

金属基复合材料在美国的研究和应用

近5~10年来,对金属基复合材料进行了大量研究。其中,被增强金属,尤其是轻金属铝性能的改进,大大推进了金属基复合材料从实验室的研制走向许多工业部门的实际应用。

美国对金属基复合材料数百万美元的研究投资,现已开始受益。短短几年间已经达到工业生产水平并在航空航天和汽车工业上获得了应用。

研制概况

金属基复合材料的工业研究和应用主要集中于用铝作为基体金属的材料。铝合金具有重量轻、强度高和其他力学及物理性能的综合优势,使其在许多方面获得了广泛应用。

碳化硅是目前铝金属基复合材料中最常用的增强材料。此外,氧化铝、碳化硼和石墨也是航空航天工业中常用的增强材料。

汽车工业首先采用了Al—SiC金属基复合材料。1983年日本丰田汽车公司研制了柴油发动机用金属基复合材料活塞。接着,世界各国的活塞制造厂商紧随其后,加快研制步伐,因为他们知道利用这项技术突破将会带来多大的好处!

目前,硬铝复合材料的生产能力正在增加。据一个公司的发言人估计,底特律的Al—SiC零件的潜在市场为454吨/年。由此可见,金属基复合材料作为未来一种主要商品材料,它的发展方向是引人注目的。

航空航天工业非常重视金属基复合材料,在导弹研制方面已经取得重要进展。美国国防部的研究表明,Al—SiC复合材料在战术导弹上的应用,获得了较好的强度和刚度。在验证试验中,这种复合材料在高温下短时间内保持了有效的强度,它是取代钛和钢的候选材料。上述试验的原型弹尾材料为2124—T4铝基体中加入25%SiC颗粒,挤压毛坯采用金刚石刀具加工。这种材料的刚度比一般铝高75%。如用于代替钛时,可节省重量40%。此外,还研制了SiC增强铝薄板和厚板,用于先进战术歼击机计划中的4种全尺寸垂尾。美国制造的最大金属基复合材料板——厚度为2.3mm,尺寸为1778×5588mm的大型SiC/Al板,现已进行过验证试验。该计划由空军飞行动力研究所资助。这种板材采用喷水切刀切割并用标准钢联接件固定在金属基复合材料梁上,其中的两个尾面使用SiC纤维。先进复合材料公司提供了2124Al和15%(体积)SiC的晶须件。AVCO专业材料公司使用6061Al基体和42%SiC用做纤维增强材料。晶须增强金属基复合材

材料工程

料的平均屈服强度大于483MPa。如大于103421MPa时,其模量比铝约高50%。纤维增强复合材料具有1379MPa的极限抗拉强度和206843MPa的模量。

根据空军的观点,飞机和发动机最感兴趣的材料是碳化硅增强的铝和钛,而航天结构最感兴趣的则是石墨增强铝或镁。空军对金属基复合材料火箭发动机的成功发射证明了这种火箭发动机能够承受极端温度、压力以及导弹发射引起的振动。由AVCO专业材料公司制造的铝发动机壳体采用了SiC纤维层的缠绕及等离子喷涂工艺。根据空军反映,这种构件几乎突破了钢的强度,却只有铝的重量。试验用发动机的重量与一般钢发动机相比减重10%。

光学领域的铝金属基复合材料也正在被研究用于国防和星际航行方面。先进复合材料公司研制了红外探测系统用原型高性能反射镜、宇宙基准激光器和超轻宇宙望远镜。这种复合材料采用精细颗粒SiC增强铝的方法制成。通过改变SiC的含量使其达到45%的配比时,其热膨胀系数可与各种反射涂层相比。上述热膨胀特性促进了较宽温度范围内的尺寸稳定性并保证了跟踪和瞄准的准确性。此外,复合材料显微组织中细小均匀分布的SiC颗粒起着不溶解的第二相分散作用,引起位错堆积。这种现象增加了金属基复合材料的抗微蠕变特性。宇宙望远镜包括一个直径254mm的金属基复合材料构架组件和反射镜,其重量为4.5kg。据有关制造厂商宣称,他们能够提供成品件。通过真空热压坯料可以达到非常致密的程度并可大量生产。部件可热压、超塑性成形或锻压至近终形状。

工艺技术

对金属基复合材料的最新研究,大部分致力于构件成形,尤其是近终形状构件的成形。毫无疑问,今后复合材料是否能够令人满意,将取决于制件是否几乎无需进行或根本无需进行附加加工。

为制造SiC增强的普通铝薄板、挤压件、锻件和铸件,创造了一种硬铝常规铸造法。这种方法采用适当的处理可使熔化金属与增强材料增加润湿性。最好的工艺方法可能是粉末冶金法。将颗粒增强材料与金属粉末混合,然后对其混合物进行常规粉冶操作。金属基复合材料粉末冶金法的一个缺点是,目前铝粉末技术尚且落后。该研究领域的先驱——Alcoa公司最近削减了铝粉的研究计划。

粉末冶金技术提供了许多优点,有助于解决粉冶金属基复合材料中的两个问题——力学性能差、成本高。Novamet公司正在寻求解决这些问题的方法。该公司发展了一种粉冶技术,可使SiC颗粒在凝固前

(下转第44页)

- [2] Speller, T.H.和Randolph, J.A., Fuel tight fastening by automatic machine, Aircraft Engineering, Feb., 1972.
- [3] 余公藩, 干涉配合与接头疲劳性能, 西北工业大学科技资料ZH28110.
- [4] Aubrey. E. Carter 和 Sathya Hanagud, Stress Corrosion Susceptibility of Stress—coined Fastener Holes in Aircraft Structures AIAA. Journal, V.13, NO.7.
- [5] 杨汉祥、吴金泉 “干涉配合连接与应力腐蚀断裂”, 航空学报, V.5, NO.1.
- [6] Hanagud, S. 和 Carter, A.E., Interference Fits and Stress—Corrosion Failure, Stress Corrosion—New Approaches, ASTM STP 610, American Society for Testing and Materials, 1976, PP. 267~288.
- [7] Kaneko, R.S.和Simenz, R.F., Corrosion Thresholds for Interference Fit Fasteners and Cold—Worked Holes, Stress Corrosion New Approaches, ASTM STP610, American Society for Testing and Materials, 1976, PP252~266.
- [8] Neal R. Ontko, Evaluation of Stress Corrosion Cracking Characteristics of Selected Fastener Systems in 7075—T6 Aluminum, ADA132162.
- [9] 无头铆钉干涉配合铆接应力腐蚀试验, 航空工业部第六二五研究所试验报告, 1977年9月.
- [10] Speakman, E.R., Fatigue Life Improvement through Stress Coining Methods, Achievement of High Fatigue Resistance in Metals and Alloys, ASTM STP 467, American Society for Testing and Materials, 1970, PP. 209~227.
- [11] US/Australia Collaborative Research Project on Corrosion Fatigue in DGAC Steel Joints, AD A076197.

(上接第47页)

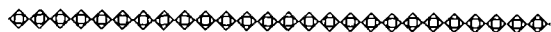
结合于基体材料粉末颗粒之中,然后在低于基体熔点温度下进行真空热压。用这种方法制得的产品具有均匀的显微组织,而且组织中不存在裂纹引发剂——铝化铜。此外,该公司还发展了类似于5000系列抗蚀铝合金的金属基复合材料,这些材料在氧和碳存在的情况下采用弥散强化工艺方法。关于这些材料的研究目前尚处于发展阶段。

金属基复合材料制造工艺中一个最鼓舞人心的领域是某些公司采用的模压铸造技术。模压铸造是一项

成熟的工艺技术,可成功地用于各种材料,制造低成本、高质量的零件。这种技术已被证明是铸造工艺中引入陶瓷增强材料的可行方法。模压铸造首先是将熔化金属浇入液压机的模底,然后关闭模型,再用熔化金属填充模腔,施加凝固铸造压力207MPa,即可制得快速凝固、无气孔的细晶粒零件。其力学性能超过一般铸件,通常可介于锻造材料的纵向和横向性能之间。用于金属基复合材料时,上述压力可促使大部分陶瓷纤维润湿,利用这种工艺可使增强纤维选择定位。在活塞中将纤维排布在燃烧区内即可防止发生热裂。

金属基复合材料一旦成为未来的商品材料之时，人们必将接受其性能方面的折衷方案。它们的最大需求市场将是要求重量轻、刚度好，但对断裂韧性要求不高的零件。目前的研究工作主要集中于轻金属——铝、镁、钛及铜。对于钢金属基复合材料也进行了一些研究。例如钢—碳化钛金属基复合材料。这种材料的耐磨性超过碳化钨刀具材料，但其应用范围可能仅限于切碎机械和切削工具。

(白春涛 编译)



TQ—2不燃性脱漆剂研制及 应用通过鉴定

由北京航空材料研究所与北京市房地产管理局联合主持的“TQ-2不燃性脱漆剂研制及应用鉴定会”于1988年11月在京召开。北京市消防局、中南海警卫处、市政管理委员会、中科院化学所、航空航天大学 and 航空航天部科技司等11个单位30多名代表出席会议。

与会代表听取了研制及应用报告，并在现场观看了各类漆的脱漆演示。该产品早已在中南海、人大大会堂和毛主席故居等高级修缮工程中应用，效果良好。代表和评审小组成员经认真讨论后一致认为：TQ-2不燃性脱漆剂经试验和使用后证明，具有不燃，安全可靠，脱漆效率高之特点；施工工艺简便，可在垂直面上喷刷，不流淌；降低了劳动强度，提高了综合经济效益。其主要性能指标已达到美军标的要求，具有国内80年代先进水平。

该脱漆剂经两年多试生产表明: 其组成合理, 原材料立足国内, 生产工艺稳定, 产品质量可靠, 与同类产品相比成本较低。它不仅适用于船舶、车辆、电器设备、机械设备的金属表面脱漆, 也适合木器、水泥和塑料表面的脱漆。具有使用和推广价值。

(张明 供稿 赵义善 编辑)

1989 年第 1 期