

CuW 和 CuMo 触头在 DC 200~500V 时不同气氛中表面劣化研究

廖园¹, 焦琳¹, 刘文轩¹, 冯如信², 柏小平³, 李震彪¹

(1. 强电磁工程与新技术国家重点实验室, 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074;
2. 温州中希电工合金有限公司, 浙江 温州 325600; 3. 福达合金材料股份有限公司, 浙江 温州 325025)

摘要: 触头的劣化程度与触头材料、环境气氛种类、触头的闭合速度及关合压力等许多因素有关。本文利用触点模拟装置,在直流电压 200~500V,阻性负载电流 40~150A,环境气氛为 Air、N₂、CO₂、O₂、Ar、0.5CO₂+0.5Ar 条件下对 CuW70 与 CuMo85 触头开展实验研究,用扫描电镜和 x 射线能谱仪观察了上述实验后的部分 CuW70、CuMo85 触头表面,分析了各气氛中触头的电弧侵蚀形貌特征及其形成原因,不同气氛中表面劣化规律的研究对于新型触头材料的开发与电器可靠性的提高具有重要意义。结果表明 CO₂ 条件下触头表面变形面积最小,N₂、Ar 中触头表面较平整,不同气氛中阳极触头表面产生裂纹的数量从多到少排序为:CO₂>Air>O₂>Ar>N₂>0.5CO₂+0.5Ar,N₂、Ar 中阴极触头表面出现大面积 Cu 富集现象。

关键词: 气氛;触头材料;表面劣化;材料成分

DOI: 10.12067/ATEEE1810041 **文章编号:** 1003-3076(2019)12-0047-08 **中图分类号:** TM581.4

1 引言

铜基触头由于其良好的耐电弧侵蚀性、抗熔焊性、高强度及相对低的成本,被广泛应用于中高压继电器开关中^[1-3],在电触头分断或闭合电路过程中,电弧的烧蚀、机械的碰撞和摩擦以及化学腐蚀等因素均会造成触头表面发生劣化^[4,5]。触头表面劣化包括表面形貌的变化和材料成分的变化,劣化会导致触头接触可靠性降低、电寿命缩短等不良后果^[6]。

触头的劣化程度与触头材料、环境气氛种类、触头的闭合速度及关合压力等许多因素有关^[7-14],本文用扫描电镜和能谱分析仪,观察了六种气氛条件下电弧侵蚀后的部分 CuW70 和 CuMo85 触头表面形貌的变化和材料成分的变化,研究了不同气氛中触头劣化过程的规律,对于不同气氛中电器可靠性的提高具有重要意义。

2 实验方法

实验电路如图 1 所示,主回路由 E、R、K 组成,E 为输出电压可调的直流稳压电源(最高输出电压 510V),R 为可调负载电阻,K 为实验触头。虚线框内为控制线圈回路,由 E_c、R_c、PLC 和电磁线圈组成,通过 PLC 可调节触头通断周期。分压器 1 采集电阻 R 上端 M 点的电压,分压器 2 采集触头两端的电压,分压比均为 201:1。实验过程中两个分压器的输出数据通过 DAQ 采集卡(采样频率 100kHz)和 LabVIEW 软件在工控机中显示和存储。

CuW70 和 CuMo85 两种材料的触头在 Air、N₂、CO₂、O₂、Ar、0.5CO₂+0.5Ar 六种气氛中均进行三对触头通断电路的实验,分别编号为 1#、2#、3#,以减小实验结果分散性的影响。实验用的触头为铆钉型(钉头直径 10mm,厚 3mm),动触头作阳极,静触头作阴极。触头开距为 7mm,通断周期为 0.7s 通

收稿日期: 2018-10-24
基金项目: 国家自然科学基金项目(51377062)
作者简介: 廖园(1994-),女,湖北籍,硕士研究生,研究方向为电弧电接触与开关电器技术;
李震彪(1963-),男,河北籍,教授,博士,研究方向为开关电器、电接触电弧及材料(通讯作者)。

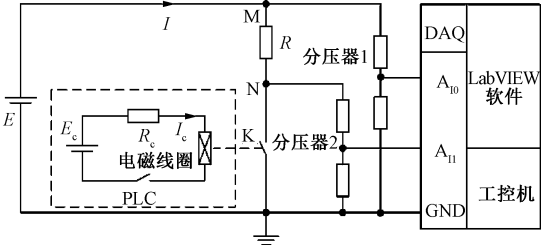


图1 实验电路图
Fig. 1 Experimental circuit diagram

2. 3s 断,由于本实验中电弧功率较大,仅靠环境气氛熄弧容易发生长燃弧,导致触头烧蚀严重和熔焊,因此,利用永磁体提供一个横向吹弧磁场提高灭弧能力,本实验中触头间的磁场强度为 80mT。实验前将触头模拟装置整体放入真空模拟腔内,充入气压为 1×10^5 Pa 的 Air 或其他实验环境气氛,然后进行触头通断电路实验。表 1 为实验电压电流条件,每对触头的实验顺序为:除 400V/127A 外,均按表 1 中电压电流自左至右的顺序依次进行,原因是预实验中发现 400V/127A 容易造成触头永久性熔焊而使实验终止,因此正式实验中,完成 400V/80A 条件实验后转做 500V 三个电流条件下的实验,最后再做 400V/127A 的实验。每个电压电流条件下进行 100 次分合操作,一旦在某个电压电流条件触头发生永久性熔焊,此电压电流条件及其之后的条件记为触头失效,实验停止。若发生暂时性熔焊时,即经过 1~5 个分合周期,触头可自动打开则继续进行实验。触头处于暂时熔焊状态的分合周期不计入 100 次分合操作中。

表 1 实验电压电流条件

Tab. 1 Experimental voltage and current conditions							
电压/V				电流/A			
200	65	95	150	400	40	80	127
300	60	100	140	500	50	76	100

3 触头表面劣化分析

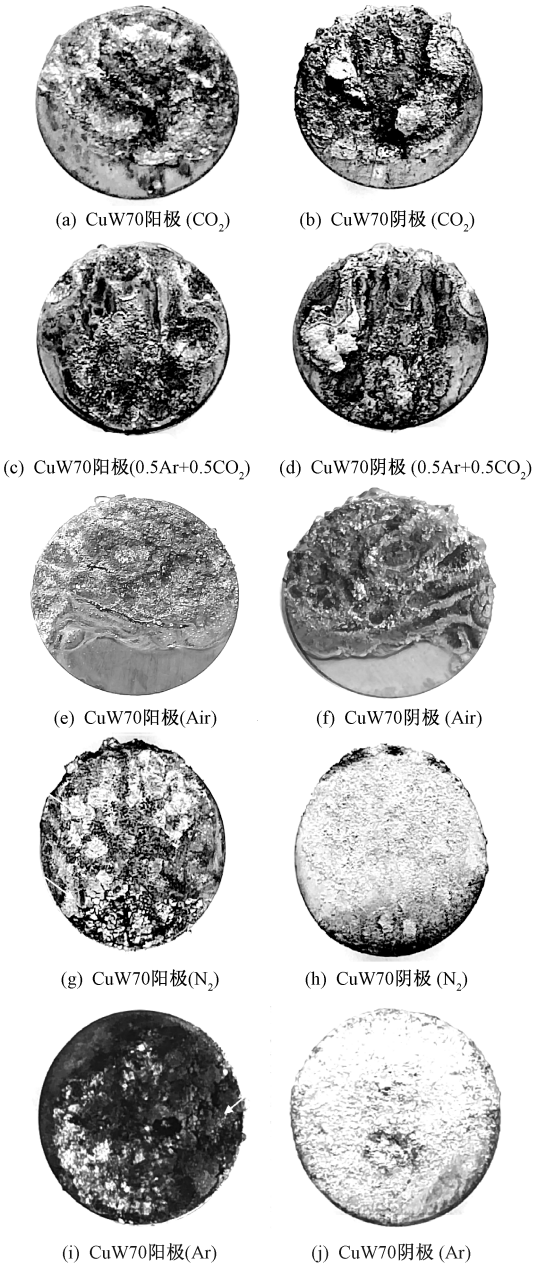
表面劣化现象有两个方面:①表面形貌的劣化,如表面变形面积大小、凹凸程度、裂纹的产生、金属流变多少等;②材料成分变化,如成分含量的前后变化大小、成分分布的均匀性等^[15]。

利用场发射扫描电子显微镜和能谱仪对上述六种气氛条件下通断电路实验后的部分 CuW70 和 CuMo85 触头进行表面微观形貌观察和微区能

谱成分分析,分析了不同气氛中触头表面各种劣化现象产生的规律。使用的场发射扫描电子显微镜产品生产厂家为荷兰 FEI 公司,型号为 Nova NanoSEM 450,能谱仪为牛津 X-Max 50 电制冷能谱仪。

3.1 触头表面变形面积大小情况

六种气氛中实验后 CuW70 与 CuMo85 触头阴极阳极表面全貌图如图 2 所示。表 2 为 CuW70 与 CuMo85 触头材料在不同气氛中实验后表面变形部分面积占总面积的百分比(每种材料在各气氛中进行三次配对实验,然后取六个触头变形百分比的平均值)。



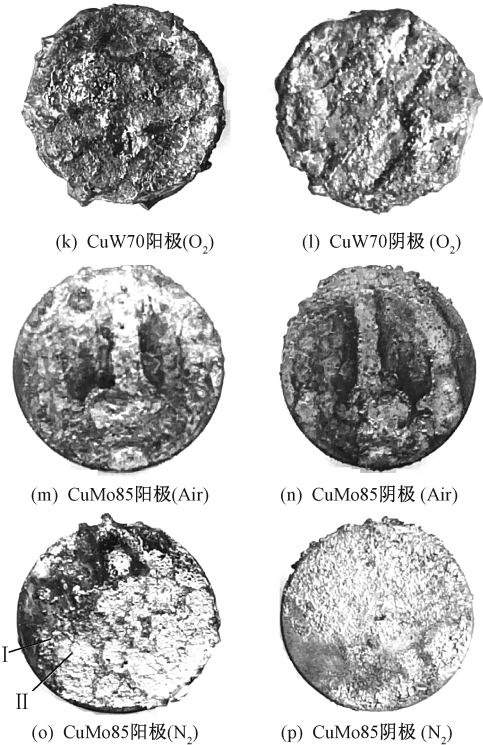


图 2 六种气氛中触头阴阳极全貌图
Fig.2 Overview of anode and cathode contacts
in six atmospheres

表 2 触头表面变形面积百分比比较

Tab.2 Comparison of percent deformation
area of contact surface

触头材料	气氛	变形面积百分比(%)
CuW70	CO ₂	81.08
	0.5Ar+0.5CO ₂	84.56
	Air	84.66
	N ₂	85.46
	Ar	100.00
	O ₂	101.02
CuMo85	Air	95.64
	N ₂	100.00

从图 2 及表 2 中可看出：

(1)不同气氛中触头表面变形面积有较大差别。在六种气氛中,CuW70 触头变形面积百分比从小到大排序为:CO₂<0.5Ar+0.5CO₂<Air<N₂<Ar<O₂,其中 CO₂ 条件下实验后 CuW70 阴阳极触头变形面积最小,约有 81.08%的面积发生变形;O₂ 中 CuW70 阴、阳极触头表面烧蚀变形情况最严重,部分区域变形超出原触头外边缘轮廓,故变形面积百分比大于 100%。

(2)本实验中触头表面垂直于地平面,触头表面未发生变形或变形较小的区域一般在触头下边缘

部分,上边缘部分较其他边缘部位变形更加严重。例如 CO₂ 气氛中 CuW70 阴阳极触头未发生变形区均在触头下边缘部位,CO₂、0.5CO₂+0.5Ar、N₂、Ar 及 Air 中阴阳极触头均为上边缘部位有金属熔化变形或堆积的现象,触头边缘其他部位均较光滑。

(3)触头表面烧蚀较严重的,一般阳极触头表面为凹坑,阴极为凸起。N₂ 和 Ar 中实验后触头表面较为平整,CO₂、0.5Ar+0.5CO₂、Air、O₂ 中阳极触头表面均为凹坑,阴极触头表面凸起。

3.2 触头表面凹凸变形严重性情况

利用 DektakXT 探针式表面轮廓仪对在 CO₂、Air、O₂、Ar、N₂、0.5CO₂+0.5Ar 六种气氛中实验后 CuW70 与 CuMo85 阳极触头的表面粗糙度进行了测量,由于台阶仪为 2D 扫描模式,对于触头表面的粗糙度采取的测量方法为触头表面水平方向、竖直方向各取三条等间距、长度为 4mm 的采样直线,台阶仪测量这六条直线上均方根粗糙度 ($Rq1,Rq2,\cdots,Rq6$),将这六条样本直线的均方根粗糙度取平均作为此触头表面的均方根粗糙度 $Rq(i\#)$ (i 取 1,2,3),各条件下实验的 3 个触头的均方根粗糙度取平均得此种条件下的触头的均方根粗糙度 Rq 。表 3 为 CO₂、Air、O₂、Ar、N₂、0.5CO₂+0.5Ar 六种气氛中实验后 CuW70 与 CuMo85 阴、阳极触头表面均方根粗糙度。

表 3 触头表面均方根粗糙度

Tab.3 Root mean square roughness of contact surface

触头材料	气氛	极性	$Rq/\mu\text{m}$
CuW70	CO ₂	阴	68.395
		阳	75.138
		阴	34.144
		阳	41.003
		阴	40.015
		阳	46.887
	0.5Ar+0.5CO ₂	阴	19.186
		阳	26.753
		阴	21.335
		阳	29.295
		阴	58.979
		阳	50.849
CuMo85	Air	阴	11.135
		阳	26.497
	N ₂	阴	14.465
		阳	16.461

由表 3 可看出：

(1)不同气氛中触头表面的粗糙度有较大区别。

六种气氛中, CuW70 阳极触头表面粗糙度从大到小排序为 $\text{CO}_2>\text{O}_2>\text{Air}>0.5\text{Ar}+0.5\text{CO}_2>\text{Ar}>\text{N}_2$, 阴极触头表面粗糙度排序与阳极一致, 即 N_2 、Ar 中实验后阴阳极触头表面整体相对最平整, 其次 Air 及 $0.5\text{Ar}+0.5\text{CO}_2$ 气体中实验后触头表面较为平整, O_2 和 CO_2 中实验后触头表面凹凸不平的程度最大。

(2) 触头表面粗糙度与触头材料有关, 同种气氛中 CuMo85 触头表面形貌比 CuW70 更平整。例如, Air、 N_2 中 CuMo85 阴阳极触头的 R_q 值均小于 CuW70 触头。

(3) 触头阳极表面粗糙度一般大于阴极。例如, 除 O_2 外, 其余五种气氛中 CuW70 阳极触头表面均方根粗糙度 R_q 值均大于阴极。

3.3 触头表面产生裂纹情况

CO_2 、Air、 O_2 、Ar、 N_2 、 $0.5\text{CO}_2+0.5\text{Ar}$ 六种气氛中实验后 CuW70 与 CuMo85 阳极触头表面放大 250 倍的微观形貌图如图 3 所示, 阴极触头表面放大 250 倍的微观形貌图如图 4 所示。图 3 中 250 倍放大倍数视野下各阳极触头表面裂纹数量统计见表 4。

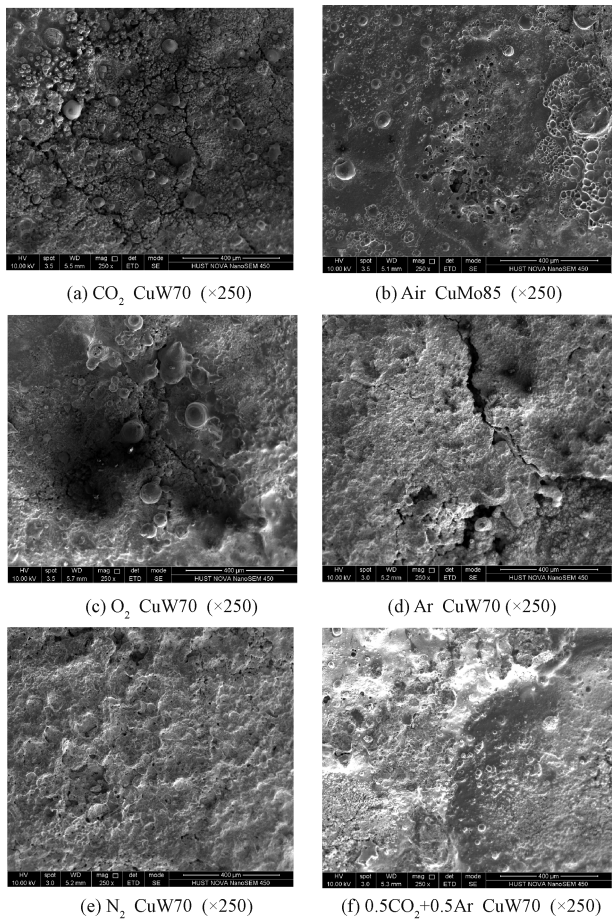


图 3 六种气氛中阳极触头微观形貌图
Fig. 3 Micro-morphology of anode contacts in six atmospheres

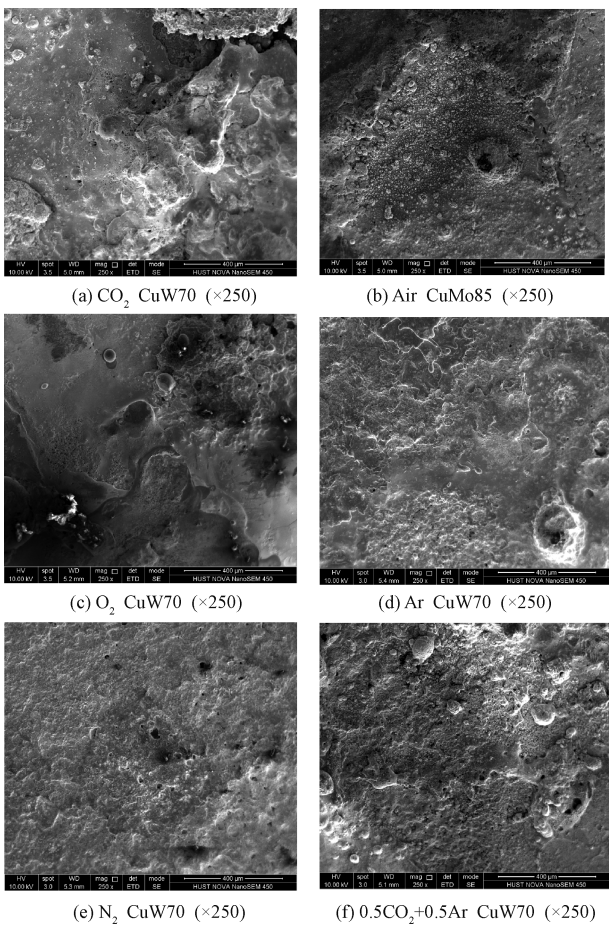


图 4 六种气氛中阴极触头微观形貌图
Fig. 4 Micro-morphology of cathode contacts in six atmospheres

表 4 阳极触头表面裂纹数量统计
Tab. 4 Statistics on number of cracks on surface of anode contact

触头材料	气氛	裂纹数量/条
CuW70	CO_2	6
	O_2	2
	Ar	3
	N_2	1
	$0.5\text{CO}_2+0.5\text{Ar}$	0
CuMo85	Air	4

从图 3、图 4 及表 4 可以看出:

(1) 本实验条件下触头裂纹主要产生在阳极。六种气氛中, 除 $0.5\text{Ar}+0.5\text{CO}_2$ 混合气体, 其余五种气氛实验后阳极表面均出现裂纹; O_2 中实验后阴极触头表面放大 500 倍的微观形貌图如图 5 所示, 图 5 中发现裂纹, 除此之外, 其余的五种气氛中进行实验的阴极触头均未发现裂纹。

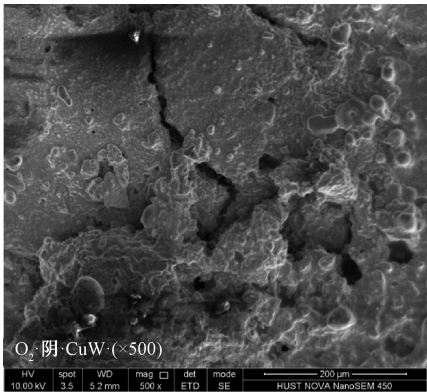


图 5 O₂ 中 CuW70 阴极触头微观形貌图
Fig. 5 Micro-topography of CuW70 cathode contact in O₂

(2)不同气氛中阳极触头表面产生裂纹数量从多到少排序为: CO₂ > Air > Ar > O₂ > N₂ > 0. 5CO₂ + 0. 5Ar。

(3)不同气氛中阳极触头表面产生裂纹的种类不同,例如裂纹的走势、长短、裂缝的宽度都有差别。例如 CO₂ 中阳极触头表面的裂纹形状为鱼鳞状的龟裂,而 Air 中阳极触头表面的裂纹形状类似从中心某一点向四周延伸的辐射状;CO₂、Air、O₂ 及 Ar 中阳极触头表面裂纹的长度均较长,图 3 所示 Air 中最长的裂纹长度约为 650μm,Ar 中最长的裂纹长度约为 800μm,N₂ 中裂纹长度最短约为 61. 54μm; Ar 中阳极触头表面裂纹的裂缝宽度在六种气氛中最宽,平均裂缝宽度约为 30. 77μm,Air 中阳极触头表面裂纹的裂缝宽度在六种气氛中最窄,平均裂缝宽度约为 5. 33μm。

(4)不同气氛中裂纹附近触头表面形貌差异较大。例如 CO₂ 中阳极触头表面裂纹产生于众多熔滴状凸起中,Air 中阳极触头表面裂纹两侧伴随出现较多直径约为 13. 33μm 的小孔洞,O₂ 中阳极触头表面裂纹两侧有直径约为 1mm 贝壳状凸起产生。

3. 4 触头表面材料成分的变化

对部分触头表面若干部位进行能谱分析,发现一些典型形貌区触头材料成分会发生相应规律性的变化。例如:凸起颗粒物区,断口区等。Air 中 Cu-Mo85 阴极微观形貌图如图 6 所示,可见微区 1 白色圆点标记部位触头表面较平滑,微区 2 白色圆点标记部位为凸起颗粒物区,对两白色圆点标记部位进行能谱分析见表 5。

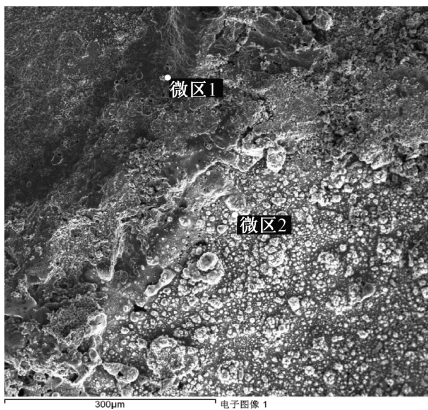


图 6 Air 中 CuMo85 阴极微观形貌图
Fig. 6 Micro-topography of CuMo85 cathode contact in Air

表 5 CuMo85 阴极不同区域成分分析

Tab. 5 Composition analysis of different areas of CuMo85 cathode contacts

元素	平滑区		颗粒物区	
	重量 百分 比(%)	原子 百分 比(%)	重量 百分 比(%)	原子 百分 比(%)
C	0	0	5. 39	19. 17
O	12. 71	44. 92	14. 21	37. 92
Cu	12. 11	10. 78	31. 47	21. 15
Mo	75. 18	44. 30	48. 92	21. 77

由表 5 可以看出,颗粒物区存在 C、O、Cu、Mo 四种元素,平滑区只存在 O、Cu 和 Mo 三种元素,说明平滑区仅发生触头材料的氧化,无碳化发生,颗粒物区氧化、碳化均存在。

由表 5 可以计算出,仅考虑 Cu 相与钼相,平滑区钼相质量占钼与 Cu 总质量的百分比为 75. 18%/(12. 11%+75. 18%)= 86. 13%,与原始比例 85%近似相等;而颗粒物区钼相质量占钼与 Cu 总质量的百分比计算为 48. 92%/(48. 92%+31. 47%)= 60. 85%,Cu 含量增加较为明显,原因可能为在高温电弧作用下阳极气化的 Cu 喷溅转移到阴极,在其表面堆积而形成颗粒物,因而颗粒物处 Cu 元素质量所占比例比原触头 CuMo85 中 Cu 元素所占比例大。

Ar 中 CuW70 阴极触头微观形貌图如图 7 所示,可见微区 1 黑色圆点标记部位触头表面较平滑,微区 2 黑色圆点标记部位为端口边缘区,对两黑色圆点标记部位进行能谱分析,结果见表 6。

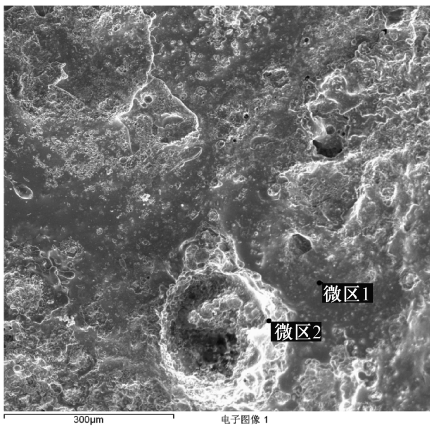


图 7 Ar 中 CuW70 阴极触头微观形貌图
Fig. 7 Micro-morphology of CuW70 cathode contacts in Ar

表 6 CuW70 阴极不同区域成分分析

Tab. 6 Composition analysis of different areas of
CuW70 cathode contacts

元素	平滑区		断口边缘区	
	重量 百分 比(%)	原子 百分 比(%)	重量 百分 比(%)	原子 百分 比(%)
C	4. 94	23. 30	7. 42	45. 91
O	0. 57	2. 03	1. 92	8. 93
Cu	11. 15	13. 03	78. 17	69. 65
W	79. 51	32. 13	16. 32	5. 02

由表 6 可看出,平滑区与断口边缘区均含有 C、O、Cu、W 四种元素,断口边缘区为 Cu 富集区,Cu 的质量百分比远高于原始成分,达到了 78. 17%,W 含量很少为 16. 32%;平滑区 W 的质量百分比高于原始成分,为 79. 51%,说明有大量 Cu 的飞溅和蒸发。

4 讨论

4.1 触头表面变形机理

触头材料在电弧的反复热作用下会发生表面材料的蒸发气化、液滴喷溅、触头间的材料转移以及触头表面短时熔焊又被拉断后形成的断口等等现象。上述现象会导致触头表面的凹凸变形,其变形面积与电弧能量、触头材料热电特性、接触压力等因素有关。例如,电弧能量越大会造成更大的触头熔化区和气化区,进而产生更多的气化损失和喷溅损失;触头材料如果具有低的热导率、比热容、熔点、沸点、熔化潜热等物性参数值,则同样会产生更高的触头温度以及更多气化与喷溅损失;上述较高的材料损失必然造成表面变形严重。接触压力较大可能会在触头接触碰撞过程中导致触头震动并将熔化液池以液

滴形式甩出触头表面,同时还会因压力大造成表面的塑性与弹性变形面积大。

表 2 中的 O₂ 具有最大的变形面积可能就是因为 O₂ 具有助燃特性并使得燃弧时间(能量)增大,进而造成变形面积增大。

4.2 触头成分变化机理

触头表面成分的变化主要是因为复合材料中各金属相热特性不同。容易熔化气化喷溅的金属相,可能会较早发生损失,造成原位置该金属相的比例减小。蒸发喷溅材料可能沉积到自身触头表面某位置,也可能沉积到对面电极某位置,造成新沉积位置该种金属相的比例增高。

表 5 中平滑区 Cu 的含量 12. 11%,但在颗粒区是 31. 47%,其原因可能就是颗粒区是由于有 Cu 金属喷溅沉积所致。

4.3 触头表面裂纹机理

触头表面裂纹产生的原因可能包括几个方面:①材料内部存在气泡,在高温作用下气泡逸出,造成表面出现空隙和裂纹;②材料存在杂质,在高温下杂质发生移动甚至逸出,造成裂纹;③材料的温度急升急降,由于复合材料各相的流动、凝固、伸缩等特性不一致,造成裂纹。

表 4 中 CuW70 在 CO₂ 中的裂纹数量最多,可能就是上面多因素综合作用所致,包括 CuW 材料与 CO₂ 产生化学反应,使得表面物质成分复杂化。更深入的材料裂纹形成机理涉及材料物理化学等学科,有待今后进行研究。

5 结论

(1)不同气氛中触头表面变形面积及平整度有较大差别。CO₂ 条件下触头表面变形面积最小,N₂、Ar 中触头表面较平整。

(2)阴极触头表面多出现熔滴状形貌特征,而阳极触头表面多出现凹坑状形貌。熔滴状形貌为大量蒸发喷溅的熔融 Cu 以及少量熔化的 W 与 Mo 的沉积。

(3)不同气氛中阳极触头表面产生裂纹数量从多到少排序为:CO₂ > Air > O₂ > Ar > N₂ > 0. 5CO₂ + 0. 5Ar。

(4)N₂、Ar 中 CuW70 阴极触头表面出现大面积 Cu 富集。

参考文献 (References):

[1] 赵浩融, 罗韦, 谢永忠, 等 (Zhao Haorong, Luo Wei,

- Xie Yongzhong, et al.). 2015 年电触头材料的研究进展 (Study advance of contact material in 2015) [J]. 电工材料 (Electrical Engineering Material), 2016, (1): 24-28.
- [2] Yang Bin, German R M. Power injection molding and infiltration sintering of superfine grain W-Cu [J]. International Journal of Power Metal, 1997, (4): 55-63.
- [3] 陈文革 (Chen Wenge). 钨 Cu 系电触头材料的失效分析 (Failure analysis of W-Cu electrical contact materials) [J]. 机械工程材料 (Materials for Mechanical Engineering), 1998, 22 (5): 47-49.
- [4] 陈文革 (Chen Wenge). 影响 Cu 钨系电触头材料的因素 (Factors affecting copper and tungsten electrical contact materials) [J]. 电工合金 (Electrical Engineering Materials), 1998, (3): 35-36.
- [5] 史毅敏, 许云华, 笄会萍 (Shi Yimin, Xu Yunhua, Zan Huiping). 新型钨 Cu 触头材料电弧侵蚀的研究 (Investigation on arc erosion of Tungsten-copper contact material) [J]. 热加工工艺 (Material & Heat Treatment), 2007, 36 (20): 39-40, 43.
- [6] 李震彪, 程礼椿 (Li Zhenbiao, Cheng Lichun). AgNi 等触头材料的表面劣化研究 (On the contact surface deterioration of contact materials AgNi, AgFe, AgCu, AgW) [J]. 华中理工大学学报 (Journal of Huazhong University of Science and Technology), 1995, 23 (10): 22-25.
- [7] 张小苹, 钟宝书 (Zhang Xiaoping, Zhong Baoshu). Cu 钨触头材料电弧侵蚀表面形貌分析 (Surface morphology analysis of arc erosion of copper and tungsten contact materials) [J]. 电工合金文集 (Electrical Engineering Materials), 1992, (2): 26-30.
- [8] Zhu Q C, Li Z B, Wei J, et al. Experimental study on arcing effects to contact materials in 270V DC [J]. Plasma Physics and Technology, 2017, 4 (1): 61-65.
- [9] Zhu Q C, Liao Y, Zhang L G, et al. Experimental study on CuMo85 contact performance in DC 200-500V and different surrounding atmospheres [A]. Proceedings of 22nd International Conference on Gas Discharge and Their Applications [C]. 2018. 567-570.
- [10] Liao Yuan, Zhang Lige, Li Zhengbiao, et al. Weldings in break and make operations for CuMo and CuW contact materials in DC200-500V and different surrounding gases [A]. Proceedings of the 64th IEEE Holm Conference Electrical Contacts [C]. Albuquerque, NM, USA, 2018: 71-76.
- [11] Wei Jiang, Li Zhenbiao. The effect of atmosphere on arcing durations of electrical contact [A]. Proceedings of 28th International Conference on Electrical Contacts [C]. Edinburg, UK, 2016. 57-62.
- [12] 朱青成, 柳子逊, 刘文轩, 等 (Zhu Qingcheng, Liu Zixun, Liu Wenxuan, et al.). CuW 触点在不同环境气氛下燃弧时间和侵蚀实验研究 (Arcing duration and erosion of CuW contact in DC load and different surrounding atmospheres) [J]. 高压电器 (High Voltage Apparatus), 2018, 54 (9): 277-282.
- [13] 廖园, 朱青成, 李震彪, 等 (Liao Yuan, Zhu Qingcheng, Li Zhenbiao, et al.). CuW 与 CuCr 等触头材料在 270VDC/100A 下非对称配对时的电接触实验研究 (Experimental study on contact materials CuW、CuCr and their different pairings under 270VDC/100A) [J]. 电工电能新技术 (Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy), 2018, 37 (7): 9-16.
- [14] 廖园, 焦琳, 邹竞成, 等 (Liao Yuan, Jiao Lin, Zou Jingcheng, et al.). 横向磁场与分断速度对触头分断燃弧特性和侵蚀的实验研究 (Experimental study on the impact of transverse magnetic field and opening speeds on the arc breaking characteristics and erosion of contacts) [J]. 电器与能效管理技术 (Electrical & Energy Management Technology), 2018, (12): 7-14.
- [15] 郭凤仪, 王其平, 孙鹤旭 (Guo Fengyi, Wang Qiping, Sun Hexu). 银基触头材料裂纹类型及形成机理研究 (Study on crack types and their formation mechanisms of silver-based contact materials) [J]. 电工技术学报 (Transactions of China Electrotechnical Society), 1998, 13 (4): 47-51, 57.
- [16] 程礼椿, 李震彪 (Cheng Lichun, Li Zhenbiao). 接触器用 Ag /SnO₂ 触头材料的优化问题 (Optimization of Ag /SnO₂ contact materials for contactors) [J]. 电工合金 (Electrical Engineering Materials), 1993, (4): 1-5.

Study on surface degradation of CuW and CuMo contacts in different atmospheres at DC 200–500V

LIAO Yuan¹, JIAO Lin¹, LIU Wen-xuan¹, FENG Ru-xin², BAI Xiao-ping³, LI Zhen-biao¹

(1. State Key Laboratory of Advanced Electromagnetic Engineering and Technology, School of Electrical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;
2. Zhongxi Group Co. , Ltd. , Wenzhou 325600, China; 3. Fuda Alloy Materials Co. , Ltd. , Wenzhou 325025, China)

Abstract: The degree of deterioration of the contacts is related to many factors such as the contact material, the type of ambient atmosphere, the closing speed of the contacts, and the closing pressure. Experiments are conducted with the CuW70 and CuMo85 contact material under DC supply voltage 200–500V and resistive load current 40–150A and surrounding atmospheres Air, N₂, CO₂, O₂, Ar and 0.5CO₂+0.5Ar respectively. The surface of CuW70 and CuMo85 contacts after the above experiments are observed by scanning electron microscopy and x-ray energy spectrometer. The arc erosion morphology of the contacts in each atmosphere and its formation are analyzed. The study of surface degradation in different atmospheres is of great significance to the development of new contact materials and the improvement of electrical reliability. The results show that the surface deformation area of the contact is the smallest under CO₂ conditions, and the contact surface is relatively flat in N₂ and Ar. The number of cracks on the surface of the anode contact in different atmospheres is ranked as follows: CO₂>Air>O₂>Ar>N₂>0.5CO₂+0.5Ar. Large-area Cu enrichment occurs on the surface of the cathode contact in N₂ and Ar.

Key words: atmosphere; contact material; surface degradation; material ingredient