

鋁綫(直径0.77mm-0.33mm)的电焊接

陈飞达 鄭立人 李燮均

摘 要

用LSK-I-I型(功率:1KVA)对焊焊接机,成功的焊接了 $\Phi 0.77\text{mm}-0.33\text{mm}$ 的鋁綫。焊接結果接头处的抗拉强度及电阻率达到工业上的要求。

一、引 言

由于鋁的性能好,蘊藏量丰富,近年来生产鋁的技术又不断改进,产量剧增;而且,一吨鋁可以代替两吨銅,另一方面銅的用途很广,所以,近年来在电力工业上以鋁代銅成为重要技术方向之一。

在鋁代銅过程中遇到最大的技术困难之一是焊接問題*,在焊接处由于氧化膜的形成,焊接处应力状态不能消除等問題。这就使得接头处电阻增加,焊件很易损坏。关于解决焊接方面困难的工作很多,有关的问题总结在①中。但該书所提到的問題只涉及較大截面积鋁綫的焊接,对于截面积較小的鋁綫,問題还是没有解决。最近有用超声电烙鉄来焊接的②,但这方面技术还不成熟,且設備不是一下能解决。因此,为了迅速的解决目前工业生产上的需要,我們还是尝试用最简单的电焊机的对焊焊接方法来焊接。

在这样細的鋁綫的对焊焊接中,除了要解决上面所提到的氧化膜及应力状态問題外,还需解决下列問題:第一,对焊时需加一定压力,这样細的綫二条对起来很困难,加压力更困难;第二,接头附近焊接时烧热了,因此,接头附近处在退火状态,强度很低。我們的工作是试图寻找解决这些困难的工艺条件。

二、焊接方法

(一)鋁綫放置:一般对焊焊接时两条綫直的对放着,然后加压(图一)。但是这样放法对于細的鋁綫稍加压力就会弯曲,因此,我們把鋁綫弯曲成「形对放(图二),弯曲处成直角。

(二)焊接处接触的方式:接头处接触得不好,常会发生各种事故。例如:一加压力,接头就“滑开”;或者焊接成二条綫不在同一直綫上等等。我們用的方法是:用剪

* 我們只討論鋁-鋁焊接。对于鋁与其他金属鋁接,还可能产生其他許多問題这里不談。

刀把接头处剪成楔形(通常选择恰当剪刀,一剪即行),两条线楔形的“刀口”互相垂直,这样可以对得很准,不至于滑动。

(三)压力:压力我们没有测量,我们靠线本身的弹性力。对于直径大于0.6

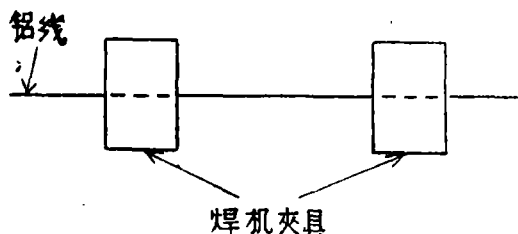


图1 (顶视图)

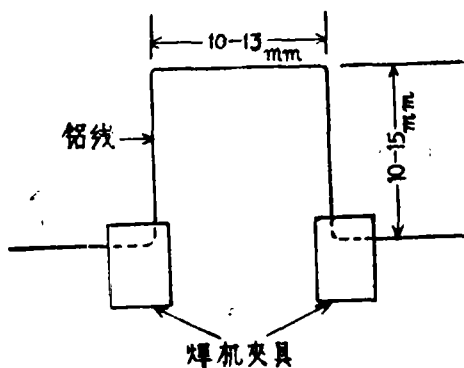


图2 (顶视图)

5 mm以上的线,在通电过程中再略加压力。对于细的线,通电前加一点力即可。

(四)电压:试验结果对LSK-I-I型调压变压器上指的“5-7级”^{*}为宜。高电压常会使接头处熔掉。太低些则焊不起来。

(五)通电时间:通电时间对焊件质量好坏起很大作用。我们试验结果以1秒左右为宜。当观察到接头焊成后即停止通电,否则,会熔掉。

(六)退火处理:未经退火处理的线,接头处机械性能不好。如果把接头附近几个厘米的线通电流加热退火,则机械性能就会显著提高。退火时电压与焊接时相同,但通电时间较短,通常一按电钮即可。

三、结果

由于工业上对焊接的铝线只要求其抗拉强度达到没有焊时的80%,因此我们对焊件作了抗拉强度及电阻率的测量。下面是测量的结果。

(一)抗拉强度的测定:表一、表二、表三分别为直径为0.77 mm、0.65 mm、0.52 mm铝线焊接与未焊接抗拉强度比较的数据。可以看到结果是达到工业上的要求的。对于直径为0.33 mm的铝线,我们也用同样方法焊接。

* 由于电源电压不稳定在试验过程中如果发现熔掉这表示电压过高,如焊不起来是电压过低。

表一 $\phi 0.77$ 焊件试验结果:

序 号	抗 拉 强 度 (Kg/mm^2)	比 较 (%) 〔以原来铝线的抗拉强度为100%〕
1	8.6	84
2	8.8	85
3	9.2	90
4	9.5	92
5	9.2	90
6	9.5	92
7	8.4	81
8	9.0	87
9	8.6	84

〔注一〕 (1) 试件长度为200mm, 截面积为 $0.465mm^2$ 。(2) $\phi 0.77mm$ 铝线原来的抗拉强度为 $10.3Kg/mm^2$ 。表二 $\phi 0.65mm$ 焊件试验结果:

序 号	抗 拉 强 度 (Kg/mm^2)	比 较 (%) 〔以原来铝线的抗拉强度为100%〕
1	10.2	90
2	10.8	95
3	9.2	81
4	10.8	95
5	9.6	84
6	9.8	86
7	11.1	97

〔注二〕 (1) 试件长度为200mm, 截面积为 $0.333mm^2$,(2) $\phi 0.65mm$ 铝线原来的抗拉强度为 $11.4Kg/mm^2$ 。

表三、 $\phi 0.52\text{mm}$ 焊件試驗結果：

序号	抗拉强度 (kg/mm^2)	比較 (%) 〔以原来鋁線的抗拉强度为100%〕
1	9.5	83
2	10.0	88
3	9.5	88
4	9.5	83
5	10.5	92
6	11.0	97
7	11.0	97
8	10.5	92
9	11.0	97
10	10.5	92

〔注三〕(1) 試件长度为200mm, 截面为 0.212mm^2 。(2) $\phi 0.52\text{mm}$ 鋁線原来的抗拉强度为 11.4kg/mm^2

(二) 电导性能試驗：焊接对焊件的导电性能影响不大, 对于 $\phi 0.65\text{mm}$ 一种鋁線的測量結果见表四。可以看出电阻率的改变在我們的測量誤差范围之内。

表四、 $\phi 0.65\text{mm}$ 焊件导电性能試驗

序号	焊件长度 (Cm)	电阻 (Ω)	电阻率 ($\Omega \cdot \text{Cm}$)
1	151	0.122	2.78×10^{-6}
2	143	0.119	2.76×10^{-6}
3	126	0.101	2.66×10^{-6}
4	159	0.129	2.69×10^{-6}
5	121	0.099	2.72×10^{-6}

〔注四〕 $\phi 0.65\text{mm}$ 鋁線原来的电阻率为 $2.70 \pm 4 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 室温 39°C

四、討 論

(一) 电阻对焊焊接鋁線方法简单, 工人掌握該項技术也較容易, 技术熟练后焊接成功的几率也很大, 結果也好。除上面第三节所列出的結果外, 这里还可指出, 有些焊件抗拉强度与未焊接的相同, 而且, 有不少焊件拉断时断口不是在焊接处。

(二) 除去 Al_2O_3 問題：焊鋁的主要困难是在于 Al_2O_3 复盖在鋁的表面, 严重地妨碍

焊接。所以, 焊鋁的中心問題也是除去 Al_2O_3 或防止 Al_2O_3 產生的問題。對於鋁綫, 也是如此。

關於去掉 Al_2O_3 , 我們採用的辦法很簡單; 就是在焊接前才在接口處剪去一小段鋁綫, 對准後馬上施焊。在焊接過程中再稍加壓力, 以便把接頭處殘余的 Al_2O_3 擠掉, 保證焊接順利進行。

這個辦法是簡單可行的。它的原理和利用焊藥及超聲焊鋁的原理一樣, 都是為了除去 Al_2O_3 。焊藥是在鋁的表面復蓋另外一些金屬, 如錫合金, 使焊接處不再形成氧化層。超聲焊鋁則是利用超聲去掉氧化膜的同時, 復蓋上金屬焊料。但是, 它們也有缺點, 如超聲焊鋁的設備, 手續較複雜。而且, 由於在鋁綫上復蓋了另外的一些金屬。如果保護不良, 兩種金屬的接觸處, 容易發生電化學腐蝕。這對於導電器材是最麻煩的。

(三) 關於焊件的退火問題: 退火對於大的鋁件來說, 可能是起消除應力的作用, 從而使得它的機械性能及導電性能有所改善。但是, 對於細的鋁綫, 我們認為退火對消除接頭處的應力作用不大。在這裡, 主要是使接頭兩端的退火部分加長, (焊接時, 接頭處相當於對冷拉的鋁綫退火)。

大家知道, 冷拉的, 沒有焊接的鋁綫經過退火處理後, 機械性能稍為降低。接頭處經焊接後相當於局部地方退火, 受外力作用下即先發生形變。我們知道, 局部區域形變往往會發生局部地方截面收縮應力增加或者應力集中現象。但是, 如果我們把退火區域擴大, 就可以擴大形變的範圍, 消除應力集中現象, 防止過早斷裂, 從而使焊件抗拉強度提高。

至於退火消除應力問題, 這對細鋁綫根本不存在, 一方面由於它導熱良好, 不會有淬火應力; 另一方面我們退火處理時只把接頭附近鋁綫退火, 接頭本身並不退火。

五、附 錄

焊件好壞的判斷:

對焊件的判斷很重要, 但也不困難, 如我們只經過幾個星期的焊接, 就已經能夠很準確地判斷了。下面介紹幾點判斷的根據。

(一) 好接頭: 這裡所指的好接頭, 是指焊件的抗拉強度達到沒有焊接的鋁綫的 80% 以上。

如圖三所示, 接頭對得准, 且接頭周圍有較均勻的鋁凸出。



圖 3 (好接頭)

(二) 壞接頭: 適合以下情況之一者為壞接頭, 不能應用。

(1) 假接: 接頭處只有一點粘着, 沒有或只有部分熔融的痕跡。表面上看好像接得很好, 其實, 是沒有接好。原因是由於通電時間不夠, 接觸處未達到熔化溫度, 或熔而加壓力不夠。

(2) 歪接頭: 如圖四所示。接頭不正。原因是接觸面不平, 加壓力時發生相對滑

动；或操作时没有注意对准。

(3) 接头附近有环頸状凹下：如图五所示。原因是压力不够，接头处疏松，熔融的铝流向接头处，以至在它的附近形成环頸状凹下。

(4) 接头附近出现皺紋：如图六所示。在接头附近出现线条状的皺紋。原因是通电流时间过长，接头虽然接好，但接头处温度升高，铝溶解区域过大，氧化层失去粘性而引起皺紋。

(三) 可用接头：焊件接头接得较好，但是，有小部分对得不够准（特别是对于直径小的铝线）。这类接头，抗拉强度仍然达到或超过原来铝线的80%，可以应用。同时可以将歪曲部分轻轻敲平即可。

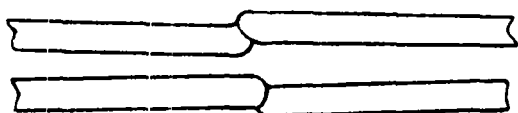


图4 (歪接头)



图5 (环頸状凹下的接头)



图6 有皺紋的接头

六、感 謝

本文是作者在上海電纜廠實習時工作的一些結果。在工作過程中得到廠方各方面的支持，對此表示感謝。作者特別感謝戴銘澤工程師及何榮谷同志的關心與討論，感謝王幼泉同志協助測量電阻以及實習隊同學們的有益討論。

參 考 文 獻

[1] 水利電力部技術改進局編 “鋁鋁與鋁銅的焊接技術 (1958)

[2] Thomas J. Scarpa Electronics 10, 168 (1957)

(中譯：電訊科學 6, 52(1958))。

КОНТАКТНАЯ СВАРКА ТОНКОЙ АЛ НИТИ

Ф.Д.Чэн П.К.Куон С.Т.Ли.

РЕЗЮМЕ

Тонкая Аl нить диаметром 0.33—0.77 мм. сваряется контактной сваркой. Машина для сварки Тип LSK—I—I (Ватт: 1КВА). Растянутая прочность и электрическое сопротивление пункта сварки достигают промышленного требования.

RESISTANCE WELDING OF FINE ALUMINUM WIRE

F. D. Chen L. R. Kuon S. C. Li

ABSTRACT

Using type LSK—I—I (Watt 1KVA) resistance welding machine, we successfully welded Aluminum wire with 0.33—0.77 mm. in diameter. The tensile strength and electrical resistance of welding point satisfied the industrial requirement.