

法国宇航院材料部概况

谢济洲

1988年12月我随中国航空航天研究院(CAE)代表团去法国宇航院(ONERA)材料部访问与工作两周,除完成预先确定的科技合作任务外,顺便了解到其材料部的组织和任务概况,以及力学性能试验设备的详细情况,现叙述如下。

一.材料部概况

ONERA的材料部(Material Department)相应于CAE的北京航空材料研究所(BIAM),但所设置的专业和人员规模比BIAM小。本部共有研究和试验人员150人,下设如下分部(División):

- 1.物理方法分部。
- 2.复合材料、陶瓷和消蚀材料分部。
- 3.高温铸造合金及快速冷却合金分部。
- 4.冶金工艺(包括粉末冶金,热等静压等)分部。

材料部由科学技术主任领导,下设领导小组,其中包括:

- 1.科学技术主任1名;
- 2.助理主任1名;
- 3.科学技术助理2名,其中包括应用数学技术助理1名,冶金助理1名;
- 4.复合材料、陶瓷及消蚀材料负责人1名;
- 5.高温铸造合金及快速冷却合金负责人1名;
- 6.高级科学家(相当于高级工程师)2名;

材料部的任务紧密结合宇航工业的特殊需要,其主要任务是发展新材料、新工艺的研究,评定已广泛应用的材料的使用性能,发展新材料研究所需的物理方法。

该部认为,对于高温合金,当前最重要的研究领域是:

- 1.单晶涡轮叶片合金。
- 2.常规粉末(μm 量级)的研究(主要用于制造涡轮盘)。
- 3.快速凝固微晶合金。
- 4.防氧化和防高温腐蚀方法及热障研究。

轻合金研究的目的是为了改进已投入使用的这些轻合金的使用性能。对于铝合金,在研究液态快速冷

却铝合金的同时,还正在研究铝锂合金和碳纤维增强复合材料。对于钛合金,其工作目标是发展粉末冶金技术,以及更高级别的高强度铸造和锻造钛合金,同时还正在研究钛基碳纤维增强复合材料。

在固态物理基础研究中,目前增补了冶金方面基础理论的内容及金属塑性的基础研究,诸如合金电子结构的理论和实验研究,用来阐明合金的热动力学。

复合材料的研究包括烧蚀材料、陶瓷、具有特殊电磁或声学性能的材料和有机基体材料。对于这些材料,当前研究中的主要问题是制造技术,但也存在结构和强度特性的测试技术问题。

在物理方法分部,首先引入电子微探针,因为研制了这些新的仪器设备,扩大了材料分析方法的范围。最近还正在研制其它分析系统,如与巴黎大学合作,研制并建立了二次离子发射微探针。

材料部拥有齐全的试验研究设备,其中包括:

- 1.三台高压电子显微镜。100kV、200kV的各一台,并配有x光分析仪;400kV的CNRS-ONERA电子显微镜一台。
- 2.两台扫描电子显微镜。
- 3.多台电子探针,其中包括一台Camebox探针,多台X射线衍射系统。
- 4.大小配套、品种齐全的力学性能试验机(详见下一节)。
- 5.各种感应、电弧和电子束炉。
- 6.粉末生产及热等静压设备,其中包括一台200吨热等静力机和两台真空制粉设备。
- 7.分析仪:核磁共振IR,UV及UV真空检查仪,液体和气体分析仪。
- 8.多台x射线干涉系统。
- 9.为消蚀材料测量而设计的风洞激光系统,以及为氧化研究而设计的激光系统。

二.力学性能测试及其设备

在ONERA,材料部设有力学性能实验组,属物理分部管辖。这个组共10人,组长为工程师。此外,还有工程师1名,技术员4名,工人4名。该实验组负责完成材料部所需的力学性能测试任务。此

外, 在 ONERA 的结构部 (Structure department) 还有一个损伤力学分部, 共 17 名工程师、技术员和试验工人。在这一个分部中全是疲劳试验机, 主要研究疲劳、蠕变、裂纹扩展和材料及复合结构各种形式的损伤问题。根据其情况, 这两个力学性能实验室加起来相当于北京航空材料研究所的力学性能研究室。下面就这两个力学性能实验室的设备情况分别进行详细的介绍。

1. 材料部力学性能实验室的设备

(1) 高温真空万能试验机

功能: 可作拉、压、轴向疲劳、高低周疲劳、扭转疲劳试验等。

最高温度: 3000°C , 现进行过 1700°C 的试验。

额定载荷: ± 5 吨。

真空度: 10^{-4} 托。

加热炉: 石墨制成, 导电加热。导电加热参数为 D.C., 12V, 1000A。

试验箱: 约 $\Phi 500 \times 700\text{mm}$ 。

测温: $\text{pt} / \text{pt} + 10\% \text{Rh}$ 热电偶和光学高温计。

伺服液压传动, 带保持时间, 0~9 小时可调。

这台设备建于 1973 年, ONERA 自制, 并逐步改进, 可作应力、应变、位移控制, 拉-扭复合疲劳等, 全机用微机控制。

(2) 1200°C 高温拉伸试验机。

容量: 5 吨。

产地: 西德 Shenck 公司, 1980 年进口。

功能: 可做碳增强复合材料四点弯曲试验, 其试样尺寸如图 1 所示。

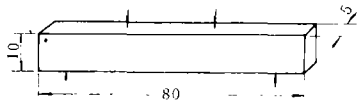


图 1

自己配备有夹具、引伸计、可控测温系统, 高温装置。夹具设计特殊, 其材料与试样材料相同。

(3) 各种拉伸试验机 3 台, 其中包括法产 5 吨、0.5 吨高温拉伸机各一台, 均配备有计算机, 用作控制和数据采集及处理。50 吨万能拉力机一台。

(4) MTS 电液伺服低周疲劳试验机。

容量: 10 吨。1980 年引进。

最高温度: 900°C 。

功能: 可作应力、应变、位移控制、低周疲劳试验, 不带计算机。

低周疲劳试样工作截面尺寸为 $\Phi 4.8\text{mm}$, 引伸计自己作了改进, 用石英棒引伸杆, 但加了弹簧夹, 以保证在试验过程中稳定可靠。石英棒上的小孔用金刚石粉末钻头加工而成。

(5) Shenck 公司产卧式共振疲劳试验机一台, 容量为 6 吨, 振动系统、装夹试样部分均作了改进。

(6) Amsler 公司产高频疲劳试验机两台, 机架较老, 1956 瑞士 Amsler 公司产, 但自己改装的部分较多, 如配备了高温炉, 上横梁自动升降装置, 计算机控制等, 其中一台改为长立柱, 便于安装 1000°C 的高温炉。目前主要进行单晶高温合金、 Al_2O_3 及陶瓷材料的试验。

(7) 小型旋转弯曲疲劳机 3 台, 其中包括一台 $\Phi 5\text{mm}$ 小试样悬臂弯曲疲劳机, 试样直径为 $\Phi 2.5\text{mm}$ 的立柜式微型疲劳试验机 2 台, 其频率均为 50Hz, 砝码加载。

(8) 扭转/弯曲复合疲劳试验机 1 台, 频率为 25 和 50Hz 两档, 试样直径为 $\Phi 12\text{mm}$, 板材试样尺寸为 $150 \times 15 \times 3\text{mm}$ 。

(9) 动弹性模量 E_D 测定仪一台。

(10) 英国 Mayes 公司产 5 吨电液伺服疲劳试验机一台, 1975 年引进, 主要做高温低周疲劳及疲劳裂纹扩展速率试验, 并配备了测裂纹长度用的直流电位法装置及如图 2 所示的非金属绝缘夹具。

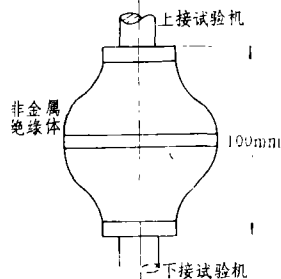


图 2

(11) 高温持久、蠕变试验机 25 台。

容量: 2 吨。

温度: 1100°C 。

计算机测控蠕变变形, 并自动处理实验数据。

2. 结构部疲劳实验室

该室共有各种疲劳试验机 8 台, 其中包括:

(1) 西德 Shenck 公司产 2.5 吨电液伺服液压疲劳机一台, 经过改装配备有试验环境箱, 可将整个夹头装在箱内, 并配备计算机控制。

(下转第 38 页)

表 5 一些聚芳醚酮的玻璃化温度和熔点

主链结构	T _g (°C)	T _m (°C)
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	144	355
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n \left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_m$	154	345
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{O})-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	154	367
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	154	358
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	—	383
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	—	384
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{O})-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	167	416
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	160	341
$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4 \right]_m$		

参考文献

- (1) 程秀江等, 工程塑料应用, 1988年第1期, P46.
- (2) Polymer, 25, (8), 1151, (1984).
- (3) Polymer Engineering and Science, (25), 8, (1985).
- (4) 29th National SAMPE Symposium, April 3-5, (1984).
- (5) J. Polymer Sci, 21, (8), 2189, (1983).
- (6) 国外塑料, 1987年第2期, P3.
- (7) 国外塑料, 1987年第3期, P57.
- (8) Stening T, C. et al, Modern Plastics, 1981, (11), P86.
- (9) 塑料加工与应用, 1987年第4期.
- (10) 高分子材料科学与工程, 1987年第3期, P35.
- (11) 倪卓等, 材料科学进展, 1988年第1期, P55.
- (12) 莫美芳, 航空材料, 1988年第1期, P33.
- (13) 李生柱, 高分子材料, 1988年第2期, P39.
- (14) 材料科学与工程, 1987年第3期.
- (15) 陈乐译, 化工新型材料, 1988年16卷第2期.
- (16) 33rd International SAMPE Symposium, March 7-10.
- (17) 屈秀宁等, 全国第二次特种高分子材料学术报告论文汇编, 第108篇, (1982).

(上接第47页)

(2) 英国产 10 吨伺服液压疲劳机一台, 在此机上进行室温随机疲劳及疲劳裂纹扩展试验, 试样为 CT 和 CCT 两种。

(3) 高温和室温悬臂反复弯曲疲劳机各一台, 自己制造, 频率为 3Hz, 电磁共振。该设备专为进行轮盘取样疲劳裂纹扩展速率 da/dN 试验设计的, 试样尺寸为 160mm 长, 15mm 宽, 2~4mm 厚, 在试样中部开一单边缺口, 用直流电位法检测裂纹。

(4) 三台 Shenck 电液疲劳试验机, 其中 17 吨的一台, 10 吨 1 台。前者主要做室温试验, 后者做高温试验, 采用感应加热, 最高温度为 1100°C, 试样分实心 $\Phi 12\text{mm}$ 和空心外径为 $\Phi 12\text{mm}$ 两种, 并配有照相设备, 计算机控制。另一台为 2.5 吨, 频率可达 100Hz, 试验温度达 1100°C, 采用石英棒引伸

计, 感应加热。

(5) 双轴拉伸试验机 1 台, 自己设计制造, 容量为 16 吨, 配备了 Shenck 公司制造的电控箱。

上述设备主要用来进行高、低周疲劳, 高温疲劳, 热疲劳, 随机疲劳及疲劳/蠕变交互作用试验, 为 da/dN 模型、损伤力学及疲劳寿命预测研究服务。

综合上述力学性能试验设备的特点是:

1. 设备品种齐全, 大小配套, 适合于搞研究工作, 试验研究性强, 生产检验性小。

2. 改装的设备多, 几乎每台设备都根据自己研究工作的需要进行了改进和改造, 将其它先进技术用于测试上, 以适应科研工作的需要。试验设备主机较老, 但经过改造后, 其总体性能都比较先进。