

水中金屬的鐸接和切割

董勁予編譯



機械工業出版社

水中金屬的銲接和切割

董勁予編譯

機械工業出版社

1955

出版者的話

本書主要根據蘇聯軍事出版社(Воениздат)1946年出版的、施麥列夫(А. Н. Шмырёв)、康斯坦金諾夫(А. Г. Константинов)、馬士斯(М. М. Матус)著的‘船舶搶修、救護和打撈工作’一書的第三章，並參考蘇聯機器製造書籍出版社1952年出版的、赫列諾夫(К. К. Хренов)著的‘金屬的焊接、切割與鉗焊’(Сварка, резка и пайка металлов)一書及其他有關資料編譯而成。書中介紹了水中金屬焊接和切割的各種資料——水中焊接和切割工藝，所用的工具、材料和設備，以及各種經驗數據等；對於水中焊接和切割的安全技術及工作組織也有簡要的敘述。

本書可供從事船舶搶修、解體及打撈，橋樑、水閘和碼頭的建造及修理，以及其他水下工程的工程技術人員和工人們參考之用，也可供陸上焊接工作人員及焊接專業的學生們參考。

書號 0864

1955年11月第一版 1955年11月第一版第一次印刷

850×1168¹/₃₂ 字數 51 千字 印張 2¹/₁₆ 0,001—1,300 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)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(8) 0.42 元

目 次

代序	4
緒論	5
第一章 水中電弧銲接	6
1 電弧在水中燃燒的情況	6
2 銲條和銲條塗藥	6
3 水中銲接的銲縫形式和銲接技術	9
4 水中半自動電弧銲接	15
5 水中電弧銲接的生產率及操作規範	17
第二章 水中瓦斯-氧氣切割	21
1 水中瓦斯-氧氣切割過程的實質	21
2 切割所用的瓦斯和氧氣	22
3 水中瓦斯-氧氣切割的設備	24
4 水中瓦斯-氧氣切割的生產率和氣體消耗量	33
第三章 水中電弧切割	36
1 水中電弧切割過程的實質	36
2 水中電弧切割的金屬極和金屬極塗藥	36
3 水中電弧切割技術	37
4 水中電弧切割的生產率及切割規範	38
第四章 水中電弧-氧氣切割	40
1 水中電弧-氧氣切割過程的實質	40
2 水中電弧-氧氣切割設備和電極	40
3 水中電弧-氧氣切割的生產率及切割規範	44
第五章 直流電弧銲接和電弧切割的設備	46
1 水中電弧銲接使用的組合機	46
2 水中電弧切割使用的組合機	56
第六章 交流電弧銲接和電弧切割的設備	58
1 水中電弧銲接使用的交流變壓器	58
2 水中電弧切割使用的交流變壓器	59
第七章 水中銲接和切割的安全技術	61
1 水中電弧銲接的安全技術	61
2 水中切割的安全技術	63
第八章 水中銲接和切割中的工作組織	65

代 序

水中金屬的銲接和切割是金屬的銲接和切割範圍內的一個特殊部門；由於其工作環境的特殊，因此，與陸上的銲接和切割比較，在各方面（工藝、工具、材料及設備等等）都存在着許多特點與差異，而且在工藝上的複雜性與困難性也是比較大的。過去一般銲接書籍對於水中銲接和切割雖也略有涉及，但都過於簡單，對實際工作上幫助甚小。董勁子同志根據蘇聯經驗與資料編成此書，對於水中的銲接和切割及其有關問題都有較詳盡的敘述，其特點為切合實際，而且敘述清晰易懂，對於船舶修理、打撈以及水底拆卸和修建等等工程的工作人員是一種極可貴的參考資料。

過去我國對於水中的銲接和切割應用較少，但這是一項非常重要而有價值的工藝方法。尤其是我們祖國在社會主義建設中，河運海運事業不斷在發展，水底工程（如橋樑及其他水利工程的修理建築）亦將逐漸得到應用。因此，這本小冊子的出版，對於發展中的國民經濟就有其一定的意義了。

陳利華 1955年2月於交通大學

緒 論

電弧銲接為現時施行水中金屬銲接唯一適宜的方法。自 1932 年蘇聯首次試驗水中電弧銲接獲得成功以後，水中電弧銲接技術在不斷的研究和改進下，目前已發展到僅僅利用陸上的一般電銲設備即可在水中進行複雜的和重要的銲接工作。

水中金屬切割的方法有瓦斯-氧氣切割和電弧切割兩種。這兩種方法如何選擇，應視具體的條件而決定。瓦斯切割在第一次世界大戰初期已開始廣泛應用。現在採用電弧切割的較多，因電弧切割設備簡單，並且效果也比較好。

水中金屬銲接和切割的用途很廣，凡船舶修理、船舶打撈、被破壞的橋樑的修復或解體，以及海港、碼頭、閘門等水下工程都要應用到。它在國防上所起的作用也極大，當艦隻遇到意外損傷時，可利用水中銲接和切割方法來進行各項搶救工作。例如：銲補船壳的漏水處，在破裂洞處銲補上一塊封口鐵板以及其他各種工作；這樣就可不必入塢修理，大大地縮減了修理的時間，並可避免已受損的船隻繼續在危險的狀態下行駛。

水中切割的用途，主要為拆散水中金屬結構物以減輕打撈重量；銲補船體破洞時先行割除洞口凸緣；割除纏繞在沉船螺旋推進葉片上的鋼絲繩等等。

第一章 水中電弧銲接

1 電弧在水中燃燒的情況

電弧在水中燃燒和在空氣中燃燒大致相似；不過電弧在水中燃燒時在電弧的周圍產生一個氣袋(圖1)。在正常的情况下，電弧在水中燃燒時，每分鐘產生若干公升的氣體。此項氣體係由金屬的蒸汽、銲條塗藥和氫氣的燃燒產物所組成。水被電弧分解成爲氧氣和氫氣；氧氣和熔化的金屬化合形成氧化物，氫氣產生後即自水面上逸出。

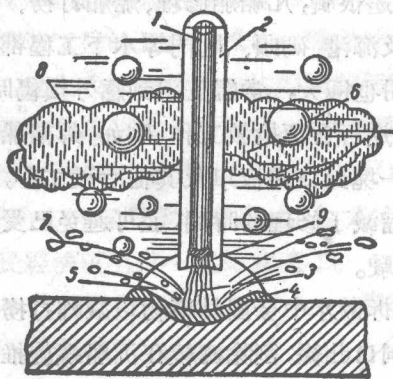


圖1 電弧在水中燃燒圖：

- 1—銲條芯子；2—塗藥；3—電弧；
- 4—金屬熔坑；5—電弧周圍的氣袋；
- 6—氣泡；7—金屬飛濺；8—濁霧；
- 9—塗藥套管。

氣袋能使電弧和水隔開，創造了電弧在水中穩定燃燒的條件。

在水中進行銲接時，銲條塗藥的熔化較銲條稍慢。因爲塗藥的導熱性較金屬銲條爲小。於是電極末端形成一個塗藥的套管，保持氣袋的穩定。若缺乏此種套管或者有而不够大，則電弧在水中的燃燒即不穩定，這時水便可能破壞氣袋而侵入電弧柱中，以致使電弧熄滅。

2 銲條和銲條塗藥

銲條的性質爲決定銲着金屬品質的主要因素。因此我們應該採用一種含有適當化學成分的金屬絲及適宜的塗藥來作銲條。蘇

聯國家標準ГОСТ-2246 規定使用的兩種主要牌號的碳鋼鋁絲為:

- CB I, 含碳量 = 0.10%
 - CB II, 含碳量 = 0.11~0.18%
- } 硫和磷的含量不超過 0.04%,
} 含矽量小於 0.03%。

鋁條由兩部分所組成: 1. 金屬鋁絲; 2. 塗藥 (圖 2)。

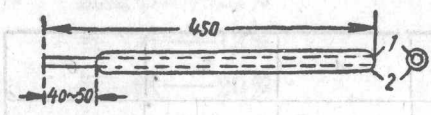


圖 2 鋁條:
1—金屬鋁絲; 2—塗藥。

ГОСТ 規定鋁絲直徑有 1~12 公厘各種。水中鋁接最常用的鋁絲直徑是 4~6 公厘。

鋁條塗藥的主要功能之一是增加氣體的導電性和電弧燃燒的穩定性。所以鋁條塗藥的成分應符合於能使電弧周圍的氣體達到最大導電率的要求。以下幾種化學元素, 其性質最適合上述要求: 鉀、鈉、鈣、鋇和鋇。

在空氣中鋁接不十分重要的物件, 通常採用白堊塗藥的鋁條。為了適應水中鋁接的條件, 必須採用品質較高的塗藥。

前已述及, 當水分解時產生氫氣, 氫氣會使電弧消失一部分熱量, 因為在氫氣中電弧是不易燃燒的。為了電弧能在水中穩定地燃燒, 必須將塗藥成分製適當, 以使氣體電離達到最大程度——得到最大導電率。

此外, 塗藥尚應具備的物理性質, 即為水密性。但是也不能過分牢固, 因為點燃熄滅了的電弧時必須先敲除包裹在鋁條末端的塗藥。

鋁條塗藥的配方:

第一號塗藥: 赤鐵礦(Fe₂O₃)——75%; 白堊(CaCO₃)——25%; 模數為 2.7 的水玻璃, 在 100 份乾末混合物中約為 30~40 份, 再加上適量的水調拌成合乎需要的稠度。然後均勻地塗敷在鋁絲表面, 塗藥厚度約 0.5 公厘。

第二號塗藥: 鈦礦石(精礦)——50%; 長石——50%; 水玻璃的分量和第一號塗藥相同。這種塗藥的品質較優。

第三號塗藥: 除了第二號塗藥的成份以外, 在每 100 份第二號

塗藥乾末混合物中添加3~5份的鐵氰化鉀(又名赤血鹽) $[K_3Fe(CN)_6]$ 。因為亞鐵氰化鉀容易受潮,故不宜使用。水玻璃的分量和其他兩種塗藥相同,再加適量的水調拌即可。

塗藥層的厚度(s),根據鉚絲直徑(d)的大小來決定。正常的塗藥層厚度為:

d (公厘)	4	5	6
s (公厘)	0.8	1.0	1.2

鉚絲表面敷上塗藥後,一般要在正常室溫下放置6~8小時,待其乾燥。

直徑為5~6公厘以上的鉚條須塗敷兩層塗藥,待第一層塗藥在空氣中乾燥後再敷第二層,塗敷塗藥的方法是事先將塗藥在容器內拌成糊狀,然後將鉚條垂直的浸入其中。

第二層塗藥塗敷完畢後,先置放在空氣中待其乾燥。為了消除塗藥中的殘留水份以及增加它的機械強度,再將鉚條放入乾燥器內烘焙;烘焙溫度為 $200\sim 300^{\circ}C$ 。

當鉚條塗藥烘乾後,立刻在表面塗上防水材料。如果塗藥被水份浸入,會使電弧穩定性降低。水份浸入塗藥內部後和鉚絲接觸,鉚接時由於鉚條發熱水份蒸發,以致塗藥剝落;在海水中的電解現象更加速了塗藥的剝落。因此必須力求達到塗藥的水密性,其方法有下面三種:

(1)在塗藥表面塗一層石蜡,它的缺點為機械強度差,並容易熔化。

(2)在塗藥表面塗一層賽璐珞溶液(80克的賽璐珞溶解在一公升的丙酮 $[(CH_3)_2CO]$ 內即形成賽璐珞溶液)。賽璐珞溶液的防水性較好,並有絕緣性。

(3)在塗藥表面塗一層電木漆,可保證其防水性。

以上塗藥的成份不適宜於交流電弧鉚接。採用以下配方的塗

藥，可獲得良好的效果：

I 赤鐵礦 (Fe_2O_3)——95%

赤血鹽 [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$]——5%

II 鈦礦石 (OMM-5)——37%

錳礦石——21%

長石——13%

錳鐵——20%

澱粉——9%

第 I 種塗藥能够在使用地點就地調製。即將含有第 I 種塗藥成份的乾粉末攪拌於水玻璃中，其分量等於粉末重量的 25%，再加入適量的水。

第 II 種塗藥調配比較複雜，只能在工廠中調製。

3 水中銲接的銲縫形式和銲接技術

在水中進行銲接工作時，最常見的銲件接頭基本形式有三種：對接、搭接和 T 形接。

如板厚在 5 公厘以下，對接銲時不必在板緣開坡口和留間隙。板厚在 6~8 公厘的可以不開坡口，僅須留 1.5~2 公厘的間隙。板厚超過 8 公厘的須留一定的間隙，並開坡口。某些厚度較大的對接銲件，由於電弧火焰不易深入銲縫，結果就產生根部未曾銲透的現象(圖 3)，如果銲縫受到彎力或衝擊載荷作用時就極易裂開。補救的方法是反面加銲，或者在銲縫下面墊一塊薄板(圖 4)，那末就可



圖 3 對接銲縫(板厚在 5 公厘以下的)

以省去反面加銲。並在施銲時不必擔心熔化的金屬往下滴。用紅銅作墊板其銲透性較優，因為紅銅的導熱性大，銲接完畢後可將墊板敲去。



圖 4 附有墊板的對接銲縫

板厚為 10~12 公厘的對接銲，若採用反面加銲法，不必再開坡口(圖



圖5 兩面施焊的對接銲縫

5)。因為正常的銲波熔深等於4~5公厘。

對接銲縫的接頭形式可做成V形、X形和U形等(圖6)。

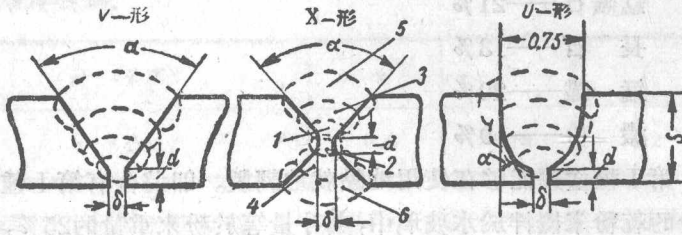


圖6 對接銲縫的接頭形式

V形的對接銲縫， $\alpha = 50 \sim 70^\circ$ ， $\delta = 2 \sim 3$ 公厘。銲縫的間隙 δ 務必保持均等，而鈍邊高度 d 約為2公厘。銲接厚板時應採用多層銲法。

重要的銲縫，待各層銲波銲畢後，應在銲縫反面用扁錘將根部錘溝，再加銲一道銲波，稱為加銲銲波(圖7)。

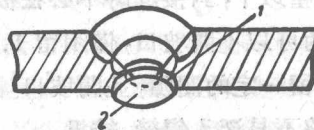


圖7 V形對接銲縫：

1—銲縫填滿後反面錘溝；2—加銲銲波。

X形對接銲縫的施銲和V形銲縫相似。銲波層序見圖6。此種對稱的銲縫形式，其銲縫坡口的截面積較小，所以銲後的扭曲變形也較小。X形的銲縫， $\alpha = 50 \sim 70^\circ$ ， $\delta = 2 \sim 3$ 公厘， $d = 3$ 公厘。

銲接重要的機械零件時採用U形對接。這主要是因為它的開口較小，可獲得較高品質的銲縫。銲縫尺度為 $\alpha = 10 \sim 15^\circ$ ， $\delta = 2 \sim 3$ 公厘， $d = 2$ 公厘。

對接銲時應採用分段銲法(圖8)。否則由於銲接時銲件受熱膨脹和冷卻收縮所產生的殘餘應力，使銲件變形或使銲縫發生龜

裂。應先在銲縫處進行點定銲，然後按照圖中標示的程序分段銲接。

搭接銲縫(圖9)在水中銲接工作中應用甚廣。例如船壳在水下部分的破洞需用蓋板封銲，以及鋼板的搭接接縫常因發生漏水而需要銲補等。

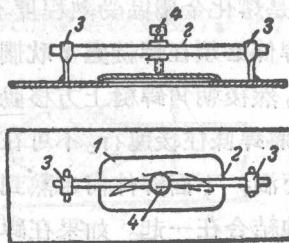


圖8 對接銲縫的銲接程序



圖9 搭接銲

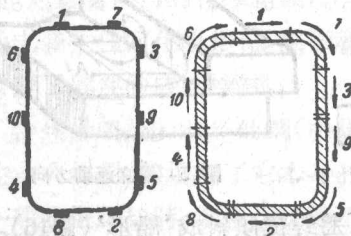
銲接蓋板時最困難的工作是蓋板銲接前位置的固定。固定蓋板位置的方法很多，最好的一種方法是用鑽孔槍事先在蓋板每邊鑽一小孔，然後將它安放到欲銲補的洞上，在蓋板鑽孔地位船壳上也同樣鑽一小孔，將螺釘穿過小孔並旋上螺帽。也可採用螺釘加壓法(圖10)。在蓋板四周每隔20~40公厘施行點定銲，然後再將全部搭



蓋板點定銲完畢
即將軛狀‘馬’敲去

圖10 螺釘加壓法:

1—蓋板; 2—螺絲桿; 3—軛狀‘馬’; 4—壓緊螺釘。



點定銲程序

銲接程序

圖11 蓋板的銲接程序

接接頭銲好。為了保證銲接的效果，蓋板與船壳的間隙不得超過2公厘，蓋板超過洞緣的寬度約為蓋板厚度的4~5倍。並採用分段銲法，每段長200~300公厘，這樣可以減小銲縫中的內應力(銲接程序見圖11)。

鋼板搭接銲縫的銲補和搭

接銲相同。如果搭接銲縫裂開的空隙超過 2 公厘時，則在空隙中必須嵌入薄板（圖12）。鉚釘頭鬆釋後發生漏水時，其銲補方法與上述相似（圖13）。

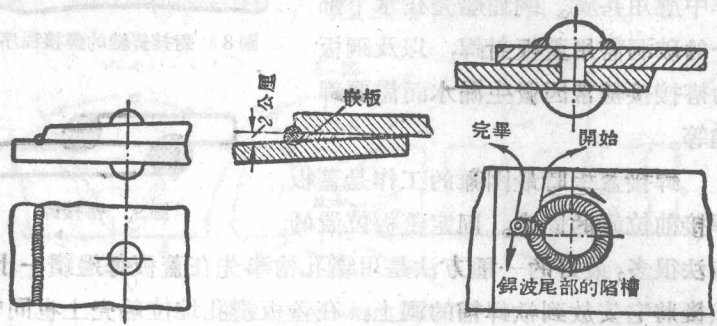


圖12 鋼板搭接銲縫的銲補

圖13 鉚釘頭的繞銲

T形接頭和搭接銲同屬於角銲波（圖14）。施銲時的運條方法較為複雜，因為這種銲縫的特點是熔化金屬區受熱程度不同。為了使熔化金屬區受熱一樣起見，銲條必須在銲縫處多耽擱一些時候（圖15），電弧引火應自 A 點開始，然後朝角銲縫上方移動，待此處搭口全部填滿熔化金屬後，方能將銲條往後運行。不可在垂直銲件面上點火，因為熔化金屬會朝下滴，下面銲件尚未熱到一定的程度，所以不能和熔化金屬牢固地結合在一起。如果在銲縫中間點火，可能在此處發生冷銲現象。

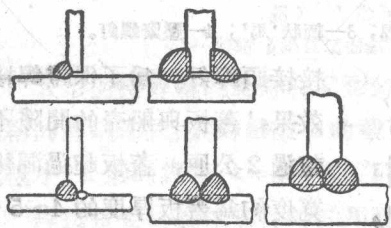


圖14 T形接頭

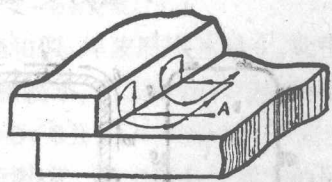


圖15 銲條運動方向

為了避免複雜的運條方向，可將銲縫傾斜成‘船形’（圖16）。但不一定每一個銲件都能轉動到此種理想的位置。

角銲波的銲腳應為等腰三角形（圖17）。重要的銲縫 $\alpha = S$ ，次要

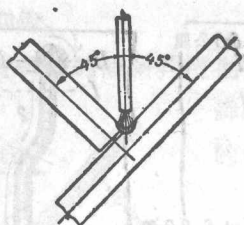


圖16 '船形' 銲縫

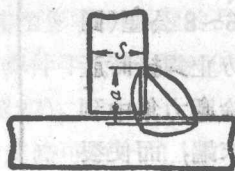


圖17 角銲波的尺寸

的銲縫 $a < S_0$ 。

水中銲接工作中常遇到的尚有堆銲、銲補裂縫、銲接零件等。

堆銲使用於修補船壳等表面磨損處。銲波應依層次進行堆銲。第二道銲波應重疊於前道銲波寬度 $1/3 b \sim 1/2 \delta$ (圖18)。

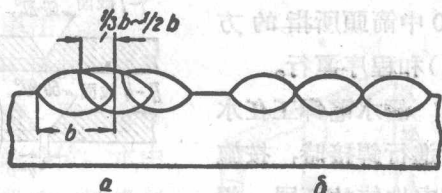


圖18 堆銲銲波：
a—正確；b—不正確。

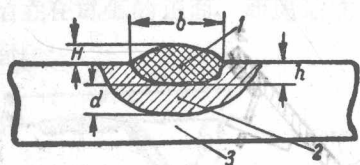


圖19 銲着金屬的銲波：

- 1—銲着金屬；2—熱影響區；
3—基本金屬。

銲接時銲件因受溫度變化的影響，在銲着金屬和基體金屬之間產生過渡區域稱為熱影響區。熱影響區內的化學組成沒有變更，因為在銲接過程裏基體金屬並未發生任何化學變化。熱影響區內的金屬結晶發生了改變，因此改變了銲件的機械性質。

含碳量超過0.25%的鋼(中碳鋼和高碳鋼)加熱後迅速冷卻時發生淬火作用，即增加了它本身的硬度，同時脆性也增加了。所以在一般水中銲接時，鋼中含碳量不可超過0.25%，因為它會影響到基體金屬的延展性；例如軍艦上的裝甲和錳鋼等。

銲補鋼板裂縫或銲縫龜裂處時，先將邊線加以整理，然後在裂

銲波的主要尺度： $b = 5 \sim 15$ 公厘； $H = 3 \sim 8$ 公厘； $h = 2 \sim 6$ 公厘； $d = 3 \sim 6$ 公厘 (圖19)。

銲接時銲件因受溫度變化的影響，在銲着金屬和基體金屬之間產生過渡區域稱為熱影響區。

縫兩端各鑽一小孔，孔徑為6~8公厘(圖20)，以防止銲接時產生的殘餘應力集中到裂縫的末端，而使裂縫長度增加。銲條應按照一定方向(即圖20中箭頭所指的方向)和程序運行。

潛水電銲工在水中進行銲接時，按施銲處地位的不同，銲接工作可分為三類：俯銲、立銲和仰銲(圖21)。

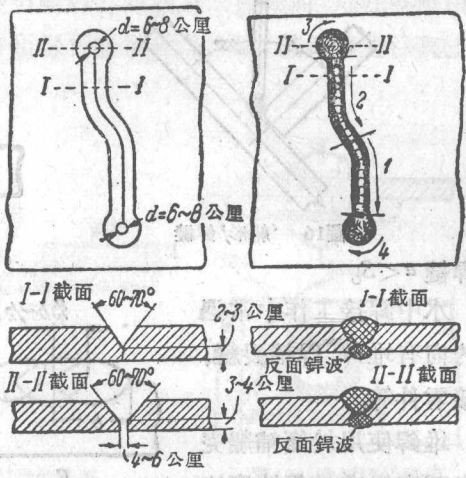


圖20 裂縫的銲補：
a—裂縫的整邊；b—裂縫的銲補。

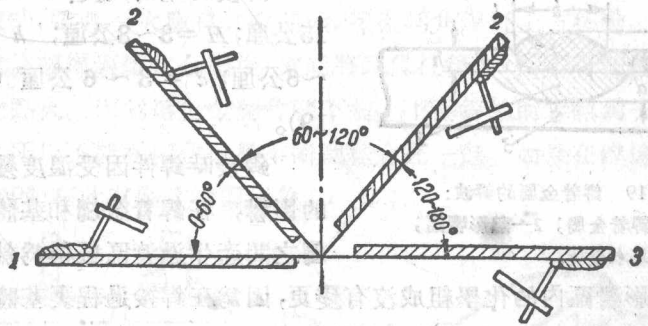


圖21 施銲時的三種地位：
1—俯銲；2—立銲；3—仰銲。

俯銲操作技術最容易，但是實際上在水中進行修補工作時最常遇到的是立銲。立銲的操作技術甚難，因為立銲時，熔化金屬的點滴易於向下流。為防止這種現象，電弧必須維持均勻和極短(不得大於2公厘)。未經過長期訓練的電銲工是不能達到此項要求的。仰銲更為困難，必須由技術熟練的電銲工來執行。在迫不得已

時才採用仰焊。

施焊時焊條的傾斜角度也很重要，甚至影響到焊縫的品質。俯焊時焊條與焊件平面應保持 $60\sim 70^\circ$ 的傾斜角(圖22)。

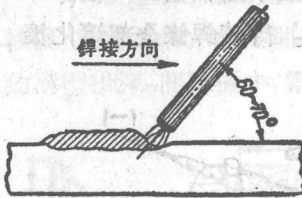


圖22 俯焊時焊條的位置

立焊時焊條可由下向上和由上向下運行。焊條和焊縫間的傾斜角保持 $80\sim 85^\circ$ (圖23)。這樣可以阻止熔化金屬往下流。

仰焊時焊條與焊件平面保持 $80\sim 85^\circ$ 的傾斜角(圖24)。進行仰焊時，潛水電焊工應站立在看得見焊縫表面的地位；水中視界模糊，進行焊接時更加嚴重，因為在電弧周圍凝結了許多金屬和塗藥蒸發而形成的濁霧，遮沒了視線，因此電焊工不可站立在電弧的正面，而應站立到它的側面。

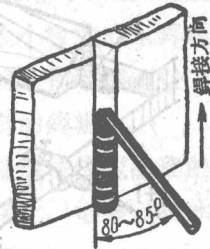


圖23 立焊時焊條的位置



圖24 仰焊時焊條的位置

焊前的準備工作對於焊縫品質的優劣有密切的關係。焊接處的焊件表面應當清刷乾淨，最好到能看見金屬的光澤為止。爲了達到此目的，應適當地使用風槍、刮刀、鋼絲刷、銼刀等工具。

4 水中半自動電弧焊接

水中焊縫品質的優劣和電焊工的技術有直接的關係。因此採用自動化的電弧焊法便可以保證焊縫的品質。至今在陸上所使用的各種自動或半自動的電焊方法中，可以應用到水中的僅有‘臥置焊條半自動焊接法’一種。

其使用法如圖25所示。先在焊縫口上臥置厚塗藥焊條，將焊條一端除去塗藥，彎成直角，用導線和電焊機上的負極連接。正極導

線聯接在鋁件上。爲了保持鋁件內的電流和鋁條內的電流相等起見，導線夾頭和鋁件及鋁條聯接處必須牢固。

臥置在鋁縫中的鋁條利用碳極或金屬極來點燃電弧，電弧在鋁條一端點燃後自動的沿其長度逐步移動。待該鋁條全部熔化後方才熄滅。

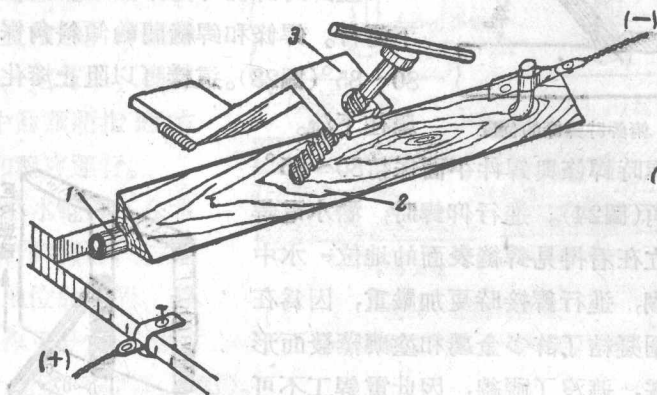


圖25 臥置鋁條中自動鋁接法：

1—鋁條；2—木塊；3—壓緊裝置。

使用這種鋁接方法時，電弧點燃及燃燒的過程和一般水中電弧鋁接相同。此方法中鋁接塗藥厚度的選擇極屬重要；如果塗藥太薄，在鋁條和鋁件之間的電流不免會發生短路，如果塗藥太厚，則電弧燃燒不穩定，並常常熄滅。最適當的鋁條塗藥厚度和鋁條直徑的關係，由實驗得出如下數字：

當 $d=4$ 公厘時；塗藥厚0.5 公厘

$d=5$ 公厘時；塗藥厚0.75公厘

$d=6$ 公厘時；塗藥厚1.0 公厘

$d>6$ 公厘時；塗藥厚1.2 公厘

由於上述的原因，我們對鋁條塗藥的要求勢必提高，每根鋁條的塗藥必須厚薄均勻。

這種鋁接方法中，主要的附件是嵌壓鋁條的木塊。在陸上進行此項鋁接工作時，使用特製的青銅塊來嵌壓鋁條，但因為鋁條和青銅塊在水中不易做到絕緣，故青銅塊不宜採用，而最好用松木製