

提高汽车车身电阻焊电极屈服强度的研究*

黄敏纯¹, 姜 海², 朱晓林¹

(1. 福州大学 机械工程及自动化学院 福建 福州 350002 ;
2. 合肥学院 机械工程系 安徽 合肥 230022)

摘 要 :研究了电阻焊电极合金经 93K 低温处理后晶粒细化对高温屈服强度的影响。研究结果表明 :增加单位体积的晶界数量 ,即增加单位体积的晶界能 ,能提高电极合金的塑性变形阻力。电极承载时 ,近似平面应变 ,符合 Brinell 硬度试验的 $HB/Y \approx 2.8 \sim 2.9$ 关系式。单位体积内晶界数量增多 ,意味着合金固溶体在切应力作用下滑移阻力增大 ,这可用 Hall—Patch 的关系式给予解释。

关键词 :屈服强度 ;电极 ;平面应变 ;塑性变形 ;切应力

中图分类号 :TG115.5 **文献标识码** :A **文章编号** :1671-532X(2004)01-0031-03

电阻焊接技术广泛应用在汽车、航空、航天及电子等行业中。汽车车身的焊接生产线上配置了许多焊接机械手 ,构成连续自动生产线 ;同时 ,汽车制造商开始使用具备较好抗腐蚀性能的镀锌钢板制造中高档轿车车身 ,因而生产技术要求高 ,对电阻焊电极的焊接工艺性能要求十分苛刻。为了能适应汽车工业的发展要求 ,必须提高电极的性能 ,其中最重要的就是电极合金的高温压缩屈服强度。作者经过较长时间的研究 ,发现铬锆铜合金经过 93K 改性处理 ,细化了合金的组织 ,有效地提高了电极的高温抗塑性变形能力。生产实践证明 ,经 93K 低温处理后 ,电极使用寿命可提高 2 倍左右。

1 试验设备和工艺方法

电阻焊电极合金的化学成分见表 1。采用 QY-20A 型金属低温处理设备对铬锆铜电极晶粒细化处理。QY-20A 型金属低温处理设备由 5 部分组成 ,见图 1。

处理工艺方法 :将电极放入真空低温炉内 ,以一定的降温速率缓慢降温至 93K (即 -180℃) ,等

温 1.4×10^3 min ,最后按一定方式复热至室温。

2 实验结果与分析

2.1 93K 工艺处理铬锆铜合金显微分析

图 2 为反映电极合金晶粒大小变化的金相组织照片。从图 2b 可以看出 :电极合金经过 93K 低温处理后 ,晶粒明显细化 ,即增加了单位体积内的晶界数量 ,也就是增加了单位体积的晶界能 ;此外 ,还析出金属化合物及形成孪晶结构。因此 ,电阻焊电极的塑性变形抗力得到提高^[1]。

2.2 铬锆铜合金高温软化性能试验与压缩屈服强度

电阻焊电极工作时塑性变形量不大 ,所以常用压入硬度法测试电极的性能。表 2 为铬锆铜合金电极两种不同处理状态下的抗软化性能和压缩屈服强度。由 Brinell(布氏)硬度试验法导出 $HB/Y \approx 2.8 \sim 2.9$ 半经验关系式^[2] ,其中 , Y 为屈服强度 , HB 为 Brinell 硬度值 ;由于布氏硬度法与 HRB 硬度法一样 ,都是用硬钢球压入试验法 ,所以可用 HRB 值代替 HB 值 ,由上面表达式就可估算出表 2 中的压缩屈服强度值。

* 收稿日期 :2003-09-10

作者简介 :黄敏纯(1966-) ,男 ,福建福州市人 ,福州大学机械工程及自动化学院讲师。

表 1 电极合金的化学成分

Table 1 the chemical constitution of electrode alloy

主要成分/%			杂质,不大于/%				
铅	0.15~0.25	铈	0.005	铋	0.002	铁	0.05
铬	0.80~1.20	锡	0.005	镍	0.02	铅	0.01
铜	余量	硫	0.01				总和 0.50

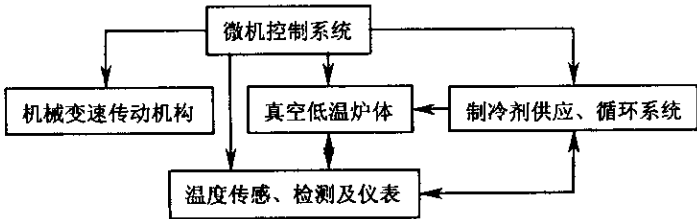
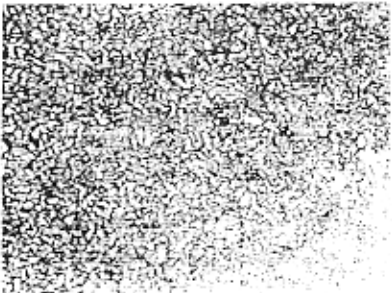


图 1 QY-20A 型金属低温处理设备框图

Fig.1 the block graph of QY-20A metal cryogenic treatment equipment



(a) 未经 93K 低温处理(120×)



(b) 经过 93K 低温处理(120×)

图 2 铬锆铜合金两种不同状态的晶粒比较

Fig.2 the Cu-Zr-Cr alloy's grain comparing in two different states

从表 2 可以看出,随着软化温度的上升,电极的高温硬度值(HRB)和压缩屈服强度在 93K 处理后的数值明显比处理前增加。这与电极合金组织细化有密切关系。晶界是原子排列畸变程度较大

的区域,单位体积内晶界数量增多,意味着合金固溶体在切应力作用下滑移阻力增大。这可用 Hall—Patch 关系式 $\sigma_s = \sigma_0 + K_y d^{-1/2}$ 加以解释^[3],其中 σ_s 代表屈服强度; σ_0 是常数,相当于单晶时的屈服强度,它和温度、成分有关; K_y 是表征晶界对强度影响程度的常数,它和晶界结构有关,与温度关系不大; d 代表晶粒大小。当合金晶粒细化时, σ_s 明显增加,合金的塑性流变(均匀变形)性能得到进一步提高。同时,晶粒细化后,电极在同样的变形程度时,其变形量分散在每一个晶粒上,使变形更加均匀,不会造成应力集中而引起电极过早磨损。在焊接电弧烧蚀下,电极端面不容易产生棱角,相对平整的电极端面不会使局部电场增大,不会引起电极导电性能下降^[4]。

3 结 论

电阻焊电极合金经 93K 工艺处理后,合金的显微组织明显细化,单位体积的晶界数量增多,晶界能增大,从而增加了合金的高温塑性变形抗力,提高了合金的高温压缩屈服强度。经汽车车身生产线上十几个工位的使用,电阻焊电极的使用寿命提高 2 倍左右。这为进一步提高铬锆铜合金电极质量提供了一种具有良好经济效益的改性处理技术。

表 2 铬锆铜电极不同处理状态下的抗软化性能与屈服强度

Table2 Cu – Zr – Cr electrode 's resisting softening performance
and yield strength under different treatment states

软化温度/℃	HRB		压缩屈服强度/Y(kg·mm ⁻²)	
	未 93K 处理	93K 处理后	未 93K 处理	93K 处理后
400	84.0	93.0	30.0	33.2
500	82.2	91.0	29.0	32.5
600	80.6	88.0	28.4	30.7
700	57.2	68.5	21.1	24.4

参考文献：

[1] 胡赓祥,钱苗根.金属学[M].上海 :上海科技出版社 ,1980.98 – 104.
[2] 罗 J W 著,张子公,陈金德,陈粹杰,译.工业金属塑性加工原理[M].北京 :机械工业出版社 ,1984.40 – 44.
[3] 刘国勋.金属学原理[M].北京 :冶金工业出版社 ,1980.206 – 207.
[4] 丛吉远,王毅,王永兴,李玉林.提高铜铬触头电寿命的研究[J].金属热处理 ,1999 (11) 27 – 29.

Study on Increasing the Yield Strength of
Autobody Resistance Welding Electrode

HUANG Min – chun¹, JIANG Hai², ZHU Xiao – lin¹

(1. College of Mechanical Engineering and Automation , Fuzhou University , Fujian Fuzhou 350002 , China)
(2. Department of Mechanical Engineering , Hefei University , Anhui Hefei 230022 , China)

Abstract :The influence of resistance welding electrode alloy 's grain refined after 93K cryogenic treatment to high temperature yield strength is studied in this paper . Study result indicates :adding the crystal boundary amount of unit volume , i. e. adding the crystal boundary energy of unit volume , can increase plastic deformation resistance of electrode alloy . When electrode is loaded , it approximates to plane strain and accords with the Brinell hardness test 's relational expression(HB/Y ≈ 2.8 ~ 2.9). The addition of crystal boundary amount in unit volume predicates alloy solid solution 's slip resistance added by the action of shearing stress . It can explain with Hall—Patch relational expressior($\sigma_s = \sigma_0 + K_y d^{-1/2}$).

Keywords :yield strength , electrode , plane strain , plastic deformation , shearing stress