

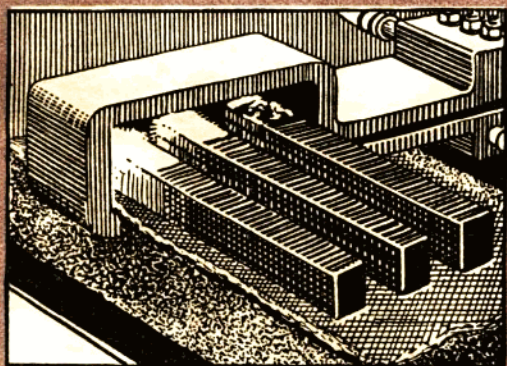


高频热处理丛书

第 13 册

高频钎焊

〔苏联〕В. Л. В. 沃洛格金 著



科学技术出版社



高 頻 熱 處 理 叢 書

第 13 冊

高 頻 針 焊

〔苏联〕B.П. B. 沃洛格金著

周 紀 新 譯

姚 祝 高 校

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

这本小册子简要地叙述使用高频加热方法和硬焊料钎焊金属过程的实质; 阐述现行的高频钎焊方法及其特点; 介绍感应器的选择原则和钎焊前零件连接方法的设计原则; 介绍几种焊剂与焊料; 探讨在真空状态下和在还原性气体中钎焊的问题。

这本小册子可供工业部门中从事高频钎焊的有关人员参考。

高 频 钎 焊

ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ПАЙКА

原 著 者 [苏联] Вл. В. Вологдин

原出版者 Машигиз · 1954年版

译 者 周 纪 新

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 079 号

上海啓智印刷厂印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書号: 15119·601

开本 787×1092 耗 1/32 · 印张 1 3/4 · 字数 36,000

1958年 1 月第 1 版

1958年 1 月第 1 次印刷 印数 1—1,500

定价: (10) 0.30 元

献 給

我的父亲——B. П. 沃洛格金

· 作者 ·

原 序

在工业部門中大力推广生产效率很高的工艺过程，会积极促进我国社会主义經濟的发展。

近几年来，由于钎焊工艺过程的改进和自动化，以及研究出新成分的焊料和焊药，在高频加热情况下钎焊金属制件的方法得到了更广泛的应用。

利用高频加热方法的研究工作，开始是在列宁格勒 B. И. 烏里揚諾夫(列宁)电工学院，后来由“B. П. 沃洛格金教授”高频电流科学研究院以及許多工厂繼續下去，現在已获得了更广闊的发展。高频钎焊也是工业中采用高频电流的許多例子中的一种。

在首次用高频电流进行表面淬火获得良好效果之后，很快地便开始了用硬質合金片钎焊成刀具和某些其他零件的工艺研究工作。不久，又研究成功在真空状态下钎焊零件的方法。

虽然高频钎焊較其他用硬焊料的钎焊方法有許多优点，但是它仅仅在制造硬質合金工具方面获得了比較广泛的应用，而在制造各种零件方面，迄今仍嫌不足。

阻碍高频钎焊在工业部門中更广泛应用的原因應該是：購買高频設備需要一笔資金；缺乏論述这方面問題的書籍著作。

編写这本小冊子的目的，也就是想帮助工业部門的工作人员扩大高频感应加热钎焊这一先进工艺过程的应用范围。

目 录

原序

緒論	1
1. 高频钎焊的实质	3
2. 感应器	6
3. 焊药	13
4. 焊料	16
5. 焊料的准备	21
6. 钎焊连接的设计原则	24
7. 连接实例	29
8. 带有硬质合金刀片的刀具的钎焊	32
9. 高频钎焊的方法	37
10. 真空状态下及还原性气体中的钎焊	45
参考文献	51

緒 論

金属釐焊是連結金属产品各部分的最古老方法之一。

这种工艺过程，早在紀元前的許多世紀里就被人类利用来制造一些家庭用具、武器及各种裝飾品了。

例如，古代埃及人利用釐焊連接过金和鉛两种金属，羅馬人利用錫焊料釐焊各种金属制品，如鉛制水管。据羅馬学者普列尼記述的材料，一世紀时羅馬人使用过两种焊料：“捷尔齐阿里”是由两分錫和一分鉛組成；“阿尔干塔里”是由等分的錫和鉛組成。頗有趣的是这种焊料的成分迄今几乎没有什么变化。

利用硬焊料，特別是銀焊料和黄銅焊料进行釐焊的方法，自古以来就被具有高度艺术与技巧的工匠們运用在俄羅斯的兵工厂来制造品質优良的枪枝和其他武器了。

自从各种各样的金属焊接方法发明和迅速发展以来，釐焊就开始步入陈旧工艺方法的行列之中。在技术上，出現了焊接代替釐焊的趨勢，但是，这种代替并非总能获得良好效果。在許多情况下，釐焊是最好的最經濟的方法，而在个别場合下，更是完全不可被代替的。

过去，很多形狀复杂的零件是用鑄造和鍛造的方法制成的，但是，假若利用硬焊料把几个形狀簡單的零件釐焊成一个复杂零件，則更为合算；特别是在广泛使用模鍛方法(图1)来大量生产零件时，則更为經濟。

釐焊不仅是一种便宜的工艺过程，而且有时还能大大地减

少产品制造的劳动工时和节省大量的金属。在某些情况下，利用钎焊各种不同金属制成的简单零件的办法，一些复杂零件就可以很容易地制造出来了。如果连接方法正确的話，钎焊的零件的强度并不逊于用整块金属制成的零件，而且，那时钎焊零件

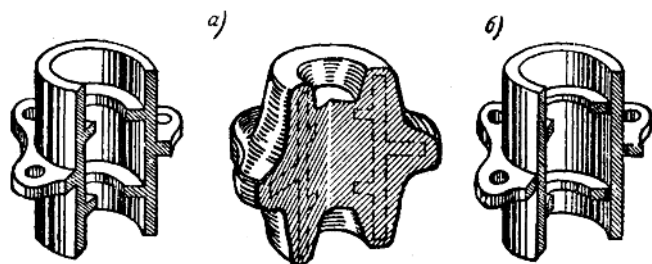


图 1. 零件切面

a—机械加工——毛料法； b—钎焊模锻零件法

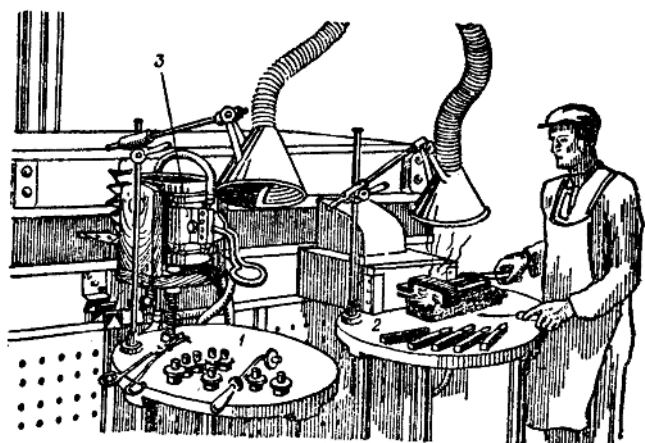


图 2. 高频钎焊装置示意图

1—钎焊零件用工作台； 2—钎焊车刀用工作台；
3—带感应器的变压器(变压器的防护罩已取掉)

的成本几乎都大大地低于整体加工制造出来的零件的成本。

目前,在所有高效率的连接金属零件的工艺过程当中,现代钎焊过程之一的高频感应加热钎焊是值得予以注意的(见图2)。为了用硬焊料钎焊而使用高频电流加热,在大规模高生产率生产过程中可以得到坚固而整齐的连接效果。

由于目前采用高频加热主要还是在利用高温焊料的钎焊过程中,因此本书所着重的是这方面的問題。

1. 高频钎焊的实质

使用硬焊料的钎焊过程,按加热金属的方法区分,主要可分为:瓦斯钎焊、电气钎焊、热介质或焊料中钎焊和炉中钎焊等四种。

前两种是基于利用零件钎焊处的局部加热,后两者则要求零件在钎焊时整个加热。了解了这一点,我们便可以有一个概念,那一种钎焊方法需要耗费较多的能量,那一种钎焊方法需要较多的生产面积;从而也就可以判断,那种钎焊方法效率高又经济。

高频钎焊是电气钎焊中的一种,是最近十五年发展起来的最新钎焊方法之一。高频钎焊有时称为感应钎焊或高频电流钎焊。

在加热状态下,以已熔的易熔金属或合金填满欲连接的金属的间隙之中,在冷却时易熔金属或合金与基体金属结合成一体金属连接过程称为钎焊。

金属钎焊过程与胶粘过程有某些相似之处。胶粘时,胶粘部分要涂上一层薄胶,然后才能粘合在一起。胶涂在连接缝的表

面上，待它滲入物質的孔隙之中凝固以後，便得到牢固的連接。

鈎焊時，為了獲得牢固的連接，必需：使被焊零件能夠很好地互相配合；將焊液很好地塗附在被焊的固體金屬的表面上，焊液需保證有良好的粘附性；使焊料和被焊金屬能很好地形成牢固結合的合金，並具有相互滲透的能力。

鈎焊時，什麼東西會妨害焊料良好地附着在金屬表面上呢？

如果被焊表面上存留有任何一種隔離層（如：油脂、顏料、氧化皮、氧化膜等等），則焊料的塗附便不會良好，因而鈎焊也便不會牢固。因為在塗附不良時，焊料不可能滲入間隙之中和流散，而將形成滴狀，就象水滴在油污表面上一樣。

分析了現有的鈎焊方法之後，便可很容易地得到這樣的結論：如果將金屬加熱到所需的溫度，焊料加到還未使表面氧化或者加到加熱時得到淨化的表面上，不論是用怎樣的加熱方法，都可以獲得牢固的鈎焊連接。

為使焊料良好地塗附在被焊金屬的表面上，需要一些條件，這些條件可用兩種方法得到：一種方法是利用焊藥降低金屬的氧化程度和消除氧化物；另一種方法是創造能使氧化物還原的條件和在加熱過程中用使被焊零件與氧化介質隔絕開來的辦法消滅氧化的可能性。

現在已經有了使被焊零件與大氣隔絕開來，能夠完全避免金屬表面在加熱和冷卻過程中氧化的鈎焊方法。例如，在還原氣體爐中的鈎焊方法和真空鈎焊方法。還原性氣體多使用氫氣和離解出來的氫氣。

因為氫能保護金屬不被氧化和能使氧化物還原，所以在使用氫為介質的鈎焊過程中，便可不加焊藥。鋼制零件的銅焊則多半在還原氣體爐中進行。

因为在高頻釐焊的过程中，零件是被零件中的感应电流加热的，而零件的一定区域的加热强度决定着釐焊質量的好坏，所以釐焊主要是取决于零件上該区域高頻磁場的集中程度。

掌握高頻釐焊过程，那就是說，要基本上学会控制高頻电場的磁通，学会將磁通只集中在需要的地位，并且使之在很短的时间里將金属均匀加热到高溫。

高頻釐焊和其他的釐焊方法有着很大的区别。在高頻釐焊过程中，热量不是从周圍的介質傳到被釐焊的零件上，而是由零件本身的感应电流的作用所产生。

將高頻能量傳送給被焊金属的工具称为感应器。感应器用几匝銅管制成环形或螺旋形，工作时，用水冷却，高頻电流是沿銅管流过。当电流沿匝通过时，其周圍便产生交变磁場。

將准备要釐焊的零件放在感应器中，零件便为感应器中的交变磁場所貫穿。交变磁場感应出电动势，在电动势的作用下，金属中便产生出能够使金属加热到所需溫度的电流。

与其他釐焊方法比較，高頻釐焊有如下的优点：

1. 由于需要焊接的表面只有局部地区加热，所以零件的翹曲与变形不大；

2. 由于热量是来自零件本身，并非外界所傳，所以加热迅速，且能进行深度釐焊；并且由于加热時間短暫，用硬焊料釐焊时，仅产生輕微氧化，而在用軟焊料时，則可完全避免氧化；

3. 由于采用高頻电流，在很小的体积內能集中很大功率，因而生产率高；

4. 在可能使过程自动化和使零件处在机械装配綫上的情况下，可利用調整加热规范和調节傳至零件的能量的办法获得均匀优良的釐焊連接；

5. 因为钎焊连接质量优良, 效率高, 所以费用较瓦斯钎焊和电炉钎焊低廉;

6. 与瓦斯钎焊和电炉钎焊相比, 高频钎焊可由技术等级较低的工人操作; 同时还可以减轻劳动强度及改善劳动条件;

7. 可以不用焊药进行钎焊——用真空钎焊法。

高频钎焊的缺点是: (1) 高频设备价格昂贵; (2) 钎焊形状复杂的零件困难; (3) 感应器加热部分的形状要依焊缝形状而定。

2. 感 应 器

高频钎焊时, 需利用单匝或多匝感应器将高频能量从电源传送到零件上去。感应器是用紫铜管制成螺旋形或断环形。

感应器的形状和尺寸较精确地是取决于加热条件和被加热表面的大小和形状。

最简单的感应器是用圆截面或矩截面的紫铜管制造的(图3); 比较复杂的要用紫铜条、紫铜管和紫铜板焊成(见图4)。有时, 结构复杂的感应器, 例如拆卸式感应器, 必须用特种紫铜锻件来做。

钎焊最常用的是单匝和双匝感应器, 可以在狭小的钎焊地区上进行局部加热。

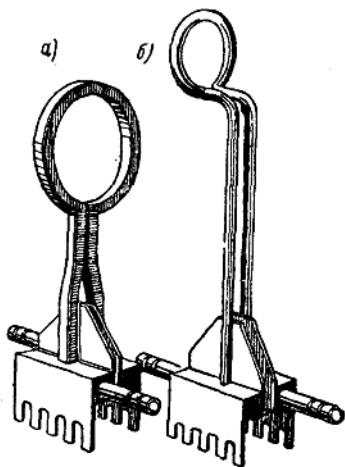


图3. 单匝圆环感应器

a—方截面管制成; b—椭圆形管制成

双匝感应器的两匝通常是串联连接的。通电时，每匝上通过的电流都相等。若放在感应器中的零件的各个部分与靠近该部分的感应器的各匝都保持相同的间隙，那么，便会感应出等量的电流，这样才能保证零件的各个部分加热到同一温度。假如两匝是并联的话，则其中的电流便可能不相等，每匝上的电流值要视零件与感应导线间的间隙以及匝的几何尺寸而定。

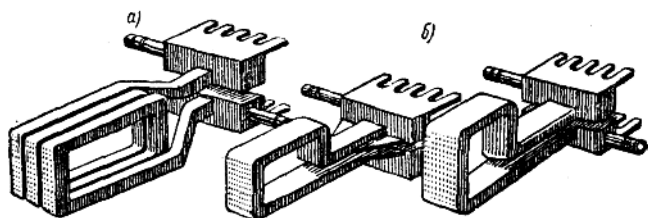


图4. 钎焊硬質合金車刀用感应器

a—单电路振荡器供电时用的多匝感应器;

b—双电路振荡器供电时用的单匝感应器

直径较小而又靠近零件的匝通过的电流多，通过直径大而又距零件远的匝的电流便少。在某些情况下，人们就是利用这种现象将截面不同、尺寸不同的零件加热到需要的温度。

图5所示便是并联的和串联的双匝感应器。在钎焊硬質合金铣刀时，在将铣刀放在特制的持架上或石棉盘上缓慢地旋转的情况下，使用串联的多匝感应器最方便。

用圆环形感应器时，铣刀应同心地安放在感应器内部，直径大的感应圈应用来自外部加热铣刀和刀片，而直径小的感应圈用以自下部预热铣刀刀体。因为铣刀刀体厚大，需要很多的能量，所以要使铣刀刀体热透到需要的温度，应当使铣刀靠近直径小的下感应圈。类似铣刀的零件不用预热感应圈施行钎焊是非常困难的，这是因为铣刀刀体吸收了热量而使得刀片加热到需

要溫度变得困难了的緣故。特別是刀片用高速鋼制成，或者在采用高溫焊料时这种現象尤为明显。

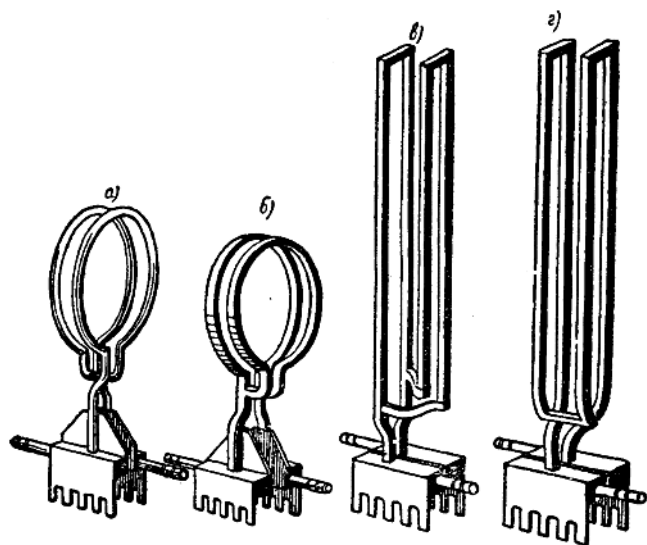


图 6. 钎焊硬質合金圓盤銑刀用感应器

- a—串联双匝感应器； б—直径不同的并联双匝感应器；
в—开口式矩形扭转并联感应器(相邻导体内的电流流动方向相反)； г—两端敞开的矩形串联感应器

在循序加熱帶有硬質合金刀片的銑刀的各个部分时来钎焊圓盤形銑刀，緩慢地旋轉着銑刀使硬質合金刀片通过感应器的两并联矩形截面的加热綫圈(其中之一可以扭轉 180°)，可以观察到各被焊部分的加热溫度，而調節旋轉銑刀的速度来控制。用上述方法比用同心圓环狀感应器，在許多情況下較為方便，因为采用后者时，所有被焊刀片几乎同时达到最高溫度，因此不可避免地就有一处未热透而另一处却过热、未焊透的現象。

钎焊用多匝感应器(图6)应在需要同时加热很大面积的时候以及振荡器及负载变压器的参数不足使单圈感应器发挥效率的时候采用。

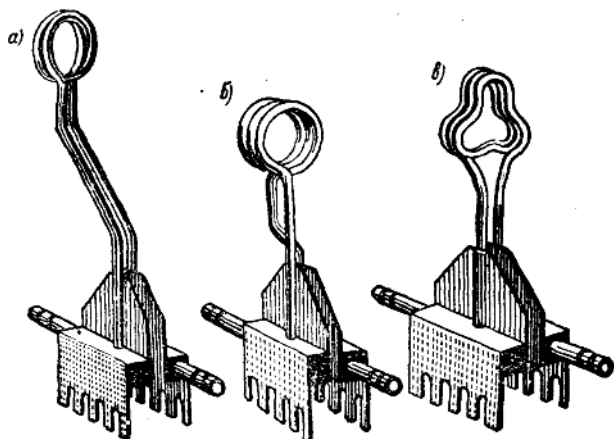


图6. 多匝感应器

а—椭圆形管制成的双匝圆环形感应器； б—圆形管制成的三匝圆环形感应器； в—圆形管制成的三匝定型感应器

多匝感应器用矩截面的定型管制作最为适宜，因为定型管可以保证感应器具有最大的铜填充系数，因而也可以保证感应器在均匀加热被焊零件时发挥最大的效率^①。

在加热零件时有大量电流沿感应器通过。

由于趋肤效应和线圈效应，因而感应导体截面的电流密度分布并不均匀^②。圆环状感应器中的内表面的电流密度最大，可能达到每平方公厘数百安的程度。

① 参看 A. E. 斯普霍茨基著“淬火感应器”，本丛书第6册。

② 参看 H. Г. 格魯哈諾夫著“高频加热的物理基础”，本丛书第2册。

在釐焊时，为了防止感应器被通过的电流和熾热零件的輻射作用所熔化，应用水冷却感应器。

大多数情况下，均利用电子管振盪器的射頻电流或者高频发电机频率为 8,000 周的电流加热釐焊。此时因为金属的导热性和釐焊时加热速度比表面淬火时的加热速度（表面淬火时的加热速度要以分鐘、有时甚至要以秒鐘計算）緩慢，所以零件表面可以得到均匀地加热。在这种情况下，用壁厚为 1~1.5 公厘的管子做感应器最为合算。

如果用频率为 2,000 周以下的电流加热釐焊时，則管子的壁厚应不小于 1.5~2 公厘。

选择釐焊装置的电流频率时，可利用象选择高频淬火装置或鍛造車間用高频加热装置的电流频率的方法。但是，由于釐焊需要的單位功率不大，因此，重要的是在所选的频率下感应器以适宜的效率將能量傳遞到零件时^①，是否能够在零件的被焊部分上集中有所需的功率。

在选择感应器的銅管的横向尺寸时，必需根据能得到所需加热区的条件，并且还要考虑到，管子壁厚不应小于在該频率下的电流滲入銅层的厚度和管子內截面应当能够通过足够数量的冷却水。

感应器和零件之間間隙是根据零件尺寸、零件外形和加热的特点在 2~20 公厘的广闊範圍內变动。在釐焊形狀簡單的薄壁零件时，可以选择較小的間隙，因为小間隙已足够將零件热到比电流透入热金属的深度稍稍大一些的深度了。在將厚而实心的零件和輕而薄的零件釐焊在一起时，和釐焊形狀复杂的零

① 參看 A. Д. 杰米切夫，С. В. 沙什金合著“高频淬火”，本叢書第 3 册和 B. H. 包格达也夫著“鍛造生产中的高频电流”，本叢書第 12 册。

件时,零件与感应器之间的间隙应选择得大些。

虽然增大感应器与零件之间的间隙要恶化发电机的效用和减低感应器的效率,但有时,特别是在钎焊复杂零件,不能更顺利地解决均匀加热问题时,不得不有意识地采用这种方法。在这种情况下要想利用金属导热性的现象,使零件的需要部分获得均匀加热而又不使个别部分过热,不得不增加加热时间或者降低传送至感应器的单位功率。通常要尽量避免过大的间隙,因为间隙过大会降低感应器的功率因数和效率,并且还会恶化感应器的工作条件。

一般不采用间隙小于2公厘的钎焊用感应器。因为除了不能准确地將零件置于感应器的中心(这一点在钎焊大量零件时尤难做到)而有表面局部熔化的直接危险以外,还会由于多匝感应器的加热圈与零件形成短路(图7)而致零件烧伤和损坏的危险。

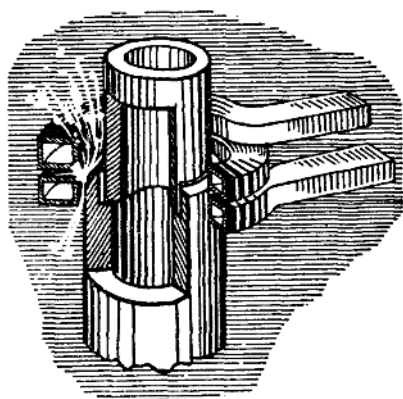


图7. 间隙甚小时,感应器的两串联加热圈相互之间及与零件之间形成短路的情形

在间隙较小的时候,要避免零件烧伤,可以用石棉绳將感应器包起来使之绝缘,然后用水玻璃浸渍石棉绳,但最好是涂一层涂剂^①。用吹砂的方法清理感应器之后,涂上涂剂。在清理过

^① 涂剂是一种成分复杂的玻璃异形体。可用熔合某些矿石(如石英或长石及溶剂——硼砂苏达,碳酸钾等)的方法制取。涂剂可以是干粉末状或稠粘状——渣状。

的感应器上涂上一层渣状涂剂，其后，应将感应器送入温度为 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的炉中干燥。干燥过的感应器还要送入温度为 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ 的炉中，以便熔开渣状涂剂。涂剂可涂两次。

涂敷感应器的涂剂，应具有足够的塑性，在铜感应器冷却的时候不会崩裂，熔化温度不超过 850°C ；否则用黄铜焊接的感应器可能脱焊①。

计算钎焊用感应器非常困难，而且计算对于建立成功的设计也很少有帮助。实际上，大多数钎焊用的感应器，特别是使用射频的感应器都没有经过计算，而是根据经验设计，然后再于工作中试用后修正得出的。钎焊用感应器亦可以根据在规定时间内将零件加热所需要的功率，按照计算淬火用感应器的方法，求得近似的计算②。

由于零件钎焊连接处的构造多种多样，所以就需要有許多形状不同的感应器。

按形状分类，有圆环形感应器，有圈环形感应器；按结构分类，有可卸的和不可卸的；按加热圈匝数分类，有单匝、双匝和多匝之分；按加热方式分，有“自外”加热式和“自内”加热式(图8)。钎焊下加热零件

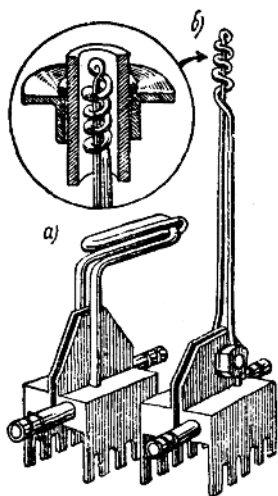


图8. “自内”加热式感应圈
a—四导体式； b—多匝式

① 可采用成分如下的涂剂：石英砂—38%；铅丹—40%；二氧化锡—12%；碳酸钾—10%。

② 参看 A. E. 斯普霍茨基著“淬火感应器”，本丛书第6册。