

T300 和国产碳纤维本体的力学性能对比及其分析

郭 慧, 黄玉东, 刘 丽, 王 磊

(哈尔滨工业大学化工学院, 哈尔滨 150001)

摘 要: 由于 T300 与国产碳纤维的性能有很大差异, 其中包括纤维本体的差异和涂层的差异。主要研究了两种纤维本体强度的差异。通过对两种纤维本体单丝拉伸强度的测试和 Weibull 统计方法分析可知, 国产碳纤维要比 T300 的单丝拉伸强度大, 稳定性较好。X 射线衍射(XRD)分析表明 T300 纤维微晶尺寸较小并且石墨化程度比国产碳纤维差。元素分析显示, T300 中 N 元素含量超过国产碳纤维。结果表明, 微晶尺寸和纤维中 N 元素含量是影响碳纤维强度的重要因素。

关键词: 碳纤维; 拉伸强度; Weibull 统计方法; X 射线衍射; X 射线光电子能谱

中图分类号: TB301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1328(2009)05-2068-05

DOI: 10.3873/j.issn.1000-1328.2009.05.054

0 引言

碳纤维是最常用也是最重要的增强体, 它具有低密度、高比强度、高比模量、耐高温、抗蠕变、耐化学腐蚀、低电阻、高热导和低膨胀系数等特性, 利用碳纤维作为增强体的复合材料已广泛用于航空、航天、国防军工、建筑、机械、电子、文体、医疗和生物工程等众多领域^[1]。国外的碳纤维, 尤其是日本东丽公司生产的 T-300、T-700 等是一系列高性能的纤维, 成为世界公认标准宇航级的碳纤维^[2-3]。我国的碳纤维制备技术与国外纤维的水平有一定的差异, 我国军用武器和航天材料使用的碳纤维大多依赖进口。

本文主要讨论国产碳纤维和国外碳纤维的差别, 但是由于碳纤维出厂时都会在表面涂上一层涂层, 那么不同碳纤维之间的差别有可能是由于表面涂层引起的, 也有可能是由于纤维本体的差异引起的, 本文讨论纤维本体性能的差异并通过其他测试手段来分析其原因。

1 实验

1.1 实验原料

国产碳纤维; T300 碳纤维, 丙酮等。

1.2 性能测试

(1) 碳纤维表面涂层的去除: 采用丙酮对国产

碳纤维和 T300 分别进行抽提 48 h, 以去除碳纤维表面涂层。

(2) 单丝拉伸强度测试: 单丝拉伸强度的测试按 ASTM-D3379 标准《高模量单丝材料拉伸强度和杨氏模量测试方法》进行, 同时可以测得碳纤维的断裂延伸率。随机地在碳纤维束上截取一段, 然后抽出单丝, 施加一定的张力, 使单丝横向拉直紧绷在纸框上, 单丝两端用胶粘剂粘好, 干燥后把纸框垂直固定于电子万能试验机的上下卡具中, 调试好仪器, 剪断纸框, 以 10 mm/min 的速度施加载荷, 试验机自动记录载荷峰值。单丝拉伸强度示意图如图 1 所示, 纸框中间方孔的长度称为标距, 用来确定单丝的测定长度, 这里选择的标距是 2 cm。

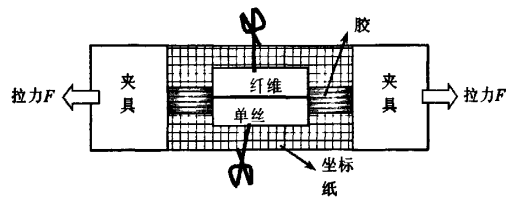


图 1 碳纤维单丝拉伸样品示意图

Fig. 1 Sketch of carbon fiber sample for testing filament strength

单丝拉伸强度按公式(1)计算:

$$\sigma_t = \frac{4F_b}{\pi d^2} \quad (1)$$

式中 σ_t ——单丝拉伸强度 (GPa);

F_b ——破坏载荷 (N);

d ——单丝直径 (m)。

碳纤维单丝直径可以通过扫描电子显微镜测量得到。

由于生产工艺、环境等因素的影响,碳纤维的表面和内部存在各种缺陷,其强度呈现分散性也是不可避免的。Coleman 基于最弱连接理论认为单根纤维的强度应服从 Weibull 分布,这一结论已得到实验证实,且已在工程实际中得到广泛应用。因此可假设碳纤维单丝也遵循最弱连接理论,其拉伸强度符合 Weibull 分布强度^[4],纤维强度服从二参数的 Weibull 分布:

$$F(\sigma_f) = 1 - \exp[-L(\sigma_f/\sigma_0)^\beta] \quad (2)$$

式中 $F(\sigma_f)$ ——应力 $\leq \sigma_f$ 下断裂的概率;

L ——关于某一参考长度的长度比;

σ_0 ——单位纤维长度比 (即 $L = 1$) 的尺度参数;

β ——形状参数,又被称作 Weibull 模数。

σ_0 和 β 均为材料的常数, β 的值越高,含缺陷越小,强度分散性越小,性能越好。

生存概率 P 与断裂破坏概率 $F(\sigma_f)$ 的关系则可用公式 (3) 来表达:

$$P = 1 - F(\sigma_f) = \exp[-L(\sigma_f/\sigma_0)^\beta] \quad (3)$$

生存概率的估计采用期望估计方法。对式 (3) 两边取自然对数,写成

$$\ln \ln [1/(1 - F(\sigma_f))] = \beta \ln \sigma_f + \ln L - \ln \sigma_0^\beta \quad (4)$$

破坏概率 $F(\sigma_f)$ 可由以下方法计算:

$$F(\sigma_f) = n/(N + 1) \quad (5)$$

式中 N ——所测单纤维的总根数;

n ——在拉伸应力 σ_n 下断裂的根数。

将测试的单丝断裂强度数据按照由小到大的顺序排列成一个递增序列: $\sigma_1 < \sigma_2 < \dots \leq \sigma_i \leq \dots \leq \sigma_n$, σ_i 为某阶段断裂应力, $i = 1, 2, \dots, n$ 。通过 $\ln \ln [1/(1 - F(\sigma_f))]$ 对 $\ln \sigma_f$ 作图,根据所得直线的斜率和截距可求出 β 和 σ_0 。

(3) XPS 测试:采用 K-Alpha 型 X 光电子能谱仪,以 Al K α 作为激发源,X 射线源电压 12000V,电流 2.5mA。

(4) XRD 测试:采用日本理学电机株式会社

D/max- γ B 12kW 旋转阳极 X 射线衍射仪对处理前后的芳纶纤维进行测试。该仪器用 Cu 靶做阳极,石墨单色器,测试电压为 40kV、电流为 40mA,CuK α 波长为 0.15418nm,三个测试狭缝分别为 DS 为 1 $^\circ$ 、SS 为 1 $^\circ$ 和 RS 为 0.15mm,记数测量采用连续扫描的方式。

2 结果与讨论

2.1 纤维本体结构的确定

目前市场上得到的均为碳纤维原丝,为了研究碳纤维本体结构,必须把碳纤维表面涂层去掉。图 2(a)、(b)分别是 T300 和国产碳纤维去涂层前后的 XPS 中碳元素的窄扫描谱图。

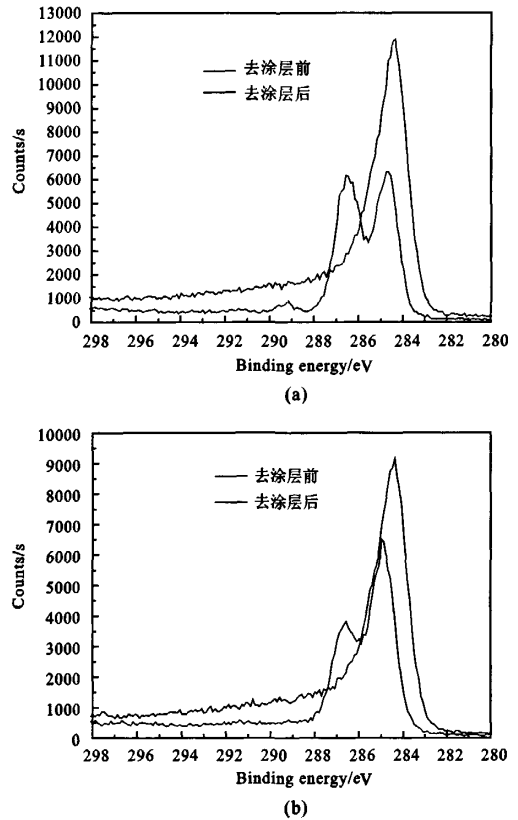


图 2 T300 和国产碳纤维去涂层前后表面 XPS 谱图
Fig.2 XPS spectra of T300 and Chinese carbon fibers before and after removing coats

由于碳纤维表面涂层多为环氧等含有 C-O 结构的涂层。从图 2 中,可以看出,T300 和国产碳纤维在去涂层之前表面基团为 C-C,C-O,去涂层之后 C 元素基本以 C-C 的形式存在,说明涂层已经基本

去除干净,剩余的为碳纤维本体,本文就对 T300 和国产碳纤维本体强度和结构进行对比。

2.2 T300 和国产碳纤维单丝强度分析

分别选取 T300 和国产碳纤维一段,测其单丝拉伸强度,它们的单丝强度 Weibull 分布图 3 如下所示,(a)、(b)分别为 T300 和国产碳纤维:

表 1 T300 和国产碳纤维力学性能对比及其 Weibull 参数
Table 1 Weibull parameters for tensile strength of T300 and Chinese carbon fibers

样品	平均拉伸强度 (GPa)	β	σ_0	断裂延伸率 (%)
T300	3.76	3.54309	4.18608	1.55
国产碳纤维	3.88	4.71159	6.41782	1.60

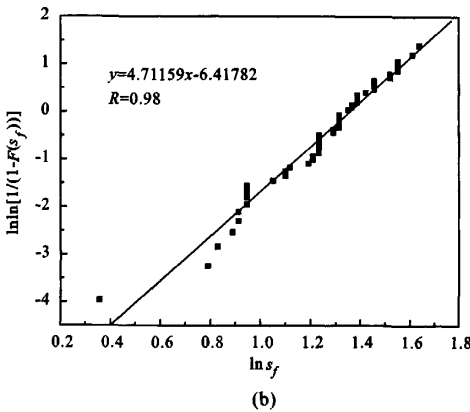
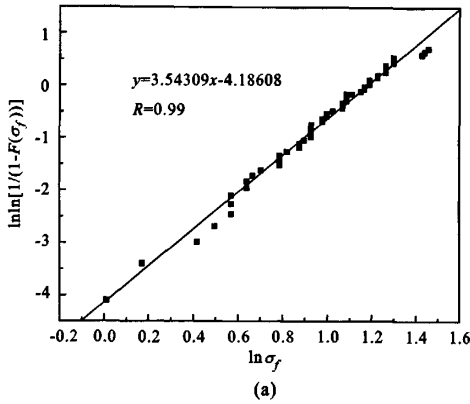


图 3 T300 和国产碳纤维单丝强度的 Weibull 分布图

Fig.3 Weibull plots of T300 and Chinese carbon fibers strength

Weibull 模数 β 反映了纤维强度离散性, β 值越大说明抗拉强度值的分散性就越小,稳定性和可靠性高。从表 1 中可以看出,国产碳纤维比 T300 本体

拉伸强度大, β 较大,说明国产碳纤维的分散性小,稳定性好。

2.3 碳纤维 XRD 分析

2.3.1 微观结构参数的计算

石墨微晶的层间距 d_{002} 和晶粒尺寸 L_c 分别由以下公式计算^[5]:

$$d_{002} = \frac{\lambda}{2\sin\theta} \tag{6}$$

$$L_c = \frac{K\lambda}{\beta\cos\theta} \tag{7}$$

其中 θ 为衍射角, λ 为 X 射线波长($\lambda = 0.15405\text{nm}$), K 为形状因子,计算 L_c 时取 $0.9^{[6]}$, β 为样品衍射峰的半高宽,用弧度表示。

2.3.2 T300 与国产碳纤维的比较

将纤维平铺在样品台上,测得 XRD 结果如图 4 所示。相应的结构参数如表 2 所示。

表 2 T300 与国产碳纤维的 XRD 结构参数

Table 2 Structural parameters of T300 and Chinese carbon fibers determined by XRD

样品	$2\theta(002)$	d_{002}/nm	L_c/nm	平均堆砌层数
T300	25.460	0.34955	1.14	3.28
国产碳纤维	25.620	0.34740	1.27	3.63

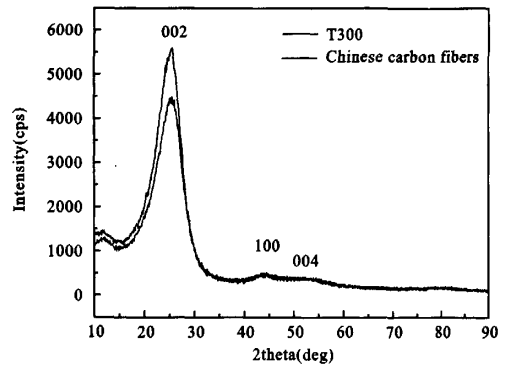


图 4 T300 和国产碳纤维的 XRD 谱图

Fig.4 XRD patterns of T300 and Chinese carbon fibers

T300 和国产碳纤维都在 $2\theta = 25^\circ$ 处出现一明显的衍射峰,这是对应石墨结构中(002)晶面。T300 中(002)峰较国产碳纤维的峰宽。衍射峰的宽化是由于晶粒尺寸较小或者微晶结构发育不完全造成的^[7]。说明与国产碳纤维相比,T300 本体中晶粒尺寸较小,且纤维中的石墨微晶堆砌层数较少,说明

与 T300 相比,国产碳纤维具有较高的石墨化程度和较大的微晶尺寸。

另外,在 $2\theta = 45^\circ$ 和 $2\theta = 55^\circ$ 处又出现了两个较弱的峰,这分别对应石墨结构中(100)和(004)晶面,表征了石墨微晶在 C 轴上的发育程度^[8],可以看出 T300 和国产碳纤维本体中石墨微晶在 C 轴上发育程度相当。

从 XRD 分析中可知,碳纤维中石墨晶体尤其是微晶尺寸和石墨化程度对于碳纤维的性能有着重要的影响。

2.4 XPS 分析

把得到的 T300 和国产碳纤维本体进行 XPS 分析,其对应的 XPS 谱图如图 5(a)、(b)所示:

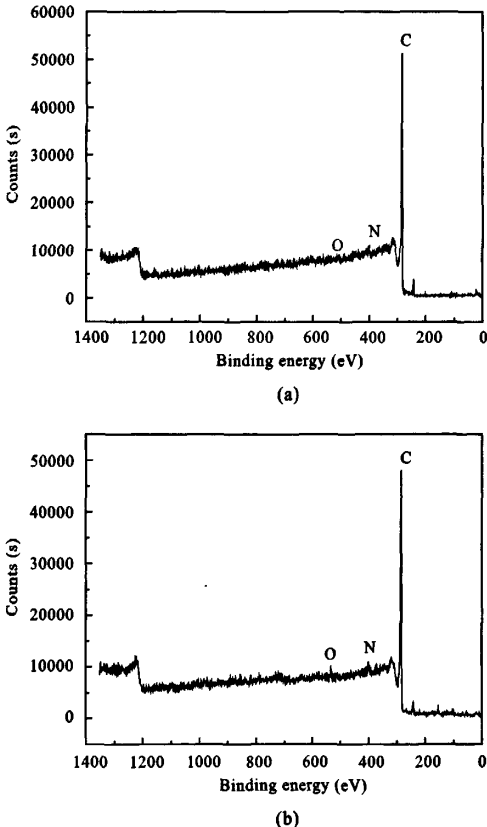


图5 T300 和国产碳纤维纤维 XPS 全谱
Fig.5 XPS Survey spectrum for unsized T300 and Chinese carbon fibers

从图 5 中(a)和(b)可以看出,相对于国产碳纤维来说,T300 的 XPS 谱图中的 O、N 的峰很微弱,说明其含有的 O、N 元素要比国产碳纤维中的少,具体

的 C、O、N 元素的含量如表 3 所示:

表 3 T300 和国产碳纤维本体结构中元素含量
Table 3 XPS surface element composition analysis of T300 and Chinese carbon fibers

纤维名称	C 元素含量	O 元素含量	N 元素含量
T300	97.22	0.75	2.04
国产碳纤维	95.06	1.73	3.21

从表中可以看出,T300 纤维本体中 O、N 元素含量确实小于国产碳纤维,与图 5 相对应。由于非碳元素的含量大小更能决定纤维的强度。E Fitzer^[9] 研究发现,生产过程中,在高温下 N 元素的挥发对拉伸强度有着显著的影响。上表中 T300 本体中 N 元素含量为 2.04% 比国产碳纤维中的 N 元素含量要小,所以相应的 T300 的拉伸强度要小于国产碳纤维的拉伸强度。

3 结论

- (1) 经 XPS 分析得知,经过原丝去涂层已经得到了纤维本体;
- (2) 经单丝强度测试结果得知,T300 本体强度比国产碳纤维差,其 Weibull 分布模数 β 较小,其本体强度分散性较大;
- (3) 由 XRD 得知,T300 的 002 晶面的微晶尺寸比国产碳纤维小,石墨化程度比国产碳纤维差,这也是影响碳纤维性能的因素之一;
- (4) 非碳元素,尤其是 N 元素的含量对拉伸强度的影响很大,经 XPS 测试可知,T300 比国产碳纤维中的 N 元素含量少,这也导致其拉伸强度小于国产碳纤维。

参考文献:

- [1] Davies L W, Day R J, Bond D, et al. Effect of cure cycle heat transfer rate on the physical and mechanical properties of an epoxy matrix composite[J]. Composite Science and Technology, 2007, 67(9): 1892 - 1899.
- [2] 黎小平, 张小平, 王红伟. 碳纤维的发展及其应用现状[J]. 高科技纤维与应用, 2005, 30(5): 24 - 30, 40. [LI Xiao-ping, ZHANG Xiao-ping, WANG Hong-wei. Progress in development and application of carbon fiber[J]. Hi-tech Fiber & Application, 2005, 30(5): 24 - 30, 40 (in Chinese).]
- [3] 赵稼祥. 东丽公司碳纤维及其复合材料的进展[J]. 宇航材料工艺, 2000, 6: 53 - 56. ZHAO Jia-xiang. The progress in carbon fibers and composite materials in Toray, Japan [J]. Aerospace Materials & Technology, 2000, 6: 53 - 56 (in Chinese).
- [4] Zhang Y P, Wang X G, Pan N, et al. Weibull analysis of the ten-

- sile behavior of fibers with geometrical irregularities[J]. *Journal of Materials Science*, 2002, 37(7): 1401-1406.
- [5] 韩曙鹏, 徐探华, 曹维宇, 等. 成纤过程中 PAN 纤维聚集态结构的形成[J]. *新型炭材料*, 2006, 21(1): 54-58. [HAN Shu-peng, XU Liang-hua, CAO Wei-yu, et al. Aggregate states of PAN in the process of fiber formation[J]. *New Carbon Materials*, 2006, 21(1): 54-58 (in Chinese).]
- [6] Ogale A A, Lin C, Anderson D P, et al. Orientation and dimensional changes in mesophase pitch-based carbon fibers[J]. *Carbon*, 2002, 40(8): 1309-1319.
- [7] 马若涛, 葛空香. 浙青基碳纤维中晶粒大小和晶格畸变的研究[J]. *航空工艺技术*, 1990(2): 18-19. [MA Ruo-tao, GE Kong-xiang. Study of grain size and lattice distortion of pitch-based carbon fiber[J]. *Aeronautical Manufacturing Technology*, 1990(2): 18-19 (in Chinese).]
- [8] Dobia's'ova' L, Stary' V, Glogar P, et al. Analysis of carbon fibers and carbon composites by asymmetric X-ray diffraction technique[J]. *Carbon*, 1999, 37(3): 421-425.
- [9] Fitzer E. Pan-based carbon fibers—present state and trend of the technology from the viewpoint of possibilities and limits to influence and to control the fiber properties by the process parameters[J]. *Carbon*, 1989, 27(5): 621-645.

作者简介: 郭慧(1982-), 女, 博士生, 研究方向为碳纤维性能及复合材料的研究。

通信地址: 哈尔滨工业大学一校区 410*(150001)

电话: (0451)86413711

E-mail: polymerlive@yahoo.com.cn

Comparison of Mechanical Property of Unsized T300 and Chinese Carbon Fibers

GUO Hui, HUANG Yu-dong, LIU Li, WANG Lei

(School of Chemical Engineering and technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: In the paper, the differences of unsized T300 and Chinese carbon fibers were studied. The monofilament tensile strengths of the two types of carbon fibers were tested and analyzed by Weibull statistical method. The result showed that the tensile strength of Chinese carbon fibers was higher than that of T300 and the stability of Chinese carbon fibers was better. X-ray diffraction (XRD) patterns showed that the size of minicrystal of T300 was smaller. The degree of graphitization was lower than Chinese carbon fibers. It was also found that the content of N element was less than Chinese carbon fibers in the result of X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). So it can be concluded that the size of minicrystal and content of N element can influence the tensile strength of carbon fiber directly.

Key words: Carbon fiber; Tensile strength; Weibull statistical method; X-ray diffraction; X-ray photoelectron spectroscopy

(上接第 2048 页)

Study of Intermittent Sampling Repeater Jamming to SAR

WU Xiao-fang, WANG Xue-song, LU Huan-zhang

(School of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: As a clever jamming mode, the intermittent sampling repeater jamming can produce multi fronted and lagged false targets, which forms the jamming effect of lifelike coherent false target series. Based on the mathematical principles of intermittent sampling repeater jamming, the output of SAR intermittent sampling repeater jamming is derived in details. Afterward, the influence of the sampling interval, duty ratio and repeater mode on the jamming performance is analyzed. The analyses are verified by simulation experiments. The research is very important for producing multi false targets in range direction to SAR.

Key words: SAR; Intermittent sampling; Repeater jamming; Sampling interval; Duty ratio; Repeater mode

T300和国产碳纤维本体的力学性能对比及其分析

作者: 郭慧, 黄玉东, 刘丽, 王磊
 作者单位: 哈尔滨工业大学化工学院, 哈尔滨, 150001
 刊名: 宇航学报 **ISTIC PKU**
 英文刊名: JOURNAL OF ASTRONAUTICS
 年, 卷(期): 2009, 30(5)
 引用次数: 0次

参考文献(9条)

1. Davies L W, Day R J, Bond D, et al. Effect of cure cycle heat transfer rate on the physical and mechanical properties of an epoxy matrix composite[J]. Composite Science and Technology, 2007, 67 (9): 1892-1899.
2. 黎小平, 张小平, 王红伟. 碳纤维的发展及其应用现状[J]. 高科技纤维与应用, 2005, 30(5): 24-30, 40. [LI Xiao-ping, ZHANG Xiao-ping, WANG Hong-wei. Progress in development and application of carbon fiber[J]. Hi-tech Fiber & Application, 2005, 30 (5): 24-30, 40 (in Chinese).]
3. 赵稼祥. 东丽公司碳纤维及其复合材料的进展[J]. 宇航材料工艺, 2000, 6: 53-56. ZHAO lia-xiang. The progress in carbon fibers and composite materials in Toray, Japan[J]. Aerospace Materials & Technology, 2000, 6: 53-56 (in Chinese).
4. Zhang Y P, Wang X G, Pan N, et al. Weibull analysis of the ten-sile behavior of fibers with geometrical irregularities[J]. Journal of Materials Science, 2002, 37(7): 1401-1406.
5. 韩曙鹏, 徐樾华, 曹维宇, 等. 成纤过程中PAN纤维聚集态结构的形成[J]. 新型炭材料, 2006, 21(1): 54-58. [HAN Shu-peng, XU Liang-hua, CAO Wei-yu, et al. Aggregate states of PAN in the process of fiber formation[J]. New Carbon Materials, 2006, 21 (1): 54-58 (in Chinese).]
6. Ogale A A, Lin C, Anderson D P, et al. Orientation and dimensional changes in mesophase pitch-based carbon fibers[J]. Carbon, 2002, 40(8): 1309-1319.
7. 马若涛, 葛空香. 沥青基碳纤维中晶粒大小和晶格畸变的研究[J]. 航空工艺技术, 1990(2): 18-19. [MA Ruo-tao, GE Kong-xiang. Study of grain size and lattice distortion of pitch-based carbon fiber[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 1990 (2): 18-19 (in Chinese).]
8. Dobiasova L, Stary V, Glogar P, et al. Analysis of carbon fibers and carbon composites by asymmetric X-ray diffraction technique[J]. Carbon, 1999, 37(3): 421-425.
9. Fitzer E. Pan-based carbon fibers-present state and trend of the technology from the viewpoint of possibilities and limits to influence and to control the fiber properties by the process parameters[J]. Carbon, 1989, 27(5): 621-645.

相似文献(10条)

1. 会议论文 于运花, 王镇平 碳纤维复丝拉伸强度的影响因素 1997

该文详细介绍了复丝浸胶法测定碳纤维拉伸强度的影响因素, 指出浸胶用树脂的组成、树脂的固化条件、固化时施加的张力、试样中树脂的含量, 以及试样长度等都在不同程度上影响碳纤维浸胶复丝的拉伸强度。并在此基础上, 详细分析了目前中国碳纤维测试状况及国标GB 3362-82中现存的有待完善的几点问题。

2. 学位论文 范群 电聚合处理碳纤维单丝带对树脂基复合材料界面性能的影响 2007

分别以苯酚、间苯二胺和丙烯酸为电解液, 采用循环伏安法对PAN基碳纤维进行表面电聚合处理, 用作复合材料的增强材料。实验研究了电聚合处理前后碳纤维结构、性能、形貌的变化以及碳纤维单丝带、电解液种类、电聚合时间对环氧树脂基、酚醛树脂基复合材料界面性能的影响, 确定了不同树脂体系中对于提高复合材料界面性能的最佳电解液种类。分析了碳纤维在苯酚、间苯二胺、丙烯酸三种电解液中的循环伏安曲线, 研究了碳纤维的循环伏安特性; 通过扫描电子显微镜(SEM)对碳纤维表面形貌的变化进行了观察; 采用动态毛吸法测定了碳纤维与水、二碘甲烷的接触角, 分析了电聚合处理前后碳纤维润湿性能的变化, 并根据接触角计算求得碳纤维表面极性分量与非极性分量, 研究了电聚合处理对碳纤维表面极性的影响; 通过傅

立叶变换红外光谱 (FT-IR) 对碳纤维表面新生官能团进行了定性分析; 通过X射线衍射 (XRD) 对处理前后碳纤维的本体结构以及层面间距的变化进行了分析; 通过复丝拉伸实验研究了电聚合处理对碳纤维拉伸强度的影响。结果表明, 碳纤维表面有新的电聚合产物生成, 表面极性提高, 电聚合处理并没有改变碳纤维的本体结构只是层面间距有所降低, 同时, 电聚合处理还提高了碳纤维的复丝拉伸强度。

利用自制空气梳对增强碳纤维进行开纤处理, 制备了碳纤维单丝带, 实验研究了碳纤维单丝带对复合材料界面性能的影响。结果表明, 碳纤维单丝带提高了复合材料的横向拉伸强度和层间剪切强度, 提高幅度分别为100%和8%以上, 但复合材料的纵向拉伸强度有所降低; 与碳纤维束增强的复合材料相比, 碳纤维单丝带增强的复合材料的横向拉伸强度数据的分散程度大大降低, 这是碳纤维单丝带增强复合材料的一个突出优点。

以电聚合处理碳纤维单丝带作为增强材料, 研究了电解液种类和电聚合时间对环氧树脂基、酚醛树脂基复合材料界面性能的影响。结果表明, 苯酚、间苯二胺、丙烯酸三种电解液电聚合处理碳纤维环氧基复合材料的横向拉伸强度比未处理碳纤维复合材料的横向拉伸强度分别提高了43%、34%和52%, 纵向拉伸强度分别提高了52%、64%和50%, 层间剪切强度分别提高了120%、109%和135%; 电聚合处理碳纤维酚醛基复合材料的横向拉伸强度比未处理碳纤维复合材料的横向拉伸强度分别提高了147%、121%和109%, 层间剪切强度分别提高了37%、20%和23%。丙烯酸电解液对于提高环氧树脂基复合材料的界面性能效果显著。

采用电聚合的方法对增强纤维进行表面处理, 这种方法一方面提高了碳纤维的拉伸强度, 另一方面提高了碳纤维表面极性, 改善了碳纤维的润湿性能, 增加了碳纤维与树脂基体间的化学键合作用, 实现了对碳纤维强化和表面改性的双重效果, 从而改善了碳纤维与树脂基体间的界面性能, 提高了复合材料的横向拉伸强度、纵向拉伸强度和层间剪切强度等力学性能。

3. 会议论文 [王成福, 应美芳, 岳多峰](#) 碳纤维百分比对铅基复合材料拉伸强度的影响

该文讨论了碳纤维百分比变化对铅基复合材料的最大拉伸强度的影响, 作者将实验值与铅基复合材料的理论强度值, 即ROM值进行了比较, 得出了碳纤维百分比与铅基复合材料最大抗拉强度之间的关系。结合铅基复合材料拉伸断面表面形貌的分析, 作者解释了铅基复合材料的实验强度与理论强度之间产生偏差的主要原因。(本刊录)

4. 期刊论文 [孙金峰, 王文胜, 王忠, 郭世强](#) 测定较大K数碳纤维拉伸强度样品的制备 - 高科技纤维与应用 2002, 27 (2)

本文简要介绍了较大K数碳纤维拉伸强度样品的制备工艺, 并对采用各国树脂配方制样进行了比较探讨, 总结出了适合国内测定较大K数碳纤维拉伸强度样品的制备方法。

5. 会议论文 [华中, 仲亚娟, 李东风](#) PAN基碳纤维微孔结构表征及对拉伸强度的影响 2006

对不同石墨化温度的PAN基碳纤维(PAN-CFs)进行小角X射线散射(SAXS)测试。根据各样品的SAXS强度数据, 采用Fankuchen逐次切线法和散射强度法分别计算纤维内微孔大小及微孔表面的分形维数。结果给出微孔缺陷大小(用2a、2c表征)、单位体积内大微孔占总微孔的比例及微孔表面分形维数D均随石墨化温度的升高而增大。由于大微孔占总微孔的比例及微孔表面分形维数的增大, 拉伸时, 更容易形成导致纤维破坏的断裂源。所以PAN-CFs拉伸强度随大微孔所占百分比及微孔表面的分形维数增加而降低。

6. 学位论文 [吕金艳](#) 质子交换膜燃料电池用碳纤维纸的性能优化 2006

本文以酚醛树脂为粘合剂, 中间相沥青粒子为添加剂, 通过浸渍、模压、碳化、石墨化工艺将一种廉价的国产碳纤维原纸制成气体扩散层使用的碳纤维纸, 表征了所得碳纤维纸的厚度、密度、孔隙率、透气性、电阻率和拉伸强度等主要性能, 分析了产品的表面形态和晶体结构, 探讨了中间相沥青提高碳纤维纸导电性和拉伸强度的作用机理。将所得碳纤维纸进行了憎水处理, 表征了其憎水性能。研究结果表明, 模压工艺、碳化方法及热处理温度直接影响产品的结构和性能。中间相沥青粒子在提高导电性和拉伸强度的同时, 较好地保持了碳纤维纸的孔隙率和透气性。所得最佳模压工艺条件为: 温度130~150℃, 压力3.5~4.5MPa, 时间20~30min。碳化时, 于300℃恒温20min有利于提高碳纤维纸的拉伸强度。当中间相沥青粒子的添加量达到15~20%时, 所得碳纤维纸的性能为: 厚度0.21~0.23mm; 密度~0.50g/cm³; 孔隙率~70%; 透气性~30mmH₂O(气流速率为600mL/min-1); 电阻率0.0030~0.0040Ω·cm; 拉伸强度~25MPa, 基本满足气体扩散层用碳纤维纸的需求。

7. 会议论文 [罗苓隆, 赵敏, 胥春先, 周复兴](#) 碳纤维织物拉伸强度测试方法研究 2004

本文通过对5种不同规格的碳纤维布, 分别采用4种不同的试样尺寸测试其拉伸断裂的应力及应变。分析了制样方法、试样尺寸、增强片尺寸对碳纤维织物拉伸断裂测试的影响。

8. 期刊论文 [马晓军, 赵广杰, MA Xiao-jun, ZHAO Guang-jie](#) 木材苯酚液化物碳纤维原丝的力学性能 - 北京林业大学学报 2008, 30 (2)

该文以木材苯酚液化物为原料, 加入六次甲基四胺后熔融纺丝, 将熔纺纤维置于甲醛和盐酸溶液中固化处理后制成碳纤维原丝, 对不同工艺条件下获得的碳纤维原丝的力学性能进行了研究。结果表明, 原丝的拉伸强度随收丝转速和固化处理时间的增加而显著增大; 在盐酸浓度15%、固化升温速率15℃/h时, 拉伸强度和模量达到最大值; 原丝的拉伸模量与其拉伸强度的变化趋势基本一致。在收丝转速72 r/min、固化液盐酸浓度18.5%、固化升温速率10℃/h和固化时间4 h条件下, 制备出拉伸强度、拉伸模量分别为356MPa和31 GPa的木材苯酚液化物碳纤维原丝。

9. 期刊论文 [李建国, 王宝瑞, 李冬梅, 唐桂云, 韩蓉, Li Jian-guo, Wang Bao-rui, Li Dong-mei, Tang Gui-yun, Han Rong](#) MJ系列碳纤维拉伸强度影响因素探讨 - 纤维复合材料 2007, 24 (4)

通过对MJ系列碳纤维纤维结构的分析, 确定纤维缺陷、晶粒大小对拉伸性能的影响。再对测试、试样制作工艺等方面进行讨论, 排除人、机、料、法、环任何一点可能引起的不良结果, 找出MJ系列碳纤维拉伸强度数据偏低的主要影响因素。

10. 期刊论文 [葛世荣, 张德坤, 朱华, 王军祥](#) 碳纤维增强尼龙1010的力学性能及其对摩擦磨损的影响 - 复合材料学报 2004, 21 (2)

用碳纤维填充尼龙1010制备了碳纤维增强尼龙复合材料, 并对碳纤维增强尼龙复合材料的力学性能和摩擦学性能进行了实验研究。力学实验结果表明: 碳纤维增强尼龙复合材料的拉伸强度、表面硬度增大, 碳纤维增强尼龙材料的拉伸强度在20%碳纤维含量时达到最大值; 碳纤维表面处理对尼龙复合材料的拉伸强度有很大影响, 碳纤维表面氧化处理提高了碳纤维增强尼龙复合材料的拉伸强度。摩擦磨损实验表明: 碳纤维增强尼龙复合材料的摩擦系数和磨损率与其拉伸强度和硬度有密切关系。随着拉伸强度和硬度的提高, 尼龙复合材料摩擦系数和磨损率降低; 摩擦系数和磨损率与拉伸强度具有反比关系, 与材料硬度具有二次方程关系, 与碳纤维填充量之间存在负指数变化规律。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_yhxb200905054.aspx

下载时间: 2009年12月27日