

铜包铝线断面抛光样品制备方法

周姬旻

0. 前言

随着双金属复合技术的发展，人们利用铜的优良导电性与铝密度小的特点，在铝芯线外部牢固复合铜薄层，制成铜包铝线。铜包铝线是采用包覆焊接拉拔法，将铜层均匀而同心地包覆在铝芯线上，并使两者界面上的铜和铝原子实现冶金结合的双金属复合线，它具有导电性好，密度小，柔软，耐腐蚀，易焊接，价格低廉等特点。近年来铜价节节攀升，居高不下，铜包铝线更能显示性能上、经济上的种种特点，很多电线电缆企业都积极使用铜包铝线，以减少用铜量，降低原材料成本。考核铜包铝线是否符合使用要求有多项技术指标，其中铜层厚度的测定是最为关键且直接关系企业生产成本的重要指标。SJ/T 11223-2000《铜包铝线》行业标准规定铜层厚度最薄点的测定应采用“断面抛光测量法”，由于试样的制备对测试结果的准确性影响很大，我们经多次实践，积累了一定的经验，总结出以下断面抛光样品的制备方法供参考。

1. 断面抛光样品的制备

就我们国内金属试样金相研磨水平来讲，还是停留在比较原始的阶段，就工艺而言，大多数还是手工操作。对于铜、铝这样的较软的材料，不可以用砂轮片这样不易平整的材料进行加工，也不能用研磨料直接在研磨机上进行磨削。经反复实践我们推荐采用半人工的方式对铜包铝线的断面进行研磨，这样不但节省材料的消耗，也保证了所加工试样断面的平整。

1.1 取样

从样品一端截取适当长度的铜包铝线试样，一般为 15mm 左右，切取时应尽量减小线材横截面变形。试样两端可用锉刀或者较粗的砂纸处理平整。

1.2 固化

对于直径 1mm 以下的小试样，将其每隔 2mm~3mm 的距离平行粘上一段宽度约为 10mm 的胶带。将胶带连同试样一起粘在直径约为 5mm、长度约为 15mm 的金属杆（铝杆或铜包铝杆）上。将金属杆和小试样一起放入铝管或塑铝管（也可截取一段比较容易取得的 PVC 水管）中，用环氧树脂浇注。环氧树脂与试样的接触面应紧密填实，待固化后备用，固化时间应大于 24 小时。

1.3 磨平

将已固化好的试样在中低速的金相试样抛光机上进行磨平或是手工打磨。先在较粗的砂纸上抛光，当磨痕方向一致后，换用较细的砂纸抛光。每更换一次砂纸，必须用纯棉花沾取酒精之类的清洁液对抛光表面进行仔细的擦拭，将上一道磨制的灰尘清除干净，然后将试样研磨的方向转动 45 度~90 度。磨平时须用水冷却试样，使金属的组织不因受热而发生变化。磨平试样的砂纸一般使用目数的顺序为：#120—#360—#600（可以根据实际情况进行调整）。

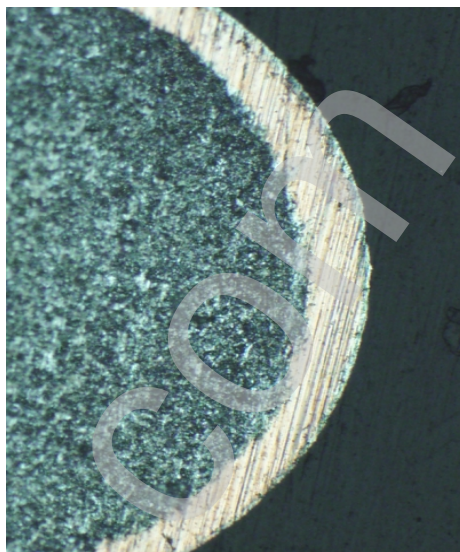


图 1 磨平后试样

1.4 研磨

经抛光机磨平、洗净、吹干后的试样，用手工依次由粗到细的在各号水砂纸上磨制。砂纸须平铺于平的玻璃、金属或板上，研磨时必须加水作为润滑剂。从粗砂纸到细砂纸，水砂纸一般的使用顺序为：#1000—#1500—#2000—#3000—#5000（可以根据实际情况进行调整）。可在 200 倍的显微镜下观察试样表面的磨痕，每换一次砂纸时，试样均须转 45 度~90 度与旧磨痕成一定角度，向一个方向磨至旧磨痕完全消失，新磨痕均匀一致时为止。若旧磨痕磨制一定时间后仍无法消失时，则表示新砂纸目数过高，应更换较低目数砂纸进行研磨。同时每次须用水或超声波将试样洗净，手亦应同时洗净，以免将粗砂粒带到细砂纸上。磨制试样时，

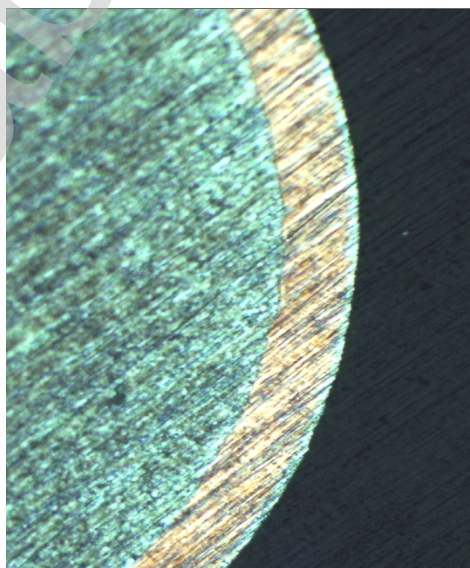
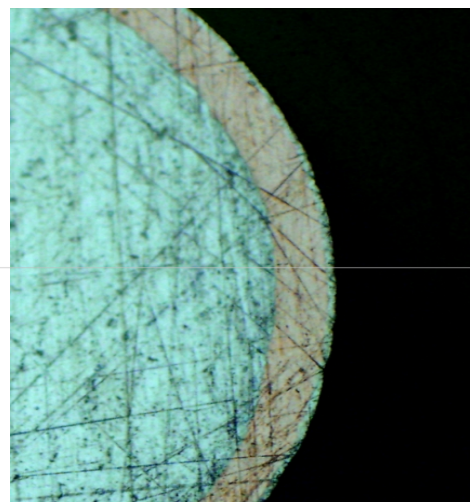


图 2 研磨后试样

注意不可用力太重，每次时间也不可太长。试样研磨时，若发现较粗磨痕不易去除或试样抛光后在显微镜下观察发现有凹坑等磨制缺陷影响试验结果时，试样应重新磨制。



1.5 抛光

水砂皮研磨后的试样表面,在显微镜下仍有比较明显的磨痕。为了消除试样表面的磨痕,我们采用平的玻璃、金属或板上铺一层尼龙绸、天鹅绒或其他纤维细匀的丝绒,用油石加煤油作为润滑剂进行手工抛光。一般抛光到试样在显微镜下观察无明显磨痕,表面象镜面时为止,抛光后用水洗净吹干试样,使其表面不致有水迹或污物残留。这时候在显微镜下观察试样断面即可看到铜层和铝芯线之间的分界线,可以通过 μ 级以上的显微镜准确地测定铜包铝线的铜层厚度。

2. 样品制备中要注意的问题

2.1 环境要求

对精度要求在 $1\mu\text{m}$ 以上的试样须在一个清洁的抛光室内进行。若进行更加精密的抛光则必需一个绝对洁净的空间。灰尘、烟雾,头皮屑和口水沫都有可能报废数个小时工作后得到的高精密抛光表面。

图3 抛光后试样

2.2 浇注要求

试样浇注管用的材料的硬度应不高于试样的硬度,对于铜包铝线应采用铝管或塑铝管(也可采用比较容易取得的PVC水管)。环氧树脂浇注后与试样的接触面应紧密填实,待固化后备用,固化时间应大于24小时。试样抛光断面的浇注管四周应做倒角处理,使研磨断面能与研磨物表面吻合,避免研磨时因为浇注管的毛刺接触研磨断面而造成较深的划痕,导致试样磨制失败。

2.3 研磨抛光要求

砂纸须平铺于平的玻璃、金属或板上。从粗砂纸到细砂纸,当换用不同型号的砂纸时,抛光方向应变换45度~90度,这样前一种型号砂纸抛光后留下的条纹阴影即可分辨出来。在换不同型号砂纸之前,必须用纯棉花沾取酒精之类的清洁液对抛光表面进行仔细的擦拭,因为一颗很小的沙砾留在表面都会毁坏接下去的整个抛光工作。手工用油石和煤油进行精细研磨时,这个清洁过程更为重要。在抛光继续之前,所有颗粒和煤油都必须被完全清理干净,手亦应同时洗净,以免将粗砂粒带到细砂纸上。磨制试样时,注意不可用力太重,每次时间也不可太长。

3. 结束语

上述对铜包铝线断面抛光样品制备方法进行了论述。在实际应用中直径0.50mm以上的

铜包铝线通过以上断面抛光样品制备方法，制备的样品铜层与铝芯线的分层比较明显，测试结果准确性高。但直径 0.50mm 以下的铜包铝线用上述方法制备的样品，由于铜层较薄，铜层与铝芯线分界线难以磨制清晰，容易引起较大的测试误差，因此对于直径 0.5mm 以下的铜包铝线或是铜包铝镁线的铜层厚度采用其他方法（化学褪镀法、荧光测厚法）测试更为准确。而对于直径 0.5mm 以下镀锡铜包铝镁线由于镀锡层和铜层极薄，采用“断面抛光测量法”测试其三层金属之间的分界线较难清晰分辨，但目前对于这类线的金属层厚度又无更好的方法，如何提高此类试样铜层厚度的测试准确性还有待研究。

由于断面抛光样品制备方法主要还是靠人工完成，研磨抛光技术目前还是影响样品断面测量准确性的主要原因，只有在实践中不断改进才能达到更好的效果。