

温度控制

先进的快速加热与制冷技术

将加热与制冷技术集成到模具中有助于提高注塑制模控制和灵活性。

文 | Ben Halford



更多精彩请扫描二维码

先进的快速加热与制冷技术最初发于 2008 年，用于连续加工增强热固性复合材料。现在已经发展为在高达 850℃ 的温度范围内加工塑料、金属、陶瓷和玻璃。客户涵盖航空航天、汽车和消费电子产品等领域，现在用于利用压缩、真空和注塑制模制造喷射发动机用零件、座椅和笔记本电脑。

这种先进的快速加热与制冷工序（简称 PtFS），利用多个独立的加热和制冷区，以网格形式排列，在制模周期内，实时局部控制模具表面温度。利用压力送风，可以根据需求在加热和制冷之间进行切换，这样就可以设置温控模式，在采用受控的制冷模式前，使温度与特定区域内的熔化温度相匹配。这种有效的温度管理方法提高了模具目标区域的能量传递效率、精度，减小了零件厚度，增强了强化水平，降低了能耗。

特征与功能

这种快速加热与制冷技术的关键是独特的自适应温控能力。通过定制软件进行控制，用户可以将模具表面分割成多个温度带，通过复杂的配置和逻辑连接。通过 16 频或 32 频的控制柜，传递到一个连接模胚的持续变化的气流和动

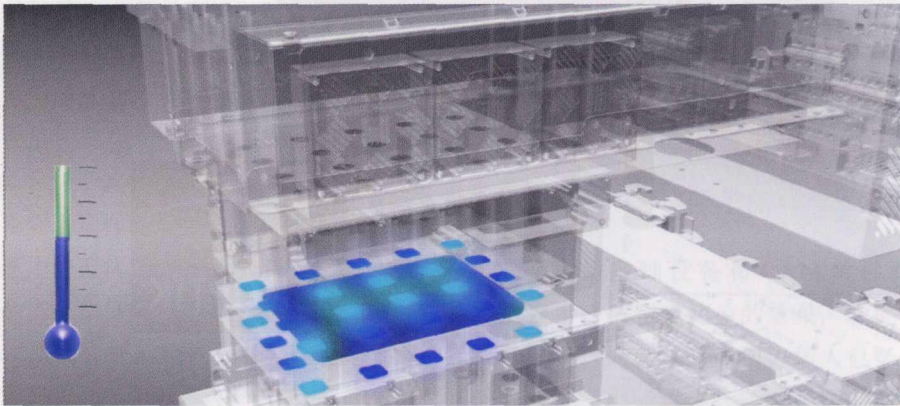


图1 这种先进的快速加热与制冷工序利用多个独立的加热和制冷区，以网格形式排列，在制模周期内，实时局部控制模具表面温度

力混合体中，在不同的加热和制冷模式之间转换，瞬时实现要求的模具表面温度。这种特别的软件、固件和硬件组合以及轻型的模具表面使系统实现快速的升温，以及对模具表面温度的超精密控制。

通过快速加热与制冷工序控制系统不断进行加热和制冷调整，可以实现基准点，大大提高了制模工序的精度。例如，通过局部实时控制模具表面不同区域的温度，在整个注塑和制冷周期内，聚合物流动和制冷速度得到控制，减少了压力，并选择性地固化了材料。通过这种方式，材料可以在低压下慢慢注入并局

部冷却，返回到开口的位置。由于开口的数量减少，零件可以更薄，缩痕更少，强度更高。

有一个拥有专利的软件控制应用允许用户将模具表面网格映射到各个区域，然后实施复杂的固化方案。在任何给定周期的加热、保持和制冷阶段，软件内编程的函数和等式始终精确地控制模具表面。多条线路组合到各个区域内，预编程规则自动控制区内和区间关系。例如，第 1 区在第 2 区制冷 30℃ 后才可以开始制冷，然后在 100℃ 注塑零件前须保持 20℃ 差值。这些规则用于控制过渡，定向地固化材料，然后控制剩余零件的

收缩。

这种方法使零件的各个区域以完全不同的温度参数进行加工，而不是采用整体任意常数。例如，模具嵌件和两种成分的材料，其热膨胀系数不同，会导致应力剩余，通过对其进行管理，可以保护甚至容纳不均匀的热膨胀。各区域也可以特定设置，以便处理采用具有不同热属性的材料制成的嵌件（因为热属性不同，所以需要在主要注塑周期之外进行）。

零件固化可以受到局部控制，甚至可以定向地消除弯曲和缩痕。在关键材料阶段，可以临时实现每分钟大于 1000℃ 的有效制冷率，生成无定形晶状体混合物，增强零件的硬度和柔韧性。这种效果可以整体或局部应用，生成可变的机械属性，适用于锁链等应用。

由于温度和压力是可互换的，这种先进快速加热与制冷工序可以大大增加和减少能量，实现精确的基准点，这一特性的另一个关键好处是注塑和流动熔化物所需的压力大大降低。这与传统系统相比，形成了较低吨位压力机和较轻型模具的良性循环（传统上一般为二进制，至多可以整体加热或制冷）。

这大大减少了用于一个部件的压力，例如，快速加热与制冷工序可以采用比传统加工 1 mm 零件所需的更低的吨位填充一个 0.5 mm 的腔。这种技术可以保持模具各区域温度接近甚至达到机筒温度，可以采用熔体流动指数较低的材料，大大节约成本。若对安全要求较高的应用，可以分析和记录各网格部分的热电偶和用电数据，证明各部件的效率，并归档。

先进的快速加热与制冷技术的模块化和可称量的属性使用户可以配置模板的尺寸，其中各零件系列的电力和网格密度各不相同。这些可以保留在不同作业模块之间快速交换的压力机和模具表面上，通过采用预编程的主动和被动网格区域、方案和区域设置，可以利用控制软件启动各个零件的配置。

配备先进的快速加热与制冷系统后，可以按照需要使用能量，常见的一种情况是，各区域在升温过程中制冷，而其他区域在制冷过程中加热，以保持公差。本质上来说，这是从传统的模拟系统向数字系统的一种发展，与传统的二进制加热或制冷的的方法不同，现在采用的是混合模式。



图 3 左边为传统方式生产的产品，右边为快速加热与制冷工序生产的产品

现实生活中的控制

先进的快速加热与制冷技术集成了硬件和软件，共同管理模具的温度控制。软件编程环境和现实生活控制之间的精确关联允许操纵基准点、加热与制冷方案、电力水平、制冷速度、控制策略和区域配置，创建一个独特的、智能的制模环境。与更传统的基于管道的系统或基于现场的整体系统（微波或感应）不同，先进的快速加热与制冷系统可以根据材料密度和晶状体变化精确地进行实时调整。利用空气，没有阶段变化的风险，系统固有安全，在 850℃ 以外无污染。

将先进的快速加热与制冷系统作为热流道系统的一种延伸且只用于模具的 A 侧，可以消除焊接纹和缩痕，厚度不一的各部分可以共存。如果在模具的 A 和 B 侧均应用，注塑制模的基本原理可以重写。例如，若一个零件扭曲，无须采用抵消的几何形状切割模具进行补偿，先进的快速加热与制冷系统可以利用刀面各部分的制冷延迟来纠正问题。

先进的快速加热与制冷工序也可以提高设计柔韧性，并扩展材料选择范围。从冷状态开始，系统可以在几分钟之内使用，可以按照周期实时调整，反应是瞬间发生的，不需要等待零件适应。配有更精确的工序，用户可以专注于聚合物的需求，而不是模具或压力机，这可以降低返工概率，提高零件质量，并增加收入。[MM]

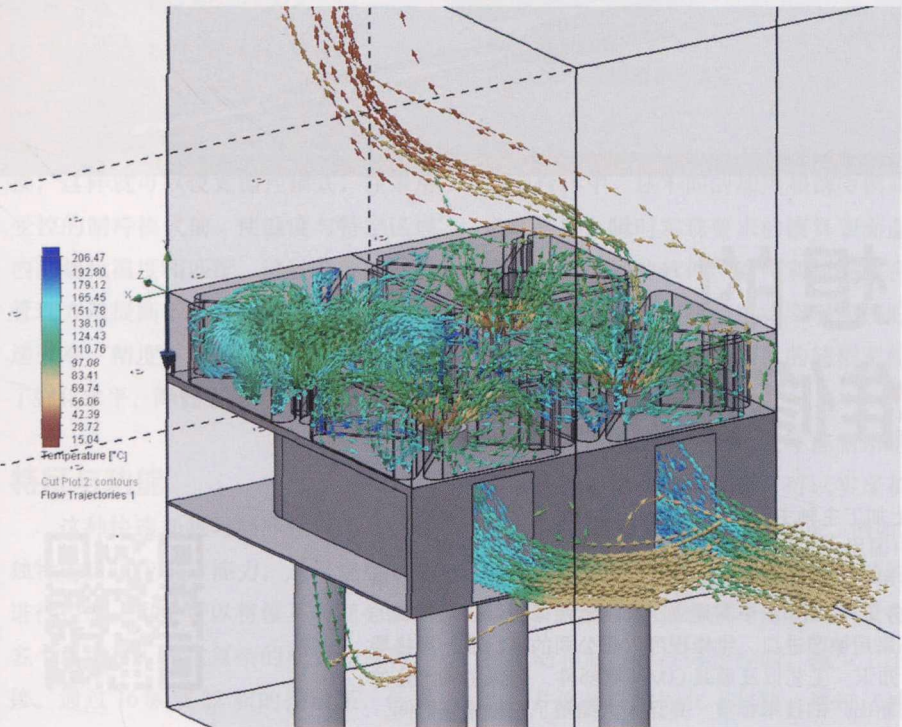


图 2 一个拥有专利的软件控制允许用户将模具表面网格映射到各个区域