

AgREO 触点材料耐电弧侵蚀性能研究

作者: admin 来源: 北极星电

字体大小:

小

中

大

AgREO 触点材料耐电弧侵蚀性能研究

张为军 堵永国 胡君遂

(国防科技大学航天与材料工程学院, 410073)

王乃千

(佛山精密电工合金有限公司, 528000)

摘要 本文主要研究了最新研制的 AgREO 触点材料的耐电弧侵蚀性能, 并与 AgCdO、AgSnO₂ 等材料体系进行了对比研究。

关键词 AgREO 触点材料 电弧侵蚀 材料转移

前言

电侵蚀亦称电磨损, 是造成电接触失效的主要原因之一, 它使接触面遭到破坏、接触电阻升高, 直至触头完全失效。尤其在直流电路中, 电路分断时的电侵蚀与材料转移比较严重。电侵蚀主要有以下三种形式^[1]: (1) 阳极材料转移到阴极接点 (阳极侵蚀); (2) 阴极材料转移到阳极接点 (阴极侵蚀); (3) 阴极与阳极接点的材料喷溅与气化侵蚀。习惯上把与直流电源正极相接的触点称阳极, 与负极相接者称为阴极; 同时, 把阳极损耗称为正转移, 阴极损耗称为负转移。触点因金属转移、气化或喷溅所引起的重量或体积损失量称为侵蚀量。

电侵蚀是一种复杂的物理现象, 同许多因素有关, 如电路的电流、电压、电感和电阻等参数以及材料的物理性能, 包括熔点、沸点、气化热、传导性、起弧电流电压和逸出功等。电侵蚀还和材料的转移方式以及触点工作时的放电方式有关, 而放电方式取决于电路特性: 电感型、电容型或电感电阻电容混合型^[2]。

材料转移方向因材料和电流、电压而异。一般，当触点负载电压低于起弧电压时（如图 1 的 α 区域），材料主要由阳极向阴极转移并在阴极上形成尖刺，在阳极上形成凹坑；当触点负载电压高于起弧电压、电流又不是很大时，材料主要由阴极转移到阳极（如图 1 的 β 区域）；当电流电压都比较高时，发生小熔滴从阳极飞溅到阴极的转移（图示 γ 区域）。

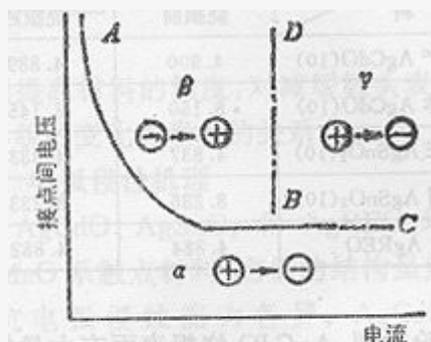


图 1 材料转移的一般形式

本文主要研究了新型触点材料 AgREO 在中等负载条件下的耐电弧侵蚀性能，并与 AgCdO、AgSnO₂ 等材料体系进行了对比研究。

1 实验

试验材料为 AgREO、国产 AgCdO(10)、日本世纪公司的 AgCdO(10)、国产 AgSnO₂(10) 及韩国大洋公司的 AgSnO₂(10)。触点试样为直径 4mm，厚 1.5mm。

本文的试验在定制的计算机控制电气使用性能模拟测试系统上进行。测试原理如图 2。试验条件为：试验电压 20VDC，试验电流 20A，纯阻性负载；触头静接触压力 1N，开闭频率 100 次 / 分钟，开距 2mm。

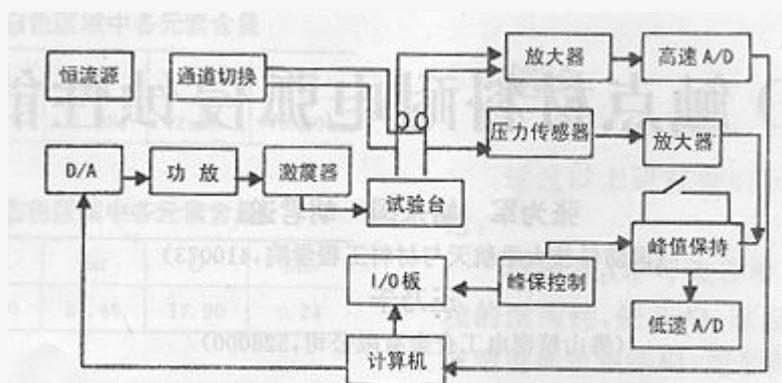


图 2 触点电气使用性能测试系统原理图

2 结果与讨论

2.1 材料转移量

在相同的实验条件下，本文研究了 5 种材料材料转移量。测试结果见表 1。

实验发现，AgCdO 烧损表面有大量的黑色喷溅物，AgSnO₂ 相对较少，而 AgREO 表面很干净，几乎没有黑色喷溅物。由表 1 知，新型 AgREO 触点材料耐电弧侵蚀性能优良，与韩国产 AgSnO₂ (10) 材料相当，且经 15 万次分断操作后，没有明显的材料烧损。

表 1 各类材料转移量一览表

项 目 材 料	阳极触头称重(g)		阴极触头称重(g)		转 移 量 (mg)	烧 损 量 (mg)
	烧损前	烧损后	烧损前	烧损后		
国产 AgCdO(10)	4.900	4.889	13.104	13.110	6	5
日本 AgCdO(10)	8.150	8.145	13.628	13.630	2	3
国产 AgSnO ₂ (10)	4.837	4.833	13.071	13.069	2	2
韩国 AgSnO ₂ (10)	8.235	8.233	13.752	13.753	1	1
AgREO	4.884	4.882	13.104	13.106	2	0

2.2 材料转移机理

关于材料转移的理论研究比较多，有熔桥的非对称分断模型^[3]、粒子喷溅模型^[4]以及用反向短电弧理论解释材料的转移方向^[5]。这些理论能解释某一材料的电弧侵蚀现象，但有很强的局限性和不足。

据文献^[6]表明，电弧具有两个方面的物理特性：蒸气电弧和气体电弧。在这两个阶段，电弧中起支配作用的微粒不同，蒸气电弧发生在金属蒸气中，起支配作用的微粒是金属离子、金属原子、由阴极发射的电子以及电子与金属蒸气发生非弹性碰撞激发的电子。电子经电场加速，轰击阳极表面，将能量传递给阳极表面的原子，当能量足够大时，原子脱离表面束缚，进入电场，在电场的作用下，向阴极运动并沉积在阴极表面，这样阴极表面出现凸起，而阳极表面留下凹坑，如图 3。

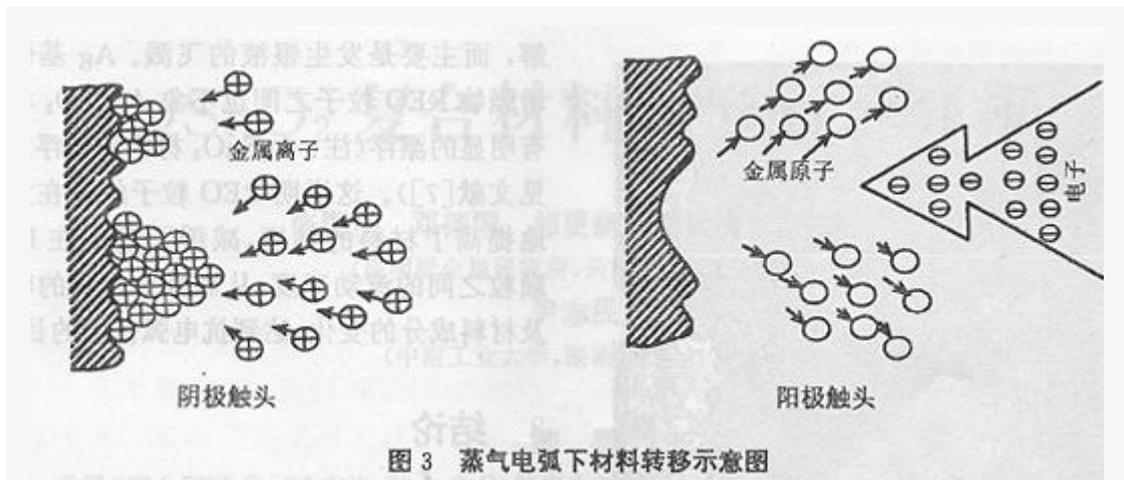


图 3 蒸气电弧下材料转移示意图

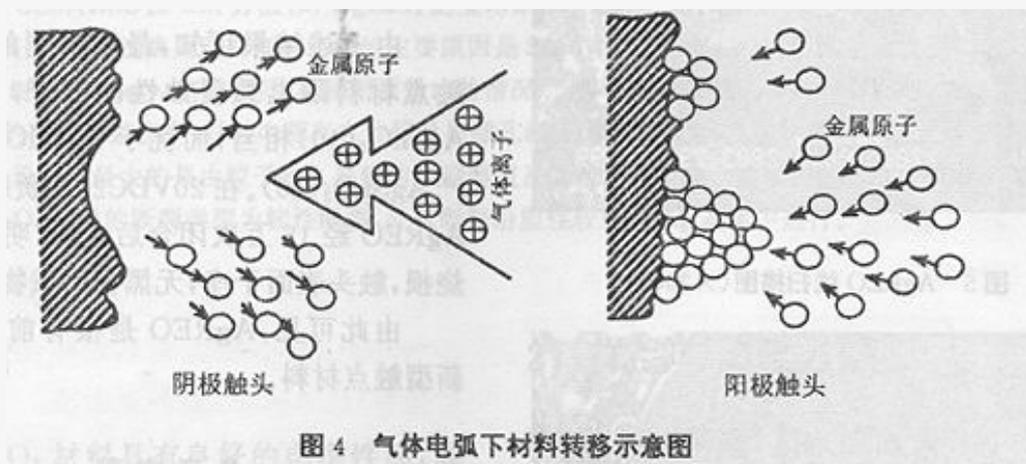


图 4 气体电弧下材料转移示意图

气体电弧中，起支配作用的粒子为气体离子、气体分子（原子）和金属原子。如图 4，当气体离子轰击阴极表面时，阴极表面发生熔融金属的飞溅，少数动能较大的金属原子能够到达阳极表面。若阳极熔融液体粘度足够大，则一部分金属原子可被吸附在阳极表面，即实现材料从阴极向阳极转移。

气体电弧下材料转移和蒸气电弧下材料转移相比是很小量的，因为气体离子的质量远较电子大，其碰撞阴极表面多数为弹性碰撞，传递的能量有限，只有少量的金属原子能克服阴极表面的束缚进入电场，能到达阳极表面的原子就更少了。此外，气体燃弧时，电极之间的距离要比金属蒸气燃弧时大，电场强度也变小，这也不利于金属原子到达阳极表面。

一般说材料转移是指材料的净转移量。在本文实验条件下，材料转移表现为从阳极转移到阴极。伴随材料转移的是材料的烧损，实验现象表现为黑灰。一般认为，黑色喷溅物多表现为氧化银。熔融金属粘度越小，电弧作用下越易发生材料的飞溅和转移，烧损量和转移量就越大，如 AgCdO 。依据材料设计理论制备的 AgREO 具有很好的抗电弧侵蚀性能和提高

材料的粘度，对减缓触头表面成份和形貌的变化有很大的关系。

2.3 电弧侵蚀机理

AgCdO、AgSnO₂ 和 AgREO 均属于 AgMeO 系触点材料，它们的结构虽然相似，但抗电弧侵蚀能力各异。AgCdO 作为 AgMeO 系触点材料的典型代表，属于一种弥散强化型银基复合材料。其电弧侵蚀机理为^[7]：在分断电弧和触头材料的相互作用中，当表面温度达到银基体的熔点附近时，CdO 粒子开始分解，甚至升华。分解或升华过程中消耗大量的电弧能量。从 CdO 分解出的 Cd 一部分与空气中的氧重新组合，形成 CdO 凝结于触头表面；一部分溶于银基体成为银镉合金或形成细微扩散的 CdO 分子增加熔体的粘性以降低喷溅侵蚀量。AgSnO₂ 材料的电弧侵蚀机理为：SnO₂ 提高了材料的粘度，降低了液态喷溅侵蚀。

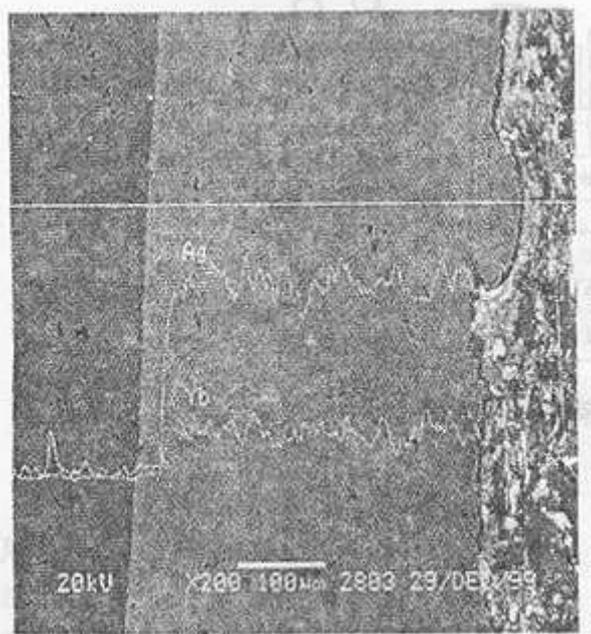


图 5 AgREO 线扫描图(×200)

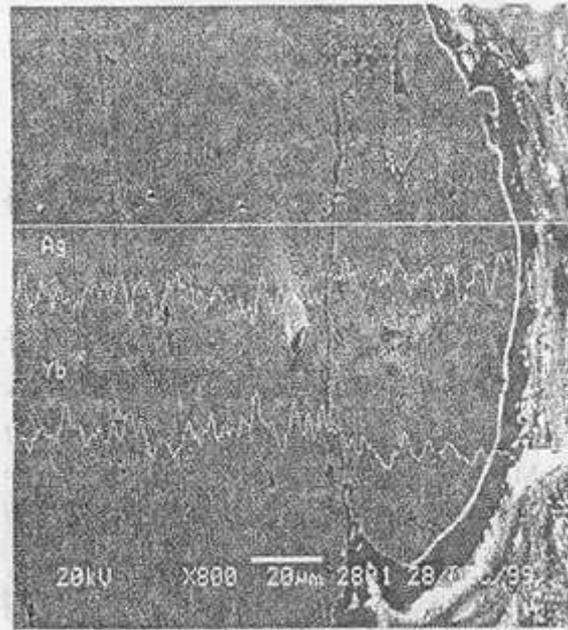


图6 AgREO 线扫描图(×800)

Ag / REO 经分断电弧多次作用后, 阴极表面 REO 没有发生明显的富集, 如图 5、图 6 所示。此外, REO 的熔点高达 2000℃ 以上。这些均说明, 触头材料在电弧的作用下, 没有象 AgCdO 材料那样发生氧化物的分解, 而主要是发生银液的飞溅。Ag 基体和增强物 REO 粒子之间也不象 AgSnO₂ 材料有明显的漂浮(注: AgSnO₂ 材料的漂浮现象见文献 [7])。这说明 REO 粒子的存在大大地提高了材料的粘度, 减缓了银液在 REO 颗粒之间的流动速度, 从而减少材料的转移及材料成分的变化, 达到抗电弧侵蚀的目的。

3 结论

由上述结果可知, 最新研制的 AgREO 触点材料耐电弧侵蚀性能良好, 与韩国产 AgSnO₂ (10) 相当, 而优于 AgCdO (10) 及国产 AgSnO₂ (10)。在 20VDC20A 负载条件下, AgREO 经 15 万次闭合后, 没有明显的材料烧损, 触头表面干净, 无黑色喷溅物。

由此可见, AgREO 是很有前途的一类新型触点材料。

参考文献

- 1 曾德麟主编. 粉末冶金材料. 北京: 冶金工业出版社, 1989: 226~227
- 2 王可健. 分断电弧对触头材料侵蚀研究. 西安交通大学学报, 1988 (3): 99~106
- 3 F. L. Jones. The Physics of Electrical Contacts. London, U. K: Oxford

Univ. Press, 1957

4 E. W. Gray and J. R. Pharney. Electrode Erosion by Particle Ejection in Low-Current Arcs. *J. Appl. Phys.* , 1974, 45: 667~671

5 M. R. Hopkins. Transients Bridges Microarcs and Metal Transfer in Low Voltage Electrical Contacts. In *Proc. Int. Conf. Elect. Contacts*. Chicago: IL, 1972: 401~406

6 Zhuan-Ke Chen. Effect of Arc Behavior on Material Transfer: A Review. *IEEE TRANS.* , 1998, 21 (2) : 310~321

7 孙明. 触头材料的电弧侵蚀特性及其数学模型研究: 博士学位论文. 西安: 西安交通大学,