

技 术 革 新 活 叶 資 料 030

多 股 鋁 导 綫 和 电 纜 的 焊 接

第一机械工业部新技术宣傳推广所編



机 工 业 出 版 社

編著者：第一机械工业部新技术宣傳推广所

NO. 2510

1958年11月第一版 1958年11月第一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字数17千字 印張 $\frac{3}{4}$ 0,001—6,100册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第008号

統一書号 T15033·1433

定 价 (9) 0.09 元

多股鋁導線和電纜的焊接

(一) 概 述

鋁導線代替銅導線在工業上已經開始大量應用，它能節省大量的銅，對於國民經濟具有重大意義。

多股鋁導線及電纜的連接，可以採用熔化焊接法，也可以採用鉗焊法及機械連接法。機械連接法不可靠，使用過程中導線互相滑動，大大增加接觸電阻，引起接頭大量發熱。鉗焊接頭強度亦較低，抗蝕性也差，操作複雜，不易得到滿意的接頭，而且對於大截面的導線困難更大，同時鉗焊還要消耗稀有的金屬焊料如鋅，錫等。熔化焊接法有氣焊，電阻加熱焊及炭弧焊等，它使同類金屬結合，能獲得機械強度大和導電性良好的接頭，操作方法也容易掌握。

氣焊可以採用乙炔——氧火焰加熱，是一種基本的焊接方法，能準確地控制加熱溫度和時間，保證良好的質量。但氣焊在應用上有時也受到一定的限制，它需要供給乙炔，氧氣等，成本較高，焊接大截面導線需要時間較長，有一定的困難。

炭弧焊法是用电弧直接加熱導線，熱量集中，對截面大的導線有較高的生產率，用電成本較低。

炭極電阻加熱焊法是一種較好的方法。把電源變壓器二次電壓降低至7~12伏特，不產生电弧，利用炭極與導線端部接觸，發出很大熱量，並由於多股線之間的空氣隙及氧化膜，導熱性差，促使熱量集中，使導線達到熔化。這種方法的優點是質量好，操作簡單，可由技術熟練程度較低的工人進行操作，利用普通應用的小功率(1~1.5瓩)變壓器。

焊接特點：鋁的比重2.7公斤/公升，熔點為658°C，熱容量大，焊接時需要大量的熱。鋁加熱時迅速氧化，產生氧化鋁(Al_2O_3)，氧化鋁的熔點高達2060°C，難熔，常常把液體鋁包圍起來，使焊接操作產生

困难。此外，氧化鋁比重 3.7 公斤/公升，常常沉在熔池中不易除去而引起夾渣，影响接头强度及导电率。

多股鋁導線焊接時，容易把單股的鋁絲過燒，使鋁絲截面收縮或個別燒斷，影响質量。又由于热量大，接头附近的絕緣橡皮也很易被燒坏，所以必須采取預防措施。

为了防止各股鋁絲截面縮小和焊藥滲入鋁線內部深处引起腐蝕作用，多股導線的焊接一般分两个步驟进行。第一步先把導線端頭放在垂直位置，夾在可分開的模子中，熔合为一个整體。第二步再把已熔合为整體的端頭放在水平的槽形模子中对接起来。这样使操作簡化，質量穩定。

焊藥：因为 Al_2O_3 在焊接过程中起很坏的作用，焊接時必須使用焊藥（熔劑）来溶解它，把它变成比鋁輕的熔渣，漂浮到熔池表面。焊藥一般是由氯化物，氟化物，冰晶石等配合組成。常用的三种焊藥的成分及性質如表 1。

表 1 鋁焊藥的成分及性質

編號	成 分	主 要 性 質
1	氯化鈉(NaCl) —28% 氯化鉀(KCl) —50% 氯化鋰(LiCl) —14% 氟化鈉(NaF) —8 %	熔化溫度 560°C，溶解氧化鋁很活潑，吸收潮氣能力強，有明显的鹼性反應，在空氣中會引起鋁的腐蝕，焊接過程中產生液態渣，很好的浮蓋在已熔化的金屬表面上
2	氯化鉀(KCl) —50% 氯化鈉(NaCl) —30% 冰晶石(Na_3AlF_6)—20% (应符合 K—I, K—II 标准)	熔化溫度 630°C，溶解氯化物不夠活潑，吸收潮氣少，比其他焊藥引起腐蝕的程度較小。熔化快，焊接開始時是以液態渣浮蓋在金屬表面，以後就成為固體渣壳
3	氯化鉀(KCl) —45% 氯化鈉(NaCl) —20% 氯化鋇($BaCl_2$) —20% 氟化鈉(NaF) —15%	熔化溫度 620°C，溶解氯化物的活潑程度与第 2 号焊藥一樣，具有鹼性反應，但吸潮氣和腐蝕性較第 2 号焊藥強，產生固體渣壳

焊藥的配制：先将各种成分分別在研鉢中研磨为粉末，用 1200 孔/公分²的篩子過篩，然后按表 1 中重量比例混合均匀。使用时大約在

100 克焊藥粉末中加入 40~50 克的水，調和成糊狀，用小毛刷塗在導線端部及焊條上，隔 1~2 小時涼干後使用。塗上焊藥以前必須先很好清除導線及焊條上的氧化物。未使用的焊藥必須儲存在密封的瓶子中。

焊條：焊條可採用與導線牌號相同的鋁絲，或把一定厚度的鋁板切成板條式代替，長度大約 800~1000 公厘，直徑大小應根據被焊接工件截面大小及焊接方法而定。

絕緣橡皮的保護：為了使絕緣橡皮不被燒壞，應使絕緣橡皮處的溫度不超過 200°C。可以採取下列預防措施：

1) 應把導線接头附近一定長度的絕緣橡皮除去，因為導線上的溫度分布是按照至加熱處的距離迅速下降的，離加熱處一定距離的地方，溫度已經較低。

2) 減少焊接時間：按規範儘快地在滿足加熱所需的必要時間內完成焊接工作，這樣可減少熱源傳出的熱量。

3) 最有效的辦法是焊接時在導線上裝上冷卻器，吸走導線上的熱量，可使絕緣溫度大大降

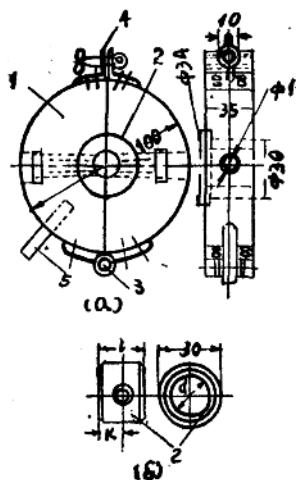


圖 1 冷卻器的構造：

a) 盤狀冷卻器；b) 可拆換的內套；1—外套（銅或鋁）；2—可拆換的內套（青銅）；3—鉸鏈；4—夾鉗口；5—手柄。

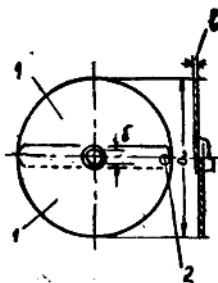


圖 2 遮熱板：

1—剛性扇形板（鐵）；2—鉗釘。

低。圖 1 是一種常用的盤狀冷卻器的結構，使用時最好是兩對互換。冷卻器可用鋁和銅製成。

表 2 遮熱板尺寸(圖 2)

導線截面積 (公厘 ²)		16~25	35~50	75~95	120~150	185~240
尺寸(公厘)	a	100	100	100	110	110
	b	6.5	9.5	13	16.5	20.5
	B	2	2	2	3	3

在氣焊及電弧焊時，為了冷卻器免受火焰或電弧附加加熱，必須夾上遮熱板。其結構如圖 2 所示，由兩個扇形剛性金屬板製成，並附著一層石棉板。

(二) 氣 焊

多股導線及電纜的氣焊可採用乙炔——氧火焰加熱。焊接時可分兩個步驟完成：首先把導線放在垂直位置或傾斜 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，如圖 3a 所示，端頭上裝夾一個可以分裂開的鉄模子，模子尺寸如圖 4 及表 3 所示。為了容易夾緊，模子兩側可以銼為平面。用火焰加熱，把端頭熔合為一個整體(或稱堆頭)。

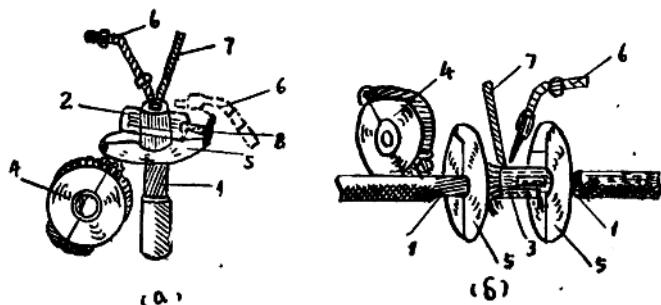


圖 3 a) 把端頭溶合為整體；b) 兩端頭對接；

1—除掉絕緣橡皮後的裸線部分；2—圓柱形分裂模；3—槽形模；4—冷卻器；5—遮熱板；6—焊炬；7—焊條；8—夾具。

表3 分裂模的尺寸(圖4)

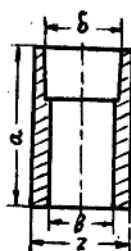


圖4 圓柱形分裂模。

導線截面積 (公厘 ²)	尺 寸 (公厘)			
	a	b	B	z
16	25	8	5.5	9.5
25	25	7.8	6.5	10.5
35	30	10	8	14
50	30	11	9	15
70	33	13.3	11	18
95	33	15.3	13	20
120	35	17.7	15	23
150	35	18.7	16	24
185	38	20.7	18	26
240	40	23.7	21	29

堆頭以後，再把端頭放在水平位置上的槽形鉄模中對接起來，如圖36所示。槽形模子形狀如圖5及表4所示。焊炬噴咀及焊條直徑可根據表5、表6選擇。

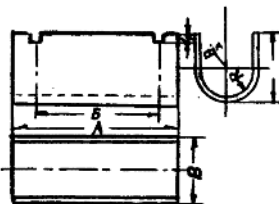


圖5 槽形模。

焊接操作工藝過程：

1) 把端頭熔合為一個整體：

表4 槽形模尺寸(圖5)

符 号	導 線 截 面 積 (公厘 ²)				
	16~25	35~50	70~95	120~150	185~240
A	35	40	40	50	60
B	29	33	33	42	52
B	8	10.5	14.5	18.5	23
Γ	10	14	17	21	26

表5 焊炬噴咀的選擇

導線截面積 (公厘 ²)	16~25	35~50	70~95	120~150	185~240
噴咀號數	1	1~2	2	3	3~4

表 6 焊条直径的选择

导线截面积(公厘 ²)	<70	95~150	>150
焊条直径(公厘)	3~4	5~6.5	7~8

焊前先把导线端部切去一部分绝缘，长度列于表 7 中。用钢丝刷把端部刷干净，末端涂一层焊药，把导线置于垂直位置，夹上圆柱形铁模子，用线箍或专用夹具（如图 3a）与导线夹固起来。如果模子内径太大，则可垫一层石棉片。装上遮热板及冷却器。夹上模子后的装置如图 3a 及图 6 所示。

表 7 图 6 的各部分尺寸

		导线截面积 (公厘 ²)									
		16	25	30	50	70	95	120	150	185	240
除去绝缘部分长度	A	45	45	52	55	60	65	65	70	70	75
熔化为整体部分长度	B	8	8	8	10	10	10	12	13	13	15
导线末端熔化部分长度	B	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5
焊条填充金属高度	Γ	5	5	5	6	6	6	8	9	9	10

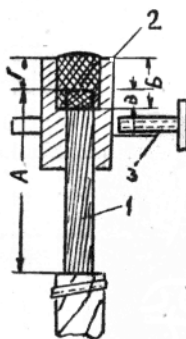


图 6 端头熔合为整体的装置：

1—导线；2—铁模；3—夹紧器。

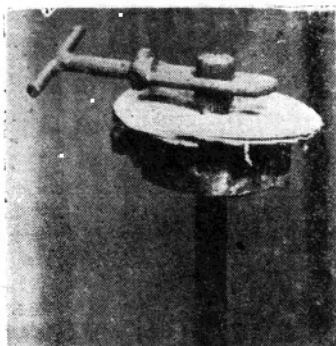


图 7 端头熔合为整体的装置。

焊接火焰应该是还原焰。开始时均匀地从模子周围侧面加热，等到模子变红，火焰即可直接加热导线端部。熔化后，火焰稍离熔池远

一点，以防止液体金属被气流吹动后飞溅。这时，就开始填入焊条，添入时必须打破氧化膜，然后用沉入法继续不断地添入熔池，一直到填满铁模为止。冷却后，卸下模子，冷却器遮热板等，用刷子把导线上的熔渣和剩余的焊药清除干净。焊接过程如图8。

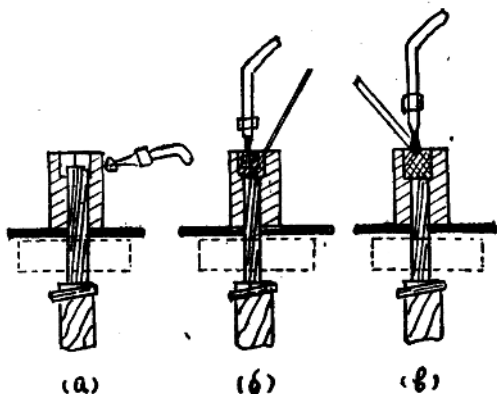


圖8 端头熔合为整体的过程：

a) 加热模子；b) 端部熔化及打破氧化膜；c) 添入填充焊条。

2) 在槽形模中对接：

把已经熔合为整体的导线端头涂以焊药，放在槽形模中，两导线之间的间隙最好是直径的一半。模子与导线应该固定起来（可用铁丝绑紧，也可在焊接架上垫牢），两头垫以石棉片以防过热。两旁装上冷却器及遮热板。焊接可在一个轻便的工作台上进行（图10）。

如图9开始时，火焰先加热两端头的整体部分。上面最先熔化，用焊条打破氧化膜并稍为搅动，在模的底部就形成一层液体金属。然后用沉入法加入焊条，同时用焊条搅拌整个熔池，使沉在熔池下面的氧化铝浮到表面上来。熔池形成以后，火焰离熔池应较远一些，以免使液体金属飞溅。焊条一次填满模子，并应高出导线外径表面，因为冷却时铝的收缩率很大。如果冷却时出现较大的缩孔（凹陷），很快再加热，用焊条把凹陷部分填满。冷却后，卸下模子及夹具，清除导线上的熔渣及剩余焊药。焊接时间可参考表8适当的掌握。

导线的T形分支的焊接方法与对接相似，各根导线的端头预先熔合为整体以后，放在T形的模子中进行焊接，如图11所示。

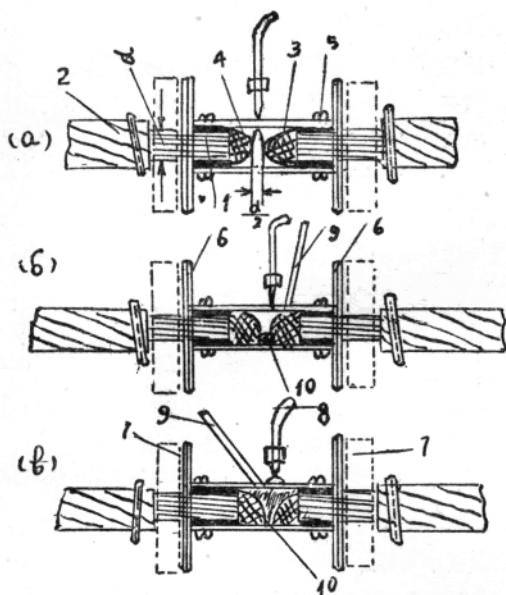


圖9 在槽形模中的对接过程:

a) 开端始加热部; b) 打破氧化物; c) 添入焊条;
 1—裸线部分; 2—绝缘层; 3—槽形模; 4—石棉垫; 5—金属线笼;
 6—遮热板; 7—冷却器; 8—焊炬; 9—焊条; 10—熔融的金属。

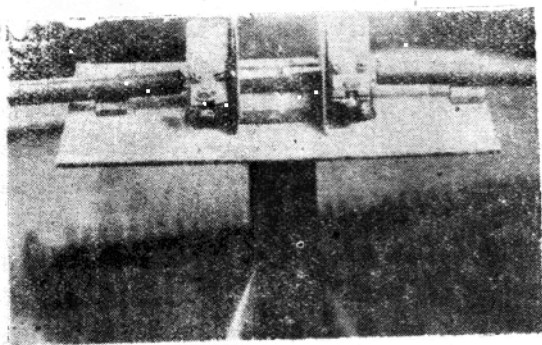


圖10 对接的装置。

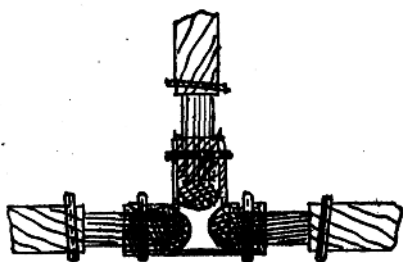


圖11 T形分支的焊接裝置。

表 8 气焊時間

截 面 积 (公厘 ²)	時間(秒)	
	堆火	对接
50	45	50
120	60	65
140	70	80

3) 多股導線與接綫耳(鋁鼻子)的接合:

鋁接綫耳有各種不同的形式，最普通的是鑄造接綫耳(圖12a)，但也常常用鋁母綫切開的板狀接綫耳代替(圖12b, 12c, 12d)。

焊接方法先把導線端部熔合為整體，然後與接綫耳再焊接起來。另一種方法是不先堆頭，把導線放在垂直方向與接綫耳一次焊接起來。根據我們的試驗，圖12a, b, c各種形式的接綫耳都可以一次完成焊接。焊接方法與堆頭相似，在垂直的模子上面放好已鑽孔的鋁板，用夾具固定，先加熱導線端頭，使它熔化，等模子填滿焊條金屬以後，再加熱鋁板，並添入焊條，即可焊接起來(如圖13所示)。

另一種形式的接綫耳(如圖12d)，必須先把導線端頭熔合為整體然後在專門的模子中與鋁板對接起來，如圖14所示。

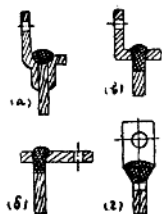


圖12 接綫耳的各種形式:

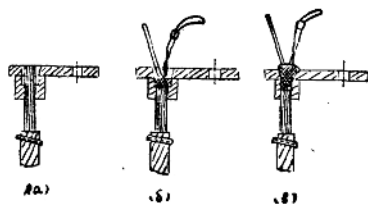


圖13 不預先堆頭的接綫耳焊接過程:

a)鑄造接綫耳; b), c), d)鋁板結構接綫耳。 a)焊前; b)端頭熔化; c)填入焊條。

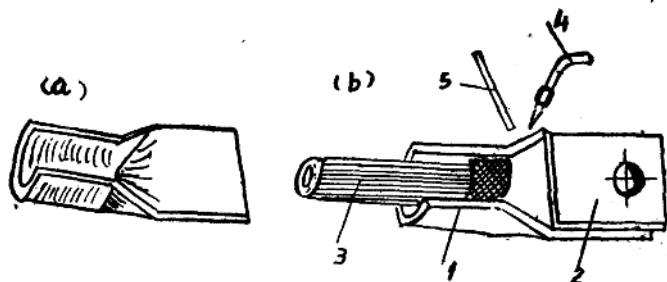


圖14 直形接綫耳的焊接裝置：

a) 鐵模子；b) 焊接裝置；1—鐵模子；2—鋁板；3—導綫；4—焊炬；5—焊條。

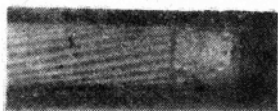
根据試驗結果，气焊时按上述的操作方法，能获得質量优良的接头（圖 15）。接头表面光滑，沒有凹陷，夹杂，麻斑，裂縫等缺陷。經過机械性能試驗，拉力强度达到未退火母材的80~82%以上，破坏在热影响区，离整体部分約3~20 公厘处，綫心的塑性良好符合强度要求。过渡电阻根据測量結果比未焊接的導綫小，保证了良好的导电性（表 11）。

（三）电阻加热焊

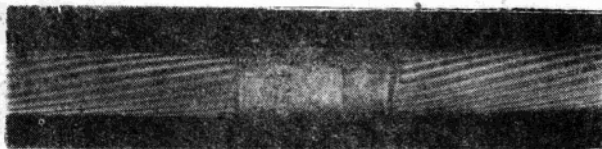
这种方法的特点是没有电弧产生，降低二次电压，利用炭極与導綫接触时發出大量的热来熔化金屬。焊接电源可以采用各种型式的普通变压器（附有电抗器可調节电流）二次电压为7~12 伏特，电流为300~700 安培。功率为1~1.5 瓦。如果没有二次电压为12 伏特的变压器，可以利用一般变压器或普通电焊变压器从所需电压的相应綫圈上抽出接綫头，便可滿足需要。根据我們的試驗，从CTAH-1 型焊接变压器二次綫圈上抽出接綫头，电压可滿足要求（7~12 伏），应用情况良好。

电極發热时的光綫对眼睛有害，操作时应帶藍眼鏡。

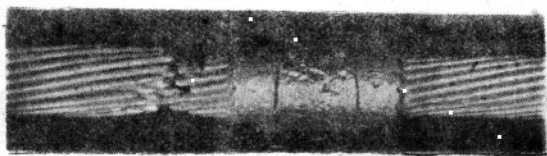
电極形状及尺寸如圖16所示，可用工业上用的圓形炭極，也可以用电爐中的炭極鋸开使用。炭極長度不同，对电流大小有一定的影响，



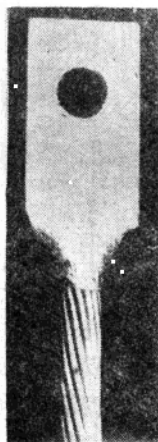
a



б



в



г



д

圖15 多股導氣綫接头形状:

a) 熔合为整体的導綫端头; б) 对接头; в) 对接头受拉力破坏情况;
г) 直形接綫耳; д) 角形接綫耳。

可以适当的調節。

焊接操作工艺过程：

1) 把端头熔合为整体：

焊前准备工作与气焊完全相同，可以使用气焊用的铁模子及夹具等装置。导线放在垂直位置，模子与导线用夹具固定，导线末端与模子上界面在同一水平上（或稍低一点）。此外，也可以使用炭模子或陶瓷模子，但炭模子的壁厚不应太大，否

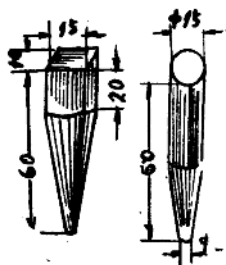


圖16 电阻加热焊的炭極。

表 9 电阻加热熔合端头为整体的规范
(适用于 CT-1.5 型) 变压器

导线截面积 (公厘 ²)	除去絕緣長度 (公厘)	炭电极直径 (公厘)	焊条直径 (公厘)	变压器电压 (伏)	焊接电流 (安)	焊接时间 (秒)	整体長度 (公厘)
16	60	8	3	7	300	10	8
25	60	8	3	7	300	10	10
35	68	8	4	7	350	12	10
50	68	8	4	7	350	20	10
70	68	10	4	7	430	30	12
95	68	10	5	7	480	35	12
120	73	10	5	7	480	40	12
150	73	15	5	9	540	40	14
185	73	15	7	9	540	45	15
240	73	15	7	9	600	70	18
300	75	18	8	9	650	80	20

則，因散热快，加热困难。在除去絕緣部分的导线上装上冷却器，并用螺钉与二次回路軟綫的一端連接。变压器的另一端接焊接手把。

如图17，焊接前导线端面上涂以足够量的焊藥，电极与导线接触后，發出大量的热，几秒鐘后导线开始熔化，电极必須从中心到邊緣均匀的移动，使形成一定深度的熔池。然后用沉入法加入塗有焊藥的焊条，焊条应放在电极底下熔化。为了使各方面熔化長度相同，应均匀地改变添入焊条的位置。填充金屬应把模子填满。冷却后，卸下模子

及夹具，清除导线表面的熔渣及剩余的焊药。

2) 在槽形模中对接：

焊接装置与气焊相似（圖 18），端头已熔合为整体的导线放在水平的槽形模中（与气焊的铁模子一样），并固定起来。两旁装一对冷却器，并与变压器二次回路

一端的软线相连接，起导电作用。变压器另一端接焊接手把。与气焊一样可在轻便的工作台（参考圖 10）上进行。

电极与焊条的选择与堆头相同（表 9），焊接时间可参考表 10（适用于 CT-1.5 型变压器）。

焊前导端头涂上足够量的焊药，焊接开始用电极与每根导线的整体端头接触（圖 19a）加热十几秒钟后，各个端头先后开始熔化，并在模子的底部形成一层不厚的熔池（圖 19b）。然后即可加入焊条，一直把模子填满。最后阶段用炭棒在熔池内进行搅拌，并加入少许焊条，使表面高出于导线外径，成圆弧状。当发生较大的收缩时，迅速地再用电极熔化，补充填入焊条，直至填满为止。

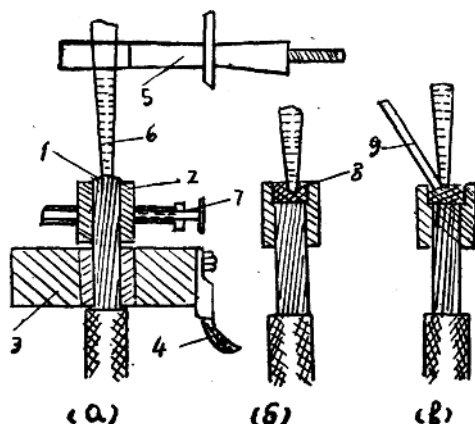


圖 17 电阻加热法把端头熔合为整体的过程：

a) 电极开始与导线接触；b) 形成一定深度的熔池；c) 加入焊条。

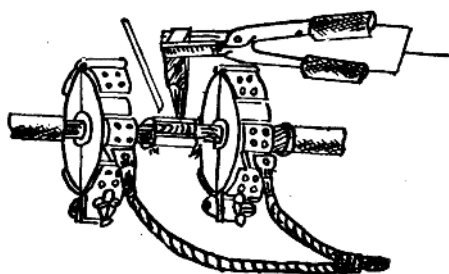


圖 18 电阻加热焊对接装置。

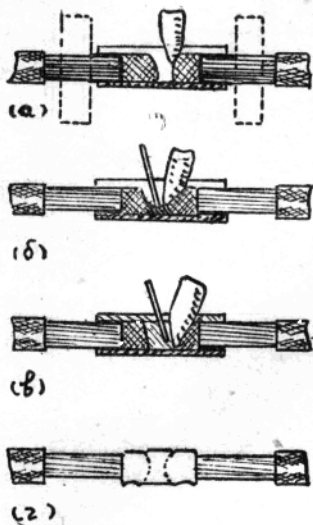


圖19 电阻加热对接过程:

a) 开始加热; b) 形成熔池; c) 加入焊条;
d) 对接头外形。

表10 电阻加热焊对接规范
(适用于CT-1.5型) 变压器

导线截面积 (公厘 ²)	二次电压 (伏)	焊接电流 (安)	焊接时间 (秒)
16	7	300	10
25	7	360	20
35	7	360	25
50	7	420	42
70	9	550	45
95	9	550	75
120	9	600	110
150	9	600	130
180	9	750	115

3) 导线与接线耳(铝鼻子)的对接与气焊一样, 根据接线耳的形式不同, 焊接可以一次完成(不堆头), 也可以分两次完成(先堆头, 后焊接)。工艺装置及方法与气焊相似。

根据试验结果按照上述的操作方法, 同时由于温度较低, 容易控

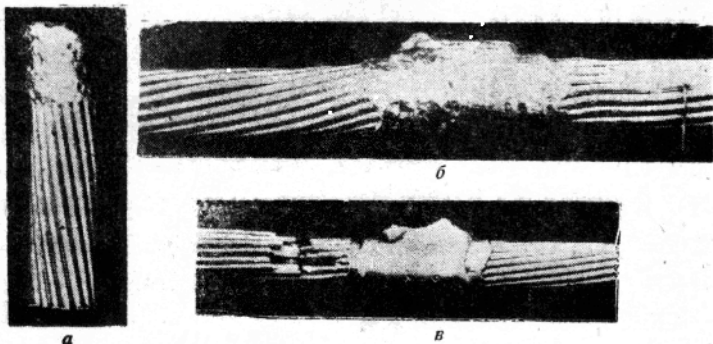


圖20 电阻加热焊的接头形状:

a) 熔合为整体的端头; b) 对接头; c) 对接头受拉力破坏的情况。

制，电阻加热焊的接头质量不次于气焊，表面质量差不多，没有其他缺陷。拉力强度达到未退火母材的75~85%以上，破坏在热影响区离整体部分3~20公厘处，过渡电阻也符合要求。电阻加热焊的接头如图20所示。

(四) 炭弧焊

电源由普通的直流电焊机供给。因为用电弧直接加热导线，温度高易使导线过热，所以必须迅速地在较短的时间内进行焊接。我们用截面积为116公厘²的37股导线进行了试验，质量良好。

焊接操作工艺过程:

1. 把导线端头熔合为整体:

与气焊和电阻加热焊相似，导线竖立起来，采用可以分开的炭精
模子，外形是四方的（圖216），內徑适合导线直徑。模子堆头部分內

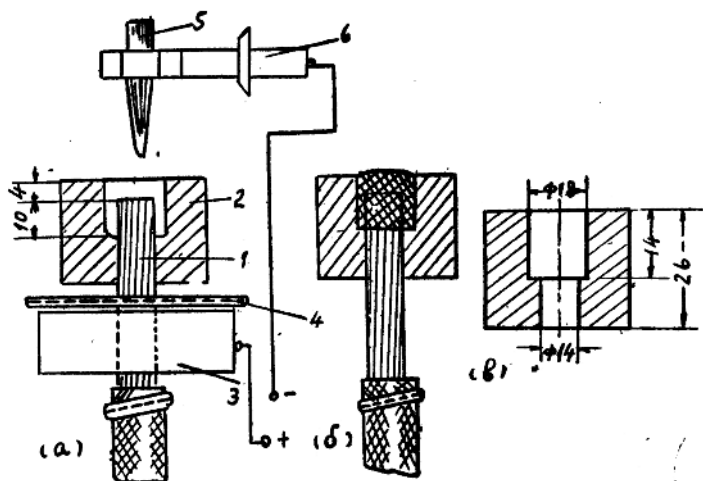


圖21 炭弧焊堆頭裝置：

а) 焊前裝置; б) 焊后情况; в) 炭模子; 1—導線; 2—可分開的炭模干; 3—冷卻器; 4—遮熱板; 5—炭極; 6—手把。