

CFD 专栏：LED 灯管的热分析

前言

帝斯曼工程塑料是高性能塑料的全球供应商，在多种工程应用中均占有一席之地。LED 照明散热器便是个中典范，可将 LED 在照明时产生的热量散发到环境中。最初 LED 照明中使用的是铝制散热器。虽然铝是热的良导体，但在此类应用中却有其自身的局限性。除铝压铸件的进一步加工成本较高外，铝在设计的自由性、可回收性以及重量方面的表现也都不尽如人意。而帝斯曼工程塑料研发的高导热聚合物则可以克服铝制散热器的上述种种缺陷。作为拥有雄厚 CAE 设计实力的材料供应商，帝斯曼充分发挥其在材料领域的独有优势，可针对照明行业量身打造基于塑料的散热器解决方案。帝斯曼设计部门与全球各地的软件供应商精诚合作，始终走在 CAE 工具领域的最前沿，从而为客户的产品开发提供强大支持。为实现聚合物散热器的最优设计，并对热性能进行预测，帝斯曼必须对 LED 散热器的两种散热机理——自然对流和辐射冷却建模。

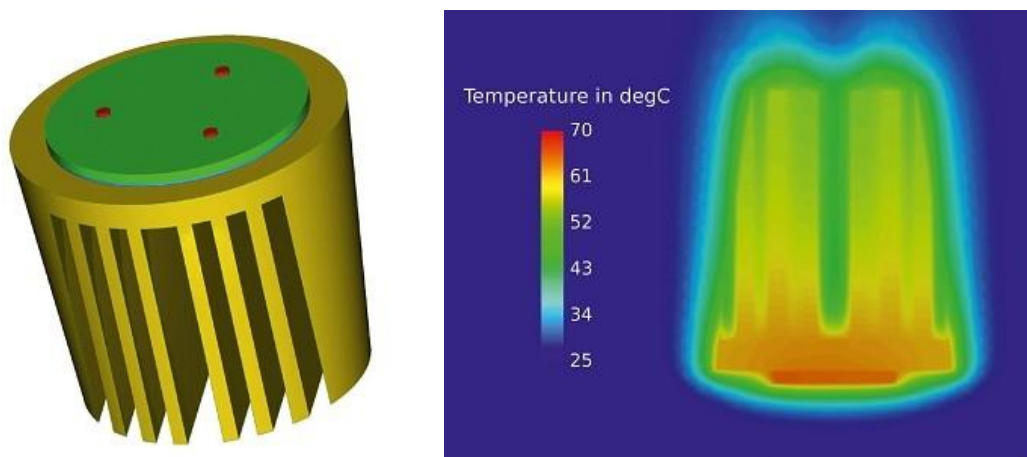


图 1：装有一个 PCB 和三个 LED 的 AcuSolve 散热器模型及温度分布情况

方案

最近，帝斯曼在产品开发流程中应用了 Altair 公司 AcuSolve 软件。AcuSolve 是一款通用的 CFD 软件，能够针对多种热量与流动问题进行建模。当前，帝斯曼正使用 AcuSolve 对自然对流和辐射冷却进行建模。为保障 LED 灯的设计使用寿命，灯中的电子元件在工作时所达到的最高温度必须处于某一特定值以下，因此，对 LED 进行冷却至关重要。为评估聚合物散热器的冷却能力，在使用 AcuSolve 时也辅以其他实用 CAE 工具（如基于 CAD 的软件）。在以下使用案例概述中，您将了解到 AcuSolve 在塑料散热器热性能评估方面的预测能力。通过仿真结果与实际测量温度的对比，可以看到两者吻合性良好。

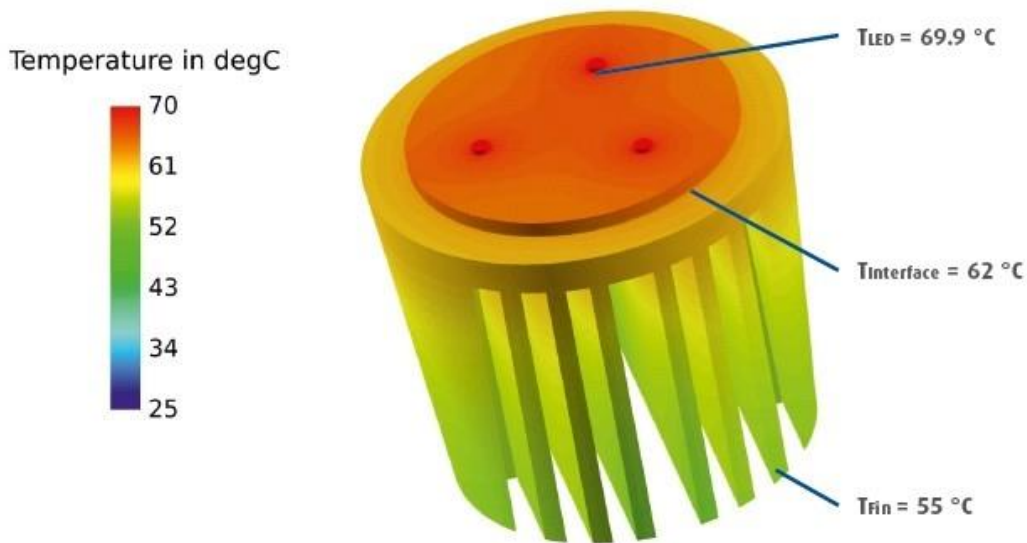


图 2：对温度分布的预测：在特定位置结合所测量的温度进行温度预测

为对散热器向环境散热的过程进行模型，必须要考虑到相关的热传递机理。毋庸置疑，对流可以造成热损失。但需要注意的是，与强制对流不同，在很多自然对流现象中，向环境的辐射散热损失往往不容忽视。此处提及的案例中，辐射热损失大约占总热损失的三分之一。要对散热器的热损失进行精确建模，需要将自然对流与辐射均纳入分析之中。散热器表面附近的空气温度要高于周围环境的空气温度，故这两处空气的密度差导致了空气流动，因此要对自然对流热损失进行建模，便需要使用特定工具将热损失与散热器周围的空气流动进行耦合。此外，由边界层效应导致的空气滞留也需要考虑在内，尤其在散热器的散热片间距设计得较小时更需如此。AcuSolve 不仅可以对这些边界层效应进行三维建模，还可防止设计者将散热器的间距设计得过小。在对散热器进行冷却分析时，还需要对辐射热损失进行建模。对于某些散热片的设计，可能还会涉及相邻散热片之间的热辐射，而有些设计则仅涉及散热片对环境的热辐射。在第一种情况中，向环境的辐射散热损失将受限，这对于冷却设备来说并不是理想之选。毫无疑问，第二种情况更符合目标，因为其散热目标便是最大限度地热量散发（以辐射的方式）到周围环境中。为实现这一目标，需要计算出散热器不同部分的辐射换热因子。AcuSolve 通过半立方体算法即可算出这些辐射换热因子。使用这种辐射换热因子方法的一大优势便是，相对于非辐射的情况，辐射情况的计算速度得以大幅度增加。这样，设计师便可以对散热器的设计进行优化，从而使向环境的辐射散热损失达到最大化。AcuSolve 可以处理在该系统中发生的所有热传递现象（传导、对流和辐射）。为测试 AcuSolve 对以自然对流和热辐射形式向环境中散热的过程进行建模的能力，专门设计并制造了一台散热器。图 1 所示为该塑料散热器。在散热器的底座上安装有一个 PCB（绿色），其上设有三个 LED（红色）。每个 LED 均相当于一个热源，可产生 1.4 W 的热量。为了对 PCB 和散热器之间的接触热阻进行建模，在 PCB 和散热器之间涂有一层薄薄的导热膏。建模时，散热器周围的空气体积（浅蓝色）的尺寸设定为 8H 和 8D，其中 D=散热器直径=46mm，而 H=散热器高度=39mm。在建模过程中，假定环境温度为 25 °C。利用与该体积对应的体积式热源来表示 LED，模拟热量输入，并在这些条件下计算稳态温度分布。为捕捉自然对流效应，将对散热器周围的热流动与空气流动的耦合进行分析。此外，还会使用 AcuSolve 计算辐射换热因子并将其纳入分析之中，以使辐射热损失的建模过程更为精准。图 2 显示了稳态温度，同时还列出了局部温度、局部特征以及实验观测温度值。图 3 显示了用于测量温度分布的实

验设置以及各个温度探针的位置, 还显示了所观测温度随时间的变化情况。大约 1 小时后将达到稳态下的温度分布。实验过程中, 环境温度保持为 25° C。

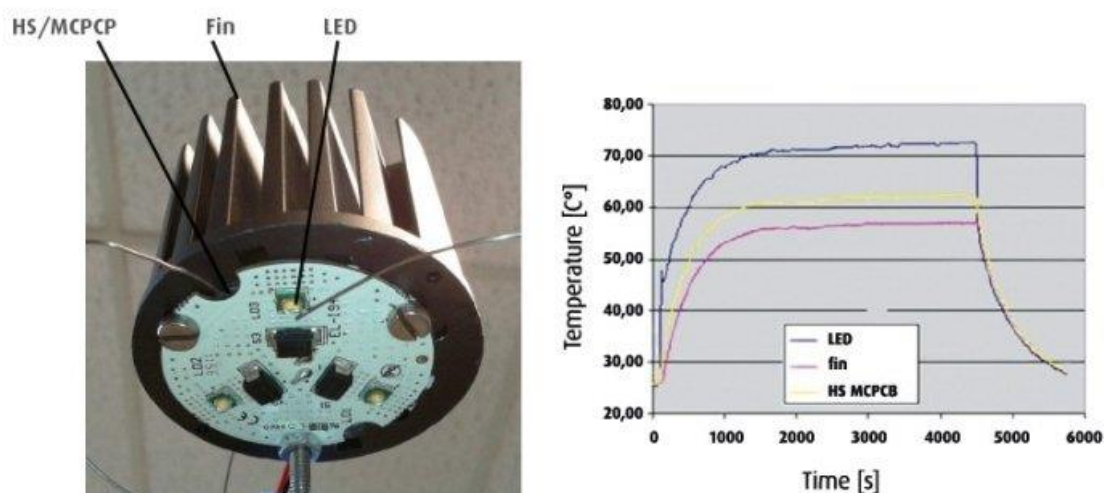


图 3: 装有一个 PCB 和三个 LED 的散热器的实验设置
各个温度探针的位置 (左); 温度随时间的变化情况 (右)

结论

AcuSolve 不仅可以获取定性的预测结果, 对于不同位置的温度绝对值也预测得相当精确。这样, 针对特定应用中散热器的几何形状进行精确设计与优化可谓是水到渠成。借助 AcuSolve 的前处理器 AcuConsole, 使用模板生产新产品的网格变得快速而简单。帝斯曼还针对一系列其他散热器的几何形状进行了类似分析, 并对预测结果与实验测量结果进行了比对。在这些案例中, 两者显示了良好的吻合性。凭借这种方法, 开发重心即可转移到虚拟样品之上, 减少了实物样品的使用, 节约了开发成本, 进而使开发过程更流程化, 最终使帝斯曼的客户可以更充分地利用高性能塑料。

参考: http://blog.sina.com.cn/s/blog_80a5ae310101qvw3.html



上海天干计算机科技有限公司

PolyCAE Computer Sci.& Tech. (Shanghai) Co., Ltd.

电话: (86)21-5443 4985

传真: (86)21-5443 4985 - 8008

E-Mail: Simart@139.com

网址: www.PolyCAE.com