

一、焊接质量控制的现有手段

在当代工业生产流程中，焊接的使用非常广泛，大到汽车轮船，小到电子元件，都有焊接的使用。而焊接技术也不断的改进升级，从传统的电阻焊到新兴的超声波焊，各种新技术层出不穷。而焊接质量的控制和检查，一直是焊接流程的难点。目前最广泛使用的，判断焊点质量好坏的方法是，对焊点施加一定的拉力，检查焊接是否牢固。这样的方法存在以下不足：

- 拉力试验属于破坏性试验，证明该焊点不合格的同时，该焊点同时也受到破坏，而且往往无法进行二次焊接，或者二次焊接的质量往往更差；这就造成了成本的浪费；
- 对合格产品进行拉力试验的时候，也对合格产品施加了一定程度的破坏，降低了其原有的焊接强度；即焊接“合格”的产品也被破坏，成为“不合格”的产品，形成潜在的质量风险。

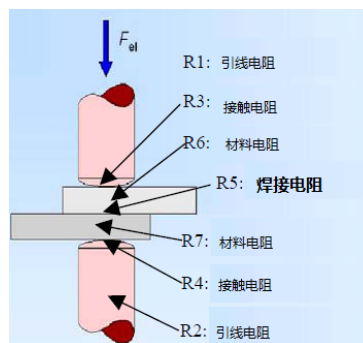
二、焊接电阻的定义和测试技术

1. 焊接电阻的定义

新兴的焊接质量测试技术是使用电阻测试的方法，对焊点的焊接电阻进行测试。焊接电阻是指在焊点处，被焊接的两种材料相互接触，而形成的连接点的接触电阻。焊接质量好的焊点，其焊接电阻小；焊接质量差的焊点(如虚焊、漏焊等)，其焊接电阻大。

2. 焊接电阻的测试技术

焊接电阻的测试模型如下图所示，即： $R_m = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$ 。其中引线电阻(R_1, R_2)和接触电阻(R_3, R_4)可以使用直流低电阻的测试技术进行消除；由于焊点处是两种不同材料的接触点，对于焊接电阻测试不可避免的要计入一部分材料的阻值(R_6, R_7)，实际测试过程中，这部分的阻值越小越好。



3. 焊接电阻测试的考虑因素

根据实际测试的经验，焊接电阻的阻值很小，往往都在微欧量级，因此需要考虑的因素有：

- 选用带有“四线测试法”和“脉冲测试法”功能的低电阻测试仪器，以消除引线电阻和接触电阻的影响；该仪器至少应具有微欧(即 10^{-6} 欧)分辨率，并且测试读数稳定无跳动；
- 使用固定的，重复性好的测试工装和夹具，保证每次测试都接触相同的接触点，使每次测试过程中，材料电阻的计入尽可能完全相同；
- 根据被测样品焊点的尺寸选择合适的测试表笔；对于尺寸较小，外形较为特殊的被测样品，需要进行测试表笔的改造；在改造的过程中，应该保证四线测试法从仪器到被测样品接触点。

三、实际样品测试照片和数据

如下图所示，是使用美国 TEGAM 公司 1750 型微欧计进行测试的照片。TEGAM 公司 1750 型微欧计采用“四线测试法”和“脉冲测试法”，分辨率为 0.1 微欧，并且读数稳定无跳动。

这次测试采用手动测试，没有使用固定的测试工装或夹具；为了获得更好的测试一致性，测试人员尽可能保证对于不同的样品都接触到相同的接触点；如果有条件的情况下，使用固定的工装和夹具，那么一定可以获得更好的测试结果。

下表记录 14 个不同样品的测试结果(单位：微欧)。每个样品分别测试 5 次，记录五次测试的结果。



表 1: 8 个合格样品测试数据记录 (单位: 微欧)

测试次数	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8
1	83.0	84.5	86.1	86.2	71.7	82.9	84.3	74.4
2	82.8	83.9	85.7	87.6	71.0	83.0	83.9	77.4
3	83.5	83.1	85.8	86.1	72.8	84.5	84.9	78.1
4	84.1	83.6	83.9	84.9	70.9	82.1	82.7	73.9
5	93.7	84.9	85.1	86.6	72.2	83.9	85.0	75.2

表 2: 6 个不合格样品测试数据记录 (单位: 微欧)

测试次数	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6
1	109.2	116.7	108.2	111.7	128.3	115.9
2	107.6	115.5	108.4	113.5	129.5	113.4
3	108.5	116.3	109.1	112.7	127.9	114.3
4	107.7	115.7	108.8	113.5	128.7	115.1
5	109.9	114.9	108.7	112.5	127.7	116.0

从测试数据可以看出合格与不合格的电阻值差异约为 30-40 微欧。

四、 TEGAM 1750/1740 型微欧计技术特点

- 量程: 1740 最小量程 20mΩ;1750 最小量程 2 mΩ;最大量程 20MΩ;
- 分辨率: 1740 分辨率 1μΩ; 1750 分辨率 0.1 μΩ;
- 测试精度: 基本精度 0.02%, 属于业内精度最高的微欧计;
- 四线测试法, 消除测试引线电阻引入的误差;
- 测试电流小: 测试微欧毫欧级别的阻值时使用 100mA 测试电流。测试电流小可保证被测件不会产生电流热效应而改变其阻值; 但同时小测试电流流过小阻值被测件会产生极其微小的电压降, 需要更好的电压测试能力。国内仪器大多使用 1A 甚至更大的测试电流, 以便在被测件两端产生大电压降, 但其实大电流带来的热效应已经改变了被测件的阻值。
- 内置高稳定度精密电阻, 仪器内部随时自校准, 保证每一次测试的精确度;
- 专利技术消除接触点电动势带来的测量误差(接触电动势是指,在电子密度不同的金属接触时,在接触点产生电子扩散,形成电势差);
- 1740 型有带通信接口和不带通信接口两个版本, 方便用户灵活的选择。

五、 结论

使用直流电阻的方式对测试样品进行焊接电阻的测试, 可以分辨出“焊接良好”和“焊接不良”两种状态的电阻值差异。想要获得更好的测试结果, 或者需要对更小尺寸和更小电阻的样品进行测试, 需要使用固定的工装夹具, 并且可能需要更加合适的表笔。