

接 触 焊 接 工 艺 的 选 擇

柯 切 尔 庚 著



机械工业出版社

接觸銲接工藝的選擇

柯切爾庚著

閻毓禾譯



機械工業出版社

出版者的話

由於蘇聯工程師和科學家們不斷地創造了各種複雜的專用的接觸銲接機，並改進了開關控制儀器等設備，使接觸銲接在大量生產中獲得了獨特的發展，特別是在汽車工業、飛機製造業和造船工業上得到了特別廣泛的應用。雖然，就目前來說，接觸電銲在我國工業上的應用尚不普遍，然其發展前途是可以想見的。因此，有關接觸電銲工藝及工藝選擇等書籍的出版是有重大意義的。

本書以實際例子說明了在不同的生產條件下選擇最合理的接觸銲接工藝的一般方法，書中所推薦的計算方法，不僅經過實驗室的試驗，而且也經過相當時間的實際生產的考驗，所以本書不但可以作為從事於銲接工作的技術員及工程師實際工作中的參考書，並可作為中等專業學校及高等工業學校中銲接專業及造船專業學生課程設計的參考書。

蘇聯 K. A. Кочергин 著 'Выбор технологии контактной сварки' (Судпромгиз 1952年 第一版)

* * *

NO. 0827

1955年7月第一版 1959年10月第一版第二次印刷

787×1092 $\frac{1}{32}$ 字數75千字 印張3 $\frac{1}{2}$ 3,001—4,520冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬庄)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第008號 定價(11) 0.55元

目 次

序言.....	5
第一章 接觸銲接的工藝特性.....	7
1 在不同的接觸銲接方法下熱量的產生 (7)——2 電流在 空氣中放電的各種形式與電流經接觸點的流通 (21) ——	
3 幾個有代表性的工藝問題 (23)——4 可能的銲接工藝型 式(27)	
第二章 銲接工藝選擇的理論基礎.....	32
5 關於接觸銲接規範的概念 (32) ——6 所銲接觸點的電阻 (37)——7 銲接時電力規範的調節 (45)——8 銲件的有效 電阻(58)	
第三章 銲接工藝選擇方面的實際問題.....	64
9 筒殼和圓環的對接銲(64)——10 點銲和凸銲的運用(75) ——11 圓筒的縫銲 (78) ——12 圓筒與骨架的銲裝 (84) ——13 選擇工藝的一般方法。工藝與設備的相互聯系(87) ——14 杜拉鋁結構的銲接特性 (91)——15 平板結構的銲 接(102)	
參考文獻.....	111

序 言

不久以前，接觸電銲已被應用到大量生產的企業中，用來製造大量的、比較輕小的、可用某一種銲接工序銲接起來的零件了。爲了應用於各種相似的銲接條件而製造出功率不同的接觸銲機，這種銲機稱爲標準接觸銲機。

但這些企業也可以製造少量的、笨重的大型結構，這種結構的銲接需要很多次同樣工序（整體金屬車廂可作爲這種結構的典型例子）。

生產經驗證明，無論在哪一種情況下，接觸銲接均可順利而有效地應用。因之，對接觸銲接而言，大量生產的概念並不表示同一式樣的結構的大量性，而表示同一式樣的銲接工序的大量性。由於這種大量性的特徵，在造船工業中就找不到應用接觸銲接的對象，這種說法在很長時間內被認爲是無可疑義的。某些造船工程師，根據各種船用零件現有結構形狀固定而不可改變的概念出發，而得出了這樣的結論。

各種新的工藝過程有時在所製零件的結構形狀略加改變時便能應用，而有時要作重大改變後才能應用，以便在成本最低的條件下保證最高的產品質量。

爲了舉例說明，回憶一下由於從鉚接到電弧銲接的轉變，船殼部分在結構形狀上演變的歷史就夠了。

接觸銲接在造船上的運用，在許多情況下也從或大或小地改變所銲接頭的結構開始。但不僅是船用零件結構改變的實現擴大了利用接觸銲接的可能性。而且接觸銲機電氣及機械功率

的增大，專門化銲接設備的創造，開關控制儀器的改進——所有這些情況近年來為在造船上愈來愈廣泛地利用接觸銲接創造着有利的條件。在編寫本書時著者也以有助於這種運用作為自己的主要任務。

利用本書很有限的篇幅，如何解決這個任務呢？顯然，決不能局限於個別的經驗例子。但同時也決不能採用一種脫離實際的理論。所以在本書中著者常常把理論見解建立在直接而具體的實例上，而試行擬出接觸銲接工藝選擇及計算的一般方法。

書中所推薦的計算方法，不僅經過實驗室的試驗，且也經過充分長時間生產實際的考驗。所以著者認為本書不僅可以作為從事於接觸銲接的技術員及設計師的實際參考書，而且也可作為大學及中等專業學校學生的參考書。

列寧格勒加里寧多科性工學院銲接專業教授會全體同志在校閱原稿時曾給予寶貴的幫助，著者謹致謝意。

著者

第一章 接觸銲接的工藝特性

1 在不同的接觸銲接方法下

熱量的產生

銲接區內有用的發熱可以利用接觸電阻、過渡電阻、及有效電阻來取得。應當注意所銲的接觸點與不銲的接觸點在術語上有加以區別的必要，因為現有的銲接書籍中在這個問題上尚無明確的區別。

每個所銲的接觸點均有接觸電阻。在所銲接的（或所加熱的）零件與饋電系統（電極、滾盤、鉗口）間臨時存在的、可分離而不要銲接起來的接觸點內則具有過渡電阻。

接觸電阻與過渡電阻的本質是一樣的。但接觸電阻與過渡電阻對一般發熱平衡的影響，及所銲接的接觸點與可分離的接觸點在銲接過程中的表現，則可能不同。這就給引用不同的術語——接觸電阻與過渡電阻——提供了足夠的基礎。

在所有接觸銲接方法的條件下，所銲金屬的有效電阻均分佈在所銲接觸點的近旁。所銲金屬的有效電阻幾乎沒有能力來調節在它本身內及直接在銲接區域內產生的熱量。接觸電阻則不然，可以這樣寬廣地調節，以使在接觸點內所產生的熱量，在某些情況下可成為全部有用銲接熱量的主要部分。

有時因接觸電阻而產生的熱量祇佔銲接區域內總的熱平衡中極小的一部分。

我們以棒料的電阻對接銲接過程為例來考慮一下。在不同

情況下，同樣的棒料要用同一強度的電流，但用不同的壓力來銲接。這就是說，在不同情況下接觸電阻就彼此顯著地不同。當接觸電阻大時（圖 1, *a*）接觸點內的溫度就按照曲線 1 上昇；當接觸電阻小時，溫度曲線則如曲線 2。在接觸電阻大時及小時，溫度沿銲棒的分佈情況可用圖 1, *b* 的曲線 1 及 2 來表示。

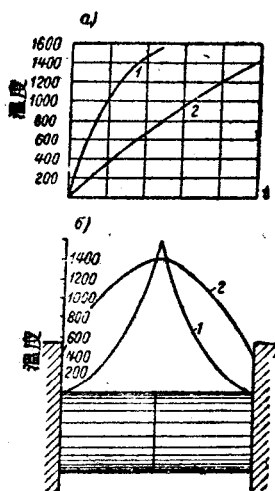


圖 1 在鋼棒的電阻對接銲時溫度的變化。

a—接觸點內的溫度：

1—當接觸電阻大時；

2—當接觸電阻小時。

b—到銲接終了時溫度沿銲棒的分佈：

1—當接觸電阻大時；

2—當接觸電阻小時。

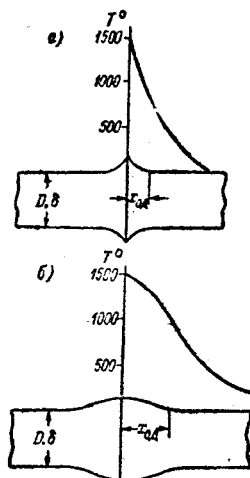


圖 2 在電流強度相同，但接觸面兩邊最終溫度分佈情況不同的條件下，用電阻法銲得的零件變形的特點：
a—當接觸電阻大而銲接時間小時；*b*—當接觸電阻小而銲接時間大時。

在接觸平面內的溫度總應該接近於熔點。因此溫度沿銲棒的分佈情況決定着銲棒在頂鍛後變形的特點。

在圖 2 上表明了兩種沿銲棒的溫度分佈曲線，並相應地表

明了鐸件在頂鍛後兩種可以作為特徵的形狀。圖中未曾表明鐸件的尺寸及形狀，也沒有比例尺。因此就圓棒或平棒來說，可將幾何相似條件寫成下面的一般形式：

$$\frac{D_1}{x_{10A}} = \frac{D_2}{x_{20A}} = \dots = \frac{\delta_1}{x_{10A}} = \frac{\delta_2}{x_{20A}} = \dots = \text{常數}$$

從而 $x_{0A} = \alpha D,$

或 $x_{0A} = \alpha \delta,$

式中 α ——不變的係數；

D ——鐸棒直徑；

δ ——所鐸帶鋼的厚度；

x_{0A} ——從接口到頂鍛後變形等於 0 之點的距離。

著者曾用試驗方法確定，為了保證高質量的電阻對接鐸，應將 α 採用在 0.3~0.5 的範圍內。考慮到上面所建議的常數，可將取得堅固的電阻對接鐸的條件寫為：

$$\begin{aligned} x_{0A} &= (0.3 \sim 0.5) D; \\ x_{0A} &= (0.3 \sim 0.5) \delta. \end{aligned} \quad (1)$$

現在我們來考慮一下在對接鐸時熱學上相似的條件。顯然，當接觸平面內溫度相同時這些條件為傅利葉 (Фурье) 標準等式所決定，即

$$\frac{\alpha t_1}{x_1^2} = \frac{\alpha t_2}{x_2^2} = \dots = \text{常數}。$$

式中 α ——溫度傳導係數；

t ——電流閉合時間；

x ——從接觸平面到鐸棒深處的任一（我們所感興趣的）距離。

距離 x 可以等於 x_{0A} 。既然後者永遠應當與鐸棒直徑或厚度成比例，則可以寫為：

$$\frac{\alpha t_1}{D_1^2} = \frac{\alpha t_2}{D_2^2}。$$

從而

$$t_2 = t_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2。 \quad (2)$$

這個比例對實際生產計算來說極為重要。如果實驗確定了對某一鋁棒直徑 D_1 來說，閉合時間採用 t_1 顯得最好，則按照公式(2)就容易確定對於任何其他鋁棒直徑 D_2 為最好的閉合時間 t_2 。

所以很顯然，就鋁接最細的金屬絲來說(例如，直徑小於1公厘)，利用很短的、可用十分之一秒或百分之一秒測量的電流閉合脈衝，不僅是適當的而且是必要的。對於這樣的鋁接條件須採用所謂的衝擊鋁接，這種鋁接係以電容器放電的能量為動力(圖3)。電容器電池的電壓為數百伏特。所以當上棒(圖3)向下棒移動，兩棒彼此間尚有某一距離時(圖3上的第二對鋁棒)放電就已開始了。放電是如此之短促，以致熱影響區僅有0.01~0.05公厘的深度。

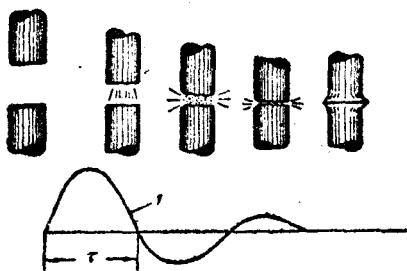


圖3 細金屬絲靜電衝擊鋁接過程的圖解：

1—電容器放電電流； τ —鋁接時間。

接觸點以外的溫度分佈曲線是十分陡降的，金屬絲的變形不大。

靜電衝擊鋁接的過程就是祇在鋁件頂端表面上集中產生熱量的表徵性例子。在這種情況下，鋁件本身內所產生的熱量(由於其有效電阻)就顯得極其微少。

對斷面大的鋁棒而言，在連續閃光對接鋁時可得相似的發

熱情況。全部熱能主要是發生在鐸棒的頂端上，係由頂端表面上長時間進行的火花爆炸過程而得。在這種情況下所鐸金屬的有效電阻的作用不大。

所舉的例子表明，在對接鐸時，鐸接平面兩邊沿鐸件的溫度分佈曲線可以是某種陡峭的或平緩的曲線。這要由鐸件斷面的大小、鐸接方法及鐸接規範來決定。

顯而易見，由鐸接平面起最陡降的溫度曲線可用衝擊鐸接法，較傾斜的可用連續閃光鐸接法，而更平緩的則用電阻鐸接法來達到。

我們舉出了電阻對接鐸時鐸棒間的接觸點在三不同時刻的加熱過程(圖4)。

在電流閉合後的第一瞬間，溫度從最初很小的接觸面積內向外的傳播，和在熱流的空間運動(三度空間)問題中所研究的相同。

鐸件斷面積與最初接觸面積間相差愈小，則溫度在頂端表面上達到均勻的時間也愈短。

在鐸接細棒時，溫度在頂端達到均勻的時間與總的電流閉合時間相較顯得極其微小。相反地，在鐸接斷面大的鐸棒時，溫度在頂端達到均勻的時間，則佔總的電流閉合時間相當大的一部分。這就是當鐸接斷面大的鐸棒時，決不可採用過短的電流閉合時間的原因之一。

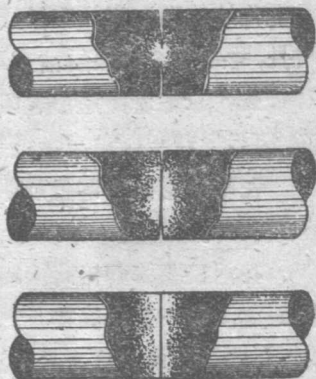


圖4 電阻對接鐸時，溫度在頂端接觸表面上均勻化過程的示意圖。

圖4上簡略地表明了在對稱接觸的條件下，單個接觸元面

積上的發熱過程。

但是銲接的場合往往有好幾個物理接觸點(圖5)，各點內發熱的過程可能以不同的速度進行。這時個別接觸點可能得到強烈的過熱，有時甚至伴隨着金屬的溢出。溢出主要是發生在清除不良的鋼板底點銲時，這種鋼板保有氧化物或其他絕緣薄膜的斷片，不能在整塊面積上接觸而形成多點的接觸(圖5)。

在對接銲接的過程中，所有決定着工藝規範的電參數都會顯著地變化。這種變化的特點，以及在接觸點內溫度的增長，均用圖6的圖解清楚地表示出來。

圖中未曾表出過渡電阻上的電壓降，因為它在銲接過程中幾乎保持不變。

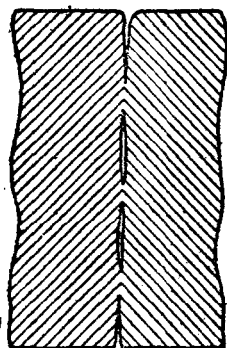


圖5 同時有幾個物理接觸點的接觸及發熱的圖解。

在整根圓棒的電阻加熱過程中溫度和電力特性相似的變化示於圖7。

在兩根圓棒銲接時接觸點內溫度上升的曲線，和用同一密度的電流將一整根圓棒加熱時棒中央的溫度上升曲線二者表明：對接觸點內溫度上升的速度及最終溫度的數值來說，接觸電阻能够起多麼重大的作用。實際上，接觸點內實有的並為熱電偶所確定的溫度 T° (圖6) 等於兩個分量之和，即僅靠接觸電阻而發生的溫度 T_k (圖7)，和由於銲棒金屬的有效電阻，亦即在加熱時會要變化的電阻而發生的溫度 T_e (圖7)。

溫度分量 T_k 變化的性質已在溫度圖解上(圖7)用虛線表明。這個溫度不能直接測定，而須近似地確定為溫度 T° 與 T_e 之差(圖6及圖7)。

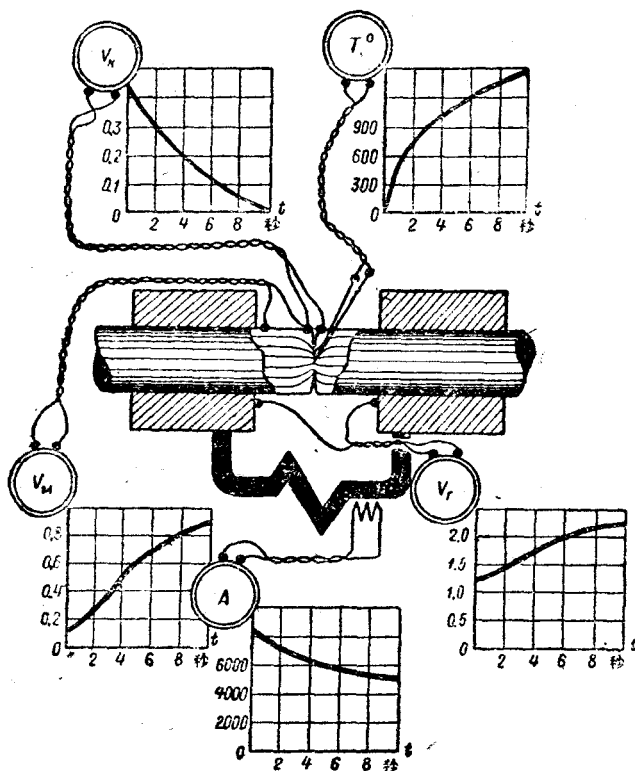


圖 6 決定着電阻對接銲工藝規範的溫度及電參量的變化。

V_K —所銲接觸點上的電壓降； T° —接觸點內的溫度； V_M —銲棒金屬上的電壓降； V_r —銲機夾頭間電壓的變化； A —在銲接過程中銲接電流強度的變化。

點銲時的發熱和溫度傳播過程可用鋼板的磨片照像來說明(圖 8)。

腐蝕的形狀就顯出大約等於 750° (A_{c1} 點) 的溫度的擴展地帶。

第一個磨片照像的等溫綫確定某種圍繞接觸平面的，會加

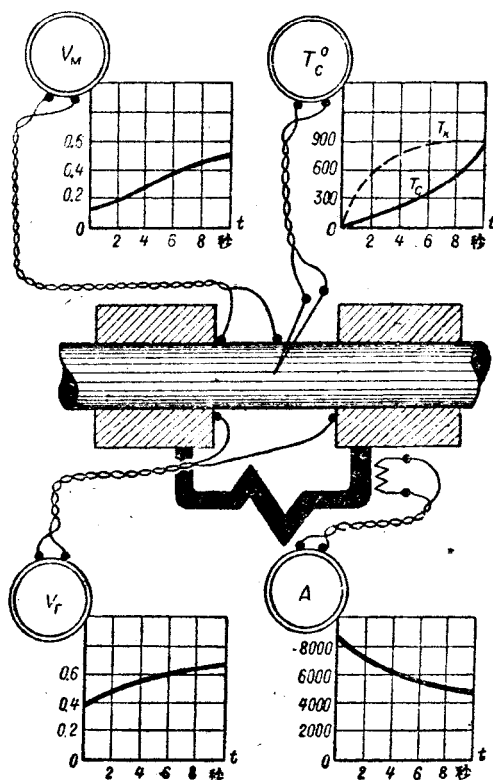


圖 7 決定着整個銲棒的電阻法加熱規範的電參量的變化。
 T_c —在銲棒加熱時由於其本身的有效電阻而產生的溫度； T_k —
 在銲接時由於銲棒間的接觸電阻而產生的溫度。

熱到平均溫度稍高於 750° 的金屬的球形體積。假如規定使用強度更大的電流，則可能得到大致相同的、環繞接觸點的金屬球體，在這個球體內會加熱到的平均溫度已超過熔點。

這種衝擊加熱過程（或者採用已經確定了的術語，剛性規範的加熱）常常用來銲接不銹鋼及有色合金。

這些磨片照像(圖 8)表明熱量先在接觸平面和過渡平面間相對地傳播, 然後再向電極外面傳播的程序。

如從這些磨片照像所見, 在電流短時閉合時, 就發生熱量從接觸面和過渡面向金屬和電極內的傳播過程。以後過渡平面上發生本身的溫度勢, 在某種程度上會阻礙熱量從接觸平面向電極的傳導。因此, 後兩個磨片照像所代表的熱力狀態下熱量的傳播, 足可看作是二度的傳播。

中炭鋼正常點鉚時接觸點內溫度上昇的特性, 以及鉚接過程中鉚接電流的強度, 所鉚接觸點上的電壓降 V_k , 及兩電極上的電壓降 V_e 的表徵性變化曲綫示於圖 9。

在凸鉚時鉚點形成的過程進行得更為特殊一些。鋼件上突起部分的鉚接, 鉚接電流和接觸點總電阻的變化示於圖 10。

在接觸點加熱的初期(圖 10, a), 其總電阻的變化與對接觸點所固有的一樣, 這一點業經確定[4]。在突出部分加熱的後期(圖 10, b 及 c), 總接觸電阻的變化則與點鉚時相同。

以儲存的靜電能和電磁能作為動力來源的點鉚過程的圖解

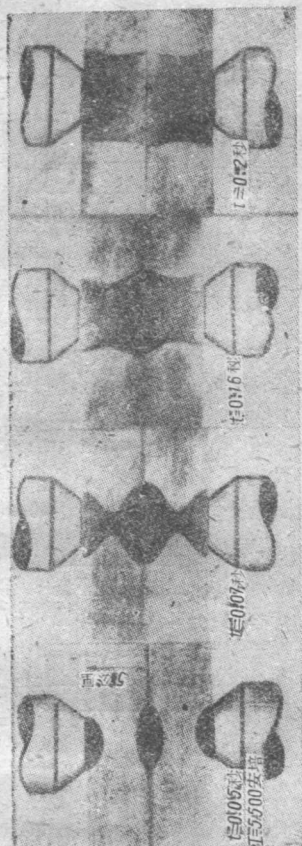


圖 8 點鉚時在不同的瞬息間鋼板中熱流的運動。

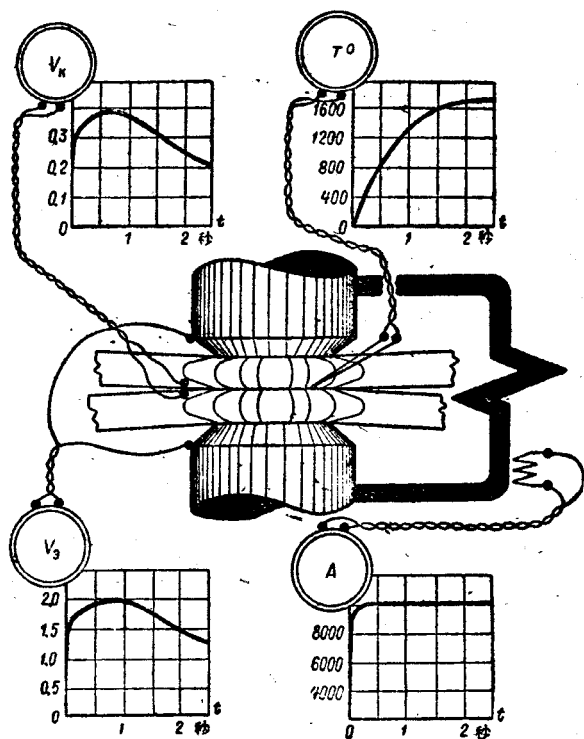


圖 9 在標準交流點鋸機上，決定管中炭鋼正常點鋸過程的電參量的變化。

示於圖 11 及 12。在這兩個圖上並且表明了對覆鍍杜拉鋁而言接觸點總電阻 $R_{\text{接觸}}$ 的表徵性變化。

所鋸接的表面未經清除的金屬的電阻底變化以實線表示，正常地化學酸洗過的或用鋼刷清除過的鋼板的接觸電阻的變化則用虛線表示。凡是清除過的鋸接表面，在圖 11 和 12 上所有的鋸接電力規範的指標，也都用虛線表示。電磁鋸接的充電電流（變壓器閉合）在圖 12 上未示出。這一電流在接觸點內所產生的