edelstahlrohrs sind solche Vorgaben nur mit einer Qualitätskontrolle zu realisieren, die über das Standardmaß hinausgeht", sagt Brinkmann.

Eine weitere Vorgabe war die technische Sauberkeit gemäß VDA 19. Diese schreibt vor, in welcher Menge Rückstände welcher Partikel- oder Fasergrößen auf den Bauteilen bei Auslieferung akzeptabel sind. So dürfen beispielsweise maximal 2.000 metallische Partikel zwischen 100 und 150 Mikrometer Größe auf einer Fläche von 1.000 cm^2 zu finden sein; auch das zulässige Vorkommen von Staubpartikeln und Fasern ist genau definiert. CTX erweiterte hierfür seine Qualitätskontrolle der hauseigenen Dichtigkeits- und Druckverlustprüfung um die Restschmutzanalyse nach VDA 19, die das Unternehmen mit einem externen Labor durchführt. Dort werden die Bauteile gewaschen, Partikelrückstände herausgefiltert, identifiziert und gezählt. „Null-Fehler-Betrieb und ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess sind Kernelemente des CTX-Qualitätsmanagements", erklärt Arthur Brinkmann von CTX. „Damit wird eine Kühllösung nicht nur passgenau für die Anwendung, sondern auch für den übergreifenden Fertigungsprozess." *(häu)*