

北方发动机研究所通过优化 TiAl 合金的钎焊工艺参数提高接头强度

【技术领域】 焊接工艺

【技术方向】 精良化 轻量化

【关键词】 TiAl 合金 真空钎焊

【原文链接】 <https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7111536811>

《重型机械》2024 年第 1 期 11-14

【研究机构】 中国北方发动机研究所 中国航发北京航空材料研究院

【技术简介】

真空钎焊采用整体加热，焊接热应力小，零件变形小，可克服诸如熔焊工艺局部加热引起的不均匀热收缩等问题，理论上十分适合于室温脆性大的 γ -TiAl 材料合金材料的精密连接以及 γ -TiAl 合金铸件缺陷的修复。本研究通过改变钎料的选择、调整工艺参数，实现 TiAl 合金与 42CrMo 结构钢焊接界面的完全平直且无缺陷。

【技术解析】

技术内涵：本研究采用 CoFe 基和 Fe 基两种高温钎料，反应层厚度分别为 0.20mm 和 0.12mm。同时，在 1200°C/10min 润湿试验中，两种新钎料润湿角均为 30°。在 γ -TiAl 与 42CrMo 结

构钢的复合构件的焊接中，将钎焊温度自 1020℃ 提高至 1050℃，且将钎焊间隙自 0.1mm 降低到 0.07mm，实现无缺陷的焊接。

技术优势：本研究优化出的钎焊工艺为 1050℃、保温 20 min、钎焊间隙 0.07mm，所获得的界面完全平直，同时无其他缺陷。本研究选取的 CoFe 基和 Fe 基两种高温钎料与 BNi82CrSiB 钎料进行 γ -TiAl 合金表面润湿性试验对比，在 1180℃/5min 工艺参数下，CoFe 基和 Fe 基钎料所得接头组织相似。特别是，高温钎焊条件下 Co、Fe 元素相比于 Ni 元素可以有效缓解界面反应程度。同时经过工艺调整，消除了界面的方形析出物，而这些块状析出物可能为 Ti、Cr 和 Al 元素中某两种元素组成的化合物，因此有利于降低界面应力集中和提高接头强度。

行业现状：国内外关于 Ti-Al 合金自身的钎焊连接技术已有较多报道。按采用的加热方式可分为红外加热钎焊、感应加热钎焊以及真空炉中辐射加热钎焊；以中间层钎料的类型来区分，主要有 Ti 基、Ag 基以及 Al 基钎料等。但想实现高效钎焊连接，依旧还存在一些技术问题待解决：①突破 γ -TiAl 合金与钢、高温合金异质钎焊的专用高温钎焊料成分设计方法；②深入研究 γ -TiAl 合金与钢、高温合金的界面冶金行为，通过界面组织调控有效方法研究，基于扩散反应的热力学分析，建立接头组织与性能的评价与预测方法；③结合实际应用工况，建立完整的 γ -TiAl 合金接头综合力学性能测试与考核标准。

应用前景：TiAl 系金属化合物目前普遍被认为完全有潜力替代 700~990℃使用的镍基高温合金，可以使发动机构件重量减轻约 1/2，在轻量化的过程中至关重要。而采用钎焊方法，可以实现 γ -TiAl 合金多个零部件、多条焊缝的一次性同炉焊接，具有较高的稳定性。同时，钎焊是国际上公认的、广泛应用于精密零部件和复杂薄壁构件焊接以及铸件缺陷修复的再制造方法。