

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.01.012

铺层结构对复合材料层合板弯曲强度及失效行为的影响^{*}刘昭特^{1,2}, 张彦飞^{1,2}, 杜瑞奎^{1,2}, 刘亚青^{1,2}, 赵贵哲^{1,2}

(1. 山西省高分子复合材料工程技术研究中心, 太原 030051; 2. 中北大学材料科学与工程学院, 太原 030051)

摘要: 通过改变偏轴角为45°和90°的[45°/-45°], [0°/90°]正交铺层组的质量分数, 设计了6种复合材料层合板铺层结构。研究了两种偏轴角正交铺层组共同存在的铺层结构对真空辅助树脂传递模塑工艺复合材料层合板弯曲强度及失效行为的影响。通过弯曲实验获得6种复合材料层合板的弯曲强度、损伤特征以及应力-应变曲线。结果表明, 随偏轴角为90°的[0°/90°]铺层组质量分数的增加, 复合材料层合板的弯曲强度逐渐增大; 两种偏轴角正交铺层组共同存在的铺层结构可引起复合材料层合板在弯曲载荷作用下的损伤模式多元化。

关键词: 真空辅助树脂传递模塑; 铺层结构; 弯曲强度; 失效行为; 复合材料

中图分类号: TB332 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)01-0056-06

Effect of Layered Structures on Flexural Strength and Failure Behaviors of Composite Laminates

Liu Zhaote^{1,2}, Zhang Yanfei^{1,2}, Du Ruikui^{1,2}, Liu Yaqing^{1,2}, Zhao Guizhe^{1,2}

(1. Research Center for Engineering Technology of Polymeric Composites of Shanxi Province, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. School of Materials Science and Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Six types of composite laminated structures were designed with different mass fraction of cross-ply [45°/-45°] and [0°/90°] composite laminates which have off-axis angles of 45° and 90°. The effects of the laminated structure of crossply composite laminates which consists of two kinds of off-axis angle on the bending strength and failure behavior of composite laminates that manufactured by the vacuum assisted resin transfer molding process were studied. The bending strength, stress-strain curve and sample damage characteristics of six types of composite laminates were obtained through the bending test. The results show that the bending strength of the composite laminates increased with the increase of [0°/90°] laminate's mass fraction whose off-axis angle is 90° and the laminated structure of crossply composite laminates which consists of two kinds of off-axis angle cause diversification of failure modes of composite laminates under bending loading.

Keywords: VARTM; layered structure; bending strength; failure behavior; composite

真空辅助树脂传递模塑(VARTM)是低成本制造先进复合材料技术的主要研究方向之一^[1],同时,树脂基复合材料对于近代航空航天的高速发展起到了举足轻重的作用^[2]。在VARTM成型工艺中影响复合材料力学性能及失效行为的因素很多,如增强材料类型、树脂类型及铺层方式等。随着纤维增强复合材料在航空、航天、兵器、汽车工业等领域的广泛应用,复合材料结构优化和设计愈来愈受到重视,其中铺层结构的优化作为复合材料设计的重要环节之一,对复合材料的力学性能、变形和破坏机理的影响受到研究人员的关注。J. M. 霍奇金森^[2]较深入地研究了复合材料的测试手段及失效机理,认为弯曲破坏模式有:纤维张力破坏、外表面张力破坏、外表面压力破坏和内部剪切破坏。

在铺层结构对复合材料弯曲强度及失效行为的影响研究中,针对以铺层结构为变量的研究

重点主要为偏轴角变化对失效行为的影响, U. A. Khashaba^[3-4]等研究了具有不同偏轴角的纤维增强复合材料受拉伸应力、弯曲应力和拉弯结合力作用下的力学性能和损伤模式,总结了基质裂纹在试样中的扩展方式和产生的最终失效行为。笔者对两种偏轴角正交铺层组共存及其质量分数变化对复合材料失效行为的影响进行了研究,选择偏轴角分别为45°和90°的[45°/-45°], [0°/90°]正交铺层组为铺层单元,设计了6种铺层方案,以期对两种偏轴角正交铺层组共存的复合材料层合板在弯曲载荷作用下的力学行为、损伤和破坏机理获得初步认识。通过复合材料层合板性能及失效特征的变化,总结不同偏轴角正交铺层组共存及其含量变化对复合材料

^{*} 国防科工局工业基础项目(C212011C002)

联系人: 刘亚青, 教授, 主要从事高分子及其复合材料研究

收稿日期: 2013-10-28

层合板弯曲强度及失效行为的影响规律。

1 实验部分

1.1 主要原材料

环氧树脂:2511-A,上纬(天津)风电材料有限公司;

环氧树脂固化剂:2511-BS,上纬(天津)风电材料有限公司;

无碱玻璃纤维经编织物:E-BX800,振石集团恒石纤维基业有限公司。

1.2 主要仪器与设备

VARTM 模具:自制;

旋片式真空泵:2XZ—4型,台州市椒江宏兴真空泵设备厂;

微机控制电子万能试验机:CMT6104型,美斯特工业系统(中国)有限公司。

1.3 试样制备

以环氧树脂为基体,无碱玻璃纤维经编织物为增强材料,通过 VARTM 成型复合材料层合板,其铺层示意图如图 1 所示。

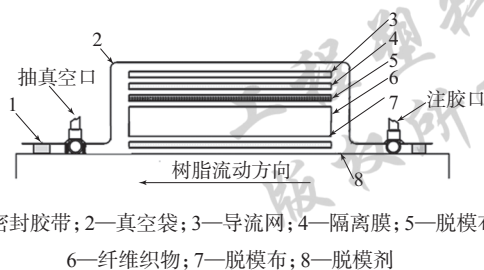


图1 铺层示意图

复合材料层合板的制备过程如下:首先用酒精清洗玻璃模具(100 cm×100 cm×1 cm玻璃板),并在模具上沿层合板尺寸各边均加宽5 cm粘贴密封胶条;其次在密封胶条所围范围内涂脱模剂并铺脱模布;在脱模布上依据铺层结构铺覆玻璃纤维布(400 mm×300 mm)、脱模布、导流网及隔离膜;将螺旋管放置在玻璃模具一侧,通过T型三通连接树脂缓收集器的导管,树脂缓收集器与真空泵连接;在玻璃模具的另一侧铺设同样的螺旋管,用T型三通连接导管,作为注入树脂口;铺放真空袋;抽真空,待真空度达到0.095 MPa以上后保压5~10 min;按树脂与固化剂100:30的配比配制树脂体系,搅拌均匀后室温静置,待树脂体系胶液变得十分清亮时,将其置于真空烘箱中抽真空30 min,去除气泡;注胶,注胶结束时玻璃布需完全浸透胶液;复合材料层合板固化工艺为:25℃/24 h+80℃/8 h;检

测,制成的复合材料层合板外观应光滑、平整。最后,按GB/T 1449-2005要求,切割成弯曲性能测试试样。

1.4 性能测试

采用微机控制电子万能试验机进行三点弯曲实验,依据GB/T 1449-2005测试弯曲强度,对实验数据进行分析 and 处理,绘制应力-应变曲线图。测试条件为:室温(25℃),加载速度为3 mm/min。在测试过程中,使用游标卡尺对试样进行尺寸测量并记录;自载荷加载至试样最终失效过程中观察试样的失效行为。

2 结果与讨论

2.1 铺层方案的设计

复合材料层合板优化设计要求^[5-7],优化后的铺层应当满足以下条件:

- (1) 采用0°, ±45°, 90°的标准铺层角;
- (2) 取向相同的铺层叠置不能超过2层以上;
- (3) 0°, ±45°, 90°的4种铺层中每一种至少要占10%;
- (4) 设定载荷方向为0°时,避免采用90°层叠置,如采用90°铺层,应用0°或±45°铺层隔开,以减小层间的剪切与法向应力;
- (5) 尽可能采取均衡对称设计。

选用无碱玻璃纤维经编织物,恒定铺层数20层。依据以上设计原则,通过改变正交铺层组[0°/90°]和[45°/-45°]的质量分数(见表1),设计了4种铺层方案(②,③,④,⑤)及两组对比方案(①和⑥)。在满足设计条件的前提下,尽可能地将两种正交铺层组间隔铺覆,确定的各方案的铺层结构如表2所示。

表1 正交铺层组的质量分数

项目	方案					
	①	②	③	④	⑤	⑥
[0°/90°]铺层组质量分数/%	0	20	40	60	80	100
[45°/-45°]铺层组质量分数/%	100	80	60	40	20	0

2.2 铺层结构对复合材料层合板弯曲强度的影响

[0°/90°]铺层组质量分数对复合材料弯曲强度影响如图2所示。各方案的复合材料层合板的弯曲强度如表3所示。

由图2和表3可以看出,随着[0°/90°]铺层组含量的增加,复合材料层合板的弯曲强度逐渐增大。当[0°/90°]铺层组的质量分数为0,即[45°/-45°]铺层组的质量分数为100%时,复合材料层合板的弯曲强度最小(229.22 MPa);当[0°/90°]铺层组

表 2 各方案的铺层结构

方案	[0°/90°] 铺层组质量分数/%	铺层结构
①	0	[45°/-45°/45°/-45°/45°/-45°/45°/-45°/45°/-45°]s
②	20	[45°/-45°/45°/-45°/0°/90°/45°/-45°/45°/-45°]s
③	40	[45°/-45°/0°/90°/45°/-45°/0°/90°/45°/-45°]s
④	60	[45°/-45°/0°/90°/0°/90°/0°/90°/45°/-45°]s
⑤	80	[0°/90°/0°/90°/0°/90°/0°/90°/45°/-45°]s
⑥	100	[0°/90°/0°/90°/0°/90°/0°/90°/0°/90°]s

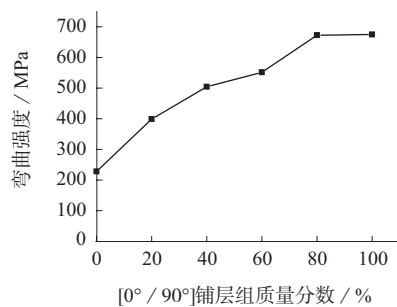


图 2 铺层组质量分数对复合材料弯曲强度的影响

表 3 各方案复合材料层合板的弯曲强度

方案	[0°/90°] 铺层组质量分数/%	弯曲强度 / MPa
①	0	229.22
②	20	399.82
③	40	505.43
④	60	552.55
⑤	80	673.45
⑥	100	675.97

的质量分数为 100% 时,复合材料层合板的弯曲强度最大 (675.97 MPa)。

当 [0°/90°] 铺层组质量分数从 0 增加到 20% 时,复合材料层合板的弯曲强度明显增大 (增量为 170.6 MPa),其原因是主受力层 0° 铺层的出现,使复合材料层合板的抗弯能力有所提高。

当 [0°/90°] 铺层组的质量分数从 20% 增加到 80% 时,复合材料层合板的弯曲强度持续增大;当 [0°/90°] 铺层组质量分数从 80% 增加到 100% 时,复合材料层合板的弯曲强度没有明显的变化 (弯曲强度分别为 673.45 MPa 和 675.97 MPa)。其原因有:

(1) 当试样受到弯曲应力作用时,与压头相接触的上表面为压力面,承受的压力最大,下表面为张力面,承受拉力最大。不同配方试样的损伤明显分为两个区域:拉伸损伤区和压缩损伤区^[8]。由于受张力侧的形变量大于压力侧,所以主要的损伤集中在试样中心层以下张力侧的拉伸损伤区。因此上表层和下

表层的强度越大,越有利于提高复合材料层合板的弯曲性能。方案⑤和⑥的铺层结构的上表层和下表层均为 0° 铺层,其余方案为 45° 铺层,所以方案⑤和⑥相较于其它方案,其弯曲强度有较为明显的提高。

(2) 当 [0°/90°] 铺层组出现在表层位置后, [0°/90°] 铺层组质量分数自 80% 增至 100% 时,对复合材料层合板的弯曲强度影响不大。说明 0° 铺层质量分数的增加对弯曲强度影响不大,主要是 0° 铺层的位置影响占主导地位。

2.3 铺层结构对失效行为的影响

图 3 为 6 种方案的复合材料层合板试样的弯曲应力—应变曲线。

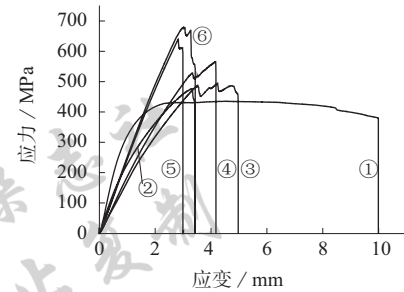
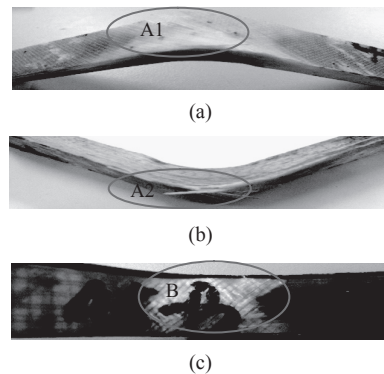


图 3 6 种方案的复合材料层合板试样的弯曲应力—应变曲线

6 种方案的复合材料层合板试样的失效行为如下:

(1) 方案①试样的失效模式主要为:纤维张力破坏及表面压力破坏模式导致的基体开裂^[8],如图 4 所示。



a—试样层内纤维张力破坏;b—试样层间纤维张力破坏;
c—试样外表面压力破坏

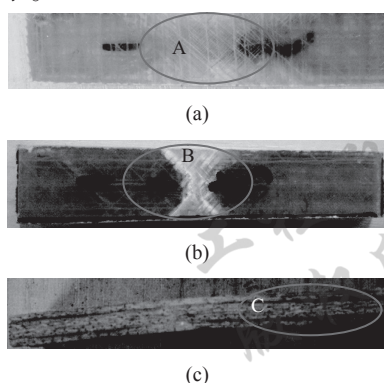
图 4 方案①试样在弯曲实验中的失效模式

其失效行为包括:(I) 纤维张力破坏。在弯曲载荷作用下,试样下表面受到张力作用,首先在 [45°/-45°] 铺层组纤维束间的基体处产生裂纹,并沿纤维束长度方向扩展^[7](见图 4a、图 4b 中 ±45° 纤维方向分布的白色裂纹)。随着应力的增加,裂纹密度逐渐增大且不断扩展,导致试样出现沿 ±45° 纤维

方向树脂基体与纤维分裂(见图4a的A1处),甚至纤维翘曲,产生明显的层内基体开裂;层内基体开裂形成的同时,裂纹沿层间基体扩展,形成小区域的层间基体开裂,出现相邻纤维与基体的分离(见图4b的A2处),试样最终呈现局部失效。(II)表面压力破坏。在弯曲载荷作用下,试样上表面受到压力作用,由于纤维的压缩强度高于拉伸强度,所以受压面表现的损伤程度较小。主要表现为沿 $\pm 45^\circ$ 纤维方向出现白裂纹(见图4c中B处的白色裂纹),而并没有出现纤维与基体的分裂现象。

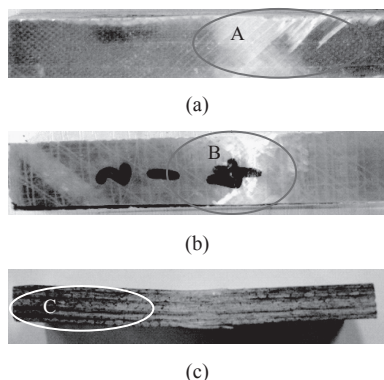
方案①中 $[45^\circ/-45^\circ]$ 铺层组的质量分数为100%,由图3可知,其承受变形的能力最强。

(2) 方案②,③和④试样的失效模式主要为:由纤维张力破坏、外表面压力破坏及内部剪切破坏模式引起的基体开裂和分层损伤(界面失效),如图5~图7所示。



a—试样纤维张力破坏;b—试样外表面压力破坏;
c—试样内部剪切破坏

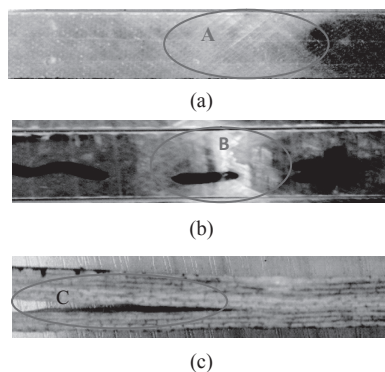
图5 方案②试样在弯曲实验中的失效模式



a—试样纤维张力破坏;b—试样外表面压力破坏;
c—试样内部剪切破坏

图6 方案③试样在弯曲实验中的失效模式

其失效行为包括:(I)纤维张力破坏和外表面压力破坏。试样中心面以上的压力侧和中心面下的张力侧均出现基体开裂。在张力侧,在持续张力作



a—试样纤维张力破坏;b—试样外表面压力破坏;

c—试样内部剪切破坏

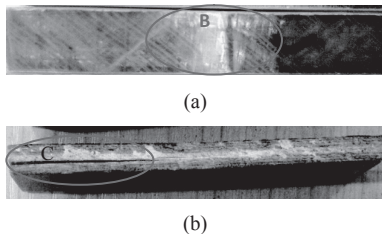
图7 方案④试样在弯曲实验中的失效模式

用下,裂纹首先产生于基体中,并不断沿 $\pm 45^\circ$ 纤维方向在层内及层间扩展。在张力侧单层内,表现为裂纹在单层纤维束与纤维束间延伸,致使出现白色裂纹或纤维束与基体发生分离;在张力侧层与层间,表现为裂纹在纤维层与纤维层之间延伸,致使纤维与层间基体分裂,失去相邻层的约束,在张力作用下纤维向外翘曲(见图5a、图6a、图7a的A处)。在压力侧,主要表现为 $\pm 45^\circ$ 纤维束间的白色裂纹分布及明显的压痕(见图5b、图6b、图7b的B处)。(II)内部剪切。从图5c、图6c、图7c可以看出,试样最终失效均为分层损伤:90°铺层在剪应力作用下发生横向开裂,受到内部剪切破坏。90°纤维在纵向易产生位移,相对于纤维和基体的强度,层与层之间的强度较弱,则首先在层间产生裂纹并导致轻微的分层损伤,表现为清晰的分层裂纹,此时在图3的应力-应变曲线出现一小弯折。由于90°铺层对纵向强度的贡献不大,所以在相邻层的约束下,试样不会立即失效,而是应力得以重新分布使主承力层0°纤维继续承力。随着弯曲载荷的增加,90°铺层在界面间受到的剪切应力也不断增大,裂纹不断扩展,一部分沿着90°纤维束之间延伸,另一部分沿着层与层之间延伸,最终出现分层损伤,表现为多条分层裂纹或层间短距离开裂,更甚者出现脱层、开层破坏,致使试样失效,例如,方案④中发生的脱层损伤(90°铺层大部分区域与相邻层完全分离)试样被分为上下两部分(见图7c的C处)。方案②和③的分层损伤程度较低(见图5c、图6c),90°铺层与相邻层之间有着清晰的多条分层裂痕和短距离开裂。

由图5a、图6a、图7a可知,相比于方案③和④,方案②纤维张力破坏现象却不明显甚至不易观察,仅表现为沿 $\pm 45^\circ$ 方向有轻微的白色裂纹分布(现

象 A)。分析其原因为: 方案②中 $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组的质量分数为 20%, 其承力层 0° 纤维较少, 极限载荷值低, 试样变形量小。下表面受到张力作用时, 纤维在未达到与基体分离和翘曲的程度之前试样就已达到极限载荷值, 而方案③和④的 $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组含量较高, 可承受的极限载荷值较大, 试样受载荷作用的时间长, 变形量大, 致使下表面发生了明显的纤维张力破坏。由图 3 可知, 方案②的最大应变和应变值低于方案③和④的值, 与实验现象相符。

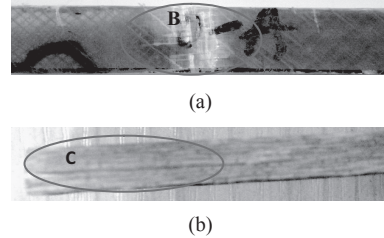
(3) 方案⑤和⑥试样的失效模式主要为: 外表面压力破坏和内部剪切破坏模式引起的分层损伤(界面失效)和基体开裂, 如图 8、图 9 所示。



a—试样外表面压力破坏; b—试样内部剪切破坏;

图 8 方案⑤试样在弯曲实验中的失效模式

在试样中心面以上的压力侧(见图 8a、图 9a), 90° 纤维束之间产生大量白色裂纹, 并且 $[0^\circ/90^\circ]$



a—试样外表面压力破坏; b—试样内部剪切破坏;

图 9 方案⑥试样在弯曲实验中的失效模式

铺层组有明显的压力破坏痕迹。在试样中心面以下的张力侧(见图 8b、图 9b), 由于内部剪切作用, 试样产生了 90° 铺层基体断裂和分层, 其失效行为与方案②、③和④的分层失效行为一致。

方案⑤和⑥未出现纤维张力破坏的原因可能是: $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层排在表面, 即 0° 铺层为上表面和下表面, 0° 铺层抗拉性能优于 45° 铺层, 受到张力作用时, 不易发生纤维断裂和翘曲; 90° 铺层含量的增加, 对纵向强度贡献不大, 并且易于发生纵向位移, 产生分层。在试样中心面以下张力侧, 0° 纤维未达到断裂及翘曲的程度时, 试样就已发生分层甚至脱层, 导致最终失效。

对 6 种方案的弯曲失效行为进行归纳总结, 如表 4 所示。

表 4 6 种复合材料层合板试样弯曲实验的失效模式

方案	正交铺层组	质量分数/%	失效模式
①	$[45^\circ/-45^\circ]$ $[0^\circ/90^\circ]$	100	A: 纤维张力破坏: 下表面沿 45° 层的基体断裂, 形成层内纤维基体开裂及明显的层间纤维基体分离。
		0	B: 外表面压力破坏: 上表面裂纹沿 45° 纤维束之间的基体扩展, 形成基体裂纹, 且有明显的压力破坏现象。
②	$[45^\circ/-45^\circ]$ $[0^\circ/90^\circ]$	80	A: 纤维张力破坏: 下表面沿 45° 层的基体断裂, 形成层内纤维基体开裂。
		20	B: 外表面压力破坏: 上表面裂纹沿 45° 纤维束之间的基体扩展, 形成基体裂纹, 且有明显的压力破坏现象。 C: 内部剪切破坏: 90° 铺层处产生轻微分层损伤。
③	$[45^\circ/-45^\circ]$ $[0^\circ/90^\circ]$	60	A: 纤维张力破坏: 下表面沿 45° 层的基体断裂, 形成层内纤维基体开裂及轻微层间纤维基体分离。
		40	B: 外表面压力破坏: 上表面裂纹沿 45° 纤维束之间的基体扩展, 形成基体裂纹, 且有明显的压力破坏现象。 C: 内部剪切破坏: 90° 铺层处产生轻微分层损伤。
④	$[45^\circ/-45^\circ]$ $[0^\circ/90^\circ]$	40	A: 纤维张力破坏: 下表面沿 45° 层的基体断裂, 形成层内纤维基体开裂及轻微层间纤维基体分离。
		60	B: 外表面压力破坏: 上表面裂纹沿 45° 纤维束之间的基体扩展, 形成基体裂纹, 且有明显的压力破坏现象。 C: 内部剪切破坏: 90° 铺层处产生明显的分层损伤。
⑤	$[45^\circ/-45^\circ]$ $[0^\circ/90^\circ]$	20	B: 外表面压力破坏: 上表面裂纹沿 90° 纤维束之间的基体扩展, 形成基体裂纹, 且有明显的压力破坏现象。
		80	C: 内部剪切破坏: 90° 铺层处产生明显的分层损伤。
⑥	$[45^\circ/-45^\circ]$ $[0^\circ/90^\circ]$	0	B: 外表面压力破坏: 上表面裂纹沿 90° 纤维束之间的基体扩展, 形成基体裂纹, 且有明显的压力破坏现象。
		100	C: 内部剪切破坏: 90° 铺层处产生明显分层损伤。

3 结论

(1) 随着偏轴角为 90° 的 $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组质量分数的增加, 复合材料层合板的弯曲强度逐渐增大。当 $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组铺覆在层合板表层时, 有利于提高复合材料层合板的弯曲强度。与纯 $[45^\circ/-45^\circ]$ 铺层相比, $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组的出现, 使复合材料层合板承受变形的能力有所下降。

(2) 两种偏轴角正交铺层组共存的铺层结构, 可

以引起复合材料层合板损伤模式的多元化。主要失效模式可总结为: (I) $[45^\circ/-45^\circ]$ 铺层组铺覆在试样上表面时, 表现为外表面压力破坏造成的 $\pm 45^\circ$ 铺层基体开裂损伤; $[45^\circ/-45^\circ]$ 铺层组铺覆在试样下表面时, 表现为纤维张力破坏造成的基体开裂损伤; $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组铺覆在试样上表面时, 表现为外表面压力破坏造成的 90° 铺层基体开裂损伤; $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组铺覆在试样下表面时, 表现为试样张力侧强

度增加,不易出现纤维张力破坏; $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组在试样内部时,由于内部剪切作用, 90° 纤维易产生分层损伤。(II) $[0^\circ/90^\circ]$ 铺层组的出现导致试样最终失效均为分层损伤。

参考文献

- [1] 张彦飞,王芳芳,秦泽云,等.引擎盖 VARTM 成型充模流动模拟及优化[J].工程塑料应用,2012,40(5):46-49.
Zhang Yanfei, Wang Fangfang, Qin Zeyun, et al. Flow simulation and optimization of the car hood by VARTM process[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(5):46-49.
- [2] J.M. 霍奇金森.先进纤维增强复合材料性能测试[M].北京:化学工业出版社,2005.
Hodgkinson J M. Mechanical testing of advanced fibre composites[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2005.
- [3] Khashaba U A. In-plane shear properties of cross-ply composite laminates with different off-axis angles[J]. Composite Structures, 2004, 65(2):167-177.
- [4] Khashaba U A, Sebaey T A, Alnefaie K A. Failure and reliability analysis of pinned-joints composite laminates: Effects of stacking sequences[J]. Composites Part B : Engineering, 2013, 45(1):1 694-1 703.
- [5] 修英姝,崔德刚.复合材料层合板稳定性的铺层优化设计[J].工程力学,2005,22(6):212-216.
Xiu Yingshu, Cui Degang. Ply optimization design for stability of composite laminates[J]. Engineering Mechanics, 2005, 22(6):212-216.
- [6] 中国航空研究院.复合材料结构稳定性分析指南[M].北京:航空工业出版社,2008.
Chinese Aeronautical Establishment. Guide of stability analysis of composite structures guide[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2008.
- [7] 贺成红,张佐光,李玉彬,等. S-2 / F46 复合材料低速冲击损伤及剩余弯曲性能[J]. 材料工程, 2008(6):29-32.
He Chenghong, Zhang Zuoguang, LI Yubin, et al. Damage and residual flexural properties of S-2 / F46 composites under low velocity impact[J]. Journal of Materials Engineering, 2008(6):29-32.
- [8] 范金娟,程小全,陶春虎.聚合物基复合材料构件失效分析基础[M].北京:国防工业出版社,2011.
Fan Jinjuan, Chen Xiaoquan, Tao Chunhu. Failure analysis basics for polymer matrix composite components[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2011.

帝斯曼加盟 LIPA,提供聚酰胺 6 技术支持

作为全球生命科学与材料科学领先企业,荷兰皇家帝斯曼集团日前宣布加盟 LIPA 合作项目,帝斯曼将负责提供与聚酰胺 (PA)6 相关的先进材料技术和全面操作指导。

“LIPA”是指“轻量化和一体化生产工艺应用”。该项目是针对采用连续纤维增强的高级热塑性复合材料零部件生产开发工艺流程。

LIPA 合作项目牵头人 Christian Götze 表示,凭借帝斯曼为 LIPA 团队提供的大力支持,可以进一步拓展 PA6 的应用范畴。帝斯曼将和他们共同分享与材料选择、零部件研发、工程技术与材料加工等方面相关的专业知识。帝斯曼的加入,将有助于他们在“注塑成型”与“连续纤维增强热塑性复合材料综合应用”领域再次取得里程碑式的新成就。

面向汽车行业推出的高级热塑性复合材料,能够成功实现大批量生产的关键因素是自动化生产流程。LIPA 项目团队开发了一项包括预热有机片材(热塑性塑料浸渍连续纤维坯体)步骤的一体化工艺。有机片材通过机械设备运送到位于注射成型设备中的 LIPA 工具中,然后采用热塑性塑料进行后续注塑生产成品零部件。整个流程中的所有步骤主要是加热、处理、重塑、注塑等,必须能够实现相互之间以及与 LIPA 工具和操作系统之间的完美协调。在后向注塑与纺织品或热塑性塑料片材等柔性材料的压制技术方面,组成 LIPA 团队的各大研发合作企业均拥有 20 余年的丰富经验。

不久前, LIPA 团队在高级热塑性复合材料联合研发领域启动了多个重要合作项目。未来,这些材料将主要应用于

高强度轻量化汽车市场。帝斯曼的加入无疑为研发活动注入了新活力。

此外,帝斯曼还是欧盟资助的“ENLIGHT”(能源效率与智能照明系统)研究项目的合作方之一。这一项目旨在推进有助于中高排量电动汽车实现降重减排目标的高级材料技术研发活动。另一方面,作为亚琛集成轻量化生产中心(AZL)的创办者之一,帝斯曼也致力于促进高负载、成本优化的轻量化零部件的自动化生产,使其适用于大规模量产,并能胜任复合材料和多种材料设计的各种加工工艺。

帝斯曼目前已面向市场投放基于 Eco PaXX® PA410, Akulon®PA6 和 Stanyl®PA46 的碳纤维增强复合材料产品。此类产品能够显著减轻汽车车身和底盘零部件的质量。玻璃纤维增强复合材料则主要针对半结构零部件的减重。

(工程塑料网)

创新技术使汽车塑料零部件密度降低 20%

在不牺牲材料强度、稳定性和功能性的前提下,减轻其质量是一项严峻的挑战。不久前,3M 与卓细(Trexel)公司共同开发了一种轻量化塑料技术,采用 3M 公司的 3M Glass Bubbles 聚合物材料以及卓细公司的 Mu Cell 发泡技术,在保证汽车塑料部件各项性能的同时,使其密度降低 20%。

这项新工艺能很容易复制,一般零部件商的生产线完全能立即实现新的工艺生产。新技术可应用于汽车发动机盖、内饰、外饰和其它模具零件中。结合后的两项技术还能降低零部件加工过程中的内腔压力,使其不发生缩水,消耗的化工原料量也将更少。

(工程塑料网)