

ROHACELL[®] PMI 硬质泡沫与模具内发泡技术

ROHACELL[®] PMI Rigid Foam and Mold Foaming Technology

赢创特种化学(上海)有限公司 尹君 胡培



尹君

工学硕士,现为赢创特种化学(上海)有限公司 Rohacell 泡沫产品中国区销售经理。

夹芯结构原理概述

通过在两层面板中加入轻质的夹芯材料,夹芯结构能够有效地优化结构的受力状态,其主要原理是增加结构的截面惯性矩,将弯曲应力转化为拉升应力。

夹芯结构由轻质的夹芯材料和纤维铺层(或者其他具有高抗拉强度的材料)组成。通过将夹芯材料

与其他的聚合物泡沫相比,ROHACELL[®]-PMI 硬质泡沫可提供极其优越的比强度,而且能够在 180° C 高温下耐受很高的压力,这使它成为很多应用和工艺方法的首选材料。

和表面铺层粘合起来,载荷可以进行传递和转化。通过比较 3 个具有相同厚度的表面铺层和不同厚度的夹芯不同结构的最大理论刚度和抗弯强度,发现可以用较少的铺层材料达到比较高的结构强度。如果夹芯材料足够轻,那么成品制件甚至可以比全铺层结构的制件还要轻。

夹芯结构可以运用在多个领域。在航空制造领域,它是进行减重最重要的结构,如风机叶片在大规模生产中也会采用这种结构。然而,虽然有很强需求,夹芯结构仍然没有广泛地运用在三维结构的部件中。这主要是因为其生产工艺复杂,很难大规模量产运用到具有复杂三维结构的部件中。

夹芯材料能够极大地影响夹芯结构部件的性能。它主要承受压缩应力和剪切应力,同时,还需很好地

与表面铺层进行粘合。当然,重量越轻越好。另外,在满足机械性能的同时,易加工型是需要重点考虑的。

很多材料都可以作为夹芯材料使用。比如,铝蜂窝就可以作为聚合物泡沫的一个替代材料,其具有较高的抗压强度和较低的密度,以及大部分聚合物材料所不具备的不可燃特性。但是,蜂窝结构的开放结构限制了它在夹芯材料中的使用。虽然蜂窝具有很高的抗压强度,但是这个特性只适用于 1 个方向,这决定了蜂窝夹芯结构只能运用在近二维结构中。对于三维结构,由于蜂窝无法承受三维方向上的载荷,所以无法与各向同性材料竞争。

PMI 刚性泡沫的生产

聚合物刚性泡沫能够允许用户使用数控加工或者热变性成型的方

式来加工成用户所需要的形状。由赢创工业集团 Evonik Industries AG 生产的 PMI 刚性泡沫就具有这样的特性。PMI 泡沫是由 MAA 和 MAN 共聚反应而成。

与其他的聚合物泡沫相比, ROHACELL®-PMI 硬质泡沫可提供极其优越的比强度, 而且能够在 180°C 高温下耐受很高的压力, 这使其成为很多应用和工艺方法的首选材料。

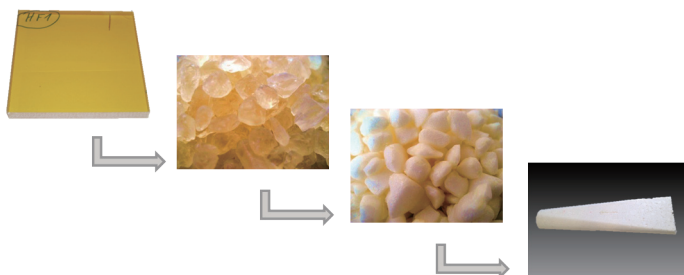


图1 PMI泡沫模具内发泡的生产步骤

PMI 泡沫的模具内发泡技术

在实际使用中,过高的数控加工成本让这种工艺难以运用在大规模的量产中。然而,由于碳纤维量产技术的飞跃,对于高性能复杂形状的夹芯泡沫的市场需求也在不断的增长。ROHACELL®Triple F 是一种颗粒状的泡沫夹芯材料,专门用于模具内发泡工艺,由赢创工业集团 Evonik Industries AG 研发。这种技术能够

减少材料损耗,降低人工成本,缩短工艺时间,有效地降低了单件制件的成本。

在这种工艺中,PMI 泡沫聚合板被粉碎为颗粒,并且通过预发泡来获得想要的密度。这一步非常重要,即必须在聚合物中保留一定数量的发泡剂,然后将这些颗粒装入封闭的模具内加热,发泡会重新开始,这些颗粒将不断地增大。由于模具型腔的限制,这些颗粒会不断地变形,并且

最终填满整个模具型腔。冷却阶段中,这些聚合物会回到稳定的状态,然后就可以开模取出具有与模具一致形状的泡沫芯(见图1)。

通过试验,我们发现通过颗粒发泡的泡沫材料性能低于完整发泡工艺的泡沫。通过将 ROHACELL®IG-F 和 ROHACELL®Triple F 进行对比试验,发现抗压强度及抗剪切强度都发生了显著的降低,这主要是由于颗粒之间较低的结合力造成的。为了改

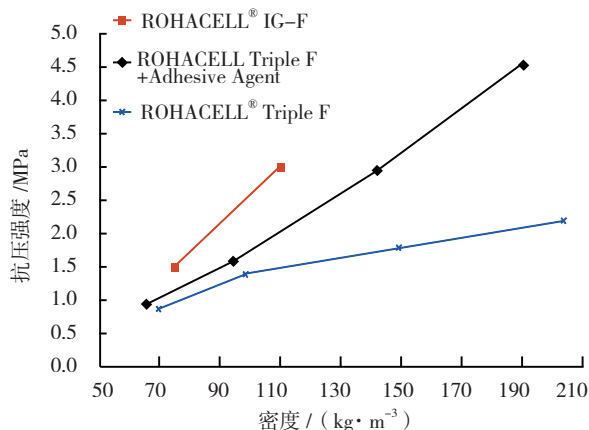


图2 ROHACELL® IG-F和ROHACELL® Triple F 采用/不采用粘合剂的压缩强度

善这一问题,在预发泡的颗粒中需要加入粘合剂。在模具内发泡时,高温会让粘合剂融化,在冷却后形成颗粒之间良好的粘结强度。这极大地改善了泡沫芯材的机械强度,在高密度的应用中,甚至能够达到正常工艺生产的 ROHACELL® 泡沫(见图2)。

与数控加工相比,模内颗粒发泡工艺的另外一个明显的优势是可以埋入其他不同的材料,如金属或者其他可以耐受高温的塑料都能在模内发泡时埋入,这样可以高度整合其他的结构部件。比如,典型的应用可以埋入螺栓套。图3展示了一个埋入工艺的工艺验证件,证明通过 ROHACELL®Triple F 可以获得各种复杂形状的泡沫芯材和各种表面结构。

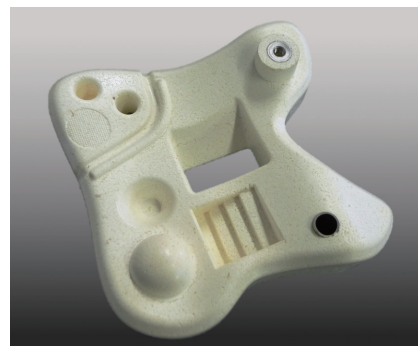


图3 ROHACELL® Triple F埋入技术验证件

结束语

夹芯工艺是对结构进行减重最可靠有效的技术。但是与金属相比,碳纤维制造件的造价仍然偏高。所以,如何降低生产成本是一个大家共同关心的问题。从小批量的试制到大规模生产,其工艺方案是完全不同的。在大规模生产中,要求极高的自动化水平和极短的工艺循环周期,这就要求工艺和材料能够耐受高压(>30bar)和高温(~180°C)的生产环境。因此,泡沫夹芯材料就成了制约复合材料工艺在大规模生产中应用的短板。PMI 刚性泡沫能够满足这样的工艺和生产环境要求,实现高效率地大规模生产三维复杂形状泡沫夹芯。(责编 谷雨)