文章编号: 1008-1542(2005)03-0222-03

新型多元复杂含锰铝青铜防爆合金研制

周　岩[1], 王忠民[1], 刘胜新[1], 李熹文[1], 邢国志[2]

(1. 河北科技大学材料科学与工程学院, 河北石家庄　050054; 2. 河北冶金研究院, 河北石家庄 050030)

摘　要: 试验确定了新型多元复杂含锰铝青铜防爆合金的化学成分, 并研究了 B 与 V 微合金化及热处理对该合金硬度及力学性能的影响。结果表明: 该合金经 820 ℃ × 1 h 保温后淬火处理, 合金强度 σ_b 为 985 MPa, 合金伸长率 $\delta \geqslant 18\%$; 且性能稳定, 在强烈冲击和摩擦的条件下, 无火花产生; 用该合金制造的防爆工具没有出现变形、断裂等问题。

关键词: 防爆铜基合金; 热处理工艺; 金相组织; 力学性能

中图分类号: TB331　　文献标识码: A

Research on new complex aluminum-bronze alloy containing Mn

ZHOU Yan[1], WANG Zhong-min[1], LIU Sheng-xin[1], LI Xi-wen[1], XING Guo-zhi[2]

(1. College of Materials Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050054, China; 2 Hebei Metallurgy Research Institute, Shijiazhuang Hebei 050030, China)

Abstract: The composition of new complex aluminum-bronze alloy containing Mn was determined in this paper. The effect of microalloying both V and B and the heat treatment on its hardness and mechanical properties of aluminum-bronze alloy were studied. A yield strength of 985 MPa and elongation of no less than 18% were obtained for the alloy when quenched after soaking for 1 hour at 820 ℃. No spark or explosion would be induced when it was intensively stroked and worn. The anti-explosion tools made by the alloy did not cause deformation and fracture when used.

Key words: explosion-proof cupper base alloy; heat treatment process; microstructure; mechanical properties

防爆工具被广泛地应用在天然气生产、井下采矿、炼油厂、燃料库等易燃易爆的场地。根据防爆工具的使用特点及其对材质的基本要求, 合金应具备高强度、高硬度和一定的冲击韧性, 以防止合金在使用中变形、掉块和断裂。笔者对现有的防爆合金材料进行剖析后认为, 铍青铜是制造防爆工具的优秀材料, 但其存在价格昂贵、对铸件生产条件要求极为苛刻及危害工人身体健康等缺点[1,2]。中国的防爆合金主要靠进口或用其他材料代替[3]。以钛青铜为基本合金, 添加其他微量合金元素, 也可以实现对防爆性能的基本要求, 但钛在大气条件下熔炼产率很低, 且所需的生产设备昂贵, 致使其推广困难。在除铍青铜和钛青铜以外的铜合金中, 铝青铜的强度高、韧性好, 比锡青铜和黄铜高 1 倍以上, 且成本低, 然而在目前所采用的铝青铜防爆工具中, 仍需要依靠添加一定量的 Ni 和 Fe 来保证其强度和硬度, 这将提高合金成本同时使合金的安全系数降低。因此, 开发适合中国国情的新型防爆合金仍是当前重要的课题。

1　研究思路及成分设计

缓冷脆性是铝青铜特有的缺陷。在含锰铝青铜中添加质量分数为 2% ~ 13% 的 Mn, 可提高合金的力学

收稿日期: 2004-09-15; 修回日期: 2004-12-28; 责任编辑: 冯　民
作者简介: 周　岩(1951-), 女, 北京人, 工程师, 主要从事材料表面强化方面的研究。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

性能和熔铸性能。含锰更高(质量分数为 20% ~ 35%) 的铜合金, 其熔铸性能和力学性能都有提高[4~6] 。当含锰铝青铜合金中不含 Ni 时, 其力学性能仍然很好, 且其耐磨性能更优异[7] 。本研究分 4 步进行: 1) 确定合金的基本成分(由实验) ; 2) 确定影响合金性能的主要合金元素; 3) 测定合金力学性能; 4) 观察金相组织并进行定量分析。

1.1　合金基本成分的确定

合金的试验成分、金相组织和力学性能的测试结果见表 1。

表 1　不同防爆铜基合金的金相组织和力学性能

Tab. 1　Microstructures and mechanical properties of different explosion-proof cupper base alloy

试样编号	化学成分	力学性能			金相组织
		σ_b/ MPa	δ_5/ %	硬度(HB)	
1#1	ZCuMn30	406	3	203	单一 α 相
1#2	ZCuMn30Al3	524	4	215	单一 α 相
1#3	ZCuMn30Al3Zn5Fe	694	2.5	260	单一 α 相中分布着细小质点
1#4	ZCuAl8Mn13FeNiMo	692	20	193	α(60%) + β(40%)
1#5	ZCuAl8Mn13Zn7FeNiMo	883	18	312	α(40%) + β(60%) + 少量 K 相
1#6	ZCuAl7Mn12Zn5FeNiMo	524	36.9	264	α(70%) + β(30%)
1#7	ZCuAl6Mn14Zn5FeNiMo	507	40	190	α(65%) + β(35%)
1#8	ZCuAl9Mn10Zn5FeNiMo	738	5.2	311	α(30%) + β(70%)

测试结果表明: 1#1 , 1#2 , 1#3 试样虽然熔铸性能很好, 但强度或伸长率太低, 没有使用价值。

编号为 1#4 合金的金相组织为 α(60%) + β(40%) , 见图 1(a) 。其强度虽然符合工具技术要求(大于 600 MPa) , 但其硬度低, 用其制作的防爆工具在冲击时变形厉害, 并产生严重的砸痕, 所以 1#4 材质不符合服役条件。

编号为 1#6 , 1#7 合金的强度 σ_b 达到 500 ~ 525 MPa, δ_5 为 36.9% ~ 40%, HB 为 190 ~ 264, 其金相组织为 α 相(65% ~ 70%) + β相(35% ~ 30%) , 见图 1(b) 和图 1(c) , 其强度和硬度均不符合工具的技术要求, 实践考核证明, 失效形式主要为变形厉害。

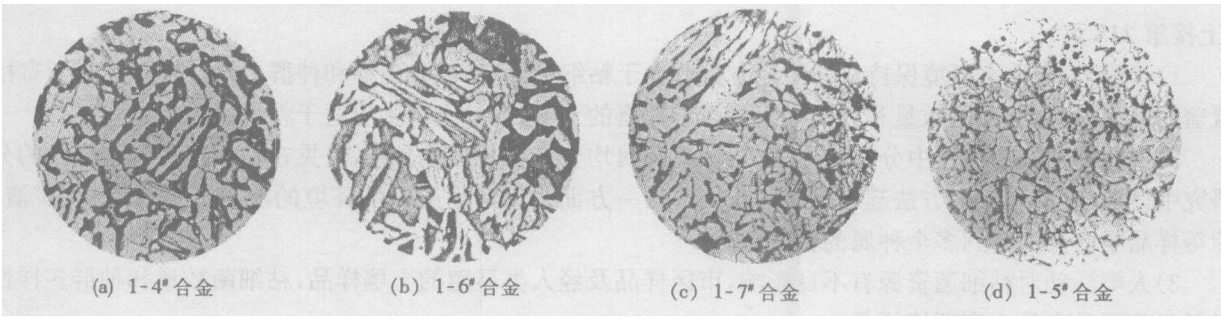

图 1　不同防爆铜基合金的金相组织

Fig. 1　Microstructures of different explosion-proof cupper base alloy

编号为 1#8 试样和 1#5 试样的金相组织(见图 1(d)) 基本相同。多次重复测试结果表明, 1#8 试样和 1#5 试样力学性能差距很大。为了找出其原因, 测试了 2 种试样的显微硬度, 测试结果见表 2。

由表 2 可知, 1#5 试样 α 相的显微硬度明显高于 1#8 试样的 α 相显微硬度, 2 试样 β 相的显微硬度却相差很小, 这是 Zn 大量溶入 α 固溶体中的缘故, 从而提高了 α 相的力学性能。β相是电子化合物, 呈硬而脆的特性, Zn 溶入 β 相可能降低其显微硬度和增加脆性, 所以 Zn 大量溶入 α 固溶体中对提高合金性能有利。这可能是 1#5 试样的强度和伸长率显著高于 1#8 试样的主要原因。

表 2　1#8 试样和 1#5 试样的显微硬度

Tab. 2　Microhardness of samples 8 and 5

试样编号	组织	显微硬度(HV)
1#5	α 相	297
	β 相	325
1#8	α 相	240
	β 相	330

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

根据以上分析, 以 ZCuAl8Mn13Zn7FeNiMo 的铜合金为基础, 再添加 B 和 V 合金元素, 对其进行微量合金化, 并采用适当的热处理工艺, 可以达到挖掘材料潜力、提高合金力学性能的目的。

1.2 1-5# 合金的微量合金化

B 和 V 在含铁的铝青铜中具有长效变质的效果[8]。B 在合金的结晶过程中生成 B_4C, 其晶格结构与 β 相很相近, 故 B 能作为 β 相的活性变质剂; 同时 B 的脱氧能力很强, 对净化晶界、减少夹杂物均起到有利的作用。V 能促进 α 相的分解, 形成金属间化合物质点。

由表 1 可知, 编号为 1-5# 的合金, 强度 σ_b 达到 883 MPa, 伸长率 δ 为 18%, 硬度 HB 为 312, 力学性能优秀。以其为基本成分, 添加 B, V 元素, 对合金进行微量合金化, 并对合金进行 760 ℃×1 h, 820 ℃×1 h, 860 ℃×1 h 水淬热处理, 以最大限度地挖掘材料的潜力。检验表明, 经 820 ℃×1 h 水淬热处理的合金, 强度 σ_b 由 883 MPa 提高到 985 MPa, 硬度 HB 由 312 提高到 325, 伸长率 $\delta_5 \geqslant 18\%$。用该合金制造的诸如活扳手、呆板手、錾子、圆头锤等防爆工具, 经防爆模拟试验, 无火花产生, 防爆工具没有出现变形、掉快、断裂等问题。

2 结 论

以 ZCuAl8Mn13Zn7FeNiMo 为基本成分同时添加 B 和 V 微合金化的新型防爆合金, 经 820 ℃×1 h 淬火处理后, σ_b 为 985 MPa, $\delta \geqslant 18\%$。该合金性能稳定, 在强烈冲击和摩擦条件下, 无火花产生。用该合金制造的防爆工具没有出现变形、掉块、断裂等问题。

参考文献:

[1] 王忠民, 李增民. 新型防爆材料的研究及应用[J]. 铸造技术, 2001, (3): 51-53.
[2] 王忠民, 刘群山, 张忠成. 代铍青铜铝镍黄铜的研究[J]. 热加工工艺, 2003, (1): 49-50.
[3] 潘奇汉. 新型铸造铜合金[J]. 铸造, 1991, (11): 11-13.
[4] 陆文华, 李隆盛, 黄良军. 铸造合金及其熔炼[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
[5] 秦乐天, 武厚军, 常明安. 铝青铜高速螺旋桨熔模铸造工艺[J]. 特种铸造及有色合金, 2002, (1): 30-32.
[6] 纪胜如, 陈 菁, 陈慧敏. 高锰铝青铜合金强韧性的研究[J]. 特种铸造及有色合金, 1998, (4): 44-46.
[7] 牛广田. 耐磨无镍青铜的研究[J]. 特种铸造及有色合金, 1988, (5): 36-37.
[8] 李元元, 郭国文, 张卫文, 等. Zr 和 V 对铝铜合金力学性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2002, (3): 4-6.

(上接第 218 页)

1) 营养丰富、生态环境保持较好的地方更适合于粘细菌生存, 其分菌率和种群多样性较好。对于有植被覆盖的土壤, 其粘细菌的数量和种类都明显多于裸露的土壤, 森林土壤则更适于粘细菌生存。

2) 孢囊杆菌属在沙土中分布相对较广, 侏囊菌属均分布在树皮样品中, 可见在粘细菌种群多样性的分析研究中, 样品性质和分离方法起着重要的作用。另一方面粘细菌耐受极端环境的能力极强, 如在铁矿渣、泥沼等样品中已分离得到多个种属的粘细菌。

3) 人类活动对粘细菌资源有不良影响, 市区样品及经人类垦殖的土壤样品, 粘细菌数量和种群多样性明显低于偏远的自然生态环境样品。

参考文献:

[1] JOHN G H, NOEL R K, PETER H S, et al. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology[M]. Ninth Edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994. 515-525.
[2] FL RSHEIMER A, ALTMANN K-H. Epothilones and their analogues-a new class of promising microtubule inhibitors[J]. Expert Opin Ther Patents, 2001, 11 (6): 951-968.
[3] DAWID W. Biology and global distribution of myxobacteria in soils[J]. FEMS Microbiology Reviews, 2000, 24 (4): 403-427.
[4] 方晓梅, 张利平. 粘细菌生态多样性的初步研究[J]. 生物多样性, 2001, 9(3): 207-213.
[5] ZHANG L, WANG H, FANG X, et. al. Improved methods of isolation and purification of myxobacteria and development of fruiting body formation of two strains[J]. Microbiol Methods, 2003, 54(1): 21-27.
[6] REICHENBACH H, DWORKIN M. The myxobacteria[A]. Starr K P, Stolp H, Trper H G, et al. The Prokaryotes[C]. New York: Springer, 1991. Vol. 4: 3 415-3 487.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net