

LY12Al 合金微弧氧化过程中电流和电压变化规律

李淑华 程金生 尹玉军 杨润泽 辛文彤

(军械工程学院机械制造基础教研室 石家庄 050003)

摘要 研究和分析了微弧氧化过程中电流和电压变化规律以及微弧产生的机理. 结果表明, 电压是影响微弧氧化的主要因素之一, 电压值过高将造成陶瓷膜的破坏. 电流值在微弧氧化过程中的各个阶段相异. 微弧氧化过程具有明显的阶段性, 可初步分为初始氧化膜形成阶段、微弧诱发阶段和平衡氧化阶段.

关键词 微弧氧化 电压 电流

中图分类号 TG178 **文献标识码** A **文章编号** 1002-6495(2001)06-0362-03

CHANGING REGULARITY ON CURRENT AND VOLTAGE DURING MICROARC OXIDATION OF LY12 ALLOY

LI Shuhua, CHENG Jinsheng, YIN Yujun, YANG Runze, XIN Wentong

(*Ordnance of Engineering College, Shijiazhuang 050003*)

ABSTRACT The changing regularity of current and voltage and the producing mechanism of microarc during the microarc oxidation of LY12 alloy were investigated. The results showed that the voltage is one of the main factors during microarc oxidation. The ceramic coating would be destroyed under the condition that voltage was overload. The different electric currents were corresponding to distinct stages. Three distinct stages were observed during microarc oxidation, i. e. The initial stage represents that ceramic coating was produced, the second microarc was aroused and finally the third the steady oxidation stage.

KEY WORDS microarc oxidation, voltage, electric current

微弧氧化(MAO-Microarc-Oxidation)又称微等离子体氧化或阳极火花沉淀;是一种在有色金属表面原位生长陶瓷膜的新技术.微弧氧化采用较高的工作电压,将工作区域由普通的阳极氧化法的法拉地区域引入到高压放电区域,这不仅是对现有阳极氧化理论的突破,而且采用该技术在Al合金表面生长一层致密的氧化铝陶瓷膜,这层保护膜厚达300 μm,最高显微硬度超过HV3000,绝缘电阻大于100 MΩ、与基体结合力强、尺寸变化小,使Al合金耐磨损、耐腐蚀、抗冲击及绝缘性能得到极大改善^[1,2],在航空、航天、机械、电子、装饰等领域有广泛应用前景.

本文根据试验过程中观察的现象,研究了LY12 Al合金微弧氧化过程中电流、电压的变化规律.

1 实验方法

采用自行研制的30 kw微弧氧化装置进行表面处理,它主要有高压电源、电解槽、搅拌系统、冷却系统等构成.不锈钢板可兼作电极使用,冷却系统可保持电解温度相对稳定,并通过搅拌以提高溶液中电解质的均匀性.LY12 Al合金作为原材料,样品为φ20 mm×5 mm的园饼,使用蒸馏水配置的5 g/L NaOH溶液,电解质的温度为20~45℃,材料表面除油后放入电解槽中进行微弧氧化,电流密度为10 A/dm².

2 结果及讨论

2.1 微弧氧化原理及现象

试验过程中发现,微弧氧化过程具有明显的阶段性,样品放入电解液中,通电后材料表面有大量气泡产生,金属光泽逐渐消失;第二阶段是当电极间电压超过某一临界值时,材料表面出现大量非常微小的不稳定白色弧光点,这是由于氧化膜某些部分被

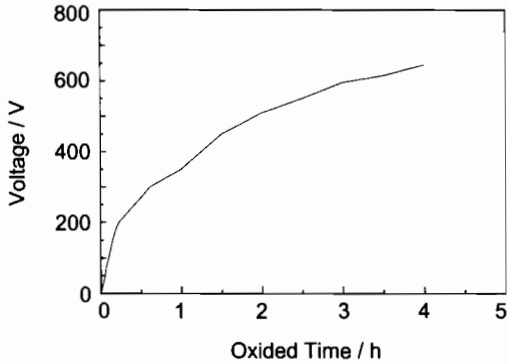


Fig. 1 Changing regularity of voltage

高压击穿,发生微区弧光放电现象;第三阶段是随着电压的升高,材料表面非常微小的白色弧光点逐渐变红,并逐渐增多,最后占据材料的全部表面.随着时间的延长,如不继续加电压,红色弧光点会越来越小,甚至最后消失.但是,如果不断增加电压,会观察到红色的弧光不断往深层移动,持续一段时间后,内层可能也形成较完整的 Al_2O_3 电绝缘层.而且,随氧化膜的加厚,微等离子体造成的熔融氧化物凝固后可能在表面形成较完整的凝固结晶层,导电通道封闭,使红色弧斑减少直至消失.然而,等离子体现象仍然存在,氧化并未终止,进入第四阶段,即氧化、溶解、凝固平稳阶段.因击穿总是在相对部位进行,因此最终生成氧化膜很均匀每个弧点存在时间很短,但微等离子体区瞬间温度非常高并形成局部高压, Van^[3]认为其温度超过 2000°C , Timoshenko^[4]计算出其温度可达 8000 K ;在此区域内存在熔融甚至气化的 Al_2O_3 和 Al ,并与溶液发生反应,熔融物激冷形成 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 等各种相^[5].如果试验过程中参数控制得当,4个阶段结束后,材料表面形成一层质地坚硬的膜层.否则生成的膜层发生溶解或崩裂.

2.2 电压变化规律

微弧氧化突破传统阳极氧化的限制,利用电极间施加很高的电压使浸在电解液中的电极表面发生微弧放电现象,在 Al 、 Mg 、 Ti 金属表面生成微弧氧化膜,因此电压的高低是影响微弧氧化的主要因素之一.图 1 是微弧氧化过程中的电压变化规律.

可见,在微弧氧化过程中随着氧化时间的加长,电压不断增加,在电场作用下,材料表面生成一层带有绝缘特征的 Al_2O_3 氧化膜.随着时间的延长,氧化膜厚度逐渐增加,其承受的电压也越来越大,再加上材料表面有大量气体生成,为等离子体的产生创造

了条件.当电压升高到某一值后,初生的氧化膜被击穿,材料表面形成大量的等离子体微弧并在材料表面不断移动,在等离子体作用下形成的瞬间高温高压微区使氧化膜溶解,等离子体弧消失后,电解液很快将热量带走,熔融物迅速凝固,在材料表面形成坚硬的可在玻璃表面刻划出明显痕迹而自身无损的膜层.在本试验条件下微弧氧化电压最高为 650 V ,超过 650 V 时,氧化过程发出尖锐的爆破声音,氧化膜有大块脱落、崩离现象发生.

2.3 电流变化规律

微弧氧化过程中,观察电流变化规律发现,在不同的时间段内,在不同的电压值下,峰值电流 (I_p) 变化规律存在差异.图 2 是微弧氧化峰值电流 I_p 随时间的变化曲线.

可见,峰值电流 I_p 随时间的变化规律明显分为 3 个阶段,第一阶段是初始氧化膜的形成阶段,峰值电流 I_p 迅速下降;第二阶段为微弧的诱发阶段,峰值电流从最小值开始回升;第三阶段是平衡氧化阶段,峰值电流 I_p 稳定中缓慢下降.

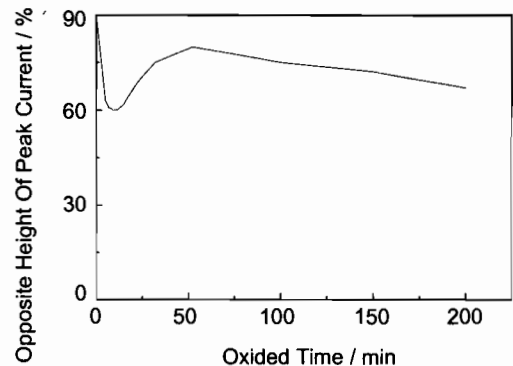


Fig. 2 Changing curve of peak electric current against time

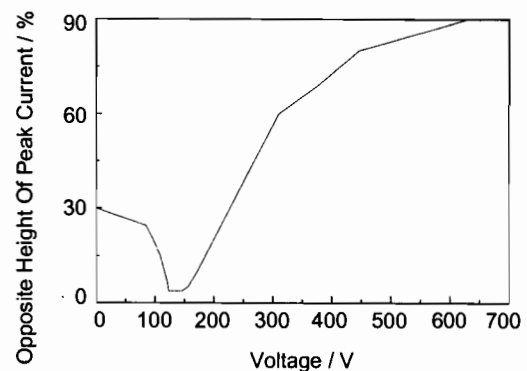


Fig. 3 Changing curve of peak electric current against voltage

峰值电流 I_p 随电压变化的曲线见图 3, 峰值电流 I_p 在电压为 100~200 V 范围内有一显著下降, 而后又随电压的增加而上升, 产生这一现象的主要原因是在 100~200 V 电压范围内有一初始氧化膜的形成阶段, 峰值电流 I_p 迅速下降; 而后又随着电压的加大, 进而引起膜的介电击穿发生微区弧光放电. 电流 I_p 不断增大至氧化结束.

3 结论

1 电压是影响微弧氧化的重要因素之一, 氧化时间越长, 电压值应越大. 氧化膜厚度是随电压的增加而增加的. 但电压不应太大, 否则将使生成的氧化膜被破坏. 在本试验条件下, 微弧氧化所采用的最高电压为 650 V.

2 微弧氧化过程中, 峰值电流明显分为 3 个阶段, 初始氧化膜形成阶段, 峰值电流 I_p 在稳定中稍有下降; 微弧诱发阶段, 峰值电流 I_p 从最小值开始回生; 平衡氧化阶段, 峰值电流 I_p 在稳定中稍有下降.

参考文献:

- [1] 薛文斌, 邓志威, 来永春等. 中国有色金属学报, 1997, 17(3): 140
- [2] 邓志威, 薛文斌, 汪新福等. 材料保护, 1996, 29(2): 15
- [3] Van T B, Brown S D, Wirt Z G P. Am Cerami Soc Bulletin, 1977, 56(6): 563.
- [4] Timoshenko A, V, Opara B, K, Magurova Yu. V. 12th proc. in-tel. Corros. Conge, Nace; Houston, 1993, 1: 280
- [5] 薛文斌, 邓志威, 来永春等. 电镀与精饰, 1996, 18(5):