

根据光束漫散射研究玻璃钢 疲劳破坏动力学的仪器

М.Э.Гарф В.А.Супруненко М.Я.Филатов

Р.Ф.Кубяк В.Ф.Шленский

目前, 复合材料得到了越来越广泛的实际应用, 而玻璃钢是复合材料中使用最广泛的代表。它们的破坏动力学和特性与传统均匀材料的破坏动力学和特性大不相同。这是由于下列原因引起的: 复合材料的基体及填充物在物理-力学特性方面有重大的差别, 复合材料的破坏起源于组分之间粘结的破坏和随后产生的大量微裂缝。这时, 由于微观裂缝和分层的数量增加, 而不是由于一个或者几个主裂纹的扩展(只有在最终破坏阶段才能出现主裂纹), 在全部受到应力的体积中产生累积损伤。玻璃钢的破坏动力学的类似特性, 在很大程度上限制了采用已知的估计疲劳累积损伤方法的可能性, 并且要求得到在某个被检查体积内的结构损伤的综合准则。

很多玻璃钢是半透明体。不论是在静力加载下^(1,2), 还是在长时间循环加载下⁽³⁻⁵⁾, 在破坏过程中玻璃钢都能改变自己的光学特性。这就有可能运用光度学的方法来研究累积损伤的动力学。这种光度学方法能对光辐射和被研究介质的相互作用的某些效应给出定量估计。这种方法的实际应用, 使有可能阐明在循环加载过程中玻璃钢性质变化的某些新的规律性⁽⁶⁾。本文探讨了研究上述规律性的方法, 介绍了为此目的而研制的设备。

[37]Larson, D. B., A shock-induced phase transformation in bismuth, *Journal of Applied Physics*, Vol. 38, No. 4, March 15 1967, pp. 1541—1546.

[38]Adadurov, G. A., Aliev, Z. G., Atovmyan, L. O., Bavina, T. V., Borod'ko, Yu. G., Breusov, O. N., Dremin, A. N., Muranovich, A. Kh., and Pershin, S. V., Formation of a wurtzite-like modification of boron nitride in shock compression, *Soviet Physics—Doklady*, Vol. 12, No. 2, Aug. 1967, pp. 173—175.

译自: G. E. Duvall, Shock-induced phase transitions in solids, in *Propagation of Shock Waves in Solids* (The Applied Mechanics Conference, Salt Lake City, Utah, June 14—17, 1975), ed. E. Varley, AMD-Vol.17, pp.97—114.

(孟 珊译 俞稼盘 董务民校)

图1给出了光束与玻璃钢层相互作用的综合图。从图中所有给出的分量中,漫反射光束 $\phi_{\pi.o}$ 和漫透射光束 $\phi_{\pi.n}$ 在最大程度上带有关于玻璃钢内部结构不均匀性的有用信息。因此,在苏联乌克兰科学院力学研究所采用的仪器中,这二组光束被分离出来,并且作了定量分析。这种仪器用来研究在长期循环加载条件下玻璃钢结构的累积损伤过程。

为了测量漫透射光束,在可见光-电光度计ФМ-58的基础上,根据比较由试件5和标准件16的漫透射光束的原理制造的设备已经安装了(图2)。照射光束由发光器产生,而发光器是由交流稳定器1,灼热灯2和聚光镜3组成的。测量部分包括光阑7和14,偏转三棱镜系统8,9,12和13,屏幕10和目镜11。根据屏幕上的场的亮度进行漫透射光束的比较。

用可弯曲的纤维光导体4,6,15和17将试件与发光器及测量部分连接起来,并使设备的静止部件和试件的振动表面互相脱离,这样便不仅可以在不动的试件上进行测量,而且可以在试件的加载过程中进行测量。由于在光度计装置中有一套滤光器,所以不只是可在连续光谱中进行测量,而且可在光谱的各个波段进行测量。

在用目视来比较场的亮度时,测量的精度受眼睛反差灵敏度的限制⁽⁷⁾。这在某些情况下(特别是当玻璃钢的光学密度大时,因而是小漫透射量时),可能在结果中带来显著的主观误差。

把漫射透过的光照射变成电信号,然后测量这种信号,可以提高灵敏度和精确度。改变光-电转换器的灵敏度,可以保证系统在足够宽的试件光学密度范围内稳定工作。

在以上所研究的方案中,漫射透过的光束被选择作为复合材料内部结构损伤程度的信息的体现者。因为缺陷的出现所引起的透过光辐射的减弱同缺陷沿材料厚度的分布无关。

当只需研究表面层的损伤时(例如,在不均匀应力状态时),可以采用测量漫反射光束的方案。此漫反射光束基本上由靠近材料表面的缺陷散射的光束所引起。这时照射和记录有效的光辐射都在材料或制品的同一面进行。在某些情况下这是这类测量方法的很有用的优点。

以这种原理为基础的仪器(图3),是按照测量漫反射光束的单光束方案建立起来的,它附有照射光束电子稳定器。在与所研究材料6的表面相接触的仪器测头中装有发光器13,聚光镜1,刚性光导体2—5与光电转换器7和10。用电气与伸出头部连接的基本部件包括直流放大器8,漫反射光束测量通道的指示器9,电源部件11和发光器的光束自动调节系统12。

图4给出二种用上述方法得到的结果的比较,这里 $\phi = \phi_{\kappa} / \phi_{\pi}$ (ϕ_{κ} 和 ϕ_{π} 为试验结束和开始时刻的光透射(反射)量; l 为试件截面编号;工作部分在截面2—10处。试验时试件厚度是10毫米,变形形式是对称拉伸-压缩。

正象从图上看到的那样,漫透射变化相差比较大。这是因为,通过试件的光束在自己光路上遇到的缺陷,要比表面层反射的光束遇到的更多。在材料厚度减薄的情况下,所研究的各种方法之间的差别应该变小。

通过玻璃钢的长期疲劳试验已经确定,光透射的变化可以作为累积疲劳损伤的客观指标,因为在固定温度工况下,光透射的变化与玻璃钢的初始疲劳性质和加载工况无关,并且与变形形式关系不大⁽⁶⁾。

这样,采用上述设备,通过循环加载过程中玻璃钢透光变化的记录和分析,可以对累积疲劳损伤和可能的剩余寿命潜力进行定量估计。

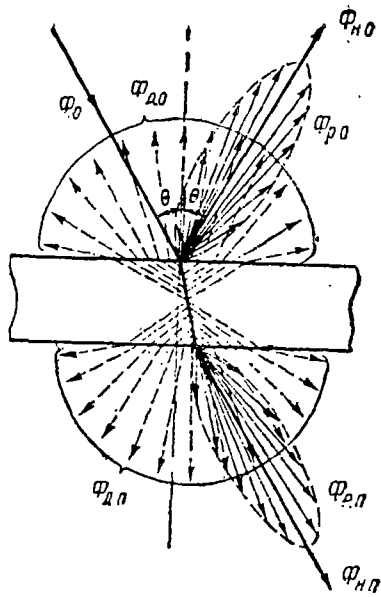


图1 光束与玻璃钢层的相互作用
 ϕ_0 —初始光束(照射的); ϕ_{H0} —法向(镜面的)反射; ϕ_{P0} —定向散射; ϕ_{D0} —漫反射; ϕ_{Hn} —法向透射; ϕ_{Pn} —定向散透射; ϕ_{Dn} —漫透射

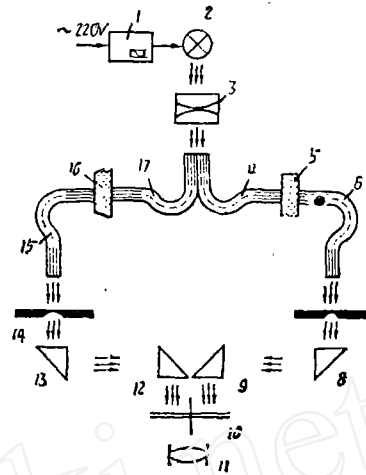


图2 用于确定漫透射光束的设备结构示意图

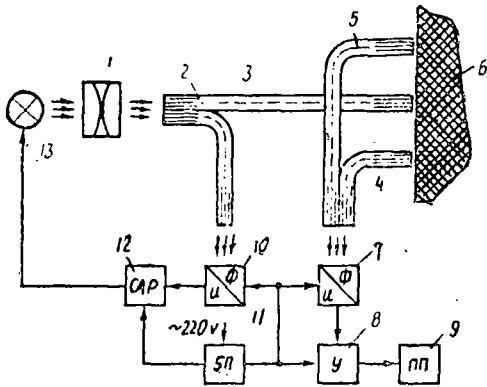


图3 用于确定漫反射光束的设备结构示意图

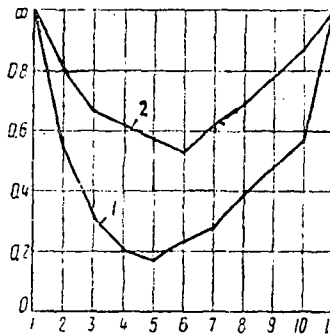


图4 漫透射和漫反射光束沿损伤试样长度的变化
 玻璃钢破坏瞬时的漫透射—1
 漫反射—2

参 考 文 献

- [1] Ривкинд В.Н., Изменение светопрозрачности стеклопластиков под действием механических нагрузок.—Свойства полиэфирных стеклопластиков и методы их контроля, 1970, вып.2, с.142—150.

非定常流动的流体力学显示

H. Werlé

提 要 法国国家宇航研究院 (ONERA) 水力学模拟实验室, 多年来研究定常流动所采用的显示技术, 已成功地用来分析以边界层、分离和尾流为主要特征的非定常现象。

本文先简述实验装置、设备和方法, 然后举出在各基础研究、航天及工业领域中应用研究的例子¹⁾, 包括定常状态下观察到的不稳定性现象(例如尾流或射流); 定

¹⁾ 流动显示的一些例子已编入法国国家宇航研究院的第 666 号影片, 有关研究人员可以购买或租用这些影片。

[2] Krolkowski W. Einige Erscheinungen bei der Dehnung Von glasfaserverstärkten Polyestern.—*Plaste und Kautschuk*, 1973, 20, № 11, S. 822—829.

[3] Roskoth H.J., Brintrup H. Grenzverformung bei GFK (GF-UP) und deren Ermittlung.—*Fortschritt Berichte VDI—Zeitschrift*, 1973, Reihe 5, № 16, S. 27—48.

[4] Dibenedetto A.T., Gauchel J.V., Thomas R.L., Barlow J.W. Nondestructive determination of fatigue crack damage in composites using vibration tests.—*J. of Materials*, 1972, 7, N2, P. 271—275.

[5] Саркисян Н.Е. Анизотропия статической и циклической деформативности стеклопластиков типа СВМ.—*Изв. АН АрмССР. Механика*, 1971, 24, № 3, 61—73.

[6] Филатов М.Я., Шленский В.Ф., Супруненко В.А., Копылевич Г.В. Закономерности изменения светорассеивающих свойств стеклоэкстолита при накоплении усталостных повреждений.—*Пробл. прочности*, 1978, № 2, с. 27—31.

[7] Рвачев В. П. Введение в биофизическую фотометрию.—*Львов.*: изд-во Львовского ун-та, 1966.—380с.

译自: Гарф, М.Э. и др., Приборы для изучения кинетики усталостного разрушения стеклопластиков по диффузному рассеянию световых потоков, *Проблемы прочности*, 6(1979), 82—84.

(程屏芬译 晏名文校)