

金属组元对细编穿刺工艺织物的损伤

胡方田 胡健明 张建钟 王程

(中材科技股份有限公司,南京 210012)

文 摘 讨论了添加金属组元对细编穿刺织物的性能影响,在碳布和碳纤维中引入纳米、微米级粒径组元,对碳布和碳纤维进行测试,分析了不同粒径组元对碳布、纤维在工艺过程中的损伤情况。并对其进行了分散形貌和微观形态的分析。结果表明,纳米级组元对碳布、纤维的损伤小于微米级组元,展示了纳米级组元作为含组元织物成型过程中引入组元的良好前景。

关键词 烧蚀,C/C 复合材料,细编穿刺,纳米

Damage of Fabrics in Fine Weave Pierced Fabric With Metal Carbide Components

Hu Fangtian Hu Jianming Zhang Jianzhong Wang Cheng

(Sinoma Science & Technology Co.,Ltd,Nanjing 210012)

Abstract Detail files show that introducing metal carbides has an effect upon the performance of fine weave pierced fabric. We introduced nanometer or micrometer size metal carbide particles into carbon fibers and fabrics, studied and analyzed the damage to carbon fibers and fabrics with various size metal carbide particles, dispersion form and microstructure. The results show that nanometer size metal damaging to carbon fibers and fabrics is less than the micrometer and therefore nanometer materials have well foreground.

Key words Anti-ablative, C/C composite, Fine weave pierced fabric, Nanometer

0 前言

C/C 复合材料是再入飞行器端头帽、固体火箭发动机喷管和喉衬的首选耐热材料^[1]。经细编穿刺成型的立体织物作为 C/C 复合材料的增强体,在洲际导弹端头帽、固体火箭发动机喷管和喉衬等部件已得到应用^[2~3],细编穿刺工艺织物成型流程见图 1。

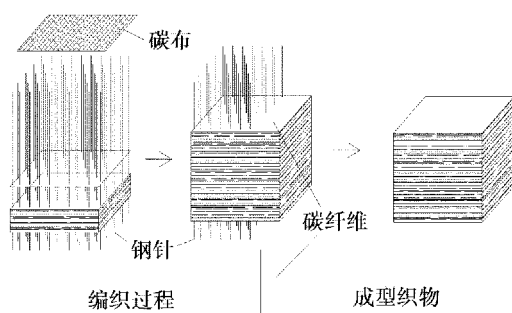


图 1 细编穿刺工艺织物成型流程图

Fig.1 Flow diagram of fine weave pierced fabric

新型再入飞行器的飞行状态更苛刻,作为耐热部件的 C/C 复合材料性能需进一步提升。已有的文献报道,在 C/C 复合材料中加入难溶金属组元(以下简称组元)可提高材料的超高温烧蚀性能^[4~5],细编穿刺织物作为 C/C 复合材料的增强体,在其编织成型过程中引入组元,是制备低烧蚀 C/C 复合材料的一条新的技术途径。但引入的组元在织物编织成型过程中对织物性能的影响还未见报道。

细编穿刺织物性能由平面碳布和 z 向碳纤维的性能组成。穿刺损伤主要是碳布在细编穿刺工艺过程中的损伤,引入组元碳布在穿刺前后拉伸断裂强力的变化可以表征碳布在穿刺过程中的损伤量。细编穿刺工艺织物成型过程中 z 向碳纤维的性能主要是碳纤维的钩接强力,碳纤维引入组元前后钩接强力的变化可以表征 z 向碳纤维工艺性能。

将纳米、微米级组元分别引入到 1K 碳布和 3K 碳纤维中,对含不同粒径组元的碳布和碳纤维进行测试,分析不同粒径组元在编织成型过程中对碳布、纤

收稿日期:2008-09-20

胡方田,1969 年出生,硕士研究生,主要从事立体织物工艺技术研究工作。E-mail:fangtian42@Hotmail.com

纤维的损伤情况,并对其进行了分散形貌和微观形态的分析。

1 实验

1.1 原材料

碳布:江苏宜兴新维碳纤维织造有限公司织造,T-300 1K 碳布。碳纤维:日本东丽公司 T-300 3K

碳纤维。微米级组元:粒径 $\leq 1.2 \mu\text{m}$ 。纳米级组元:粒径 $\leq 50 \text{ nm}$ 。

1.2 组元引入

在穿刺编织前将组元引入碳布、纤维,组元引入工艺见图2。

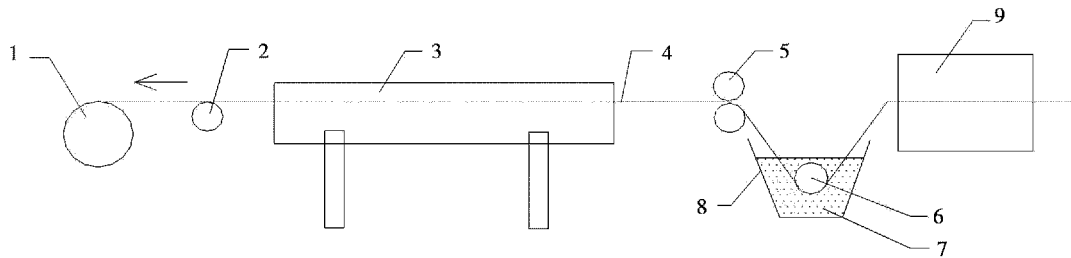


图2 碳布、纤维组元引入工艺

Fig.2 Process introducing metal to carbon fibers and fabrics

1-卷取装置;2-导向辊;3-加热烘干装置;4-碳布、纤维;5-刮浆辊;6-浸胶辊;7-含组元处理剂;8-浸胶槽;9-张力装置。

1.3 实验

1.3.1 碳布

取不含组元、含组元未穿刺的碳布和相同工艺条件下不含组元、含微米级组元、含纳米级组元穿刺后的碳布,参照 GB/T 7689.5—2001 的方法,在万能实验机上进行拉伸断裂强力的测试,每种碳布样本的数量为10个。通过调整工艺参数,使穿刺前碳布含微米级和纳米级组元的含量相同。

1.3.2 碳纤维

按照 GJB1982—94 在万能实验机上进行碳纤维钩接强力的测试,每种碳纤维样本的数量为8个。通过引入工艺参数的调整,使含微米级和纳米级组元碳纤维的组元含量相同。

1.4 仪器设备

用 CSS-4020 型 20KN 的电子万能实验机,对碳布和碳纤维进行碳布拉伸断裂强力和碳纤维的钩接强力测试。采用 JSM-5900 型扫描电镜观察碳布、纤维的微观形貌。

2 结果与讨论

2.1 碳布拉伸断裂强力

五种碳布的拉伸断裂强力值见表1。由表1可看出,碳布穿刺后,强力值降低,说明穿刺对碳布有一定的损伤;引入组元过程中碳布没有损伤,含组元碳布穿刺后的拉伸断裂强力进一步降低,说明含组元的碳布穿刺过程中对碳布损伤加剧;而含微米级碳布穿刺后的拉伸断裂强力值比纳米级组元的小;说明粒径越大的组元引入碳布后的穿刺损伤越大。

表1 碳布试样拉伸断裂强力

Tab.1 Tensile breaking force of carbon fabrics

试样	穿刺状态	含组元情况	拉伸断裂强力	
			绝对偏差 /N·25mm ⁻¹	/N
1 [#]	未穿刺	不含组元	1496	57.8
2 [#]	未穿刺	含纳米级组元	1523	120.6
3 [#]	已穿刺	不含组元	1110	186.3
4 [#]	已穿刺	含纳米级组元	888.8	102.6
5 [#]	已穿刺	含微米级组元	149.1	52.7

2.2 碳纤维钩接强力

三种碳纤维的钩接强力值见表2。由表2可见,引入组元后,碳纤维的钩接强力降低,说明引入组元过程增加了碳纤维的损伤;含微米级比含纳米级组元碳纤维的钩接强力小,前者的工艺性能比后者差,说明粒径越大的组元对碳纤维的损伤也越大。

表2 碳纤维试样钩接强力

Tab.2 Hook joint strength of carbon fibers

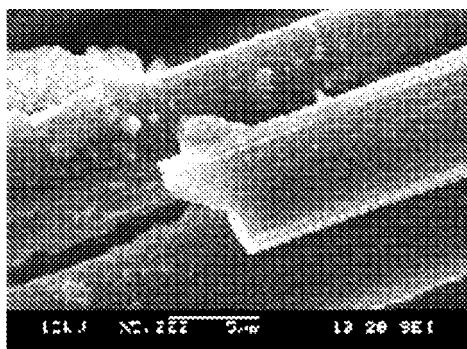
试样	含组元情况	钩接强力值/N	绝对偏差/N
1 [#]	不含组元	70.7	6.4
2 [#]	含纳米级组元	51.5	11
3 [#]	含微米级组元	9.8	5.6

2.3 微观形貌与分析

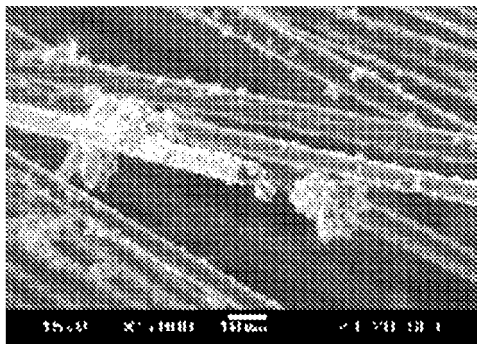
碳布及碳纤维的微观形貌见图3。由图3(a)、(b)可见穿刺后碳布纤维的单丝表面有表面形态不规则的组元分布,纳米级和微米级组元都存在团聚的现象,纳米级组元的分布更细密更均匀。碳布穿刺后断

裂的纤维单丝截面处有组元分布,引入纳米级组元碳布纤维单丝断裂截面的颗粒细小,引入微米级组元碳布纤维单丝断裂截面的颗粒较大。由于碳布在穿刺过程中,纤维受到钢针的挤占,产生了弯曲、变形、断裂,造成了纤维的损伤^[6]。引入组元之后,纤维在被钢针挤占过程中颗粒的磨损增大了单丝的断裂程度,虽然纳米级的组元颗粒占用的空间很小,穿刺过程中颗粒磨损单丝也增加了单丝断裂的程度,增大了碳布穿刺的损伤,其穿刺后拉伸断裂强力略小于不含组元碳布的;粒径更大的微米级组元颗粒占用的空间较大,在穿刺过程纤维弯曲变形时,更容易磨断纤维单丝,单丝磨损的越多碳布的穿刺损伤就越大,所以含微米级组元的碳布穿刺后的拉伸断裂强力最低。

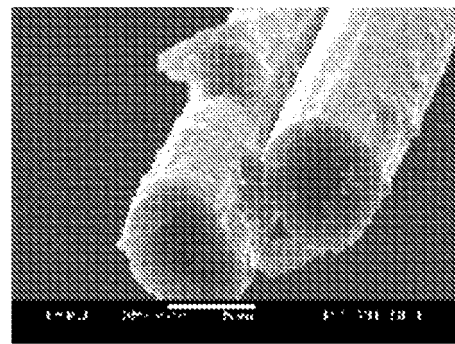
从图3(c)、(d)可以看到,断裂的单丝截面都有不规则形态的组元分布,纳米级组元分布的颗粒小于微米级组元的。碳纤维中引入组元后,在纤维承受钩接强力时纤维束受力弯曲,纤维单丝表面分布的不规则形态颗粒的组元对单丝产生了研磨作用,部分单丝先行断裂,剩余完好的单丝承载强力,组元磨断单丝的现象降低了碳纤维的钩接强力,增加了碳纤维的损伤,所以含组元碳纤维的钩接强力小于不含组元碳纤维的。由于微米级组元比纳米级组元的粒径更大,对纤维单丝磨损的程度大于粒径更小、更细密的纳米级组元,所以其钩接强力小于含纳米级组元碳纤维的。



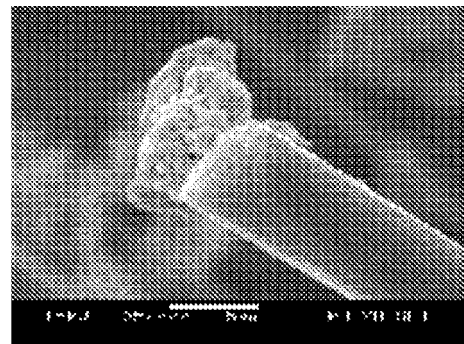
(a) 含纳米级组元碳布



(b) 含微米级组元碳布



(c) 含纳米级组元碳纤维



(d) 含微米级组元碳纤维

图3 碳布、纤维损伤形貌

Fig. 3 Damage morphologies of carbon fibers and fabrics

3 结论

在细编穿刺工艺过程中,碳布、纤维有一定的损伤,引入组元后碳布、纤维有进一步的损伤;利用扫描电镜分析组元在碳布、纤维上的分散形貌,说明纳米级组元比微米级组元分散的更均匀,有利于织物内部以及C/C复合材料内部组元分布均匀;通过碳布、纤维性能测试及其纤维的微观形态分析,说明了纳米级组元对细编穿刺工艺中碳布、纤维的损伤量小于微米级组元的。展示了纳米级组元作为含组元织物成型过程中引入组元的良好前景。

参考文献

- 1 李贺军. C/C 复合材料. 新型炭材料, 2001; 16(2): 79 ~ 80
- 2 Taverna A R. Erosion resistant nosetip construction. US Patent 4515847, 1985
- 3 朱建勋. 细编穿刺织物结构特点及性能. 宇航材料工艺, 1998; 28(1): 41 ~ 43
- 4 崔红. 添加难溶金属碳化物提高 C/C 复合材料抗烧蚀性能的研究. 西北工业大学学报, 2000; 18(4): 669 ~ 673
- 5 王俊山. 难溶金属及其化合物与 C/C 复合材料相互作用研究. 宇航材料工艺, 2006; 36(2): 50 ~ 55, 45 ~ 50
- 6 朱建勋. 正交叠层机织布整体穿刺工艺的纤维弯曲伸长机理. 中国工程科学, 2003; 5(5): 59 ~ 62

(编辑 吴坚)