

接触焊接原理

[苏联] K. A. 柯切尔金著

科学技术出版社

接 触 焊 接 原 理

〔苏联〕K. A. 柯切尔金著

王 存 納 湯 菊 生 譯

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書研究一些与接觸焊接过程有關的基本电熱和工藝問題，書中通俗地說明了理論和工藝原理，并介紹了焊接規範的選擇。

本書適用於接觸电焊熟練工人，低級和中級电焊技術人員閱讀之用。

接 觸 焊 接 原 理

ОСНОВЫ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

原 著 者 [苏联] К. А. Кочергин

原出版者 Машгиз • 1955 年版

譯 者 王 存 納 湯 菊 生

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路 336 弄 1 号)

上海市書刊出版業營業許可證出〇七九号

上海市印刷四厂印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書号：15119 · 321

开本 850 × 1168 1/32 • 印張 3 15/16 • 字數 94,000

一九五六年九月第一版

一九五六年九月第一次印刷 • 印數 1—8,000

定价：(10) 七角

序 言

近來接觸焊接在某些工業範圍中獲得了廣泛的應用，特別在汽車、車輛、飛機製造工業和無線電工程中工業尤為顯著。

新式載重汽車和小型汽車上有幾千點焊點（如“勝利”牌汽車約有 7,000 點，而莫洛托夫汽車廠出品的汽車約有 10,000 點焊點）。整體金屬客車車廂基本上是一個點焊結構，每個車廂上約有 30,000~40,000 點焊點。新式重型飛機最高達 250,000 點焊點，和在接觸縫焊機上焊接的長 250 公尺以上的焊縫。

所有各種新式無線電真空管和無線電路上的各種零件，都用接觸焊接方法製成。

但是從接觸焊接的特點上說來，必須着重指出，許多新式的工件除用接觸焊接方法外，根本無法用其它焊接方法來製造。

所以到目前為止，出版了許多說明接觸焊接理論和工藝方面的書籍是無足為奇的。但是除了少數和不重要的以外，所有現有的書籍大都供程度高的讀者——科學工作者和工程師，以及高等學校學生在閱讀之用。

十分明顯，供熟練工人，低級和中級技術人員閱讀的通俗技術書籍是不夠的。

因此作者決定編寫本書，以盡自己的微力來稍微補償這個缺點。

書中敘述了許多有關接觸焊接時發生的電、熱和金相變化過程的基本理論和工藝問題。

此外，本書尚運用了在各種不同形式的接觸焊接情況下，焊接接觸點的理論、分流現象、焊件電阻以及熱量產生過程方面的材料。

經驗証明，由于操作者对焊接过程的理論了解得不够和因而不能足够深入地去研究所需完成的焊接工序的实質，所以在实际运用接触焊接时，总会引起輕微的或嚴重的錯誤。

作者很希望这本通俗地說明基本理論問題的書籍，能促使改進接触焊接的工藝和幫助讀者掌握及使用焊接設備。

因为第一次試編这本书籍，書中內容不多，所以有許多个别問題不作詳細研究。

作者相信，今后讀者們一定能为本書提出很多宝貴的意見。

作 者

目 錄

序 言

第一章 接触焊接的电学原理

1. 接触焊接过程的实质和接触焊接机的主要构件..... 1
2. 接触焊接机焊接电路的阻抗..... 8
3. 在负载的情况下, 接触焊接机的变压器工作情况。
 变压器容量的调整..... 17
4. 接触焊接机的断续接通。接触焊接机正常工作规范的选择..... 23
5. 接触电阻的概念。焊接过程中接触点的性状。
 焊接金属的有效电阻..... 28
6. 焊接电路的磁场。对焊和点焊时之电流的分流现象..... 34

第二章 接触焊接时的热过程

7. 电阻对焊时热量的产生..... 41
8. 闪光对焊过程..... 45
9. 点焊时热量的产生和分布..... 49
10. 缝焊过程..... 55
11. 热过程对焊接接头的金相组织和质量的影响..... 56

第三章 接触焊接规范的选择

12. 焊接规范和焊接接头的质量..... 62
13. 电阻对接焊接规范的选择..... 63
14. 中碳钢闪光对接焊接规范的选择..... 68
15. 高碳钢和合金钢闪光对接焊接规范的选择特点..... 77
16. 铜铝母綫闪光对接焊接规范的选择..... 78
17. 中碳钢零件点焊规范的选择..... 81
18. 碳钢和合金钢点焊规范的选择特性..... 90
19. 不锈钢焊接规范的选择特性..... 95
20. 厚钢板結構件的焊接..... 97
21. 硬铝的点焊..... 103
22. 凸焊..... 109
23. 缝焊..... 112
24. 点焊机的电极和缝焊机的滚盘..... 117

第一章 接触焊接的电学原理

1. 接触焊接过程的实质和 接触焊接机的主要构件

电流通过任意一根导线时能使这根导线发热的现象是电的特性之一。实验证明,导线的发热程度可以用改变导线电阻的方法调整。

例如,为了防止动力和照明导线发热过高,导线的断面积应选择得使导线内部的发热程度不超过容许范围。对大多数导线来说,容许的发热温度不应当超出 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

如果希望电路的任何一段发出大量的热量,则须在該段上接以一根电阻較大的导线。任何一种电热器具(如电烙铁,电熨斗等)都可以作为例子。

在电熨斗的例子中可以很明显的看到,同样大小的电流,在流经供电线路或螺旋线时,在螺旋线和在供电线路上所产生的热量是不同的,根据它们各自的电阻大小而定。

在电熨斗的例子中,可以很好地说明接触点在加热过程中所起的作用。例如,如果輕微的扭轉已通电的电阻絲,使过热的螺旋线部分間發生一些微弱的接触,該处便有一点电阻較高的接触点,因而在这个接触点上剧烈地產生了極大热量。

实验证明,根据接触点的構造和状态,在接触点中可以產生各种不同的热量。接触点在接触电焊过程中起着特別重大的作用。

現就电阻焊接的过程加以研究(圖1)。

两个焊棒用螺釘,杠杆或其它裝置緊密地夾在銅接触鉗口 F 內,电流經母線 A 和 B 流至該鉗口上,依靠外力 P 使焊棒相接触,在端

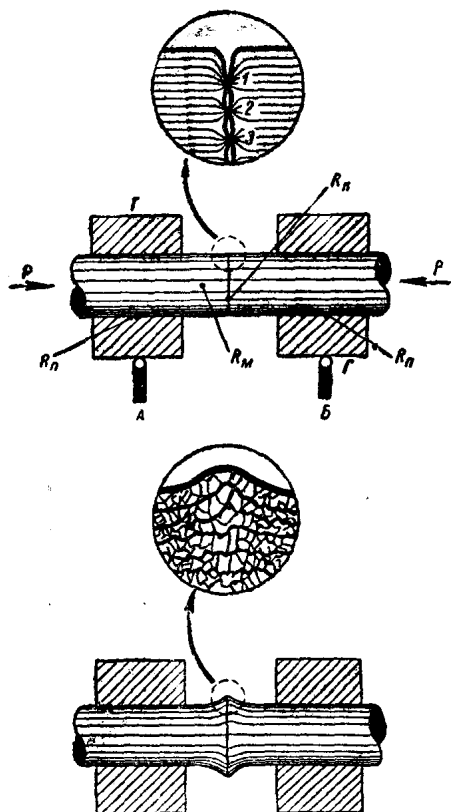


圖 1 用电阻接触法对焊二个焊棒的焊接过程简圖

面間即形成电的接触点。銅接触鉗口和被焊棒料間的电阻,称过渡电阻 R_{II} , 焊棒焊接端面間的接触点上的电阻則称接触电阻 R_K , 而 R_M 則係金屬电阻。如果將焊棒間的接触点放大,則可以看出,僅在几个很小的凸出点(在許多情況下甚至是微点)1-2-3中也表示出發生了接触。

如果將电流的流通情况用类似于非常細小流体的电力綫來表示,則可以看出,接触点是一个平面,电流通过这个平面像通过篩子一样。

随着接触点的發热,凸出点 1-2-3 首先开始焊

合,然后再在整个接触面上發生焊接。当接触面上的溫度漸漸接近熔点时,焊棒在頂鍛力 P 的作用下被压合,并具有圖 1 下部所示的形状。

圖 1 是焊棒焊接区的放大剖面圖。这个剖面圖說明了接触面上的金屬完全焊合的連續晶粒結構。

圖 2 表示焊棒固定在对焊机接触鉗口中的縮小簡圖。对焊机的电气部分和焊接电路由下列各構件組成。

变压器 T_p 有一个初級繞組 1 和次級繞組 2。次級繞組的末端用銅質軟母綫 3 与工作台 4 相連接。这样一來,銅母綫与次級繞組 2

及工作台 4 之間形成了两个經常接触、但是可以拆开的接触点 5 和 6。工作台上裝有兩只銅接触鉗口 7，焊棒就用这两只鉗口夾在焊接机上。接触鉗口和焊棒間也形成了一个具有一定电阻值的接触点 9。前面已經談过，这个电阻与兩焊接棒間的接触电阻 10 不同，称为过渡电阻。

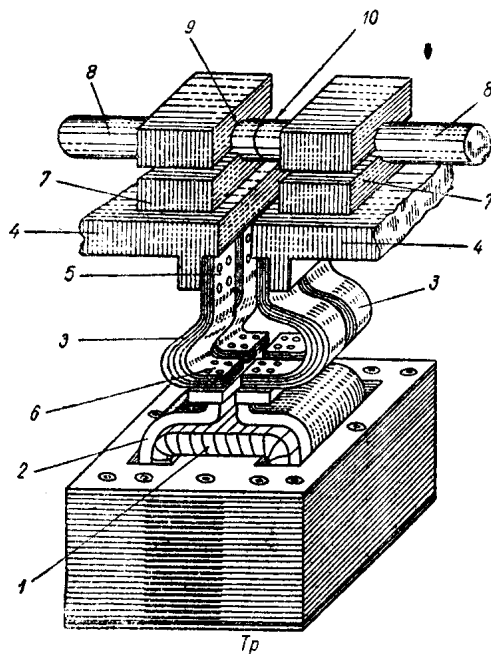


圖 2 对焊机变压器簡圖

圖 2 所示的对焊机簡圖，也可以簡化而变为圖 3-a 所示的形式。圖 3-a 中沒有画出变压器的鉄心，而多圈的初級繞組 1 画成綫圈形狀，放在只有一圈的次級繞組 2 內。圖 3 上的一切数字所代表的零件名称与圖 2 的相同。

但是这种圖形表示法还不够方便。如果將初級繞組 1 (圖 3-b) 画成多圈的細導綫，而將次級繞組、軟母綫等所組成的整个兩次綫路画成一条粗導綫，則对焊机的綫路圖可以画得更为簡單。因而，

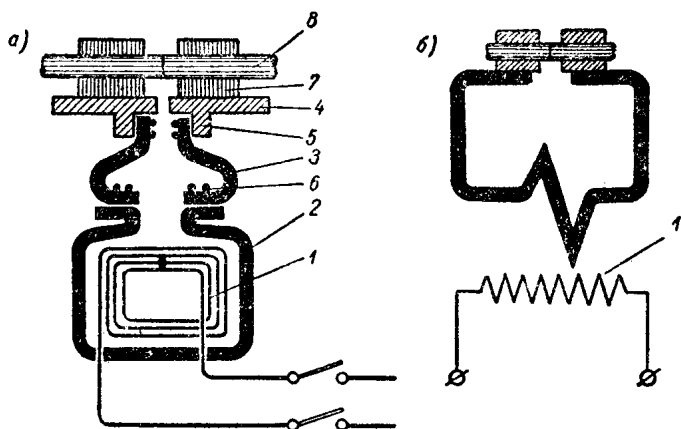


圖 3 接触焊接机电气部分簡示圖

对焊机、点焊机或其它接触焊接机的电气部分常簡單地画成圖3-6所示的形狀。圖4表示点焊过程簡圖。

在圖4中,电流經銅電極2而流過焊件板1。正像对焊时的情况一样,两个平面的接触在放大的圖形(圖4)下看来,也是許多單獨的微点之間的接触。电流假想地以電力綫形狀流過这些接触微点。这时也和对焊时的情况相同,凸出点首先被加热,然后直接接近接触平面的鋼板金屬被加热。焊接电流的接通時間应能使扁豆狀金屬部分3(圖4-6)达到熔点(或超过熔点一些)时为止。当遮断电流,俟鋼板内部金屬冷却后,便獲得了一点焊点。焊点的金相組織簡示于圖4-6上。

为了使焊接鋼板緊密的接触,在加热和焊点的形成过程中,電極应具有一个一定的压力。

在新式点焊机上,焊接鋼板1在電極2間系用气压傳动的方法來压紧的(圖5)。气压傳动系統通常由一个三室气缸3和輔助設備(如轉換开关和压力調節設備)組成。裝置在焊接机机座內的變壓器以接触点4和軟母綫相連接。从變壓器到電極2的電路上

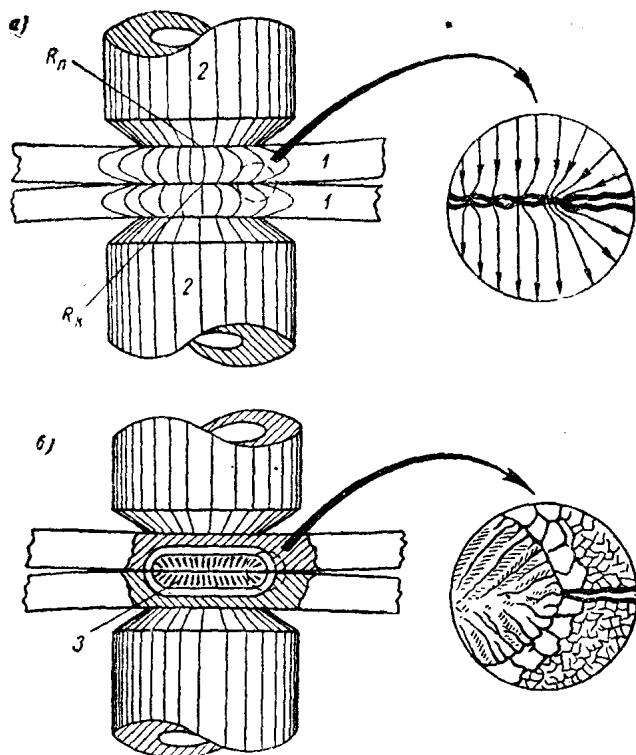


圖 4 点焊过程简圖

尚有很多接触点:夾箍和導电臂之間的接触点 5, 电極卡头和導电臂之間的接触点以及电極和电極卡头之間的接触点。变压器 有一个初級繞組 6 (几个独立的綫圈) 和次級繞組 7。次級繞組是三塊独立的銅片, 銅片末端焊至同一銅板上, 銅板上有几个連接軟母綫用的螺栓孔。

电極挤压機構的三室气缸示于圖 5, 而整个气压傳动系統則示于圖 6。下面將討論新式点焊机的电極挤压機構的工作情况。

压力为 4 到 6 大气压的壓縮空气, 直接从工厂壓縮空气管道經旋塞 1 進入气缸上室 A, 而經過減压閥使压力在 4~5 大气压以下的空气進入 B 和 B 室。

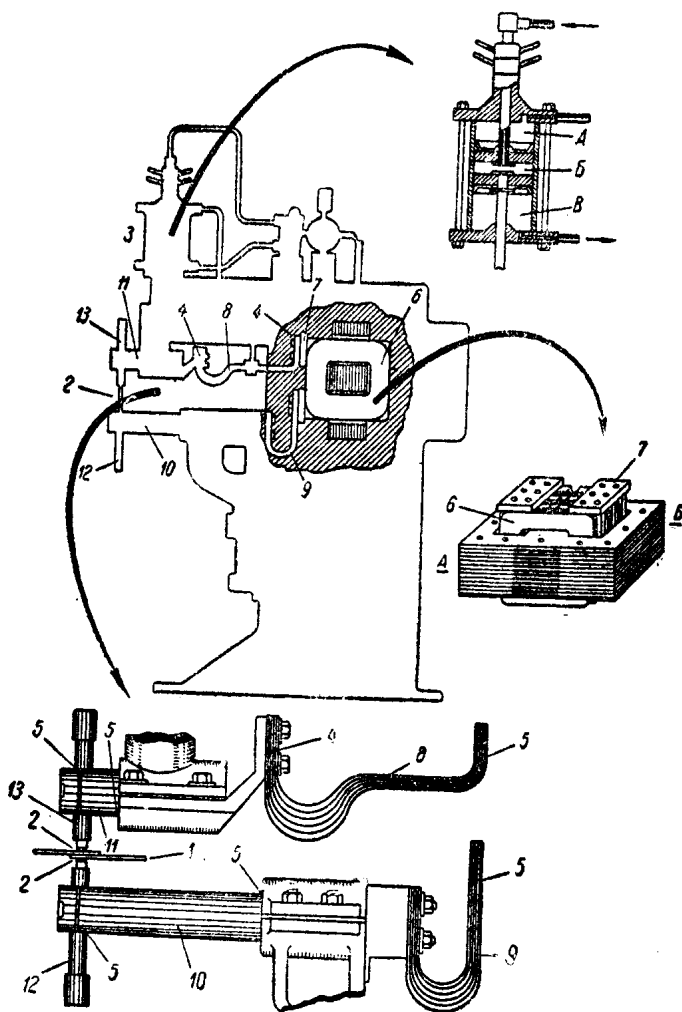


圖 5 接触点焊机簡圖

如果打开旋塞 1 使 A 室与压缩空气管道相通 (如图 6 所示位置), 则行程被挡块 3 所限制的上活塞, 将位于图 6 中虚线所示的位置上。上活塞的位置可用螺帽 4 调节。上电极的工作行程决定于下活塞的行程。下活塞向上移动到碰到上活塞时为止, 而向下移动到电极碰到焊接零件为止。

充满高压空气的上室 A, 在焊接时起着缓冲器的作用。下活塞的行程方向系由电动空气阀 5 来控制, 而电动空气阀则借助滑阀轮流地将来自压缩空气管道的空气, 引入 B 室或入 B 室。

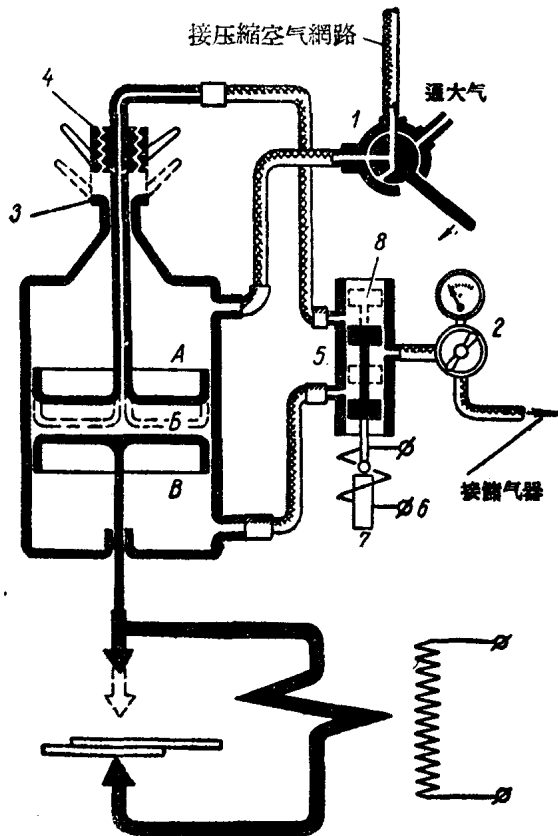


图 6 “电工”工厂点焊机的气压传动机构简图

当电动空气閥的綫圈 6 通电时,电磁鉄 7 被吸入綫圈中,因而使滑閥 8 升到圖 6 虛綫所示的位置。当滑閥位于这个位置时,压缩空气被引入 B 室,而 B 室在这时則与大气相通,下活塞和电极一起獲得工作行程。当遮断綫圈 6 中的电流时,滑閥由于彈簧的作用向下移动,此时压缩空气被引入 B 室,而 B 室則与大气相通。当滑閥处于这个位置时,上电极向上移动。

2. 接触焊机焊接电路的阻抗

在接触焊机的变压器中,接到电源上的一个繞組称为初級繞組。这些变压器的次級繞組大多只有一圈綫圈,次級迴路系由次級綫圈 2,連接母綫 3 (圖 3),接触鉗口和焊棒,也就是說所有連接在接触焊机次級电路中的構件所組成(或称焊接电路)。同样,对点焊机說來,由次級綫圈 7 (圖 5),軟母綫 8—9,導电臂 10—11,电极鉗口 12—13 和电极 2—2 所組成的整个導电系統也可称为焊接电路。

固定式接触焊机的次級空載电压大多是 3—8 伏特。至于高电压(20 伏特以下)和低电压(0.5 伏特以下)的焊机則遇見得較少。

点焊机的电极,在沒有裝上焊接工件时,常常可以直接閉合。这种短時間的閉合叫做焊机的短路,对点焊机說來是沒有危險的。在某些場合中,短路时次級电路中的电流与在其它情况时(例如焊接有色金屬时)所獲得的电流相比較,其差別很小。

普通中型点焊机的短路电流,大多在 10,000—30,000 安培左右。

假設任意一台点焊机的变压器的次級空載电压为 6 伏特及短路电流等于 20,000 安培,則根据欧姆定律,这台焊机次級迴路中的总阻抗將等于

$$Z_k = \frac{U_2}{I_k} = \frac{6}{20,000} = \frac{300}{10^6} \text{ 欧姆。}$$

上式中 Z_k 表示点焊机次级电路的总阻抗, I_k 表示短路电流, U_2 表示次级空载电压。

顯然, Z_k 值很小, 只有 $\frac{300}{10^6}$ 欧姆。通常將欧姆的百万分之一叫做微欧姆, 所以上式又可等于

$$Z_k = \frac{300}{10^6} \text{ 欧姆} = 300 \text{ 微欧姆}。$$

以后所有的計算都將采用微欧姆作为單位。

上述 300 微欧的阻抗究竟包括一些什么样的电阻呢?

我們現在詳細地來說明这个問題。当点焊机次级电路發生短路(电極相碰)时, 有 20,000 安培的交流电流產生。因而次级电路的总阻抗 Z_k 就是交流阻抗。

現在对某一焊接机作如下的实验: 分开电極(升高上电極)將直流焊接發电机 CF 上引來的導綫接至电極上, 如圖 7 所示。閉上刀形开关, 使直流电通过焊接电路。用伏特計测量(用探針)焊接电路上各段的电压降, 可以求出整个电路和单独各段的电阻值。

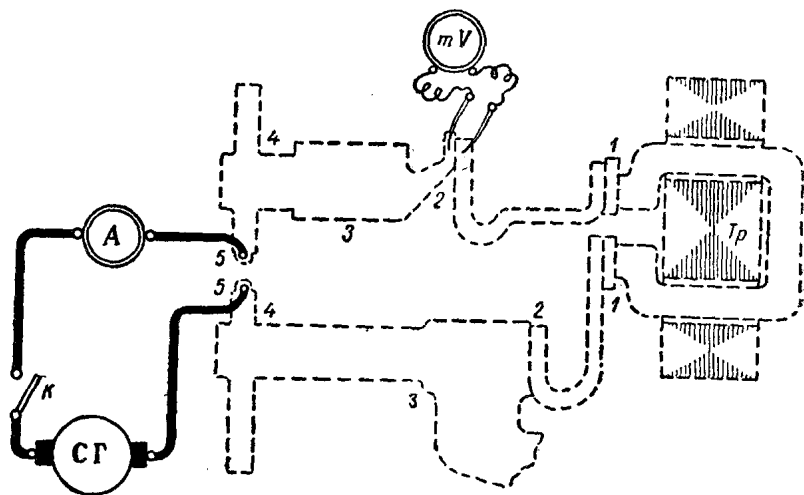


圖 7 焊接电路有效电阻测量簡圖

例如,通过焊接电路的直流电 $I=300$ 安培及接触点 2 上的电压降为 $\frac{2.7}{10^3}$

伏特或 2.7 毫伏,则常接触点 2 的电阻便等于

$$R_{k2} = \frac{mV}{I} = \frac{2.7}{10^3 \times 300} = \frac{9}{10^6} \text{ 欧姆} = 9 \text{ 微欧}.$$

用这种方法测量所有各个常接触点 1、2、3、4、5 (圖 7), 可以求得这些接触点的近似电阻值 (以微欧表示) (表 1)。

表 1

从表 1 可以看出,接触点 1~5 的电阻为 39 微欧;由于在綫路圖中每一种接触点有两个,所以次級电路中所有常接触点上的总电阻值約为 78 微欧。

如果現在测量次級电路中一个电极到另一个电极的总电阻,则总电阻值約为 110 微欧。将这个数值与在交流电情

况时焊接电路的总阻抗 Z_k 相比較,則可以看出兩者之間相差很大。交流电时焊接路的总阻抗

$$Z_k = 300 \text{ 微欧},$$

而在直流电时,同样的焊接电路,其总电阻

$$r_k = 110 \text{ 微欧}.$$

为了詳細地說明这个問題,首先應該研究一下与次級电路直接有关的一些电工問題。

在我們所討論的次級焊接电路中,在通以交流电时,就有一种所謂自感現象產生。大家都知道,当任何一个电路中通以交流电时,随着电流方向的改变,導綫周圍的磁通方向和磁通数值也發生变化。但是導綫中的任何磁通的变化,它总是能感应出一个电势。这个电势產生一个电流,电流的方向与正在消失的电流方向相同,而与增長的电流方向相反。因而,自感現象好像是一种电的惰性,它妨碍了电流的增長和消失(在計算时,考慮到电路中自感作用对

接触点编号	电阻(微欧)
1	6
2	9
3	10
4	12
5	2
	39

电流通行的抵抗。这个抵抗称为感抗，用符号 x_k 表示之）。

感抗的数值可由下式决定：

$$x_k = 2\pi fL. \quad (1)$$

式中 f —— 交流电的频率，赫芝或周波/秒；

L —— 自感系数。

对任何一个电路说来，这个系数是都可以计算出来的。这个系数的数值在焊接电路（次级电路）上，是与此电路所包含的面积有关，且几乎与面积成正比例。譬如此次级电路的每一出线长度为 a 公分，两线距离为 B ，那末此自感系数即与 aB 相乘的积成正比（见图11）。

插有铁心的绕组，其感抗值很大。

例如，电弧焊接设备中的焊接电流调整器——抗流线圈几乎完全是感抗，而稳定变阻器则完全是电阻（欧姆电阻）。

因而，可以假想出一个完全理想的线路图，在这个线路中单独的接着一个带有铁心的线圈（即感抗）和一个变阻器（即欧姆电阻）。

须要说明的是，在交流电路中通常将欧姆电阻称为有效电阻。关于这一点，无论在术语方面和事情本质方面的区别，都将在下面进行解释。

现就图8上部所示的交流电路进行分析。这个电路是由一个感抗为 x_k 的线圈和一个有效电阻为 r_k 的变阻器所组成。将三只伏特计 V_1 、 V_2 和 V_3 跨接在电路上，则可以测量出感抗的电压降 $I_k x_k$ ，有效电阻的电压降 $I_k r_k$ 和电源电压 U_2 。电路中的电流可用带有电流互感器的安培计量出。

假设电路中的电流 $I_k = 20,000$ 安培，伏特计指示出下列几个数值：

$$V_1 = I_k x_k = 5.63 \text{ 伏特,}$$

$$V_2 = U_2 = 6 \text{ 伏特,}$$

$$V_3 = I_k r_k = 2.2 \text{ 伏特.}$$

从这些数字中可以看出，伏特计 V_1 和 V_3 的总和值，不等于伏