

铝合金电阻点焊电极延寿技术的研究

李青松¹, 罗震², 李中伟¹, 张东文¹

(1.河北省电力研究院, 河北 石家庄 050021; 2.天津大学, 天津 300072)

摘要:在铝合金点焊过程中, 接头强度的波动、表面成形差、表面清理工艺复杂、飞溅多以及电极使用寿命短等问题都影响了铝合金点焊工艺的推广, 而电极烧损又是导致这些问题的主要原因。以实验为基础探讨了铝合金电阻点焊时电极发生烧损的机理及其影响因素, 为进一步解决电极烧损问题提供了一些理论依据。通过实验寻找一种较好的能涂敷在铝合金表面的物质, 这层物质涂层能有效提高点焊铝合金时铜电极的使用寿命。

关键词: 铝合金; 电阻点焊; 电极失效

中图分类号: TG457.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2303(2009)07-0059-03

Research on maintaining service life technology for the electrode of Al-alloy resistance spot welding

LI Qing-song¹, LUO Zhen², LI Zhong-wei¹, ZHANG Dong-wen¹

(1.Hebei Electric Power Research Insititute, Shijianzhuang 050021, China; 2.Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: To weld aluminum alloy with resistance spot welding, to generalize resistance spot welding technology for aluminum alloy is affected caused by some questions, such as the fluctuating of joint's hardness, bad surfacing formation, complicated cleaning surface process, more welding spatter, and low service life of electorde, etc. And the fire waste of electrode is the main causation which affects to generalize resistance spot welding technology for aluminum alloy. In this paper, the mechanism and its influnce facts of fire waste of aluminum alloy when resistance spot welding based on experiments are discussed, and the theroy basis for solving fire waste of electrode is provided. To search a special material for coating the surface of alminum alloy by experimets. This coating can improve the service life of electrode.

Key words: aluminum alloy; resistance spot welding; electrode failure

0 前言

铝及其合金具有强度高、耐腐蚀、易加工成型、可以反复回收利用等优点, 在汽车工业中得到广泛的应用。目前, 世界上经济发达的国家已开始进行铝合金汽车的研制, 美国、德国、日本等国家先后推出了铝合金车身的“未来型”汽车^[1]。

铝合金导电、导热能力优良, 加之表面还有一层高熔点、低导电率的致密氧化膜, 因而接触电阻幅值较大且不稳定。这些特点对点焊热过程有着重要的影响, 也影响了其形核过程。与低碳钢等传统材料相比, 铝合金点焊的形核过程具有自己的特点。而电阻点焊连接工艺在铝合金薄板结构件生产中却远没得到广泛应用。其中, 铝合金电阻点焊中的电极烧

损(电极寿命低、飞溅大、焊点表面成形差和点焊接头质量不稳定等问题^[2])就是限制该工艺推广应用的主要原因之一。对于低碳钢点焊, 电极寿命可以达到几千个焊点, 而点焊铝合金一般仅能达到几十个焊点。

本研究通过实验寻找一种较好的能涂敷在铝合金表面的物质, 而这层物质涂层能有效提高点焊铝合金时铜电极的使用寿命。

1 电极材料工艺实验

1.1 实验设备

采用 MIYACHI IS-444B 固定式点焊机; 铬钴铜锥形电极^[3], 直径 φ 4.5 mm; 焊件材料是 LF21 铝合金板, 尺寸 20 mm×10 mm×1.2 mm。

1.2 实验过程

LF21 铝合金板清洗除膜, 并分为四组。第一组铝

收稿日期: 2008-10-22; 修回日期: 2009-07-02

作者简介: 李青松(1982—), 男, 天津人, 助理工程师, 硕士, 主要从事与点焊相关的工作。

合金板表面不作处理;第二组铝合金板表面涂一层硫酸铜溶液;第三组铝合金板表面涂一层有机物油;第四组铝合金板表面涂一层有机物油,再在油的表面均匀涂一层碳化硼粉末;然后分别焊 100 点。焊到 10 点、30 点、50 点、70 点、100 点时分别将上电极表面用体视显微镜拍照,做好记录以便比较。然后将第一组和第四组的铝合金板分别点焊到 200 点,对焊后的电极端面用扫描电镜拍照,进行比较分析。

2 实验结果及其分析

将第一组和第四组的铝合金板点焊 200 次后,对上电极端面进行扫描电镜,扫描结果如图 1、图 2 所示。由图可知,铝合金板上的部分铝发生了解理断裂,被粘附到上电极端面凹坑处。其原因在于铝合金板的塑性变形严重受阻,使得铝合金板不易发生变形,被迫从某一特定的结晶学平面发生分离,产生断裂。解理断裂在宏观上为平齐断口,断口一般与主应力垂直,断口具有金属光泽。解理断裂往往是急速扩展,其宏观断口常呈现放射状撕裂花样,即所谓的人字形花样,该人字形花样尖峰指向裂纹源。解理断口的微观形貌有河流花样、舌状花样和扇形花样等。

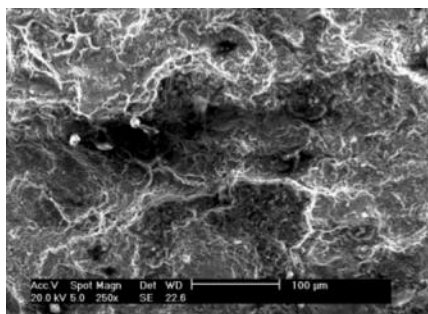


图 1 点焊不涂油铝板 200 点时电极 250 倍下的形貌

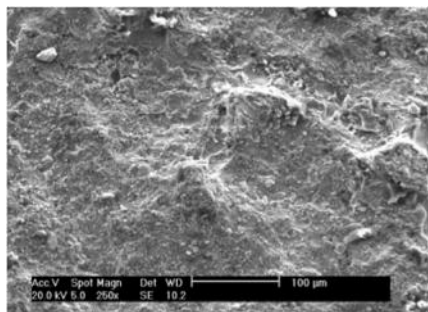


图 2 点焊涂油铝板 200 点时电极 250 倍下的形貌

比较图 1、图 2 还可知,铝合金板表面不涂油点焊时,焊后电极表面撕扯较表面加油时严重,有更多的撕扯裂纹,故其电极表面磨损情况要比铝合金板表面涂油时电极磨损严重得多。这是由于铝合金

板表面涂油时,一方面机油可以起到散热的作用,降低上电极和工件接触面之间的温度,从而减小了铜电极在压力作用下的塑性变形;另一方面,机油在一定程度上减少了铜、铝的接触,降低了铜铝之间的扩散速度,进而减轻了铜铝合金化。故有机油能较好地保护上电极,减小上电极的磨损腐蚀,延长电极使用寿命。

在几组试样中,铝合金板表面在不进行任何处理时,电极磨损最严重、飞溅最多,而加油和碳化硼的上电极表面磨损、腐蚀最少,电极寿命最长。图 3~图 6 是第一、二、三、四组试样分别点焊 100 次后的电极端面形貌,由图可知,加油和碳化硼的上电极端面有较少的凹坑,表面粘附的铝也较少,形貌较好。

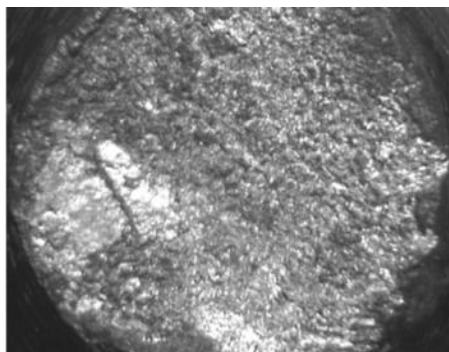


图 3 酸化不加油上电极 100 点

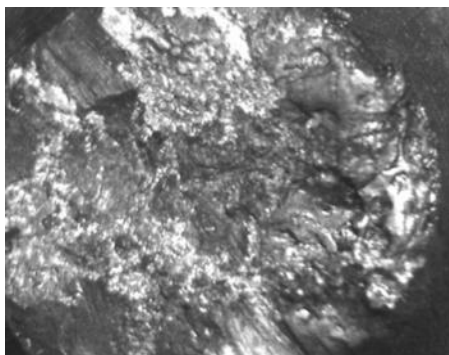


图 4 CuSO_4 上电极 100 点

选取 3 组试样,分别测量在 1.25 倍显微镜下的上电极直径大小,计算出上电极直径的变化量,见表 1。

由表 1 可知,铝合金板表面涂有机物油和碳化硼时的上电极直径变化量最小,电极磨损腐蚀最少,塑性变形最小,电极寿命最长。

表面涂油加碳化硼的铝合金点焊 200 次后的电极端面形貌如图 7、图 8 所示,由图可知,在电极表面的凹坑处有积聚的 B_4C 存在,这正是这种情况下电极受磨损较轻的关键所在。

B_4C 具有强度高、硬度大、耐磨损、摩擦因数



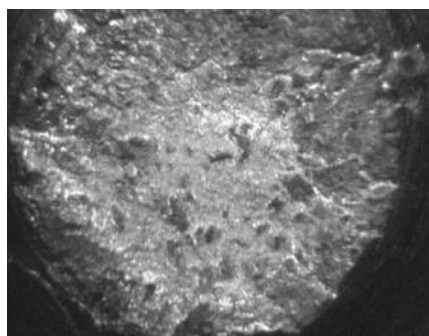


图5 涂油上电极 100 点

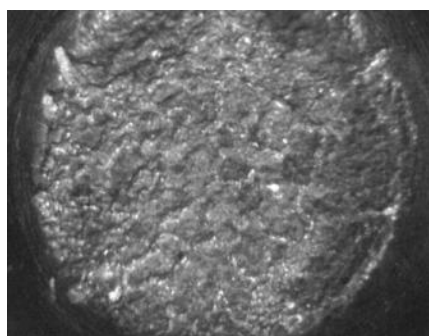


图6 碳化硼上电极 100 点

表1 上电极在 1.25 倍显微镜下的变化量

点数	上电极直径变化量 $\Delta \varphi$ /mm		
	碳化硼+有机油	有机油	硫酸铜
10~30	0.270 8	0.395 8	0.395 0
30~50	0.096 4	0.229 2	0.148 5
50~70	0.091 1	0.145 8	0.267 4
70~100	0.181 5	0.214 4	0.342 6

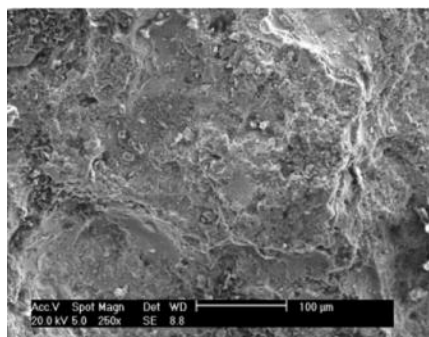


图7 油加碳化硼 200 点后电极端面形貌(250 倍)

低、抗击性、自润滑性和自抛光性好等优点,能有效阻止铜铝合金化和电极的磨损。如果将自然界中所有物质按硬度排列顺序,金刚石高居榜首,立方氮化硼次之, B_4C 位居第三。 B_4C 广泛应用于航空、航天、导弹、汽车等领域,是一种重要的磨料和耐磨材料。其密度是陶瓷材料中最低的,仅为 2.52 g/cm^3 ,比金属铝(2.7 g/cm^3)还低,仅是 WC 密度(15.72 g/cm^3)的 $1/6$ 。与金属的性能比较而言,它可能成为一种很有应用

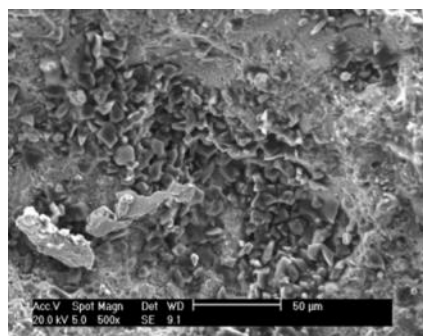


图8 油加碳化硼 200 点后电极端面形貌(500 倍)

前景的金属基复合材料用增强相,从而获得具有高的比强度、高耐磨性的新材料^[4]。

B_4C 属于共价键化合物,它的另一个重要性能是中子吸收能力高,材质硬、耐高温且耐腐蚀,恒定的高温强度(大于 30 GPa),热稳定性好。

由于 B_4C 有较高的熔点(2350°C),很低的热导率,而一般铜电极材料的再结晶温度大约在 $700^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ 之间,故点焊铝合金时 B_4C 可以抑制电极材料的再结晶,减轻电极的磨损。其次, B_4C 的高强度和高硬度在点焊铝合金时可以减少铜电极的塑性变形,降低了铜铝之间的扩散速度,从而减少了铜铝合金化的发生。

4 结论

通过在铝合金板表面涂敷不同的新物质材料,成功地减弱了电极的铜铝合金化、减轻了电极的塑性变形和磨损,有效改善了影响铝合金点焊质量和电极寿命的重要因素。

(1)在铝合金表面加入有机油、硫酸铜溶液、碳化硼等,都能改善基体组织,有效减弱了点焊时的铜铝合金化。

(2)在铝合金表面加入有机油和碳化硼的效果最好,电极磨损最轻,说明这种方法是可行的,从而为提高电极的寿命提供了一个崭新的方法。

参考文献:

- [1] Dildthey Ulrich. Metallographic investigations into wear processes of electrodes during the resistance spot welding of aluminum[J]. Welding and Cutting, 1998, 37(1): 34-40.
- [2] 常保华, 都东. 铝合金电阻点焊中电极点蚀对焊接质量的影响[J]. 机械工程学报, 2004, 40(5): 13-19.
- [3] 方善锋, 王零犀, 吴芳. B_4C 材料的摩擦特性研究[J]. 稀有金属与硬质合金, 2000, 12(143): 39-43.
- [4] 尹邦跃, 王零森, 方寅初. 纯 B_4C 和掺碳 B_4C 的烧结机制[J]. 硅酸盐学报, 2001, 29(1): 68-71.