

DOI: 10.3969/j.issn.1002-4639.2020.12.014

基于铝基复合材料热处理羽毛球拍杆性能分析

李维强

(陕西国际商贸学院, 陕西 西安 712046)

摘要: 铝基复合材料热处理羽毛球拍杆的力学性能取决于基体界面与增强颗粒之间的结合度。因此, 本次研究通过热处理的方式对铝基复合材料的力学性能加以强化。经实验研究发现, 双级固溶相比于单组固溶来说可以实现更大的固溶度, 提升铝基复合材料羽毛球拍杆性能的最佳热处理方法为 440 °C / 3h + 480 °C / 2h 双级固溶。

关键词: 铝基复合材料; 力学性能; 热处理

中图分类号: TB331 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-4639(2020)12-0053-03

Performance Analysis of Heat-treated Badminton Racket Based on Aluminum Matrix Composite

LI Weiqiang

(Shaanxi Institute of International Trade&Commerce, Xi'an 712046, China)

Abstract: The mechanical properties of the heat-treated composite badminton racket rod made of aluminum matrix composite depend on the combination between the matrix interface and the reinforced particles. Therefore, in this study, the mechanical properties of aluminum matrix composite were strengthened by heat treatment. It was found that the two-stage solution can achieve greater solid solubility than the single group solution. The best heat treatment method to improve the performance of aluminum matrix composite badminton racket is 440 °C / 3 h + 480 °C / 2 h two-stage solution.

Key Words: aluminum matrix composite; mechanical properties; heat treatment

铝基复合材料在我国有着十分广泛的应用, 铝也是地壳中储量最多、分布最为广泛的金属元素之一, 将铝基复合材料应用于运动器材中可以大幅强化运动器材的使用寿命与力学性能^[1]。对于羽毛球拍来说, 羽毛球拍杆是最主要的受力部位, 该部位力学性能的强化需要从提升基体界面与增强颗粒之间的结合度入手^[2], 本次研究所采用的强化方法为热处理技术。

1 铝基复合材料的热处理方法

本次研究通过单级固溶和双级固溶两种手段对铝基复合材料进行热处理, 所采用的铝基复合材料为 Al₃Ti/7075。其中, 单级固溶处理分别采用三种处理方案, 即 460 °C / 1 h, 3 h, 5 h, 7 h + 水淬; 480 °C / 1 h, 3 h, 5 h, 7 h + 水淬; 500 °C / 1 h, 3 h, 5 h, 7 h + 水淬; 双组固溶处理分别采用两种处理方案, 即一级固溶处理 440 °C / 3 h, 二级固溶处理 460 °C / 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 3.5 h, 4 h + 水淬。二级固溶处理 440 °C / 3 h, 二级固溶处理 480 °C / 1 h, 1.5 h, 2 h, 2.5 h, 3 h, 3.5 h, 4 h

+ 水淬。

2 单级固溶与复合材料力学性能之间的关系

2.1 固溶温度与复合材料力学性能之间的关系

经实验研究发现, 在 460 °C 固溶 1 h 的情况下, 由于固溶温度不高, 晶界上和晶粒内存在许多第二相粒子, 基体合金与这些粒子之间的溶合不够充分。温度的不断升高会显著增长第二相粒子的回溶数量^[3], 晶界上和晶粒内中的第二相粒子数量持续降低。在固溶处理温度达到 480 °C 的情况下, 铝基复合材料晶粒组织开发收缩, 未出现晶粒显著扩大的现象, 但仍然存在一定未回溶到基本内的第二相粒子。在固溶温度进一步增加的过程中, 晶粒会随之扩大, 一定程度上降低了材料的硬度^[4], 合金内部持续流失过剩相, 并降低弥散强化效果^[5]。由此可知, 合金的强度同时受到强化与弱化两方面因素的作用, 在单级固溶热处理工艺下, 将固溶温度设定在 480 °C 可以最大程度上提升基本界面与增强颗粒之间的结合度。

2.2 固溶时间与复合材料力学性能之间的关系

本次研究虽然已经确认了 480 °C 为单级固溶热处理铝基复合材料的最佳温度, 但在固溶处理时间较短的情况下, 仍然会存在一部分未溶第二相, 这就需要适当增加固溶处理时间^[6]。经实验研究发现, 在单级固

收稿日期: 2020-01-14

基金项目: 陕西省健康文化研究中心项目 (JKWH2019-Q21)

作者简介: 李维强 (1982—), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为体育教学。

溶 480 °C 保温 5 h 的情况下,复合材料晶界处和晶内未回溶的第二相出现大幅缩减,并且未出现过烧问题,即晶粒尺寸未出现明显的扩大^[7]。出于严谨起见,本次研究又将固溶温度提升至 500 °C,并且保温 5 h,发现复合材料内晶粒变大,再结晶现象明显。由此可知,本次研究所采用的铝基复合材料最佳的单级固溶热处理方案为 480 °C 固溶 5 h。

3 双级固溶与复合材料力学性能之间的关系

在双级固溶处理技术环境下,复合材料依次经历低温和温度两个不同的阶段^[8]。在低温处理环境下,基体合金内的低熔点相首先溶解,能够避免合金在高温环境下出现熔化或过烧问题^[9]。在进入高温处理阶段后,基体内的第二相颗粒能够得到充分溶解,使基体合金的过饱和度得到提升,这也是双级固溶相比于单级固溶的主要优势所在^[10]。

本次研究将一级固溶温度设定为 440 °C,将热处理时间为 3 h,复合材料在多级固溶下显微硬度如图 1 所示。

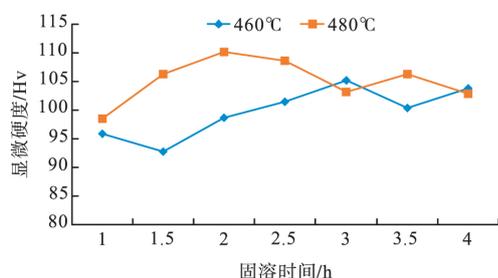


图 1 复合材料在多级固溶下显微硬度

经实验研究发现,在热处理初始阶段,复合材料硬度相对较低,随着时间的增加复合材料硬度会达到最大,随着时间的发展,其硬度又会出现一定的下降。根据显微硬度曲线可知,复合材料硬度在 440 °C / 3 h + 480 °C / 2 h 的情况下达到最高水平,即代表复合材料在该条件下固溶度达到最高,该状况下的显微硬度为 110.2 Hv。

在双级固溶热处理过程中,本次研究将一级固溶热处理设定为 440 °C / 3 h。经实验研究发现,在 460 °C / 1 h 二级固溶处理环境下,晶界处和晶内仍然存在大量第二相颗粒。在将保温时间延长至 4 h 的情况下,第二相颗粒回溶量显著提升,但晶内、晶界第二相颗粒的分布仍然不够均匀,说明没有达到充分回溶的处理目标^[11]。因此,本次研究将第二级固溶温度提升至 480 °C 并将保温时间设定为 2 h,发现晶内与晶界处的第二相颗粒数量出现明显下降。将保温时间延长至 4 h 后,晶界与晶内第二相颗粒又出现显著下降,即在

延长保温时间的过程中,复合材料内第二相粒子充分回溶,同时也未出现晶粒尺寸明显扩大的问题。

另外,在二级固溶温度达到 460 °C 的情况下,随着固溶时间的增加,合金硬度值会出现明显的提升,但提升效果并不显著。在采用 440 °C / 3 h + 480 °C / 2 h 固溶热处理方案的情况下,发现该状况下的显微硬度为 110.2 Hv 并达到最高水平。在二级固溶时间持续增加的过程中,合金硬度又出现下降趋势,晶粒面积随之扩大。也就是说,在 440 °C / 3 h + 480 °C / 2 h 固溶环境下,第二相颗粒与基体之间能够达到最高水平的溶合,并且不会明显扩大合金晶粒组织。该实验结果证实了“复合材料硬度在 440 °C / 3 h + 480 °C / 2 h 的情况下达到最高水平”这一结论。

4 结 语

本文从提高铝基复合材料热处理羽毛球拍杆力学性能的角度出发,阐述了常规单级固溶热处理的具体方法以及最佳的热处理温度和热处理时长。为进一步强化热处理效果并弥补单级处理所存在的不足,提出了二级热处理的解决方案。在未来的研究工作中,还可以进一步针对多级热处理方案进行更加深入的研究,并将研究成果应用于对力学性能有更高要求的运动器材。

参考文献

- [1] 汪 洋, 阎峰云, 康 靖, 等. 颗粒形貌及热处理对 SiC_p/2024Al 复合材料性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2019, 39(7): 765-770.
- [2] 夏 星, 夏 春. 搅拌摩擦加工 CNTs/ZL114A 铝基复合材料的热处理及力学性能[J]. 热加工工艺, 2016, 45(2): 104-107, 111.
- [3] 张 宁, 强颖怀, 杨 莉, 等. 热处理对复合电冶熔铸 WC 颗粒增强钢基复合材料力学性能的影响[J]. 金属热处理, 2016, 41(11): 98-104.
- [4] 苏 里, 余 欢, 胡银生, 等. 经/纬向纤维比对 2.5D 浅交弯联 C_f/Al 复合材料组织和性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2019, 39(10): 1125-1130.
- [5] 刘泉鹏, 李鹏南, 李树健, 等. 基于零厚度内聚力单元单向碳纤维增强树脂基复合材料微观切削机理研究[J]. 宇航材料工艺, 2019, 49(5): 22-26.
- [6] 王 恒, 张 帆, 傅正义. 先进陶瓷及陶瓷基复合材料: 从基础研究到工程应用——先进陶瓷及陶瓷基复合材料分论坛侧记[J]. 中国材料进展, 2019, 38(10): 940-941.
- [7] 胡银生, 余 欢, 徐志锋, 等. 增强纤维对连续纤维增强铝基复合材料界面和力学性能的影响[J]. 中国有色金属学报, 2019, 29(10): 2245-2254.
- [8] N. ANJABIN, A. KARIMI TAHERI. Corrigendum to “Physi-

- cally Based Material Model For Evolution of Stress-strain Behavior of Heat Treatable Aluminum Alloys during Solution Heat Treatment” [Mater. Des. 31/1 (2010) 433-437] [J]. Materials & Design 2019, 183.
- [9] ISABELLEPASQUET, V BACO - CARLES, P CHAMELOT, et al. A Multimaterial Based on Metallic Copper and Spinel Oxide Made by Powder Bed Laser Fusion: A New Nanostructured Material for Inert Anode Dedicated to Aluminum Electrolysis [J]. Journal of Materials Processing Tech. 2019(10):278.
- [10] N M ANTONOVA, F M BOLDYREV, I Y ZABIYAKA. Morphology and Structure of a Fine - Grained Composite Material Based on Boehmite Extracted from Aqueous Solutions of Na - Carboxymethyl Cellulose with Aluminum Powder [J]. Journal of Surface Investigation: X - ray, Synchrotron and Neutron Techniques 2018, 12(5):48-49.
- [11] V ABORKIN, D M BABIN, A I ZALESNOV, et al. Changes in the Mechanical Properties of Powder Aluminum Matrix Composites Modified by Microadditives of Hybrid Materials Based on Multiwall Carbon Nanotubes Decorated with Titanium Carbide Nanoparticles [J]. Doklady Physical Chemistry, 2019, 488(1):151-152.

西安电炉研究所有限公司主导研制的 2项 IEC 国际标准、2项国家标准、1项团体标准发布

近日,由西安电炉研究所有限公司(以下简称电炉所)主导修订的2项电渣重熔炉国际标准 IEC 60519-8:2020《电热和电磁处理装置的安全 第8部分:对电渣重熔炉的特殊要求》、IEC 60779:2020《电热和电磁处理装置 电渣重熔炉的试验方法》相继发布。电渣重熔炉是利用电流通过高电阻熔渣产生的热能对金属进行再熔炼的电阻炉,是国民经济各工业部门的重要工艺装备。我国在电渣重熔炉领域技术领先,IEC 60519-8:2020和 IEC 60779:2020是电渣重熔炉国际标准第三版,前两版均是由电炉所主导制修订,且于2005年获得了中国第一个 IEC 1906奖。

电炉所主导研制的 GB/T 5959.12-2020《电热和电磁处理装置的安全 第12部分:对红外电热装置的特殊要求》、GB/T 10066.12-2020《电热装置的试验方法 第12部分:红外电热装置》2项国家标准获批发布,2020年10月1日起正式实施。2项标准进一步完善了工业电热设备国家标准体系,提升了标准体系的科学性、协调性、配套性和适用性,为利益相关方提供了更全面的标准指导和参考。

团体标准 T/CSM1-2020《阶梯连续加料电弧炉》通过了中国金属学会标准化工作委员会审核发布。“做优做强团体标准,扩大团体标准供给”已被国家标准委列入《2020年全国标准化工作要点》,电炉所响应国家号召,积极参与团体标准的制定,强化团体标准审查、严把团体标准质量、推动团体标准应用,使国家标准、行业标准、团体标准互为补充,协调发展。

5项标准的发布和实施,是电炉所国际化竞争力的体现,是电炉所作为电炉行业标杆企业,加大技术创新投入、加快科技成果转化、注重创新成果标准化,引领行业单位应用新技术、新工艺、新材料,提升产品质量和服务水平的又一次积极实践,为继续推动行业“创新发展、绿色发展、转型发展、高质量发展”贡献力量。