

工艺与装备

银合金触头材料在低压电器产品中的应用

王文

(苏州光威电器有限公司, 江苏 苏州 215144)

摘要: 归纳了接触器、开关、断路器等低压电器产品中几种常用的合金触头, 并介绍了它们的性能、特点。对这些电器产品所用的不同触头材料银镍合金、银石墨合金、银钨合金、银氧化镉合金、银氧化锡合金等的差别进行了分析, 依据多年实践工作经验, 总结了对不同触头材料的应用与选择。

关键词: 低压电器; 银合金触头; 特性; 应用

中图分类号: TM24 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-3175(2009)10-0056-04

Application of Silver Alloy Contact Material in Low-Voltage Electrical Apparatus Product

WANG Wen

(Suzhou Guangwei Electrical Appliance Co., Ltd, Suzhou 215144, China)

Abstract: Induction was made to several often used alloy contacts in contactors, switches and circuit-breakers etc low-voltage electrical apparatus products, and their performance, characteristics. Analysis was made to the differences of these electrical apparatus products adopting different contact materials such as silver-nickel alloy, silver-graphite alloy, silver-tungsten alloy, silver-cadmium oxide alloy, silver-tin oxide alloy etc. According to years of practical working experience, summary was made to the application and selection for different contact materials.

Key words: low-voltage electrical apparatus; silver alloy contact; characteristic; application

为了满足低压电器产品的应用要求, 触头工作性能应具有如下的特性: 尽可能高的电导率与热导率; 高的再结晶温度、熔化温度、沸点温度、熔化潜热、气化潜热、电子逸出功和游离电位; 适当高的密度、硬度和弹性; 尽量小的蒸气压力、摩擦系数、热电势、汤姆逊系数、液态金属浸润角、表面膜隧道电阻以及与周围介质某种成分的化学亲和力。但到目前为止, 在低压电器产品中实际应用的银合金触头都不能完全满足以上所有的要求。

在实际应用的场合中通常选用的银合金触头材料有AgNi、AgCdO、AgSnO₂、AgW、AgC、AgWC。

1 银合金触头材料的特性

目前低压电器产品中用的银合金触头材料主要考虑以下四个方面: 高的电导率; 良好的电弧开断性能; 较高的抗熔焊性能; 较低的表面接触电阻。

1.1 AgNi合金触头材料的特性

AgNi合金触头有一特性是在温度极高时, 两共存熔体的互相溶解度增加, 使AgNi合金材料的镍颗粒形成均匀弥散分布, 并大量熔解和弧根处产生的银熔成一体。冷却后, 沉积于银基体中形成的这种结构后, 使材料的抗熔焊性得到提高。

当AgNi材料中镍含量增加时, 需要更高的温度和更长时间方可使镍熔解于银基体中, 当冷凝时会在触头表面形成镍氧化物的集聚, 这样就会使触头表面的接触电阻增加。镍含量越高, 抗熔焊性越好, 但表面的接触电阻就越大。

1.2 AgCdO合金触头材料的特性

AgCdO合金触头材料特性是材料中的CdO易分解, 只要温度略高于930℃, 低于银的熔点960℃, 当CdO受电弧侵蚀时, CdO首先分解变成气体, 体积要增大好几个数量级, 因而产生了显著的吹弧效应。它的另一个特性是具有良好的抗熔焊性和小的电弧磨损率, 当CdO的含量达到12%~15%时性能最佳。

1.3 AgSnO₂合金触头材料的特性

AgSnO₂合金触头材料特性是材料中SnO₂分解

作者简介: 王文(1965-), 男, 工程师, 本科, 从事低压电器产品研发工作。

温度较高达 2 373 °C, 因此在基表面不会形成低密度层, 使此材料的分散系始终保持较高的粘度, 因而抗熔焊性较好^[1], 在高温下 SnO₂ 从材料中分解出在触头表面易形成导电性不良的渣层, 从而引起接触电阻的增高, 但在 AgSnO₂ 材料中适量掺入 WO₃、MoO₃ 等添加剂后, 能使 SnO₂ 颗粒悬浮在渣层中, 可改善接触电阻和温升。在 AgSnO₂ 内氧化时, 当 Sn 含量超过 4% 时材料表面形成 SnO₂ 薄层, 使内氧化不能进行下去, 故要掺入 In (或 Bi) 添加剂并形成 AgSnO₂-In₂O₃ 触头材料^[2]。

1.4 AgC合金触头的特性

AgC系材料导电性能好、接触电阻低、抗熔焊性高, 但磨损大、灭弧差。银-石墨合金材料主要特点在于石墨与大气中氧的作用。在被电弧加热的高温弧柱区域, 碳粒形成CO气体逸出触头, 使触头表面形成多孔疏松的富银层, 故AgC材料在工作过程中始终保持较低的接触电阻, 同时疏松多孔的表面具有良好的抗熔焊性, 材料表面的海绵状体又决定了熔焊力的大小。另外, 相对稳定的石墨纤维将有助于熔化的金属不会粘在一起, 抗熔焊性提高。

1.5 AgW合金触头材料的特性

AgW合金触头材料的特性是将银的高导电性、传热性和钨的抗熔焊性融为一体。AgW触头材料中钨的抗熔焊不是在材料的制造过程中产生的, 而是在大电流负荷作用下出现的。当电弧高温作用于触头时, 银首先蒸发, 造成大量银的侵蚀, 同时斑点区域的钨微粒被烧结在一起, 使AgW具有较高的抗熔焊性和耐磨性。但是AgW合金触头的电导率较低, 又易产生氧化钨和钨酸银表面膜, 使触头表面接触电阻增大, 温升过高。

1.6 AgWC合金触头材料的特性

AgWC合金触头材料的特性分别具有AgW和AgC合金触头材料各自的优点, 表面接触电阻和抗熔焊性介于这两种触头材料之间。

2 常用银合金触头材料的性能对比

2.1 接通熔焊性能

由于预击穿和弹跳产生的电弧可使触头加热到熔点以上, 熔化的表面受到压力作用有可能发生熔焊。AgC触头是抗熔焊性能最好的一种材料, 见表1。而AgNi触头被熔焊的可能性最大, 但AgC触头材

料较脆, 易于断裂。

表1 按通过的抗熔焊电流 I_{sg} 的范围进行分类

材料	I_{sg}/A	分类
AgC5/AgC3	>5 000	第一类
AgSnO ₂ 12/AgSnO ₂ 10 AgCd015/AgCd012	1 000~5 000	第二类
AgWC/AgW/AgNi	100~500	第三类

表1中的第二类为含AgMeO(银金属氧化物)的材料, 它具有较高抗熔焊性能, MeO含量越多, 抗熔焊的能力越强, 烧结法比内氧化法制造的材料性能更好, 当各种AgMeO材料含有相同重量百分比的MeO组分时, SnO₂、CdO的密度依次升高, 因而AgSnO₂、AgCdO材料工作期的抗熔焊性能依次将低; 第三类材料在电流为100A时就可能发生熔焊, 熔焊电流的临界点比第二类的含AgMeO要低一个数量级。

2.2 接通烧损

AgMeO材料之间接通烧损情况最少的是AgSnO₂, 其次是AgCdO, 最多的是AgNi, 而AgC介于AgCdO和AgNi材料之间。

2.3 载流触头的熔焊

在发生短路或过载时, 由于高的接触电阻会使触头熔焊, 表2给出了材料载流熔焊性能比较^[3]。其中AgC有最高的抗熔焊能力而钨合金却最易发生熔焊, 但熔焊的钨合金触头材料又具有较高的抗拉强度。

表2 触头材料的熔焊性能比较

触头材料	熔焊性能
AgC3/AgC5	最低
AgNi10/AgNi20 AgSnO ₂ 10/AgSnO ₂ 12 AgCd010/AgCd012/AgCd015	低(AgMeO间差别不大)
AgWC/AgW	相应较高

2.4 电动斥力引起的熔焊

在通电的触头间产生的电动斥力是与其电流平方成正比, 在很大的短路电流时, 斥力斥开触头的瞬间形成电弧使触头烧损和熔焊, 此现象与接通熔焊和接通烧损现象相似。

2.5 分断后电弧能自熄的触头

对没有灭弧的交流小电流开关, 在触头分断后每一次电流过零时电弧能自熄, 这种情况相应于电流达100A左右的开关电器在极性转换时利用近阴极效应使间隙间的介质强度恢复和击穿电压提高, AgSnO₂、AgCdO、AgNi等触头材料的自熄性能都很好, 而AgW、AgWC、AgC的自熄性能则较差。

3 不同触头材料的应用与选择

3.1 通断电流小于或等于100 A过零自熄弧的电器

此类电器有控制开关、辅助开关、小容量接触器和家用电器开关等, 由于这些电器大多没有专门的灭弧装置, 依靠自然过零而熄弧的原理。对此类电器所用触头材料的要求是: 能促进电弧的自熄, 电流过零后触头间隙介质强度必须达 2 000 V, 通断时烧损较小, 绝缘材料烧蚀遗留物不影响间隙介质强度。

含镍量在10%~20%的AgNi烧结材料在此种情况下特别有利, 因为它的烧蚀遗留物在绝缘件表面是不导电的。一般此类电器分断电流小于30 A时触头材料选用AgNi10, 分断电流在30~100 A之间的触头材料选用AgCd012或AgNi20, 使用在较重要场合(如铁路机车、轨道机车、电梯、钢厂等)的30 A以上交流接触器触头材料常选用AgSnO₂-In₂O₃/AgSnO₂。

3.2 通断电流100~5 000 A过零回熄弧的开关电器

此类开关电器如大电流接触器、额定电流达100 A的小型断路器, 为了能电流分断时, 电弧在自激磁场作用下被引入灭弧室, 在分断电流第一次过零时电弧熄灭, 对此类电器的触头材料要求是闭合时有高的抗熔焊性, 通断时的烧损要小。一般开关电器分断电流在100~200 A之间, 选用内氧化法制造的AgCd010或AgCd012, 分断电流大于200 A选用烧结挤压法制造的AgCd015-SP, 烧结的SP比内氧化法制造的AgCd0在闭合时具有更高的抗熔性能, 并且烧损量更小。

接触器额定电流在100~630 A之间最常选用AgSnO₂-In₂O₃/AgSnO₂。

低压断路器额定电流在不大于100 A时一般选用AgCd012, 额定电流大于100 A时选用动触头AgW50和静触头AgWC12C3配对使用。

自动转换开关电器(ATS)额定电流不大于250 A时选用AgCd015/AgWC30, 额定电流大于250 A时选用AgWC45。

烧结挤压法材料与内氧化法材料相比其缺点是在相同磁场下, 电弧较难转移到灭弧室内。为了弥补这一不足, 必须增加自激磁场值。可利用电流所形成的环形回路, 用铁垫增加自激磁场或用铁质引弧角来引弧, 在大电流接触器、小型断路器和电容器开关上都有铁质引弧角。

3.3 限流开关

小型断路器利用快速限流作用能提高其分断能力。在限流断路器中触头的动作比一般断路器的动作迅速的多。当短路电流尚未达到最大值前触头已打开, 电弧快速地从触头间运动到灭弧室内。此类电器所用的触头材料要求是: 闭合时具有很高的抗熔焊性能, 触头上的电弧能迅速运动和低的接触电阻。

一般带限流的能分断预期短路电流达10 000 A的小型断路器其触头常通过选用不同材料的配对来满足工作要求。选用静触头材料为AgC5或AgC3, 动触头选用铜而不选用AgMeO, 因为在磁场中铜上电弧移动的速度比银及AgMeO、AgC、AgWC材料上电弧移动速度快得多的理论已被研究证明。

如外形类似DZ47的限流断路器, 预期分断电流为10 000 A所用静触头为AgC5, 动触头为铜, 而过去欧式小型断路器, 它是利用电流过零熄灭电弧, 触头材料为钨合金, 其预期短路电流为2 000 A, 且体积要大15%左右。

3.4 替代有毒的触头材料

由于镉有毒, 当今含镉材料在分断电流时产生的CdO有毒气体以及生产制造时有毒气体的逸出影响到人类和环境, 现在许多国家都在限制使用, 随着开关绿色产品的问题被提出, 含镉材料最终将被AgNi20、AgSnO₂-In₂O₃、AgZnO(生产中存在ZnO在银基体中的分布不均匀, 造成材料内部贫锌层的出现, 如何消除贫锌层出现的工作还在进行中)及其它AgMeO材料取代。现在国外产品中已很少使用AgCdO触头材料, 即使使用也是把镉含量控制在10%以下, 在相同的触头尺寸下使用AgSnO₂的触头寿命是使用AgCdO的两倍, 这已被研究实验表明。

图1、图2展示了两材料在工业用电机开关的操作次数与温升、烧损的对比, 对比条件为AC-4工作制, 通断电流为1 000 A, 电压为220/380 V频率为50 Hz, 功率因数0.35。

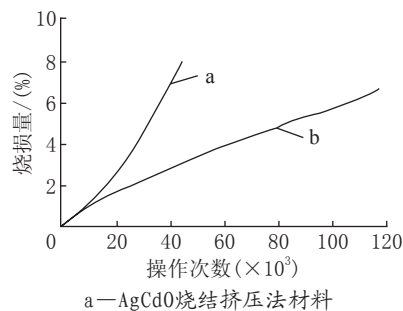
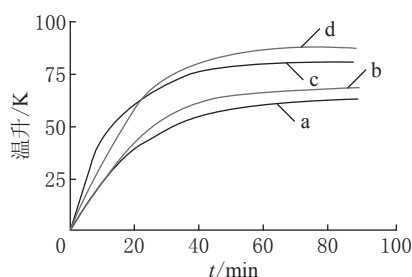


图1 操作次数与烧损量的关系图
a—AgCdO烧结挤压法材料
b—AgSnO₂添加钨的烧结挤压法材料



a—AgCdO新触头 b—AgSnO₂新触头
c—AgCdO操作44 500次后 d—AgSnO₂操作117 000次后

图2 触头温升图

图中曲线a为AgCdO烧结挤压法材料的操作次数与烧损量的关系,当操作次数为44 500次后,通过额定电流时最高温升为80 K(曲线c),而AgSnO₂添加钨的烧结挤压法材料的操作次数与烧损量的关系为曲线b,当操作次数为117 000次后的相应温升为

(上接第40页)

易并联谐振,使LC滤波器过载损坏。它只能补偿一些固定频率的谐波,所以效果不太理想。

(7) 设置有源滤波器(APF)。经补偿装置检测出谐波电流,并提供一个电流源谐波源负载并联,输出与负载谐波电流幅值相等、相位相同、方向相反的电流,两者互相抵消,达到消除谐波影响。它由电源侧的并联逆变器、负荷侧的串联逆变器,通过公共的直流电容结合在一起。

另外,有源滤波器按接线方式分为并联型和串联型,并联型用于对电流源型谐波的补偿;串联型主要用于对电压源型谐波的补偿。而在实际的负荷产生的谐波基本为电流源型谐波,常用并联型为主。

5 谐波的管理和监测

谐波对电网造成危害很大,根据国家颁发的《电力法》、《电能质量公共电网谐波》、《电力供应与使用条例》,另外,国网公司制订的相关规定、条例及实施细则进一步加强电网谐波的管理。

1) 设立谐波监测点

目的就是监测谐波是否超出标准允许值。一般在主要发电厂及枢纽变电所的母线及大型用户变电所及接有谐波源负荷系统的母线上,设立监测点。日常、定期监测控制系统及谐波源负荷的谐波水平。

2) 现有及新增谐波源管理

现有谐波源负荷,应建立谐波源的档案,包括

85 K(曲线d)。因此在相同的触头尺寸下,若保持相同的寿命,使用AgSnO₂的触头尺寸可减少25%~40%。

以上论述的不同触头材料的应用与选择是依据多年来的实践工作经验,以及运用研究结果的总结,可供设计人员在低压电器产品开发时参考。

参考文献

- [1] 高朝键. 银氧化锡触头材料的电弧重燃特性[J]. 低压电器, 1993(4): 42-46.
- [2] 张德林, 林晨光, 王家君, 等. Ag/SnO₂电接触材料的研究进展[J]. 粉末冶金技术, 2008(6): 459-463.
- [3] 张逸成, 李震彪, 程礼椿, 张学康. 银金属氧化物触头材料的表面劣化及抗熔焊性能分析[J]. 中国电机工程学报, 1999(4).

收稿日期: 2009-05-19

主接线、设备的参数、有关电容器或滤波器参数、谐波的实测值等。当谐波电流、电压超出标准,按就地治理原则限期改进。

新增谐波源负荷,在申请用电时,就需要进行谐波预测计算,对超出标准的用户,需采取限制谐波的措施,并与用电设备同时投运。

3) 电网谐波管理

首先,分析电网谐波电压超标的原因,并采取相关措施;其次,对新投电容器,在设计上就要考虑谐振和放大的可能性,且要实测。最后,电网中的电厂、变电所、线路投运都要进行谐波测量。

6 结语

非线性负荷不但将谐波电流带入电网,也给电网带来严重危害,对电网中运行的设备带来损坏,造成电网不安全生产,尤其对那些线性用户的运行非常不利。谐波治理的最终目的是降低谐波源对电力系统及其电力用户的谐波污染。谐波源对系统的危害,需要在工程设计初始及设备改进中采取各种消除谐波产生的措施,才能彻底治理谐波污染。

参考文献

- [1] 中国航空工业规划设计研究院. 工业与民用配电设计手册[G]. 第3版. 北京: 中国电力出版社, 2005: 280-290.

修稿日期: 2009-08-27