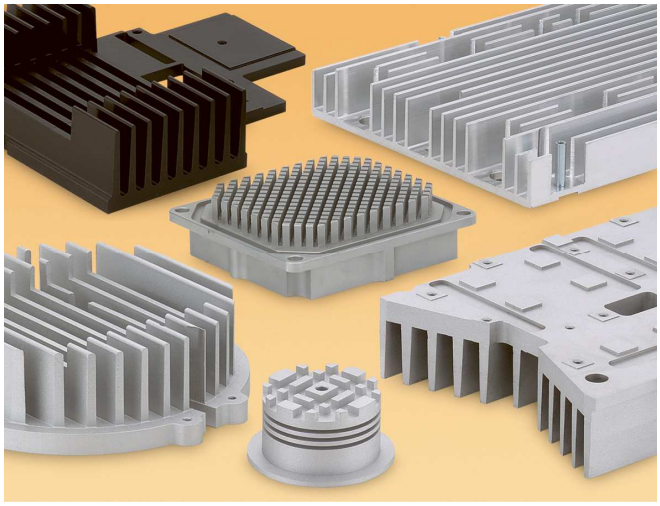




[Bild 1, A, B, - Aufmacher]

Auswahlkriterien für Kühlkörper

Mechanische Kriterien für die Auswahl geeigneter Kühlkörper für die Entwärmung elektronische Bauteile und Komponenten.

Eine Haupteinflussgröße für die sichere und langlebige Funktion elektronischer Halbleiterbauteile ist deren thermische Belastung. Ausfälle elektronischer Komponenten und Geräte, werden, das ist statistisch belegt, zu fast 50 % mittel- oder unmittelbar durch unzureichendes thermisches Management hervorgerufen. Dabei sind neben den thermischen Belangen auch mechanische Gegebenheiten und Anforderungen durchaus mit entscheidend für eine richtige und gut wärmeleitende Montage der Bauteile auf einem geeigneten Kühlkörper, dessen mechanische Bearbeitung dadurch einen wesentlichen Anteil an der Funktion der Bauteile hat.

Entwärmungskonzepte

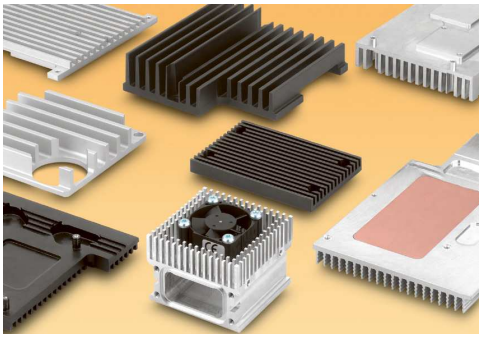
Das thermische Management als Grundlage einer geeigneten Entwärmung elektronischer Bauteile ist hinreichend beschrieben und bekannt, Der Kühlkörper als das bekannteste und meist benutzte Element darin, ist ein mechanisches Teil, welches wärmeleitend mit dem zu entwärmenden elektronischen Bauteil mechanisch verbunden ist, dessen Wärme aufnimmt, und über das Prinzip der Oberflächenvergrößerung diese Wärme in die Umgebungsluft ableitet.
Die vergrößerte Oberfläche in Kombination mit einer geeigneten Gestaltung des Kühlkörpers, ermöglicht dann durch freie, natürliche Konvektion, oder mit zusätzlichen Ventilatoren als erzwungene Konvektion, eine gute Entwärmung im Rahmen des entsprechenden Konzeptes der Applikation. Flüssigkeitskühlung und

all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG

Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!

Siede/Verdampfungskühlung sind dann nochmals eine erhebliche Steigerung in der Wärmeableitung für elektronische Bauteile.
Das Wärmemanagement ist immer im Zusammenhang mit der Applikation, dem mechanischen Aufbau und dem Kühlkörper zu betrachten, daraus ergibt sich die geeignete Entwärmung; ob freie Konvektion, Ventilator oder Flüssigkeit.
Die stetige Entwicklung bei elektronischen Bauteilen führte über die Zeit zu immer neuen, verbesserten und angepassten Entwärmungskonzepten. Die mechanische Verbindung und damit der optimale Wärmeübergang vom Bauteil zum Kühlkörper, ist dabei immer ein sehr wichtiges Kriterium für eine gute Entwärmungsfunktionalität.



[Bild 2, Kühlkörper für freie und erzwungene Konvektion]

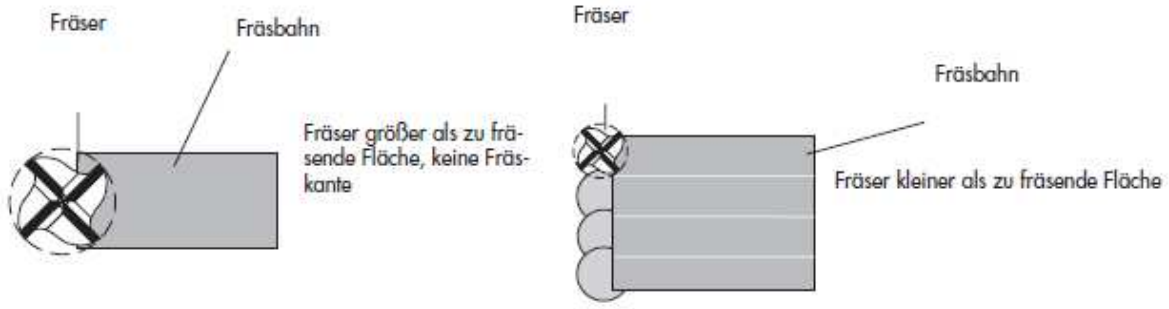
Mechanische Möglichkeiten eines guten thermischen Managements

Die Kühlkörper werden hauptsächlich aus dem Werkstoff Aluminium gefertigt. Die Gründe dafür sind ein optimales Verhältnis von spezifischer Wärmeleitfähigkeit des Materials, Gewicht, Preis und mechanischer Festigkeit, in Relation zum Wärmeableitvermögen.
Die möglichen Herstellungsarten für Kühlkörper haben erheblichen Einfluss auf die Gestaltung der Kühlkörper und die mechanische Verbindung zum Bauteil.
Für Extrusionsprofile (Strangpressprofile), Gießteile, Preßteile, Blech-Stanz und Biegeteile oder andere Formteile sind jeweils die unterschiedlichen mechanischen Gegebenheiten bei der Verwendung zu berücksichtigen.

Bei einer Gesamtkonzeption eines Gerätes ist der Kühlkörper ein Teil welches im Gesamtkonzept mit verbaut ist und mit den anderen Komponenten im Zusammenhang gesehen werden muss. Toleranzen im Herstellungsprozess sowie im weiteren Bearbeitungsprozess sind eine nicht zu vernachlässigende Einflußgröße und sind zu beachten. Extrudierte Aluminiumprofile z.B, werden nach vorgegebenen internationalen Normen gefertigt. Werkstoffe und Herstellungsprozess sind typisiert, Toleranzfelder sind normiert festgelegt.

Strangpressprofile werden aus sog. Knetlegierung hergestellt, d.h. beim Umformen wird das erwärmte Material durch eine Matrize gepresst und damit die Formgebung erreicht. In Europa als EN AW Legierung bezeichnet: EN= Europäische Norm, AW= Aluminium Wrought (Aluminium Knetlegierung), bestehen die Legierungen überwiegend aus Aluminium, Magnesium und Silizium.
Eine Nummerierung typisiert die Zusammensetzung der Legierung, EN AW 6060 und EN AW 6063 sind dabei als Kühlkörpermaterial für die Elektronik die am meisten verwendeten.

Herstellungsbedingt sind Toleranzen der Profile zu beachten; auch hierbei sind Normierungen innerhalb der europäischen Harmonisierung vorhanden. DIN EN 12020 beschreibt die Toleranzen für Präzisionsprofile mit einem umschreibenden Kreis ≤ 300 mm (d.h. die komplette Profilkontur muss hineinpassen), die DIN EN 755 gilt dann für Standardprofile >300mm. Die relativ groben Toleranzen der Profile nach DIN EN könnten durchaus geringer sein, je nach Profiltyp bis <1/3 Norm, jedoch ist dabei eine Verteuerung durch geringere Ausbringung (Menge) pro Zeiteinheit und /oder Nacharbeit durch Kalibrierung gegeben.
Besonders die Durchbiegung der Profile in Querrichtung und die Verwindung (Torsion) in Längsrichtung, lässt eine wärmetechnisch optimale Montage großer IGBT Module nicht zu. Diese sollen nach Herstellerangaben Abweichungen <0,02mm haben um einen guten Wärmeübergang zu ermöglichen.
Auch sollten bei gegebenen Geometrien die Toleranzen der Winkelabweichung und Planparallelität Beachtung finden; hier ist, je nach Anforderung, weiterer Aufwand zur Erlangung geringerer Abweichungen nötig, damit vorgegebene Einbaubedingungen umgesetzt werden können.
Die besondere Güte der Montagefläche in Hinsicht Ebenheit und Rauheit wird gut durch eine frästechnische Bearbeitung erreicht. Im thermischen Pfad ist die Minimierung der thermischen Übergangswiderstände der montierten Komponenten durchaus relevant. Eine planebene Fläche zur Montage der Halbleiterbauteile ist erheblich für den guten Wärmeeintrag in den Kühlkörper. Reduzierung des thermischen Überganges Bauteil zu Kühlkörper ist dann optimal, wenn ebene Flächen mit geringer Rauheit nur noch mit wenig, dünn aufgetragenem (ca. 10 µm bis maximal 40 µm Dicke) Wärmeleitmittel (sog. Wärmeleitpaste) oder, falls elektrische Isolierung erforderlich ist, mit möglichst dünner Folie < 100 µm ausgestattet werden.



[Bild_Fräser, Fräsbahnen vermeiden durch spezifizierte Angaben]

Mechanische Bearbeitungen für guten Wärmeübergang

Bei einer frästechnisch ausgeführten, mechanische Bearbeitung ist auch zu beachten, dass im Montagebereich des Bauteiles keine sogenannten Fräskanten oder Fräsabsätze vorhanden sind. Diese entstehen dann, wenn der Kühlkörper breiter / größer ist, als die Fräswerkzeuge die eine Oberfläche bearbeiten. Daher sollten auf Zeichnungen Angaben über die Montagebereiche, besonders bei großen Bauteilen, IGBT etc., mit dem Hinweis, hier keine Fräsabsätze, und evtl. zusätzlicher Angabe des Rauheitswertes spezifiziert werden.



[Bild 3, Frästechnische Bearbeitung eines Kühlkörpers]

Auch die Positionierung der Befestigungsbohrungen für die Montage der Halbleiterbauteile ist eine Betrachtung wert. Die Hersteller von Leistungsbauteilen, z.B. Power-Modules wie IGBT, SSR, etc. machen neben den Vorschriften für die Ebenheit, auch bestimmte Vorgaben zu Anzugdrehmomenten bei Schraubbefestigungen.
Je nach verwendeter Aluminiumlegierung, sind die Festigkeitswerte nicht immer einfach erreichbar. Bei zu dünner Bodenplatte reichen die DIN gemäßen Gewindetiefen nicht aus, oder, trotz dicker Bodenplatte sind die Vorgaben materialbedingt nicht einzuhalten. Drahtform-Gewindeeinsätze (z.B. Heli-Coil™) sind hier eine gute Hilfe. Speziell geformte „Drahtkäfige“ aus gehärtetem Draht werden in den Grundkörper eingesetzt und bilden ein stark belastbares Normgewinde mit hoher Scherfestigkeit.
Für eine Positionierung von Bauteilen sind Toleranzen bei der Festlegung des Anschraubbildes ebenfalls von Wichtigkeit. Lochbilder für große und kleine Module sollten entsprechend den Montagevorgaben in die Kühlkörperbodenplatte eingebracht werden. Die Bearbeitung erfolgt heute mit modernen CNC-gesteuerten Maschinen, welche eine Vorgabe der gewünschten Positionstoleranzen einhalten können. Üblich sind hier Bearbeitungstoleranzen nach DIN ISO 2768m, einer mittleren Toleranzklasse, die gut maschinentechnisch einzuhalten ist, und als quasi Standardtoleranz angewendet wird. Für besondere Anforderungen können natürlich geringere Toleranzen vereinbart werden – eine Notwendigkeit sollte jedoch überprüft werden, da dieses einen Einfluss auf den Preis hat.
[Bild ,]

Bei kleinen Kühlkörpern aus Aluminium- oder Kupferblech, die als Stanz-Biegeteile geformt werden, oder bei Pressteilen oder Gießteilen, sind die Toleranzabweichungen erheblich einfacher zu handhaben. Maschinentechnische Einstellungen und die Möglichkeit Werkzeuganpassungen und Werkzeugkorrekturen verhältnismäßig einfach vorzunehmen, sowie einfachere Prozesse des Umformungsvorganges, ermöglichen hier die Einhaltung engerer Toleranzen und sichern damit eine gute mechanische und wärmeleittechnische Verbindung zwischen dem zu entwärmenden, elektronischem Bauteil und dem Kühlkörper. Toleranzen im Montagebereich sind als Abweichungen der Ebenheit hierbei fast immer unter 0,1 mm.

Bei einer Kühlkörperauswahl kann neben der Funktionalität der mechanischen Gegebenheiten auch die Oberflächenbeschaffenheit ein Kriterium sein. Dabei sind ein dekoratives Aussehen und wärmetechnische Belange keine Ausschlusskriterien. Die Wärmeableitung bei Kühlkörpern erfolgt zumeist durch Konvektion, d.h. Die Erwärmung erzeugt bei den an den Flächen angelagerten, benachbarten und umgebenden Luftmolekülen einen Auftrieb weshalb sie an der erwärmten Oberfläche aufsteigen und die Wärme ableiten. Mit bewegter Luft, d.h. durch den Einsatz von Ventilatoren, wird dieser Prozess, je nach Geometrie der wärmeübertragenden Kontur, bis zu mehr als Faktor 10 verstärkt. Der Strahlungsanteil bei der Wärmeableitung ist erst bei höheren Temperaturen >80℃ wirklich von Relevanz, daher auch in wenigen Fällen von echter Bedeutung.

.

$$\dot{Q} = \varepsilon \sigma A T^4$$

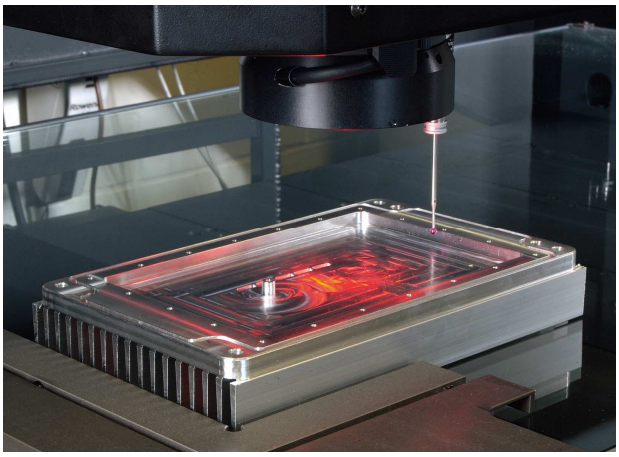
Q Strahlungsleistung
ε Emissionsgrad, (Al schwarz anodisiert 0,55)
σ Boltzmann Konstante
A Oberfläche des strahlenden Körpers
T Temperatur des strahlenden Körpers (in Kelvin)

[Formel Wärmestrahlung ; Wärmeableitung, Emissionsfaktor]

Etliche Anforderungen an den Korrosionsschutz oder sogar an besonders dekoratives Aussehen, haben durchaus Einfluss auf die Effizienz der Wärmeableitung. Anodisierte (eloxierte) Oberflächen, sind, unabhängig von Ihrer Einfärbung, durchaus sinnvoll. Neben der bekannten Korrosionsschutzwirkung erfolgt dabei eine Strukturierung der Oberfläche im Nanometerbereich und erhält alleine dadurch eine um ca. 8...10 % verbesserte Wärmeableitung bei freier Konvektion. Die Farbgebung der Eloxalschicht ist dabei zweitrangig; die Temperatur geht zur 4. Potenz ein.
Selbstverständlich gilt der Einfluss nach dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz, mit Absorption und Emission, welches die Dielektrika, also auch Anodisationsschichten, hier Aluminiumoxid-Hydrat, als diffuse Strahler betrachtet. Bei niedrigeren Temperaturen kann das sogar als sog. Graue Strahler durchaus von mathematischer Relevanz sein. Temperaturabhängige, nichtlineare und Beugungseffekte relativieren das jedoch, wie messtechnisch ermittelte Wärmewiderstände gezeigt haben. Der relativ geringe Emissionsfaktor von ca. 0,55 bei Eloxalschichten bewertet das dann auch dem entsprechend.
Anders verhält es sich bei lackierten Oberflächen, hier ist ein Emissionsfaktor >0,9 durchaus gegeben.
Nun hat jedoch die Eloxalschicht als solche, einen Wärmeleitwert der ca. 10-fach niedriger ist, als der, der Grundschicht des Aluminiums, weshalb es in bestimmten Anwendungsfällen durchaus sinnvoll ist, im Montagebereich des elektronischen Bauteils, besonders bei großflächigen Typen wie IGBT etc., diese Eloxalschicht zu entfernen (wie zuvor erwähnt: thermischer Pfad, Reduzierung thermischer Übergangswiderstände). Die Komplexität der wärmetechnischen Betrachtung und ein genaues Beurteilen im Zusammenhang mit den mechanischen Anforderungen jeder Applikation, sollten einer Beurteilung ihrer Relevanz unterzogen werden, da preisliche Aspekte hier nicht negiert werden können.

Mechanische Exzellenz für gute Elektronik Entwärmung !

Die Berücksichtigung mechanischer Zusammenhänge eines optimalen Entwärmungskonzeptes für die spezifische Applikation ist nicht ganz einfach, da viele begleitende Randbedingungen hier Einfluss gebend sind. Einerseits kann durch eine optimale schaltungstechnische Platzierung der elektronischen Bauteile eine wärmetechnisch verbesserte Lösung hervorgebracht werden, andererseits sind design- und EMV- technische Belange zu beachten die immer wieder mit mechanischen Gegebenheiten zu koordinieren.
Eine Auswahl und Beachtung der relevanten mechanischen Kriterien zur stabilen Sicherstellung der Funktion und zur Lebensdauerverlängerung ist sicherlich immer mehr auch ein wichtiges Beschaffungskriterium für qualitätsorientierte Hersteller von Baugruppen, Geräten und Anlagen, die sich im Wettbewerb damit einen guten Platz im Markt sichern möchten.



[Bild_4 ; geprüfte, mechanische Exzellenz]