

SMC 制品的模压工艺设计

毕向军¹ 李宗慧² 唐泽辉¹ 汪照军³ 吕雪¹

(1. 北京玻璃钢院复合材料有限公司, 北京 102101; 2. 北京桑德环保集团有限公司, 北京 101102;

3. 北京中材汽车复合材料有限公司, 北京 102101)

摘要 介绍了在生产结构复杂的片状模塑料制品过程中需要注意的一些成型工艺问题, 提出了相应的解决方法。这些方法在减少制品缺陷, 提高成品率方面能起到有效的作用。

关键词 片状模塑料 铺层 模压 脱模 定型

片状模塑料(SMC)的使用源于20世纪60年代的德国, 近年来在我国的复合材料领域获得了广泛的应用。基于SMC的模压工艺具有成型容易、设计自由度大、部件集成化、设备要求不高等特点, 且SMC制品具有密度小、比强度高、返修率低等优点, 被广泛应用于汽车和航空航天等领域^[1-2]。

但是当SMC制品结构较为复杂, 如带有通孔、螺纹、翻边及薄壁等时, 成型过程中容易出现缺料、砂眼或裂纹等问题。为此, 笔者着重介绍了结构复杂的SMC制品在成型过程中需要注意的一些问题和相应的解决方法, 以期在减少SMC制品缺陷、提高成品率方面提供一定的借鉴。

1 铺层工艺设计

预混料的铺设工艺是影响SMC制品表面质量的重要因素。SMC预混料为片材, 其内部纤维相对于平面平行分布、呈现各向异性。随着压力的施加, 树脂携带着纤维在模腔中流动, 最终充满整个空间且反应固化。与此同时, 还需要排除其中的气体或挥发组分等。宋修宫等^[3]认为, 增加局部铺层的塔式结构和选择适当的流程利于排气和减少针眼, 但是很大程度上会造成SMC制品力学性能的损失。特别是当SMC制品存在通孔的情况下, 预混料的流动变得复杂, 树脂能够自由流动, 纤维则受到了模具阻碍, 出现了分布不均与取向, 致使纤维含量低的部分在脱模过程中出现裂纹甚至折断。

在脱模过程中, 制品容易遭到破坏, 期间是一种或多种力的作用, 顶出力过大或制品强度低都会造成开裂现象。制品强度低, 往往是由于纤维含量较低。为了能够得到高纤维含量从而提高SMC制品的局部强度可采取以下两种方法。

(1) 在容易出现纤维含量低的部分, 铺设一块纤维含量较高或过量的片材。黄辉志等^[4]提到在模压垫块生产中, 制品较厚且固化放热较多, 在脱模

时用力较大且较集中, 容易造成制品开裂, 即使调整成型工艺也无法解决。但在开裂部位加入一小块纤维质量分数为22%的SMC片材, 就解决了制品开裂现象。通过这样的铺层可以在一定程度上增加SMC制品的强度, 特别是一些需要专门加强的部位如在模具内受到嵌件阻挡的部位、顶出杆的部位、与模具接触多的部位和一些“死角”、狭小位置均可通过此方法进行加强。

(2) 减小预混料的流动距离。王炳淑等^[5]进行的SMC模塑大型盆状制品压制成型实践表明, 裁剪片料应略小于凹模(定模)底部的尺寸, 将片料由大到小叠好(上小下大), 一次性地加入模具, 投入料量应略大于制品加飞边的质量。这一实例采取了预混料整体铺放来降低纤维分布不均的问题, 从而减小了预混料在模腔中的运动距离, 而且可以使各部位的纤维含量均匀, 使得纤维能够更好地与树脂混合, 防止在制品中产生树脂集聚或局部纤维裸露。裁剪料的长度应与模具本身的复杂程度、预混料本身的流动能力及树脂携带纤维的能力有关。为了获得较高的表面质量, 一般要求模压料中各点的流程尽可能短, 短的流程能够避免流痕的产生, 利于形成光滑的表面。

以上两种方法是纤维含量较低或强度不够时, 在薄弱部分局部补强或者是足量铺放预混料, 提高了制品薄弱部分的纤维含量, 从而提高了制品的强度。

2 成型工艺参数选择

2.1 温度

不均匀温度场是引起残留应力和变形, 导致SMC模压成型制品早期破坏的重要原因^[6]。预混料在固化过程中, 由于物料和模具之间的传热行为

较为复杂,模腔温度分布和补偿效果不均,加上树脂聚合放热量不同等因素,致使其内部产生了复杂的温度梯度。然而在成型过程中,很难保证模腔的完全恒温且温度均匀,模具表面温度差往往能达到 10°C 甚至更高。在温度偏低的部分,树脂难以完全固化,致使制品表面不光滑甚至凸凹不平。在温度偏高的部分,外层树脂在高温条件下快速固化,而体系内部受传热速率所限温度相对较低,预混料甚至仍然处于粘流状态。当内部树脂聚合时放出的反应热就会积蓄相当大的内应力,而其内部的填料也会随着温度过高而析出。填料的析出会使制品出现不一致的颜色或者是裂纹,这在存在通孔的制品中或薄壁制品的侧面厚边上表现得尤为明显。为了减弱甚至避免不均匀温度场造成的不利影响,应尽可能采取保温措施来保证模具的温度均匀性,在特定情况下,还可以考虑采用多段升温方式。

随着 SMC 预混料置入模具中,当物料和模具的温度有差异时,物料从模具中吸收热量,致使模具本身温度下降。物料与模具直接接触的部分升温速率大,反应快。为了使得制品各部分能够固化较为完全,要设定合适的升温速度和保温时间,避免升温速度过快或保温时间过短。特别对于多层结构制品,因弹性模量、热膨胀系数等因素的综合作用,情况变得更为复杂^[7]。

2.2 压力

模压成型工艺中,SMC 预混料充满模腔的过程主要是靠压力驱动,随着制品结构变得复杂,物料的流动受到的阻碍随之增加。随着压力的施加,物料也随之流动,但物料的流动速度落后于合模速度,在压力很大的时候,模腔不能完全充满,物料中裹挟气泡。特别是在螺纹处或空隙狭小的部位,为了避免出现砂眼,往往需要更大的压力(高达 6 MPa 以上)使预混料充满整个模腔并排出气体。张莉等^[8]发现随着压力的增加,表面波纹区域的尺寸会逐渐减小,批件质量趋于稳定,有利于批量生产。另外,物料在压力的作用下流动时,由于受到模具中嵌件等凸起部位的阻挡,流动形态发生改变,其受到挤压而呈现放射状流动,从而使纤维出现取向。预混料流动受到阻挡时,树脂能够自由流动,但纤维就受到了很大的限制,于是形成了富树脂区域。这种情况除了可以使用前述的铺层方式得到改善之外,还可通过调整压力和放气时间间隔来改善。薛桂玲等^[9]认为酚醛树脂 SMC 模压制品的成型要以制品气孔

尽可能少为原则选择合适的放气时间间隔,从加压起计时,每 20 s 放气一次,三次之后 30 s 放气一次,取得了较好的效果。谢怀勤等^[10]采用二阶段模压压力,即第一段压力使得制品固化成型,第二段则适当减小压力以降低应力。其中第二段较小的压力可以阻缓固化过程中高分子链“自由体积”的缩小,有利于界面之间空洞的形成,同时使树脂固化收缩应力得以释放。获得的 SMC 制品固化收缩率降低,表面质量提高。总之,根据情况调节压力或尝试多阶段加压法对 SMC 模压工艺中树脂和纤维的分布有明显的改善作用。

2.3 脱模

结构复杂的 SMC 制品,特别是一些面积大且壁薄的制品,在脱模过程中出现了缺陷,如在薄弱部位发生开裂或出现微裂纹。这往往是由于在模具开启之后制品局部或整体发生了一定程度的位移,易使之发生破损。郭育华等^[11]认为脱模过程中造成的制品缺陷主要由脱模力引起,脱模力主要来自两方面:一是脱模冷却时金属模具和物料之间热收缩率不同引起的接触应力;二是金属模具和聚合物微结构界面的表面粘着力引起的摩擦力。对于热脱模而言,接触应力的影响较小,脱模过程造成的破坏主要由摩擦力引起。制品未脱模之前处于高温状态,其强度较低,与模具之间的瞬时摩擦力却很大。这种摩擦力甚至使得制品薄弱环节被破坏。同时,带有翻边的制品在模具开启时,模腔内易于形成真空状态,真空吸力和粘着力也使得制品部分发生位移而造成裂纹等缺陷。因此要求模压机速度不能太快,需要控制模压机的开模速度来降低脱模力和真空吸力。

在顶出过程中,制品和下模间虽然有了缝隙,但摩擦力和真空吸力仍然存在,顶出速度要控制在适当范围,不能够过快。

另外,为了避免在开模时摩擦力和真空吸力等造成的不利影响,可以采用人工脱模法或气压法。人工脱模是轻敲制品,靠振动作用使制品与模具离开;气压法是把压缩空气导入到制品与模具界面处,使空气在空隙处产生均衡的作用力,使得制品顺利脱模,这种方法效率高且不伤害制品^[12]。

2.4 定型

带有翻边和孔的制品热脱模后由于内部热应力的释放会发生收缩形变。特别是翻边较薄时,收缩尤为显著,致使尺寸精度难以得到保障。为此,热脱

模后的定型工作是很必要的。张建川^[13]就酚醛复合材料的模压成型提出回火定型工艺,用于减小、均匀内应力。这种回火工艺可采取将制品置入特殊的工装经过特定的热处理程序,使制品在高温情况下保持一段时间,使其内部的应力逐渐得到调整,同时制品的温度随着环境温度的逐步降低而下降。这种工装可以控制制品的形变,保证制品的精度和尺寸。该方法还可以提高树脂固化度,并能显著减小制品的内应力并矫正变形,大大降低了后期出现裂纹的可能性,从而提高了制品的尺寸稳定性。

3 结语

为了能够得到少缺陷甚至是无缺陷的制品,首先应优化模具设计,尽量避免复杂的结构^[14-15],并根据制品和模具的要求选取易于成型加工、能够实现高效率的树脂;其次需要选择适合的压力、温度等工艺条件,并综合考虑脱模工装设计、脱模后处理、存放环境等方面。总之,在结构复杂的 SMC 模压制品成型过程中,要以尽量降低制品缺陷为原则,来控制各工序,获得较高的成品率。

参考文献

[1] 蒋鼎丰. SMC 在多功能车顶模块上的应用[J]. 汽车与配件, 2008, 16: 46-47.

[2] 付恒, 陈玉廷. SMC 的现状与发展[J]. 纤维复合材料, 2005, 22(3): 58-60.

[3] 宋修宫, 孙巍, 王继辉. SMC 模压工艺参数对大型复杂汽车件表面针眼影响的研究[J]. 玻璃钢/复合材料, 2006(3): 42-

43.

[4] 黄辉志, 羊建军. SMC 和 DMC 模塑制品开裂及消除[C] // 第八届全国绝缘材料与绝缘技术学术会议论文集. 昆明: 中国电工技术学会, 2002.

[5] 王炳淑, 李庆奎, 马金华. SMC 模塑大型盆状制品成型工艺探讨[C] // 2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集. 北京: 《工程塑料应用》杂志社, 2000.

[6] 陈元芳, 李小平, 金铁玉, 等. SMC 模压成型热性能参数测定与温度场数值模拟[J]. 模具工业, 2009, 35(5): 49-53.

[7] 张建川, 周祝林. 酚醛模压复合材料制品裂纹产生原因及其质量的影响[J]. 材料科学与工程学报, 2007, 25(3): 453-456.

[8] 张莉, 孙巍, 王继辉. 调整工艺参数对 SMC 批件表面波纹的影响[C] // 第十六届玻璃钢/复合材料学术年会. 黄山: 中国硅酸盐学会玻璃钢分会, 2006.

[9] 薛桂玲, 高红梅. 酚醛 SMC 艺参数的确定[J]. 玻璃钢/复合材料, 2001(3): 27-28.

[10] 谢怀勤, 李地红, 吴新跃. 优化 SMC 模压工艺控制制品收缩率和表面粗糙度[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35(6): 47-49.

[11] 郭育华, 刘刚, 朱学林, 等. 热模压成形技术中的脱模研究[J]. 中国机械工程, 2005, 16(z1): 432-434.

[12] 沃西源, 夏英伟. 聚合物基复合材料制品的脱模工艺分析[J]. 航天制造技术, 2004(3): 52-54.

[13] 张建川. 酚醛树脂模压复合材料制品裂纹改进措施研究[J]. 工程塑料应用, 2006, 34(11): 39-44.

[14] 袁建民. 小梁压塑模设计及成型工艺[J]. 模具技术, 2007(4): 20-21.

[15] 李河清, 陶华, 赵景丽, 等. 复合材料机翼环肋结构件的研制[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(4): 35-36.

DESIGN OF MOLDING PROCESS FOR SMC PRODUCTS

Bi Xiangjun¹, Li Zonghui², Tang Zehui¹, Wang Zhaojun³, Lü Xue¹

(1. Beijing Composite Materials Co. Ltd., Beijing 102101, China; 2. Beijing Soundgroup Co. Ltd., Beijing 101102, China; 3. Beijing Sinoma Composite Auto Parts Co. Ltd., Beijing 102101, China)

ABSTRACT Some technological problems need to be noticed in the process of SMC parts with complex structure by mold pressing were introduced and suggested solutions were put forward accordingly. These methods could take important effects on increasing yield and reducing parts defects.

KEYWORDS SMC, charging pattern, molding process, demolding, setting

亨斯迈聚氨酯泡沫用于铁路减少噪音污染

欧洲铁路基建公司 Edilon Sedra 近期和亨斯迈公司展开合作, 旨在开发一种可减少城市交通网络噪音污染的聚氨酯(PUR)泡沫。

双方决定在 Edilon Sedra 公司生产的 Eliton Trackelast 产品——一系列置于铁轨间的弹性垫中加入亨斯迈公司开发的 AcoustiflexV 系列 MDI 基 PUR 泡沫。据亨斯迈公司称, 这种 PUR 泡沫可帮助分散列车运行时带来的各种压力和震动力, 从而减少火车经过时巨大的隆隆声干扰。

“在人口稠密的城市地区, 新的公共交通网络发展迅速, 这种噪音污染已造成了长期的困扰。”亨斯迈公司同时指出, 这些泡沫还将长期减少火车车轮的碰撞影响, 从而延长铁路枕木的使用寿命。

来自 Edilon Sedra 公司的营销总监 Pim Schram 补充道: 随着地铁、电车和轻轨基建的发展, 这一方案已成为解决城市交通问题的基本对策。和亨斯迈这样的公司合作确保我们与时俱进, 充分掌握市场变化, 不断开发创新产品以满足现代运输工具的使用需求。” (PUWORLD)