

硅橡胶在复合材料薄壁和表面包裹制品成型中的应用分析

李孝进

(四川九洲电器集团有限责任公司 四川 绵阳 621000)

摘要: 本文论述了利用硅橡胶耐高温和可变形的特点,制作软质硅橡胶型腔,并进行薄壁复合材料制品生产或复合材料表面层的包裹。

关键词: 硅橡胶; 复合材料; 薄壁; 表面包裹

0 引言

复合材料制品的生产方式很多种,主要包括模压、热压罐、真空袋压和RTM树脂灌注成型等,对于中小制品,用的是最多的是模压和真空袋压法(含热压罐,如图1所示)。

对小型薄壁复合材料制品,在模具型芯上铺贴完毕后,因壁厚较小(0.5mm或以下),如果像常规方法一样用型腔与型芯对压,因间隙过小,合模时对胚料层的破坏可能导致成型后制品穿孔。如果不用型腔对压,制品会存在层间粘接不牢或气孔、疏松等质量缺陷。这时,可将包裹好胚料的型芯表面套上真空袋,烘箱中抽真空,利用大气压力对表层施加固化压力。有条件的,还可将其放入热压罐,利用高压气体进行加压,但这种方法因表面铺有吸胶布和透气粘等,制品表面粗糙并有印痕,另外对一些形状较为特殊的制品,这种方法也有其局限性。比如,对微小型或内凹型制品,真空袋通过透气毡传递的压力有限,对扁平制品,真空袋容易向中平面挤压,导致在零件表面形成一道类似分型线的突起,凸起线较厚,去除后导致纤维断裂,进而影响制品的强度。

在零件表面进行复合材料包覆,对于包覆较薄的零件,其遇到的情况与薄壁制品一样。对包覆材料较厚的,如果被包覆零件可承受压力高(如钢、铁制件),可用传统模压法或真空袋压(热压罐)直接加压,若被包裹产品较脆弱(如泡沫类)且形状特殊(扁平),也会面临同薄壁制品一样的问题。

硅橡胶耐高温,形变能力强,质地柔软,用其制作型腔对薄壁和表面包裹复合材料制品表面进行加压,可达到均匀施压,赋予较好表面质量。

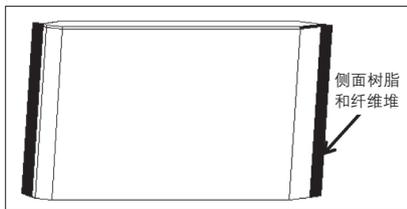


图1 扁平制品真空袋压(热压罐)缺陷示意图

1 硅橡胶型腔制造

1.1 手工浇筑法

在原料准备方面,主要材料:液体硅胶(未硫化,产地:深圳宏图,适用硬度范围:邵氏硬度30°)

辅料:固化剂(配套)、脱模剂

工具:液体装放容器,搅拌棍、脱泡箱

设备:真空泵

制作浇筑腔:根据产品特点,制作一个上面开口的矩形

腔。矩形腔板材可用木板或金属板材镶拼,拼后用胶带固定好,对可能漏胶的地方用胶带贴好。

母模处理:在母模做好分模标记,刷脱模剂,当脱模剂晾干后备用。根据产品壁厚或包裹厚度的大小,可提前对包裹样件表面或型芯表面进行一定厚度的修正,必要时可进行喷漆处理以提高表面质量。

放置母模:将母模防置在浇筑腔中间

配制胶液:将硅胶液同固化剂按比例(通常为100:2~2.5,具体按厂家说明)并搅拌均匀

抽空脱泡:将放盛有胶液的容器放到密闭容器中用真空机脱泡,时间约10min。注意:脱泡时体积会膨胀4~5倍,所以容器总体积要远比胶液常压下的体积大。

浇筑:将脱泡后的胶液缓慢倒入浇筑腔,直到将母模盖住后再浇适当厚度(10mm以上)。如果需要将零件下部也包裹住,则需要先倒入适量胶液,再放入母模,最后浇筑完毕。为提高强度,在浇筑时可放入一些脱脂棉布进行增强。

固化:室温固化的温度一般在20~30℃,固化24h,如气温较低,可放于烘箱中60~70℃固化2~3h。

分割分型面:固化完成后用刀沿设计的分型线进行分割,得到硅胶模具型腔(如图2所示)。

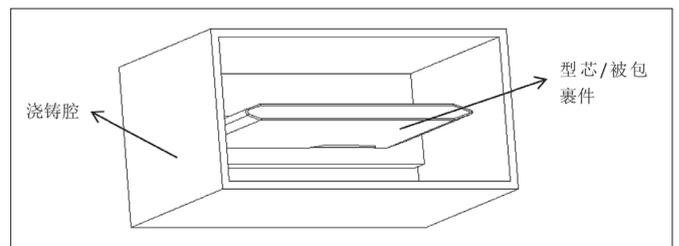


图2 浇筑法硅胶型腔制作示意图

1.2 模压成型法

用金属模压高温高压加工硅胶型腔,适合对型腔尺寸精度和表面质量要求高,可批量化制造硅胶型腔,机械化程度高。

原材料:6144硅橡胶混炼胶

设备:100T硫化机或油压机(带加热板)

制作金属压制母模:根据薄壁件特点或被包裹件特点,确定好橡胶模具分型线,然后设计出金属型芯(薄壁件适用)和橡胶型腔各组合件,再根据各橡胶组合件结构,设计出各橡胶件的模压成型模具,如分解的各橡胶组件形状简单外形较小,可在一个金属模具上模压成型,若较为复杂,可分别

设计各自的压制模具。

压制橡胶模具组件：将金属压制模具放在硫化机上在 $175 \pm 5^\circ\text{C}$ 预热 20min，将混炼胶填入型腔中，必要时可加少量脱脂碎棉布条（增加强度），然后合模加压（2MPa 或以上，具体按模具和被加工件的投影面积），时间可维持在 20min 或以上（产品的厚度大则可适当延长）进行一次硫化

取出橡胶组件：一次硫化时间完毕后，适当冷却后，取出零件（不要过分拉扯，此时强度较低）。

二次硫化：将橡胶零件放入烘箱，升温到 150°C ，然后在 150°C 下保温 1h，之后升温到 200°C ，再保温 4h，随炉冷却到室温后取出，去除毛刺飞边，得到如图 3 所述硅胶腔体。

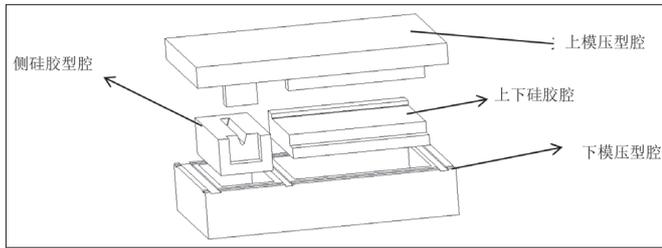


图 3 模压硅胶腔体示意图

2 制品成型

2.1 表面清洁及处理

准备好金属型芯或被包裹件，用无尘布沾上酒精或清洁剂型芯或被包裹件表面，干燥后，对型芯涂脱模剂，被包裹件表面保持清洁即可。

2.2 材料铺贴与包裹

原材料：环氧玻纤预浸料（SW-110A/3218）、脱模剂、工业酒精

工具：剪刀、聚四氟乙烯棒、乳胶手套

在型芯或被包裹件表面逐层铺贴，每层碾平压实，相邻两层的搭接缝要错开 20mm 以上，铺贴时带上乳胶手套，避免物料污染。冬天可对型芯或被包裹件预热，但温度不超 35°C 。

2.3 型腔组装

将硅胶模具组件套在型芯或被包裹件上，位置对齐后用耐高温纸胶带固定好。

2.4 辅助层铺贴

将热电偶插入硅胶型预留的孔或分型面处靠近物料的位置，依次包裹好吸胶布、隔离膜、再包裹透气毡，上下表面覆盖上真空袋，装上抽气接头，用密封腻子将真空袋对接处密封好。一个真空袋内可同时放置多个相同的硅胶型腔组件（如图 4 所示），实现一次多件同时成型。

2.5 装箱

将装有硅胶型腔的真空袋放入烘箱（有条件可使用热压罐），接好真空管，同时保证热电偶与控制系

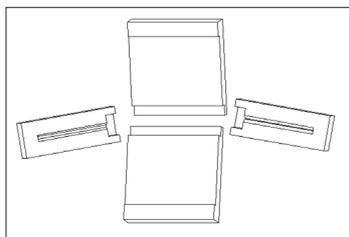


图 4 硅胶型腔

空系统是否正常，没问题就转入下步。

2.6 热固化

预压：开启真空泵，升温到预压温度恒温

压力： $\geq 0.85\text{MPa}$ （真空度 $\geq -0.85\text{MPa}$ ）

型腔温度： $70 \pm 5^\circ\text{C}$

恒温时间：10 ~ 15min（根据产品、型腔厚度可延长）

压制一段：保持真空泵开启（热压压罐的可适当加压），升温到压制一定温度恒温

压力： $\geq 0.85\text{MPa}$ （真空度 $\leq 0.85\text{MPa}$ ）（热压罐可加压）

型腔温度： $95 \pm 5^\circ\text{C}$

恒温时间：10 ~ 15min（根据产品、型腔厚度可延长）

固化阶段：保持真空泵开启（热压压罐的可适当加压），升温到固化温度恒温

压力： $\geq 0.85\text{MPa}$ （真空度 $\geq 0.85\text{MPa}$ ）（热压罐可加压）

型腔温度： $130 \sim 135^\circ\text{C}$

恒温时间：60 ~ 70min（根据产品、型腔厚度可延长）

冷却阶段：固化时完毕后，降温型腔温度 $\geq 60^\circ\text{C}$

2.7 取件

将冷却后的硅胶型腔从烘箱中拿出，去除包裹物，取出零件。

2.8 清理

用锉刀、剪刀等工具去除零件飞皮、毛刺，然后用砂纸打磨。

3 效果

小侧面 R 处没有物料堆积，制品主要表面光滑（除分型线外）。制品质量改善的原因在于，小侧面通过硅胶成型时，受力面积增大为硅胶腔体的大面 B，保证了 R 处的压实度（如图 5 所示）。另外，硅胶腔体成型面光滑，有效保证了制品外表面的光滑度。

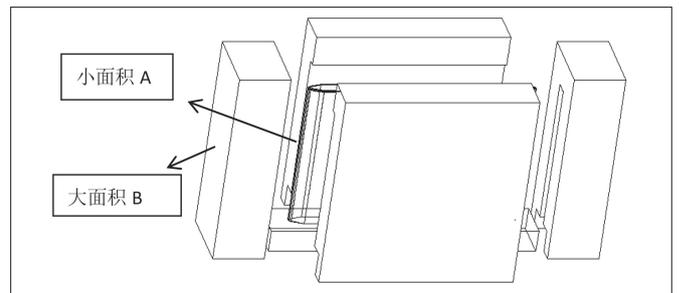


图 5 硅橡胶型腔组装示意图

4 结语

由于软质硅橡胶具有可变形，耐高温、表面质量较高，用于复合材料薄壁件或包裹件成型，可很地传递成型压力，防止胚料层或包裹件的破坏，有效保证复合材料薄壁制品壁厚和密实度，提高外观质量，防止高价值的被包裹件被破坏。

参考文献：

[1] 黄家康. 复合材料成型技术及应用 [M]. 北京：化学工业出版社, 2016.

[2] 冯炳尧, 韩泰荣, 等. 模具设计与制造简明手册 [M]. 上海：上海科技出版社, 1984.