

低能耗等离子电解氧化技术的开发与应用

1 背景及意义

近些年来,在国家“节能减排”的政策号召下,在实现材料行业可持续性发展理论的推动下,减少能源消耗、提高资源利用率已成为全世界人民所面临的重要而紧迫的问题。尤其近年来,随着数码 3C、汽车工业、航空航天工业和电子通讯领域的迅速发展,轻金属被越来越多的使用。其中镁合金因其密度低、比强度高、比模量高等特点,能够有效的通过降低产品的自重,继而达到降低资源、能源消耗和减少环境污染的目的,是目前最为流行的“21 世纪的绿色材料”。

但是镁为活泼金属元素,其与多种介质都能发生腐蚀现象,其表面质地也较软,所以需要镁合金进行表面改性。现阶段等离子电解氧化技术(Plasma electrolytic oxidation, 又称微弧氧化技术 Micro-arc oxidation)是镁合金使用最为广泛的表面处理方式。其原理是将镁合金的放电区引入到弧光区,利用弧光区的瞬间高温烧结作用在镁合金基体表面原位生长陶瓷层。该陶瓷层具有耐磨耐蚀性好、结合力强、硬度高等优点,能够有效的提高镁合金的表面性能。但常规等离子电解氧化技术的工作电压常常在 400 V 以上,且需要专用的调频设备进行调频,因此造成了大量的电力消耗,加之高电压对电网负担极大,这造成了高额的电力成本,也成为了等离子电解氧化技术在工业推广中的最为主要的问题。

2 技术创新

为了降低等离子电解氧化技术的能耗,开发了前处理方法与低能耗电解的方法来降低等离子电解氧化过程的能耗。

本研究的前处理方法包括酸碱前处理、稀土前处理、电化学前处理、电化学辅助离子液体前处理四种方法,能够有效影响对常规 PEO 电解过程,降低常规 PEO 过程的起弧电压,起到降低能耗的作用,其膜层的单位体积能耗(Energy consumption per unit volume, ECPUV)较常规 PEO 处理降低 8~15%,此外,前处理的方法还能有效的提升等离子电解氧化的膜层性能。可以作为现有的常规等离子电解氧化膜层的有效改进手段。

本研究也从等离子电解氧化电解液体系入手,研发具有自主知识产权的低能耗等离子电解氧化(LEPEO)电解体系。使用该电解体系,可在较低的工作电压(~100 V)下制备出等离子体电解氧化膜层,单位体积能耗较常规 PEO 节能 50%~60%。SEM、EDS 和 GIXRD 结果表明,LEPEO 膜层与 PEO 膜层在形态、厚度、元素类型和分布上并没有明显差异,但 LEPEO 膜层仅为 MgO 和无定形 SiO_x,相组成较简单。原位拉伸结果表明,LEPEO 膜层的抗拉强度与断裂变形量显著提升,而常规 PEO 膜层无明显变化。电化学腐蚀结果表明,LEPEO 膜层的腐蚀电流密度、腐蚀速率都比常规 PEO 膜层低 1~2 个数量级,LEPEO 膜层的自腐蚀电位比常规 PEO 膜层正移,并具有更大的电荷转移电阻值。展现出了更好电化学腐蚀性能。盐雾腐蚀结果表明,LEPEO 膜层在相同时间内产生的腐蚀坑密度更低,直径更小,膜层保留更完整,具备良好的耐盐雾腐蚀性能。其工艺流程及相关检测及表征见图 1。

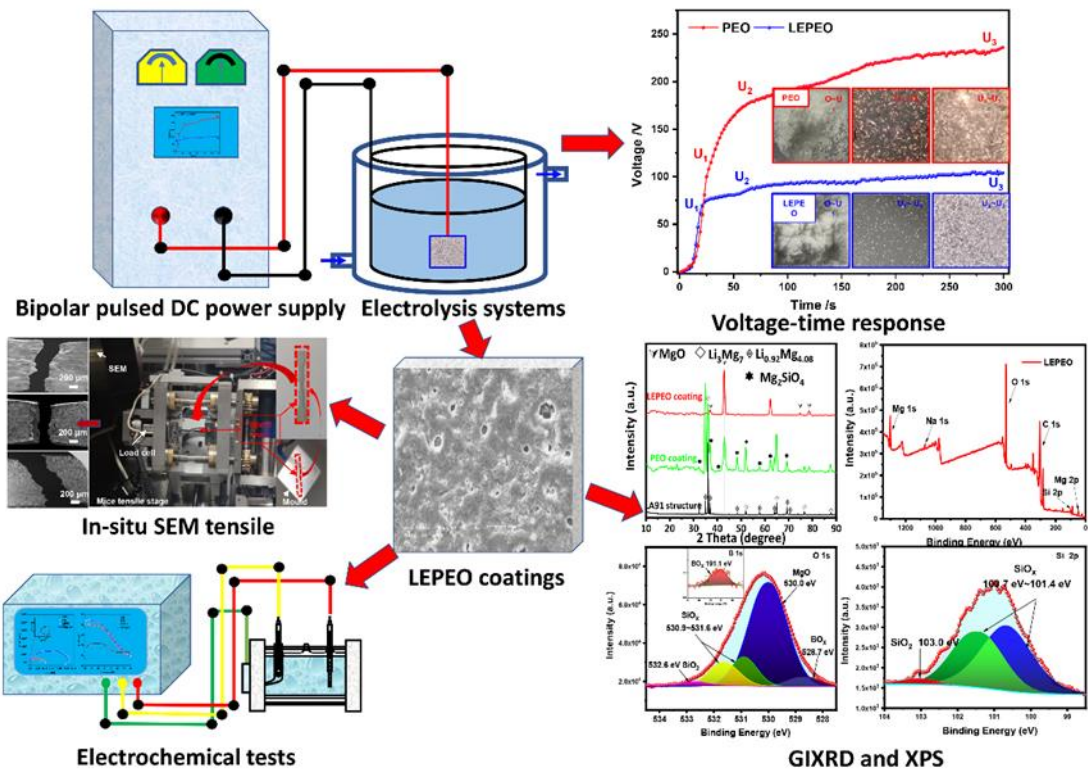


图 1 工艺流程及相关检测及表征

3 推广应用

本项目的已经教育有多项自主知识产权，如下

国家发明专利：

[1] 陈飞,田昊阅,窦铮,雷楚彬,赵子聪,荣志伟,郭磊,白宇波. 一种镁合金自支撑微弧氧化膜层的制备方法[P]. 北京市: CN113564662A,2021-10-29.

[2] 陈飞,田昊阅,张优,窦铮,佟艾佳,郭磊,白宇波. 一种镁锂合金微弧氧化膜层表面的稀土前处理工艺[P]. 北京市: CN112981496A,2021-06-18.

[3] 陈飞,田昊阅,张玉林,窦铮,段兴云,庄佳庚. 一种镁合金表面低能耗微弧氧化方法[P]. 北京市: CN112144090A,2020-12-29.

[4] 张优,田昊阅,陈飞,李浙锋,刘欣,齐佳. 一种镁锂合金表面前处理方法[P]. 北京市: CN108342742B,2019-10-01.

4 联系方式

联系人：陈飞教授

联系电话：13522761169

邮箱：chenfei@bipt.edu.cn