

高强高导铜锆合金热处理工艺研究

仇 璐

(南通航运职业技术学院 船舶与海洋工程系, 江苏 南通 226010)

摘 要:以三种铜锆合金为研究对象,通过硬度测试、电导率测试研究不同热处理工艺和不同银含量对铜锆合金力学性能与导电性能的影响,研究结果证明铜锆合金拥有和铜一样优良的导电性能,在铜锆合金中加入银后,它的强度得到大幅的提升。

关键词:铜锆合金;时效;硬度;导电性

中图分类号:TG156

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2017)04-0049-03

0 引言

由于优良的导电性、导热性、耐蚀性及良好的加工性能,铜被广泛应用在电力、机械制造等行业。但纯铜的强度较低,虽然冷加工能使其强度大幅提高,但会使其塑性降低。^[1]高强度高导电铜合金不仅具有较高的强度和良好的塑性,具备优良的导电性能,还具有较高的抗氧化、抗应力松弛、抗蠕变、抗应力腐蚀能力,同时具备疲劳性能好,无氢脆等性能特点。高强度高导电铜合金克服了纯铜应用上的不足,大大节省了材料,同时又有较长的使用寿命。^[2]美国在研制航天飞机轨道级主发动机时做了大量对比试验发现,铜银锆合金具有最好的低周热疲劳寿命。^[3]本文将研究时效处理对铜锆合金力学性能和导电性能的影响,并比较银含量对铜锆合金性能的影响。

1 试验材料和方法

本次试验中,不同成分的铜锆合金是采用真空熔炼技术制得,其中最主要的变化是银(Ag)的含量。具体的合金成分如表 1 所示。

表 1 实验合金的成分(质量分数)/%

合金编号	Ag	Zr	Cu
1# 合金	—	0.5	余量
2# 合金	0.1	0.5	余量
3# 合金	3.0	0.5	余量

试验中三种铜锆合金经过 920 ℃、保温 50 分钟的固溶处理后,冷轧变形,变形量为 74 %。试验中选取了 380 ℃、400 ℃、410 ℃、420 ℃、430 ℃五种时效温度下保温 2 小时,对比时效温度对铜锆合金的影响。在控制时效温度为 400 ℃,三种铜锆合金分别试样经过 1 h、2 h、3 h、4 h、6 h、8 h 的保温,研究时效时间对铜锆合金性能的影响。试验中,用 7501 型涡流电导仪测量试样电导率。

2 试验结果及分析

2.1 试验结果

(1)Ag 对铜合金性能的影响。Ag 对铜锆合金硬度的影响及 Ag 对铜锆合金电导率的影响分别如图 1 和图 2 所示。比较图 1 和图 2 中各项数据的变化规律可以发现,无论是否经过时效处理,含银量增加,合金的硬度都会大大提高,电导率也会逐渐上升。同时,时效处理后试样的导电率明显要比未经过时效处理试样的

收稿日期:2017-06-12

作者简介:仇璐(1990—),男,江苏南通人,南通航运职业技术学院船舶与海洋工程系助教,硕士。

导电率高。

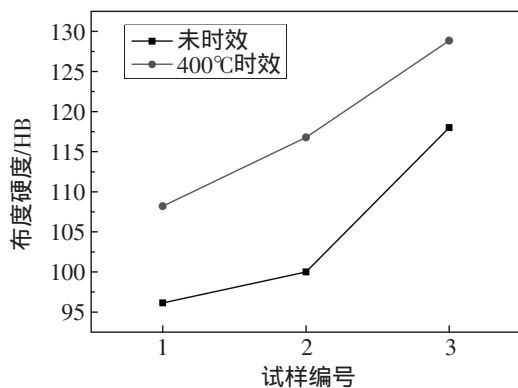


图1 Ag对铜锌合金硬度的影响

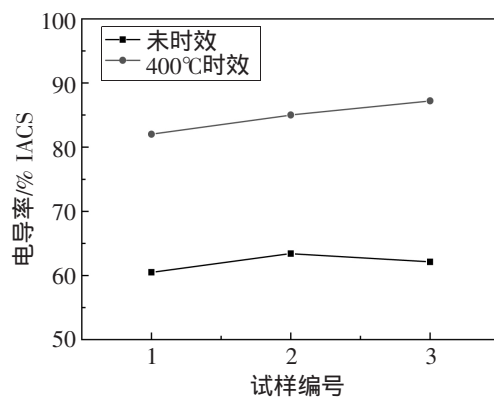


图2 Ag对铜锌合金电导率的影响

(2)时效温度对铜锌合金性能的影响。时效温度对铜锌合金硬度的影响及时效温度对铜锌合金电导率的影响分别如图3和图4所示。图3表明3种合金硬度都随时效温度上升然后下降,1#试样当温度在410℃达到峰值,2#试样在400℃达到峰值,3#试样在400℃达到峰值,然后随时效温度的增加而逐渐降低。因此,1#试样最佳时效温度410℃,2#试样和3#试样的最佳时效温度均为400℃。从图4可知,随着时效温度上升,合金电导率也上升。

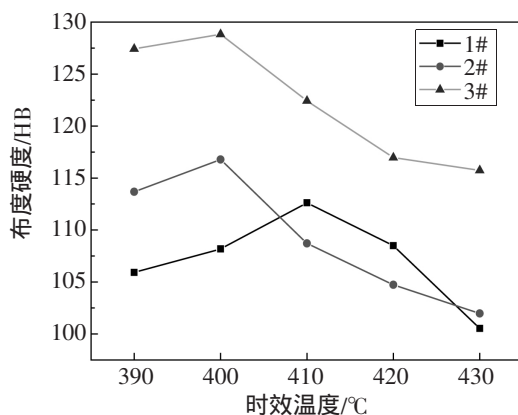


图3 时效温度对铜锌合金硬度的影响

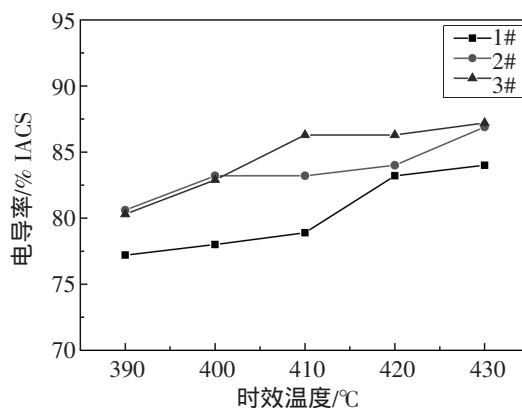


图4 时效温度对铜锌合金电导率的影响

(3)时效时间对铜锌合金性能的影响。时效时间对铜锌合金硬度的影响及时效时间对铜锌合金电导率的影响分别如图5和图6所示。图5显示3种合金的硬度值都出现随时效时间先上升后下降的变化规律,且1#、2#合金都在6h达到最高值,3#试样在4h达到最高值,然后随时效时间的增加而逐渐降低。图6显示3种合金电导率的变化趋势是随着时效时间增加电导率逐渐上升,但是时效4h之后,电导率的变化趋势减小。

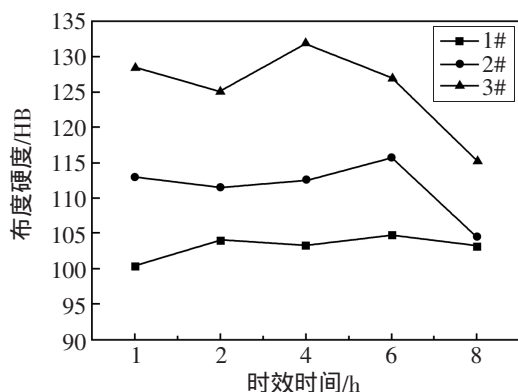


图5 时效时间对铜锌合金硬度的影响

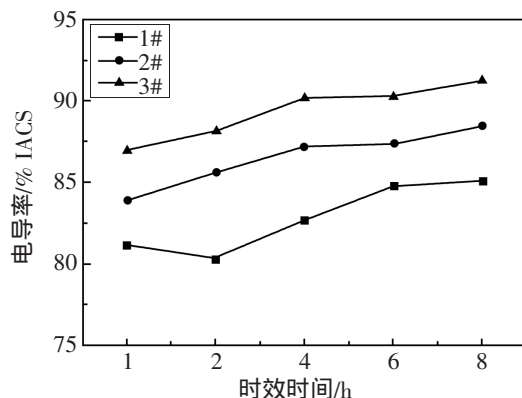


图6 时效时间对铜锌合金电导率的影响

2.2 试验结果分析

(1) Ag 对铜合金性能的影响。三种试验合金都属于时效强化型合金。经过“固溶+时效”处理后,过饱和固溶体分解,产生第二相 β -Ag 和铜锆化合物粒子。 β -Ag 粒子和铜锆化合物粒子在晶界处弥散分布,使得合金的强度增加,同时银的加入,会促进更多的锆元素溶入铜基体中,形成了更高浓度的过饱和固溶体,经时效可以得到大量的、细小的第二相析出物,强化了析出强化的效果。虽然银的导电性好过铜,但是形成固溶体之后,铜合金的电阻率会上升,说明导电性能下降,原因是银溶入铜晶体中增加了电子散射几率。^[4]但是铜合金晶体点阵畸变对电子的散射作用比时效处理析出的第二相引起的散射作用强得多,所以经过时效处理后的合金导电性能会变高。^[5]

(2) 时效工艺下对铜锆合金性能的影响。三种试验材料在经过固溶处理后形成过饱和固溶体,经过时效处理之后从过饱和固溶体中析出许多的 β -Ag 粒子和铜锆化合物粒子,这些粒子会使得合金的强度硬度上升。随着时效温度上升和时效时间延长,铜锆化合物从铜基体中析出,弥散分布在基体周围起到强化的效果。但是,随着时效温度提高和时效时间变长,析出相数量增多,在随后的析出过程中析出相变粗,合金硬度和强度就会随之下降。而电导率则不同,铜锆合金的电导率主要取决于基体的电导率。随着时效温度的提高和时间的延长,基体中溶质浓度下降,合金的电导率随时效工艺温度升高和时间的延长逐渐上升,但随着析出相析出速度变慢,上升趋势逐渐变缓。

3 主要结论

经过上述试验,可得出以下三个结论。第一,银在铜锆合金中能起到强化作用,同时在添加银后,会促进锆溶入铜基体内,使得析出强化效果加强。第二,3种合金经过固溶处理后,CuZr0.5 最佳时效工艺是 410℃,保温 6 小时;CuAg0.1Zr0.5 最佳时效工艺是 400℃,保温 6 小时;CuAg3Zr0.5 最佳时效工艺是 400℃,保温 4 小时。第三,铜锆合金的电导率与铜基体的电导率有密切关系,时效处理可提高铜合金的电导率。

4 结束语

纯铜的强度局限性阻碍了铜的应用,这就对高强高导电铜合金的材料研制提出了迫切要求。本文研究的高强高导铜合金是以铜锆合金为基体,加入适当的银元素制成的。该合金拥有和铜一样优良的导电性能,同时由于银的加入,其强度也出现大幅的上升。本研究将为铜合金性能的提升和热处理工艺的优化提供参考,同时将促进铜合金的进一步应用。

参考文献:

- [1]陈志强.高强高导铜合金的研究概述[J].材料工程,1995(7):3-6.
- [2]张晓辉,李永年,宁远涛.高强度、高导电性 Cu-Ag 合金的研究进展[J].贵金属,2001(1):47-52.
- [3]Y. Sakai, H.-J. Schneider-Muntau. Ultra-high strength, high conductivity Cu-Ag alloy wires [J]. Acta Materialia,1997(3):1017-1023.
- [4]肖世玲.Cu-Ag-Zr 合金组织与性能[D].长沙:中南大学,2006.
- [5]刘平,康布熙,曹兴国,等.快速凝固 Cu-Zr 合金的析出特性及其对性能的影响[J].功能材料,1999(6):624-626.

Study on Heat Treatment Technics of Copper-zirconium Alloys with High-strength and High-conductivity

QIU Lu

(Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering,

Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: Taking three copper-zirconium alloys as the object of the study, the influence of different heat treatment technics and different silver contents on mechanical properties and electric conductivity of copper-zirconium alloys is investigated by using hardness test and electric conductivity test. The results of the study prove that copper-zirconium alloys have the same excellent electric conductivity as copper, and the strength of copper-zirconium alloys can be significantly promoted by being added with silver.

Key words: Copper-zirconium alloys; Aging treatment; Hardness; Electric conductivity