

应用报告

应用报告编号: AR284
行业: 碳纤维, 复合材料
作者: Jian Wang^{1,2}, Si Qiu^{1,2}, Carlos A. Fuentes²,
Dongxing Zhang¹, Xungai Wang³,
Aart Willem Van Vuure², David Seveno²
日期: 12/2017
方法: 
关键词: 润湿性, 单纤维接触角, 碳纤维, 纤维增强聚合物



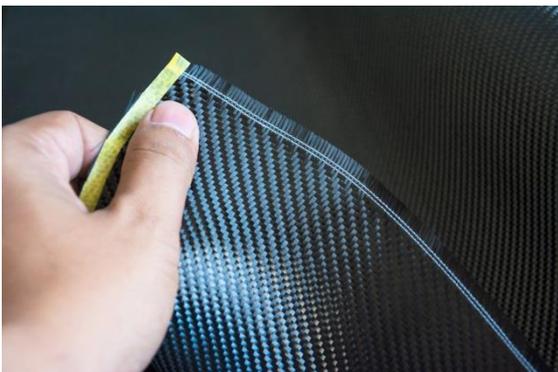
Force Tensiometer – K100SF

本文概述了文献中公布的碳纤维样品的研究方法和结果 (见最后一页的参考文献)。KRÜSS 感谢我们的客座作者分享了他们的见解和结果, 并提供了这份应用报告。

用单纤维接触角测定碳纤维束的润湿性

碳纤维 (CFs) 与聚合物基体之间的物理粘附和界面空隙的形成, 主要取决于纤维的润湿性能。由于碳纤维增强体的层次结构, 有必要研究其在不同尺度上的润湿行为: 从单纤维 (微观尺度) 到织物 (宏观尺度)。然而, 用张力仪直接测量单根纤维的接触角已经建立起了成熟的方法, 但由于纤维束的致密化和吸液现象, 其多孔结构阻碍了对其润湿性的直接测量。因此, 准确描述它们的润湿性仍然是一项极具挑战性的工作。

在本应用报告中, 我们提出了一种基于在单纤维上测量的接触角来测定纤维束润湿性的方法。我们对力学法和光学测定的接触角进行了联合同步分析。用力学法张力仪 K100SF 和光学方法测量了由未经测量尺寸和标记尺寸的, 由碳纤维组成的纤维束的润湿性。用改进的 Cassie-Baxter 模型成功地将碳纤维在中等尺度和微观尺度上的接触角联系起来。



实验部分

材料

本文所研究的碳纤维束由两种无捻聚丙烯腈基碳纤维束组成。这两种材料分别是迪肯大学实验室制造的未经处理和未经处理的纤维束, 以及从 Toray CF S Europe S.A 购买的市售的 FT300-3000-40A (T300) 纤维束 (见图 1)。用蒸馏水作为接触角测量的试验液体。

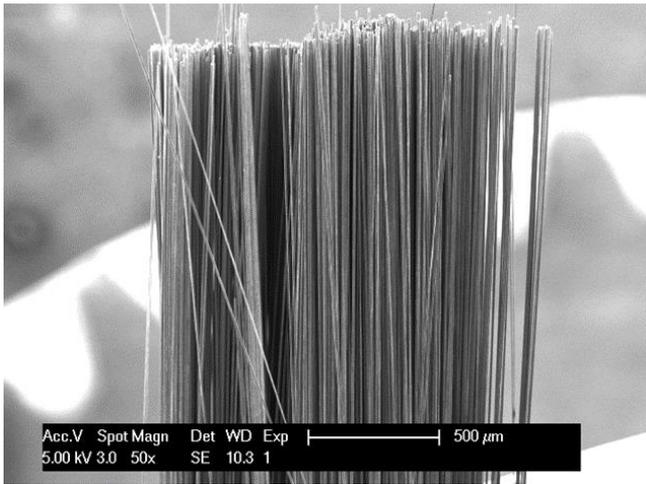


Fig. 1: 扫描电镜图 T300 CF

实验方法

实验人 Qiu 提出,[1] 采用 Wilhelmy 方法, 用静态接触角测定了单根纤维的润湿性。每根纤维以 3.6mm/分的速度反复浸入和拉出液体容器三次, 以测量一系列动态前进和后退接触角。

为了在纤维束上测量静态前进接触角, 将样品缓慢浸入 1 mm 深度于液体中, 并在该位置停留 500 s, 以确保纤维束周围的外部弯月面达到静态平衡。然后将容器向下移动, 直到从液浴中完全抽出。在整个过程中(包括接近、润湿和从液浴中抽出), 每 200ms 用力张力仪-K100SF 连续检测施加在纤维束上的力。同时拍摄高分辨率照片, 监测弹性毛细力对丝束致密化的影响。仪器图如图 2 所示。

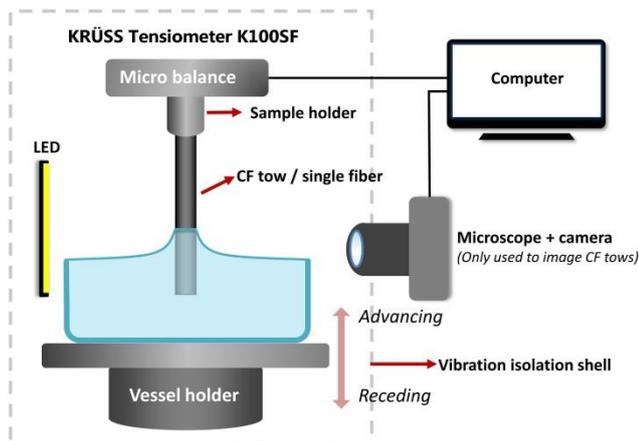


Fig. 2: 实验装置的示意图, 展示了结合张力仪和光学方法来表征纤维束的润湿性。

我们建立了一个修正的 Cassie-Baxter 模型, 该模型通过以下方程将在单纤维上测量的接触角 θ_s 与纤维束的接触角 θ_{CB} 联系起来:

$$\cos \theta_{CB} = \frac{2 \sin \theta_s}{\sqrt{\frac{\pi}{(1-P) \cos 30^\circ}}} (\cos \theta_s - \cos \theta_i) + \cos \theta_i .$$

θ_i 假设为 0° 因为纤维束被水渗透, 使得碳纤维丝之间的空气被水取代, 从而导致形成水/水的“界面”。 P 是润湿纤维束的非固体体积分数, 可根据纤维束样品的质量、密度和光学测量直径(通常呈圆形)计算。假设纤维束没有剩余的空气夹带在其中, P 也可以等于流体滞留量 f_r 的体积分数。这可以通过在随后称重纤维束时毛细管流所吸收的液体重量计算

$$f_r = \frac{V_r}{V_r + V_{fibers}} = \frac{W_r / \rho}{V_r + V_{fibers}}$$

V_r 纤维束中的液体体积, W_r 保留液体的重量, V_{fibers} 纤维束的体积, ρ 液体密度. [2]

结果

图 3 显示了仅使用 K100SF 在单根纤维上测量的前进接触角、使用光学方法在纤维束上测量的前进接触角以及分别基于未标记尺寸和定义尺寸的碳纤维的测量, 单根纤维接触角的比较。结果表明, 该方法成功定量的分析了致密化和含水率对静态前进接触角的影响。

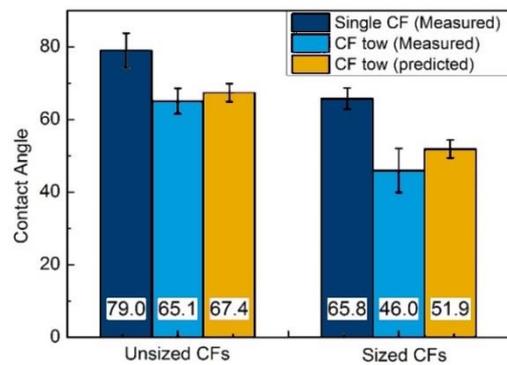


图 3: 未标记尺寸的纤维束, T300 CF 与水的静态推进接触角比较[1][2]。用 K100SF 测量单纤维数据, 用光学方法测量纤维束样品的数据。根据单纤维 K100SF 结果计算了预测的纤维束的数据。

结论

在本应用报告中, 我们描述了一种测量碳纤维束接触角的方法。该方法对由非定义尺寸和定义尺寸的碳纤维组成的单跟纤维样品和纤维束样品, 提供了一致的结果。该方法证实了用 Cassie-Baxter 模型可以将介观和微观尺度上的接触角联系起来。有了这一点, 现在就可以根据在单纤维上测量的接触角来推断碳纤维束的接触角。

为了正确地建立和证明我们的理论模型, 一台力学法张力仪-K100SF 与标准光学装置相结合必不可少。然而, 在本研究的基础上, K100SF 仪器和简单的理论模型已足以描述碳纤维束的润湿性, 从而有助于更好地预测碳纤维束与聚合物基体之间的粘附性。

作者机构

- ¹ School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, PR China
- ² Department of Materials Engineering, KU Leuven, Leuven 3001, Belgium
- ³ Institute for Frontier Materials and ARC Future Fibres Hub, Deakin University, Geelong, Vic 3217, Australia.

参考文献

- [1] S. Qiu, C.A. Fuentes, D. Zhang, A.W. Van Vuure, D. Seveno, Wettability of a single carbon fiber, *Langmuir*. 32 (2016) 9697–9705. doi:10.1021/acs.langmuir.6b02072.
- [2] J. Wang, C.A. Fuentes, D. Zhang, X. Wang, A.W. Van Vuure, D. Seveno, Wettability of carbon fibres at micro- and mesoscales, *Carbon N. Y.* 120 (2017) 438–446. doi:10.1016/j.carbon.2017.05.055.

We also recommend reading our application report *Wettability of carbon fibers using single-fiber contact angle measurements – a feasibility study*, [KRÜSS AR271](#).

You can find many more interesting Application Reports on our website under <https://www.kruss-scientific.com/services/education-theory/literature/application-reports/>