

文章编号: 1673-9981(2008)02-0162-03

黄铜笔管开裂原因的探讨

詹浩, 李扬, 张心红

(广州有色金属研究院分析测试中心, 广东 广州 510650)

摘要: 针对 H65 黄铜笔管开裂的现象, 对铜管和笔管进行了力学性能、金相组织及 X 射线衍射检测, 检测结果表明, H65 黄铜存在脆性相及铜管和笔管内部存在残余拉应力是笔管开裂的主要原因。

关键词: H65 黄铜; 脆性相; 应力腐蚀断裂

中图分类号: TG146.11

文献标识码: A

东莞某公司在用 H65 黄铜生产笔管的过程中发现笔管有开裂的现象, 而且成品笔也出现笔管开裂的现象。为找出笔管开裂的原因, 对黄铜管供应商的铜管拉制工艺和该公司的笔管生产工艺进行考察, 并提取了部分试样, 进行相关性能的测试, 最后提出了消除或减少笔管开裂的建议。

度, 用 UT-2 金相显微镜分析样品的金相组织, 用 D/Max-RC X 射线衍射仪分析样品的相组成。

1 试验方法

2 开裂原因的分析

1.1 试样

2.1 H65 黄铜的性质

H65 黄铜管由东莞某铜管专业生产厂提供, 笔管样品及已开裂的笔管样品由该公司提供。

国内 H65 黄铜与美国和日本相对应的合金及国际标准 ISO 规定的合金成分^[1]列于表 1。H65 黄铜是黄铜合金系列的一种, 属 Cu-Zn 二元系合金, 其平衡相图^[2]如图 1 所示。

1.2 测试仪器

用 WE-10 液压万能试验机测试样品的抗拉强度和延伸率, 用 Hv-5 小负荷维氏硬度计测试样品的硬

由图 1 可知, $w(\text{Zn}) < 34\%$ 的合金为单相 α 黄铜, $w(\text{Zn}) > 34\%$ 的合金为 $\alpha + \beta$ 两相黄铜 (β 相为脆性相)。在实际生产中, 由于铸锭、退火过程中冷却速度的关系, 锌质量分数为 $32\% \sim 34\%$ 的黄铜合金也经常出现 $\alpha + \beta$ 两相组织^[3]。制笔材料 H65 黄铜

表 1 H65 黄铜的化学成分
Table 1 Chemical composition of H65 brass

标准代号	合金牌号	合金成分 $w/\%$				杂质总量 $w/\%$
		Cu	Zn	Fe	Pb	
中国 GB	H65	63.5~68	余量	0.10	0.03	≤ 0.3
美国 ASTM	C27000	63.0~68.5	余量	0.07	0.10	
日本 JIS	C2700	63~67	余量	0.05	0.07	
国际 ISO	CuZn35	64~67	余量	0.10	0.05	

收稿日期: 2007-04-18

作者简介: 詹浩(1962-), 男, 辽宁沈阳人, 工程师, 学士。

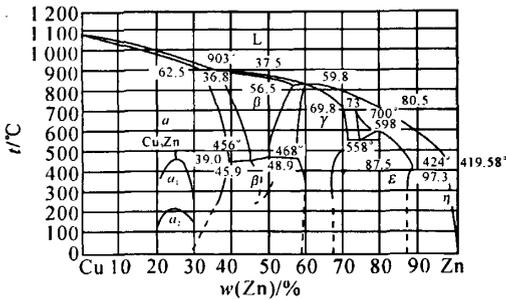


图1 Cu-Zn二元平衡相图

Fig. 1 Equilibrium phase diagram of Cu-Zn binary system

含锌量高达35%,处于Cu-Zn二元合金平衡相图 α 单相与 $\alpha+\beta$ 双相的交界区域,所以该材料是一种对应力腐蚀断裂比较敏感的合金。

2.2 铜管拉伸工艺的影响

H65黄铜是一种冷加工塑性很好的合金,在退火充分的条件下,一般可以承受大于50%的加工率。在铜管的加工中各拉伸道次的加工率列于表2。由表2可知,该工艺道次加工率的分配没问题,不会对铜管产生不良影响,只是加工率的分配不太均匀。

表2 H65黄铜管拉伸加工率的分配

Table 2 Tensile rate allotment of H65 brass tube

道次	拉前尺寸/mm	拉后尺寸/mm	道次加工率/%
1	D25×1.5	D22×1.2	29.2
2	D22×1.2	D19×1.0	27.9
3	D19×1.0	D16×0.7	57.1
4	D16×0.7	D14.5×0.5	34.6
5	D14.5×0.5	D12×0.45	25.7
6	D12×0.45	D11.5×0.35	25.0
7	D11.5×0.35	D10.6×0.3	40.6

对原料管坯(D25×1.5)、拉伸第三道次、拉伸最后道次及其退火后的样品分别进行了抗拉强度、延伸率和硬度的测试,测试结果列于表3。由表3可知,铜管拉伸过程中道次间的退火工艺是合理的,但最后道次退火后样品的抗拉强度和硬度仍未恢复到最低状态,说明铜管仍存在内应力,而内应力的存在是应力腐蚀断裂的必要条件之一。

成品铜管(D10.6×0.3 mm,样品代号H)的X射线衍射图如图2所示。由图2可知,样品中存在 β 相,即合金处于 $\alpha+\beta$ 两相状态, β 相的存在是应力腐蚀断裂的一个重要因素。

表3 不同状态下H65铜管的力学性能

Table 3 Mechanical properties of H65 brass tube after different treatment procedures

样品号	状态	$\sigma/(N \cdot mm^{-2})$	$\delta/\%$	Hv
A	原料管坯	330	28	67.3
B	A退火后	335	33	70.4
E	拉伸第三道次	663	2.3	201.7
F	E退火后	388	52.7	99.1
G	拉伸最后道次	503	13	161
H	G低温退火后	373	50	80.2

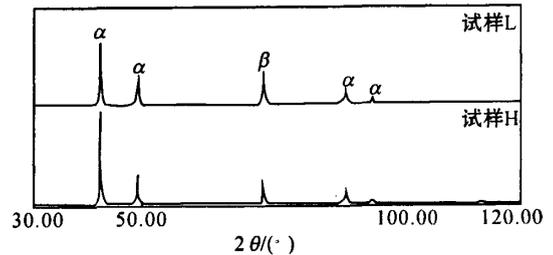


图2 成品铜管D10.6×0.3(H)和已开裂笔管(L)的X射线衍射图

Fig. 2 XRD patterns of the D10.6×0.3 finished brass tube (H) and cracked pen tube (L)

对成品铜管D10.6×0.3进行氨熏试验,并观察其金相组织(图3)。从图3可看出,金相组织大部分已转变成等轴状晶粒,说明成品管的低温退火温度已超过了合金的再结晶温度。样品出现明显的裂纹,说明H65黄铜合金的应力腐蚀是比较严重的。

2.3 笔管缩口拉伸工艺的影响

采用缩口拉伸工艺将铜管经五道次缩口加工成笔管,其硬度测试结果列于表4。由表4可知,材料的硬度由缩口前的80.2提高到缩口后的185,说明成品笔管内部存在残余应力。根据该公司提供的资料,计算出成品笔管最小直径处所承受的加工率是18.8%。这个加工率对于H65黄铜而言是完全可以承受的,但是缩口后若经过任何热处理,就会使笔管存在较大的内应力。

对开裂的笔管(样品代号L)进行X射线衍射分析,如图2所示。由图2可知,开裂笔管存在脆性 β 相,这是应力腐蚀断裂的一个重要因素。

缩口后笔管的金相组织如图4所示。从图4可看出,再结晶的等轴晶粒已严重变形,说明笔管存在

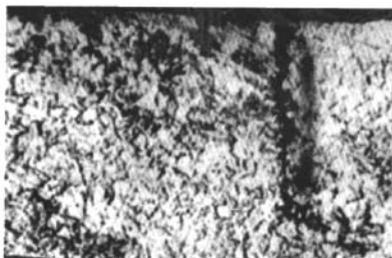


图3 氨熏后成品铜管的金相组织, 200×

Fig. 3 Metallograph of the finished brass tube after the ammonia fume treatment

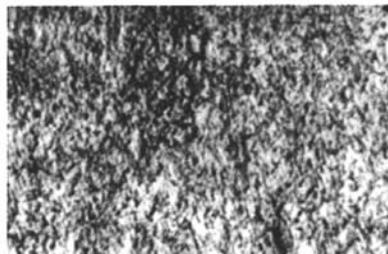


图4 氨熏后笔管的金相组织, 200×

Fig. 4 Metallograph of the pen tube after the ammonia fume treatment

表4 硬度测试结果

Table 4 Hardness test result

试样号	状态	Hv
H	制笔管用铜管(D10.6×0.3)	80.2
J	缩管完成后的笔管	185
K	氨熏后的笔管	184
L	客户退回的开裂笔管	176
M	发货前已开裂的笔管	192

内应力.这也是导致笔管应力腐蚀断裂的原因之一.

应力腐蚀断裂是特定的金属材料,在应力和腐蚀的共同作用下出现裂纹,继而发展至断裂的一种行为^[4],其中拉应力的存在是发生应力腐蚀断裂的必要条件.综上所述,采用拉伸和缩口工艺生产的黄铜笔管,其内部存在残余拉应力,在潮湿、高温或含有 NH_3 (或 NH_4^+)的环境下,经过一段时间作用便发生应力腐蚀断裂.

3 结论

(1)H65黄铜是一种对应力腐蚀断裂比较敏感

的合金,改变笔管材质是从根本上消除应力腐蚀断裂的有效措施,建议采用H70黄铜和H80黄铜等作为笔管材料.

(2)采用拉伸和缩口工艺加工的铜管和笔管,其内部都存在残余拉应力.建议在铜管拉伸时,除减小最后一个道次的加工率外,还要均匀地分配每个道次的加工率,严格监控成品的低温退火;笔管缩口后再进行退火以消除应力,建议采用在250~300℃保温1h后缓冷的缩口工艺.

参考文献:

- [1] 江苏省冶金研究所. 国内外有色金属材料牌号便览[M]. 南京:江苏省冶金研究所,1991.
- [2] 洛阳铜加工厂中心试验室金相组. 铜及铜合金金相图谱[M]. 北京:冶金工业出版社,1983.
- [3] 崔昆. 钢铁材料及有色金属材料[M]. 北京:机械工业出版社,1980.
- [4] 曾荣昌,韩恩厚. 材料的腐蚀与防护[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

Discussion on causes of crack formation in brass pen tube

ZHAN Hao, LI Yang, ZHANG Xin-hong

(Center of Analysis and Testing, Guangzhou Research Institute of Non-Ferrous Metals, Guangzhou 510650, China)

Abstract: The mechanical properties measurement and metallography and X-ray diffraction analysis have been performed to investigate the cracking of H65 type brass pen tube. The results indicate that the main causes of crack formation are the existence of the brittle phase and the residual tensile stresses developed within the pen tube.

Key words: H65 brass; brittle phase; stress corrosion cracking