

一种提高搅拌摩擦焊接接头耐腐蚀性能的方法

1 背景及意义

英国焊接研究所（TWI: The Welding Institute）于 1991 年发明的搅拌摩擦焊接技术（FSW: Friction Stir Welding）是一种优质高效、环保、低成本的新型固相连接技术，自问世来已引起世界范围的广泛关注，并已成为材料连接领域的研究热点。2012 年 9 月，我国首次采用 FSW 技术制造的贮箱研制成功并获首飞成功；2014 年 12 月，完成了某型号首个全搅拌摩擦焊接贮箱产品；2016 年 11 月，贮箱纵缝采用 FSW 技术制备的我国运载能力最大的火箭长征五号首飞成功。美国 Eclipse、波音、空客等公司成功运用了 FSW 技术替代铆接制备飞行器地板、蒙皮等结构件，生产效率提高了近 10 倍，节约成本约 60%。

从 FSW 技术的工艺特性和设备实现来看，航天航空领域是 FSW 技术最有应用前景的领域之一，然而，作为一项革命性的材料连接技术，FSW 技术在我国航空领域的推广和应用，必须解决的关键问题之一就是铝合金焊缝区的腐蚀与防护问题。本技术为 FSW 技术主要解决焊后应力腐蚀敏感性问题、为航空飞行器制造实现“以焊代铆”奠定重要的技术支撑和理论依据。前期研究结果表明该技术有助于清除 FSW 技术在航空大型飞行器制备推广应用中有关腐蚀与防护问题的技术障碍。

2. 技术创新

该方法首先对采用搅拌摩擦焊焊接完成后的焊接接头处进行电阻加热，使其温度达到 500℃，然后采用粒度为纳米级别(尺寸在 1-500nm)的二氧化硅颗粒(或其他疏水性颗粒)对焊接接头进行冷喷涂表面处理，送粉速率为 30g/min，送粉距离为 25mm，使焊接接头处形成厚度为 150μm 的疏水性冷喷涂层。该技术不仅可以方便有效地提高搅拌摩擦焊焊接接头的耐腐蚀性能，延长搅拌摩擦焊焊接接头的使用寿命，而且处理方法简单易实现，处理效果稳定性强、性能可靠，经济实用，因此极具实际价值。

冷喷涂过程使得细化晶粒区域晶粒弯曲、晶界细化甚至不连续，第二相析出并以聚集态囊状分布，同时该区域的位错得到了有效改善，如图 1 所示。在涂层与基体界面结合位置，塑性变形程度最高，颗粒受到了较强的挤压作用。此处位置热效应要明显弱于挤压力，故颗粒尺寸明显变小，发生细化，沿剪切方向表现为拉长的细化晶粒，同时巨大的挤压力使得晶界发生明显细化。证明冷喷过程机理主要是塑性变形，可以有效避免高温引起的各种冶金问题。

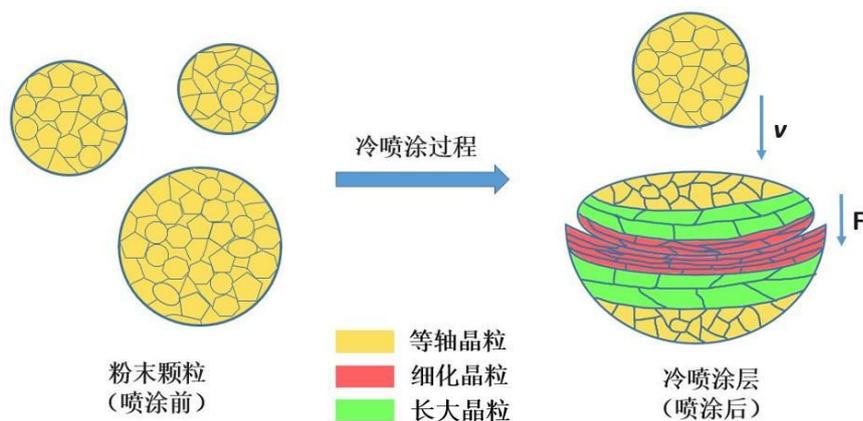


图1 冷喷涂碰撞模型

利用微区电化学方法对涂层及搅拌摩擦焊接接头各个区域进行阻抗测定。得到的 3D 图谱如图 2 所示，涂层区的阻抗值最高，通过对阻抗值的测定，可以发现涂层的耐腐蚀性能要明显优于接头区域以及母材区域，证明该技术可以有效缓解接头的腐蚀敏感性问题。

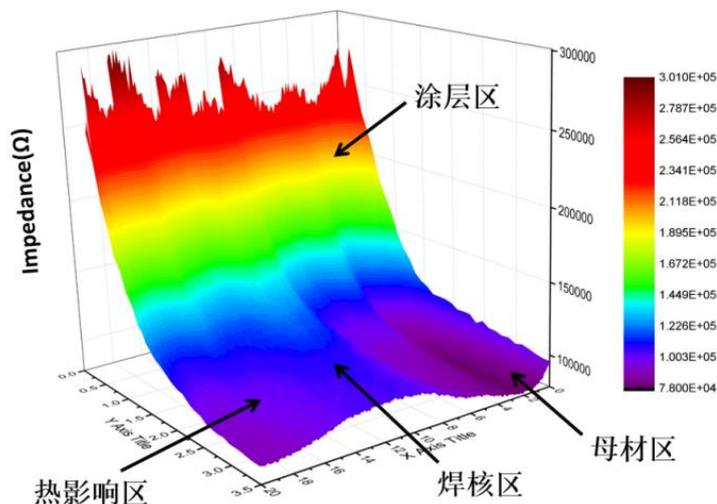


图2 微区电化学阻抗图谱

3 推广应用

基于该技术的发明专利

(1) 张华, 张常宇, 崔冰, 潘睿, 窦程亮, 邵童阁, 张巍.一种提高搅拌摩擦焊接头耐腐蚀性能的方法, 中华人民共和国发明专利, ZL201810327042.4, 授权公告日: 2020.9.29

4 联系方式

联系人: 张华教授

联系电话: 13521880280

邮箱: huazhang@bipt.edu.cn