

用粉浆法制造 SiC/Al 复合材料

FATIGATION OF SiC/Al COMPOSITE USING SLURRY METHOD

国防科技大学 刘希从 魏克泰 姜冀湘 尹新芳

National University of Defense Technology

Liu Xicong, Wei Ketai, Jiang Jixiang and Yin Xinfang

关键词 复合材料, 粉浆法, 热压。

Abstract The slurry was prepared with $13\mu\text{m}$ and sodium alginate solution, then a yarn of SiC fiber was impregnated into the slurry. The precursory tape of SiC/Al was then obtained and hot-pressed. The longitudinal strength of SiC/Al composite with a fiber fraction of 18% was 376MPa. If the temperature and/or pressure were too high, the strength of fiber and composite will be degraded because of the damage of fibres.

Key words composite, slurry method, hot-pressing.

用Nicalon SiC纤维进行SiC/Al复合材料研究的结果表明, Al对该纤维的润湿性很差^[1]。其次, 该纤维会与Al发生化学反应损伤纤维从而使其强度下降。因此, 寻找一种低温固态复合工艺, 如粉浆法, 是必要的。粉浆法可避开液态Al不润湿SiC纤维的不利因素, 又可降低化学反应速度, 从而减少对纤维的化学损伤; 此法可在常温下预成形因而可将玻璃钢的缠绕成形工艺移植到金属基复合材料。

1. 试验过程

用平均粒度为 $13\mu\text{m}$ 的Al粉, 含1%海藻酸钠和2%聚乙烯醇的水溶液制备成液固比为2的粉浆。把配制好的粉浆倒入浸浆槽中, 将纤维按图1所示方式浸入槽中, 制成预制带后剪成尺寸为 $90\times 60\text{mm}$ 的小块, 叠于压模内。

将热压模抽真空至 13.3Pa , 然后缓慢升温到 473K , 保温20min, 再升温到预定温度(见表1), 保温30min后加压到预定压力(见表1), 保温保压1h, 停止加热, 温度降至 473K , 取出试样。

为了了解加热过程中, 纤维与基体之间的化学作用, 将浸浆纤维只加热不加热; 同时还将其在常温下加压, 以了解加压给纤维造成的机械损伤。

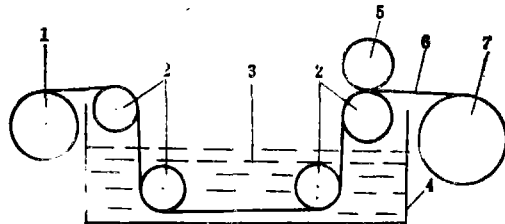


图1 纤维浸浆槽

1—原纤维筒; 2—橡胶导向轮; 3—粉浆; 4—槽体;
5—橡胶压轮; 6—纤维束; 7—浸浆纤维缠绕筒。

1988年1月15日收到

2. 结果及分析

试验结果及其分析

(1) 结果

对所压试件测量了抗拉强度 ($\bar{\sigma}_c$), 纤维体积分数 (V_f) 以及从相应试样中取出的纤维的强度 ($\bar{\sigma}_f$)。其结果如表1所示。

表1 SiC/Al的拉伸强度及工艺参数 (压力P、温度T)

试样号	T (K)	P (MPa)	V_f	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)	$\bar{\sigma}_f$ (MPa)	备注
1	823	50	—	—	—	保压1h未压成
2	823	50	—	—	—	保压3h未压成
3	873	50	0.13	118	—	纤维破碎
4	873	25	0.12	144	1600	
5	873	20	0.19	268	1506	
6	893	25	0.18	376	—	未测 $\bar{\sigma}_f$
7	893	20	0.16	345	—	未测 $\bar{\sigma}_f$
8	913	25	0.19	186	—	未测 $\bar{\sigma}_f$
9	913	20	0.18	176	1385	
10	933	25	0.20	171	—	未测 $\bar{\sigma}_f$
11	913	0	—	—	3322	
12	R.T	50	—	—	2897	室温加压3次

注: $\bar{\sigma}_c$ 为三个试样之平均值, $\bar{\sigma}_f$ 为50根纤维之平均值。

(2) 分析

①热压温度

温度是复合工艺中最重要的参数。从表1可见, 压力为50MPa时, 823K以下很难使纤维与基体复合起来, 由于Al粉表面氧化膜的存在阻碍了烧结过程的进行。其最低热压温度不能低于823K。从表1可以看出, 在其它条件相同的情况下, 随热压温度的升高, 复合材料的强度先升高, 后下降。4个试样(4号、6号、8号、10号)强度即如此, 以6号试样最好, $V_f = 0.18$, 纵向拉伸强度为376MPa, 以束丝强度为2000MPa, 基体强度为80MPa计算该试样之强度达88%ROM值。试样强度随温度的升高而出现的这种变化是由于Nicalon SiC纤维与Al发生化学反应生成 α - Al_4SiC_4 和 Al_4C_3 〔2〕。化学反应必须适度, 温度低反应量太少, 纤维与基体之间的结合差, 复合材料的强度低; 温度太高, 反应量太大, 纤维损伤严重, 复合材料的强度同样低。因此, 在其它条件相同的情况下有一最佳热压温度。在本文的试验条件下893K为好。

②压力

由于Al粉表面致密氧化膜的存在, 某些试样未经加压使其氧化膜破裂, 基本上未烧结起来。因此试验中压力是不可少的条件。但压力过大会损伤或压断纤维, 故不能太高。在能使基体致密的前提下, 压力小些为好。

纤维被压断后, 如果断头之间充满基体, 则可视之为短纤维增强来考虑。根据短纤维增强复合材料的理论, 对SiC/Al复合材料进行计算的结果表明, 只要纤维长度大于2mm, 则复合材料的强度仍可达95%ROM值。也就是说, 即使所有纤维均被压断成2mm长的短纤

纤维,只要基体能填充于纤维的断头之间,就不会明显地影响复合材料的强度。从试验结果看,纤维并未全部压断至如此程度。因此纤维被压断不是影响复合材料强度的主要因素,但纤维断头之间必须为基体填充,否则会在复合材料内部存在微裂纹影响其强度。

加压过程中纤维表面的擦伤对强度的影响由12号试样可以看出,该试样是预制带在室温下被50MPa的压力反复加压3次后,取出测量纤维强度的。此时,纤维强度由3322MPa下降到2897MPa,由于纤维表面擦伤导致的强度下降并不严重。

从表1还可看出压力在20~50MPa之间变化对复合材料的强度影响不大,例如,3号、4号试样在其它条件大体相同的条件下,压力由50MPa减至25MPa其强度变化无几。6号、7号、8号、9号4个试样也表现出类似的趋势。

③时间

时间与温度密切相关。温度高热压时间短,温度低热压时间长。本试验采用保温1h。但所得试样强度低于ROM值,分析所得结果与保温时间太长有关。因为从试样中取出的纤维,其强度值大都在1500~1600MPa,说明纤维的损伤主要是化学损伤,是随时间的延长而加重。因此,必须缩短热压时间。

3. 总结

通过试验结果分析

用粉浆法将基体浸渗到纤维束中先做成预制带或预制件然后再热压是制造SiC/Al复合材料或制品的有效方法之一。为了提高材料性能,必须选择最佳工艺参数。其中热压温度是最重要的参数,对于纯铝基体而言不应低于823K。压力是破坏氧化膜,促进基体结合及基体与纤维结合的必要条件,但它对复合材料强度的影响不大。热压时间应根据热压温度而定。

参 考 文 献

1. 张智明. SiC纤维与Al的润湿性研究. 国防科技大学五系本科生毕业论文, 795120, 1983; 11~13
2. 刘希从, 魏克彦. Nicalon SiC/Al复合材料中的界面反应. 金属学报, 1988; (2) (B) 115