

再考察柱面与单叶双曲面(可以保证曲面一阶连续)间的过渡段,如图4所示。柱面半径为 r_0 ,单叶双曲面开口尺寸参数为 t ,单叶双曲面方程为

$$r = \sqrt{\frac{r_0^2 y^2}{t^2} + r_0^2} \quad (8)$$

则过渡段主曲率为

$$k_u = t^2 / r_0$$

$$k = r_0$$

因此架空缠绕角界限为

$$\text{tg} \frac{t}{r_0} \quad (9)$$

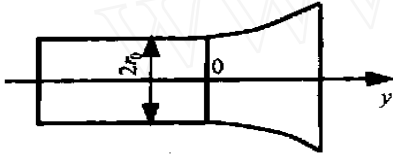


图4 过渡段示意图

Fig. 4 Geometric drawing of the transition section

5 结论

(1) 纤维缠绕工艺中,成型压力 p 是曲面特性、缠绕张力和缠绕角的函数。对于多线型缠绕,为保证成型压力一致,应根据缠绕角确定不同的缠绕张

力。

(2) 当 $k_u = k = 0$ 时,曲面为平面,无论缠绕角多大,缠绕张力不产生成型压力;当 $k_u < 0, k < 0$ 时,相当于在负曲面上缠绕,无论缠绕角多大,均产生架空,也不产生成型压力;当 $k_u \cdot k < 0$ 时,曲面为负 GAUSS 面,要产生成型压力,缠绕角 必须大于某一值 $[\alpha = \text{tg}^{-1}(\frac{k_u}{k})^{1/2}]$,缠绕角 小于该值,则纤维架空。

参考文献

- 冷兴武. 纤维缠绕原理. 济南: 山东科技出版社, 1990:116 ~ 117
- Mazumdar S K, Hoa S V. Analytical modes for low cost manufacturing of composite components by filament winding. Journal of Composite Materials, 1995;29(11):1 515 ~ 1 541
- Lauder A J. Manufacture of rocket motor cases using advanced filament winding processes. Materials and Manufacturing Processes, 1995;10(1):75 ~ 87
- 刘荣梅. 复合材料弯管缠绕数值分析及计算机辅助设计. 南京航空航天大学硕士论文, 2000:6 ~ 20
- 吴大任. 微分几何讲义. 北京: 人民教育出版社, 1981:227 ~ 233

(编辑 马晓艳)

热胀法复合材料成型新工艺

复合材料产品的固化成型,一般采用真空袋热压罐法。热压罐造价高、设备大、要求技术熟练的人员操作,产品质量难以保证。

本成果热胀成型法以热胀材料为芯膜,刚体材料为阴模,复合材料置于芯膜与阴模之间,当模具受热后,由于芯膜的体积膨胀受到阴模的限制,而在模腔内产生压力,实现对复合材料固化过程的加压。靠芯膜热胀产生压力,无需外压源,只需热源即可。此法适合于复合材料产品的共固化。如直升机的水平尾翼、卫星结构件等复合材料制品,就是采用热胀成型法制造成型的。热胀压力与芯膜几何形状、芯膜材料的物理性能和力学性能、凝固能力、叠层压实程度、凝胶温度和固化温度、模具组合系统的间隙、各种辅料和模具的热胀性能等因素相关。选择适宜的芯膜材料是实现热胀成型的关键所在。本成果对有机硅橡胶的应用性能进行了研究并取得可喜的进展。

通过应用研究试验,说明 R-10301 硅橡胶可以用做热胀成型法的芯膜,在 120 ~ 130 下,热胀压力可达到 0.72 MPa ~ 0.85 MPa。而制成的芯膜,经重复使用后,热压力下降。实验证明,经过 20 次使用,在 125 下热胀压力下降了 13.84%,而 164 时下降 4.25%。采用热胀成型法成型形状较复杂的复合材料制品,比使用真空袋热压罐法能更好地保证工艺质量。

· 李连清 ·

宇航材料工艺 2002 年 第 3 期