

陶春虎

失效分析专家

■ 陶春虎 Tao Chunhu

北京航空材料研究院副总工程师兼中国航空工业失效分析中心主任

Chief Engineer of Beijing Institute of Aeronautical Materials & Director of FAC of AVIC

中航工业材料力学性能表征与失效分析技术首席技术专家

Chief Expert of Characterization of Mechanical Properties and Failure Analysis Technology of AVIC



☞: 作为中国航空工业集团公司材料力学性能表征与失效分析技术的首席技术专家,您认为在损伤评价与性能表征方面,一些先进手段,如模拟仿真技术发挥了什么样的作用?我们应如何做好损伤及性能表征的模拟仿真?

陶春虎: 工艺过程的模拟仿真很重要,其实针对损伤进行模拟仿真更为重要,如飞机、导弹在空中的解体以及损伤过程的模拟等,计算机的模拟仿真就发挥了重要作用。国外对 CAE 的发展很重视,除国防领域的仿真外,建筑结构与寿命分析、汽车碰撞、体育器械状态等涉及到人身安全方面的模拟仿真也非常系统。我国在损伤研究领域的 CAE 应用情况因行业、地域、所面向的市场等而有很大的差别,但总体上与国际水平有不小的差距,这也是未来一段时间我们要下大力气做好的事。

我觉得要做好损伤研究的模拟仿真工作,首先要在思想上认识到模拟仿真的重要性,也要克服只相信试验结果、对计算机仿真结果不够信任的老观念;在基础研究方面,有些研究单位还存在对基础研究不够深入和系统的问题。当然,要深入普及 CAE 技术所需的资金、人力、时间投入也很巨大,不是一朝一夕的事。

目前在计算机辅助诊断系统方面,我们开始着手进行实验数据和经验数据的收集、整理与表达,形成初步的数据库;第二步是要形成计算机人工智能判断;第三步是输入一些故障参数通过推理模拟损伤形式和出现的概率。

☞: 您曾在定向凝固合金和单晶叶片的损伤与预防方面,解决了不少重大技术问题。您能详细介绍一下其中的情况吗?

陶春虎: 在对定向凝固发动机叶片的故障分析中,当时对故障的性质、产生的原因经过了相当长时间的分析,发现故障产生的原因是定向凝

固合金的再结晶。分析发现,再结晶在多种材料的制造过程中都会出现。再结晶对变形合金、普通铸造合金来说是件好事,可以利用再结晶完成晶粒细化、提高疲劳强度;但对定向凝固合金来说,再结晶容易形成横向晶界,在缺乏晶界强化元素的条件下会使材料的疲劳强度降至原来的 10% 以下。进一步的研究发现,影响再结晶的主要因素有 2 个,两者缺一不可:一是温度,镍基高温合金的再结晶必须在 1150°C 以上;二是变形。通过工艺条件的控制,制造过程中的再结晶完全可以避免;而外场条件下由于有表面涂层和氧化层的作用,即使产生再结晶,也只是在表面几个 μm 的厚度内,是完全可控的。我们提出了再结晶的检测方法与控制标准,从而避免了很多损伤和故障的发生。但后来还是陆续发现其他单位仍出现了类似的案例,可见我们在技术交流方面还有不尽如人意之处。

☞: 那么,您认为应如何避免类似情况的发生?

陶春虎: 首先要加强专项的技术交流和培训,如我们中心每年都会有一些上百人的培训;另外,要重视书籍和杂志的平台,针对共性的问题我们出版了不少专业书籍、发表了一些论文。但更重要的是设计,目前外场出现的一些问题,很多都是设计方面的。如在复合材料的设计,有些设计还停留在等代设计阶段,没有实现真正的优化设计。我举 2 个例子:从飞机结构件由金属材料结构改为复合材料结构,如果简单地把部分结构改为复

合材料,接头部分一定会出问题;还有就是变厚度结构,金属材料结构和复合材料结构对厚度变化的敏感性有很大的差别。如果不从设计理念上进行根本的改变,大的问题就不能彻底杜绝;国外在这方面也有惨痛的教训,比如日本设计的波音 787 机翼就遇到此类问题。我们要加强相关的交

陶春虎主任: 中国航空工业集团公司北京航空材料研究院副总工程师兼航空材料检测研究中心主任、中国航空工业失效分析中心主任,中航工业材料力学性能表征与失效分析技术首席技术专家。主要从事材料与结构的损伤、机械产品失效分析、检测技术、损伤评价与预防等方面的研究工作以及武器装备材料应用的技术管理工作,在重大质量事故调查及外场技术服务、定向凝固高温合金的损伤及其评价、环境失效分析等方面做出了突出贡献。

任中航工业检测与焊接人员资格认证管理中心副主任,中国航空学会理事兼失效分析分会主任。兼任国际杂志 ENGINEERING FAILURE ANALYSIS (工程失效分析)编委、国际工程失效分析系列会议技术委员会委员、《失效分析与预防》主编、《航空材料学报》常务副主编等职。合作出版专著等 6 部、译著 2 部、编著 20 余部,发表论文百余篇,获 20 项部委级科技成果奖,5 次荣获原中国航空工业集团公司二等功,2 次三等功。



流和培训,媒体也能在其中大有作为。

☞: 被聘为集团公司首席技术专家,您有何感想?

陶春虎: 首先要感谢集团公司的信任,我觉得这是一种荣誉,一定要做好相应的工作;同时也意味着更大的压力。对我来说,现在带很多硕士和博士研究生,还要更好地带领整个团队去进行一些系统的研究工作,尤其是在新材料、新工艺等重点领域,要为我们下一步的研究和工程应用打好基础。(采访 晓立 责编 淡蓝)