

徐 天 福 編 著

焊剂層下自动电弧焊

科 学 技 術 出 版 社

焊剂層下自动电弧焊

徐天福編著

科学技術出版社

內 容 提 要

介紹自动电弧焊的基本概念和原理,着重地介紹 3A Д C-10000-2 型及 TC-17-M-Y 型二种代表性的自动焊接设备的構造。又詳細地敘述了自动电弧焊接规范,自动电弧焊接的缺陷及生成原理。

焊 剂 層 下 自 动 电 弧 焊

編著者 徐 天 福

*

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証出〇七九号

上海新華印刷厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号: 15119 · 393

开本 850×1168 耗 1/32 · 印張 7 7/16 · 字數 182,000

一九五六年十月第一版

一九五六年十月第一次印刷 · 印數 1—6,500

定价: (10) 一元四角

序 言

随着祖國按五年計劃進行大規模的經濟建設時期中，重工業的建設事業，為我國五年建設計劃的最基本的任務。在發展重工業建設的基礎上，鋼鐵的焊接接合工業，也必然相應地發展起來。

手工的金屬電弧焊接，在近數年來的迅速發展下，它已逐步地普及到祖國每一個工業建設單位中，焊接對鋼鐵接合的優越性能，也已逐步地博得人們的信任。但手工的金屬電弧焊接的生產效率，已不能適應祖國建設事業迫切需要的事實，也已引起人們對它的注意。

自 1940 年起，蘇聯社會主義勞動英雄 Е. О. 柏東(Патон)院士所領導的烏克蘭電焊學院的科學工作者們，在創制成功了完整可靠的自動電弧焊機之後，金屬的電弧焊接的生產效率，也就產生了空前的提高，焊接的焊縫金屬的質量，也就更可靠的得到了保證。

最有效與最圓滿地完成這個使命的“焊劑層下自動電弧焊”，它在蘇聯也就獲得了飛速的發展。這種焊接方法，它在目前的蘇聯工業中，已經廣泛而又全面地應用起來了。

近年來，這種先進的自動電弧焊接方法，隨着偉大的蘇聯人民對我國給予真誠無私的技術援助下，也已逐步地在我國各個有關工業中應用起來了。

最近，筆者由於工作的關係，有機會對於這種先進的焊接技術，在蘇聯專家的直接指導和幫助下，作了一次較有系統的學習。因此，在學習工作之餘，筆者僅想把自己隨從專家工作與學習中所獲得的一些心得，彙集了部分有關方面的資料，用較通俗的文字，把這種新穎的焊接方法，系統地作一個扼要的介紹，以供大家參考。

這本小冊子的初稿，先後斷續地共費了將近一年的業餘時間。

初稿完成后,又經張祖蔭工程师進行了校審,在文中已經發現的疏誤地方,均在校審時已給予校正。但由于時間的關係,這個工作未能一一深入,因此,文中謬誤在所難免,尚祈讀者多提寶貴的意見,以便逐步地加以修正。

全書今已告成,最後特向為本書的出版,出過力量的何鉄慶、徐錦泉等同志,深致謝意。

徐天福 1956年8月30日

目次

序言	1
一 自动电弧焊的概念	1
1.1 自动电弧焊的发展简略过程	1.3 焊剂层下自动电弧焊的优点
1.2 焊剂层下自动电弧焊的方法 简說	1.4 焊剂层下自动电弧焊的缺点
二 自动电弧焊的自动調整原理	12
2.1 焊接过程自动化的意义	2.4 焊絲随电弧电压改变而变化的 輸送制
2.2 焊絲自动輸送的輸送制度	2.5 两种輸送制度的比較
2.3 焊絲的等速輸送制	
三 自动电弧焊的焊接設備	17
3.1 自行式自动电弧焊机 АИС- 1000-2 型的構造	3.3 焊接变压器 ТСД-1000-3 型 的構造
3.2 自行式万能自动电弧焊机 TC- 17-M-Y 型的構造	3.4 自行式自动焊机的其他种类 簡述
四 自动电弧焊的焊剂与焊絲	45
4.1 焊剂的作用和要求	4.5 焊剂的配料計算
4.2 焊剂的分类	4.6 焊剂制造
4.3 錳焊剂	4.7 焊絲
4.4 常用焊剂的焊接性能	
五 焊件的焊前准备	63
5.1 焊件边缘的加工方法	5.3 焊件的裝配要求
5.2 焊件常用的边缘坡口类形	5.4 装配焊缝公差与一般工藝規 定
六 自动电弧焊的焊接技術	73

6·1 双面对接焊接	6·3 角接与搭接焊接
6·2 帶有襯墊的單面对接焊接	6·4 环形構件的焊接
七 焊剂層下自动电弧焊的焊接规范.....	81
7·1 焊接规范的概念	7·5 小直径焊絲焊接的特点
7·2 焊接电流对焊缝尺度的影响	7·6 其他因素对焊缝尺度的影响
7·3 电弧电压对焊缝尺度的影响	7·7 焊接规范标准
7·4 焊接速度对焊缝尺度的影响	7·8 焊接规范的計算
八 焊剂層下自动电弧焊的冶金过程之特点.....	142
8·1 概說	8·2 焊剂層下自动电弧焊的冶金过程之特点
九 焊接結構的变形与內应力.....	144
9·1 概說	9·4 焊接構件中的內应力
9·2 焊接的温度綫与变形的关系	9·5 减少变形与內应力的方法
9·3 影响結構变形的因素	
十 自动电弧焊的焊缝缺陷和檢驗.....	155
10·1 自动电弧焊焊缝的缺陷及其生成原因	10·2 焊缝的檢驗
十一 自动电弧焊的设备故障、保养与操作安全.....	171
11·1 自动电弧焊接设备的故障	11·3 自动焊机操作过程的注意事項
11·2 自动电弧焊接设备的保养	11·4 自动电弧焊的安全技術
十二 自动电弧焊的焊缝尺度标准.....	181
十三 自动电弧焊的輔助設備.....	205
13·1 焊絲自动繞盤机	13·4 焊剂烘爐
13·2 焊剂粉碎机	13·5 噴砂机
13·3 焊剂回收器	13·6 手工具
附錄一 自动电弧焊机的易耗零件圖.....	219
附錄二 各种牌号焊剂的应用范围.....	225
附錄三 苏联冷拉鋼焊絲的國家标准.....	227

— 自动电弧焊的概念

1.1 自动电弧焊的發展簡略过程

1802 年, 俄國的學者, 科學院院士 B. B. 彼特洛夫發現使電流通過兩根炭精棒或金屬棒時, 在兩者的末端產生高熱的、眩目的燃燒電弧現象。并建議利用這個電弧的熱能來熔焊金屬。此後在 1885 年, 俄國杰出的發明家 H. H. 貝納爾多斯就把這個發現, 實際運用到金屬的焊接上去。貝納爾多斯創造了用碳極電弧來連接和分割金屬的方法。他的這個偉大的創造在一年以後, 便在國外取得了五個國家的專利權。

這種碳極電弧焊接的方法, 稱謂貝納爾多斯法, 到目前在工業上還應用着。貝納爾多斯曾提出了焊接需要自動化的預言。

1888 年, 俄國的 H. T. 斯拉凡諾夫工程師, 創造了金屬極的



H. H. 貝納爾多斯
(1842~1905)



H. T. 斯拉凡諾夫
(1854~1897)

焊接方法，到了 1891 年的时候，他就制造了世界上第一台电弧焊接机，并提供出一种焊剂。从这个时候起，手工的金属極电弧焊接方法，在世界各國就此而廣泛地应用起來了。

斯拉凡諾夫制造的第一台最簡單的自动电弧焊机的焊接方法：是用 1.5~2.0 公厘直径的玻璃粉作为焊剂，另用一种特制的电动机來向电弧引燃处輸送焊絲（裸焊条），如图 1-1。

但当时这种方法很不可靠，它只能進行一些薄金属板的焊接，生產效率也很低，所以，这种原始型的自动焊机，是没有被运用到工業中去。直至 1927 年的时候，又有苏联工程师 Д. А. 杜利切夫斯基把这种方法作了进一步的研

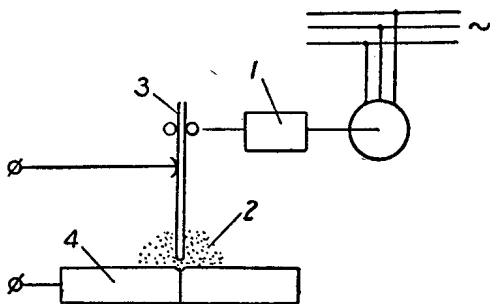


圖 1-1 最原始的自动焊的焊接方法

1—焊絲輸送机械 2—玻璃制成的粉狀焊剂 3—焊絲 4—被焊金屬

究，而創造了使用粉末焊剂來進行金属極的埋弧焊接。但杜利切夫斯基在那时所發明的这种焊接方法，在很多地方还是受到各种条件的限制，所以也是不易廣泛被应用的。

自 1940 年开始，自动电弧焊的方法，在苏联工業中得到了進一步的發展，这是由于在苏联烏克蘭电焊学院院士 E. O. 巴頓的領導下，創制了一台完整可靠的、可以应用到工業中去的自动电弧焊的焊机。在这个同时，可靠的自动焊的焊剂也被苏联的学者們創制成功了，所以，焊接金属的質量，也就此而得到了保証。

由于这种完备的自动电弧焊机的創制成功，自动焊所具有的优越性能，很快地就被苏联的造船工作者們注意起來。不久，可以進行短小焊缝焊接的半自动焊机就被制造成功。这样，在对造船

中的各种格柵型結構的焊接工作，就創造了一个良好的条件。于是焊剂層下自动与半自动的焊接工作，也就在造船工業中廣泛地应用起來了。

如今焊剂層下自动电弧焊的方法已在苏联各个工業中廣泛地应用着，尤其是在造船工業中。在苏联对于制造一条中型或大型的商船，所采用自动和半自动焊接的工作量，將占全部焊接工作的百分之70~90。据1941年的統計，在苏联使用这种焊接的焊机只有21台，而到了1951年的时候，自动与半自动电弧焊的焊机已增加到千万台。这就說明焊剂層下自动或半自动焊接方法的优越性，使人們乐于采用这种方法，來進行高速度高强度的結構焊接工作。

1.2 焊剂層下自动电弧焊的方法簡說

焊剂層下自动电弧焊接，按其焊接的方法不同而分为自动电弧焊、軟管自动电弧焊和軟管半自动电弧焊三大类。在上述三类中，我們又可把它分成自由成型和强制成型两种。而在这两种型式中还可分成好几种：如自由成型中又可分成多弧的和單弧的；在强制成型中又可分成具有滑动滑塊的和具有滾輪的①等等。但我們一般最常用的焊接为“自动电弧焊”，所以本書也就着重地來介紹这一种焊接方法。

自动电弧焊的实质：是在一定大小顆粒的焊剂層下，由电極与被焊金屬之間產生了放电而形成电弧和發生高热，使电極的端头和被焊金屬熔化凝結，來完成金屬的焊接，其一般的焊接过程，我們可用圖1-2來說明：被焊金屬1在焊前已進行过焊接地帶的邊緣加工，在焊接進行前把它与焊接变压器2接通电路。在進行焊接时，

① 具有滑动滑塊和具有滾輪的自动焊，一般是指自动垂直焊接机。在垂直焊接时，为了保持焊縫有良好的成型，采用滑塊或滾輪給予强迫成型

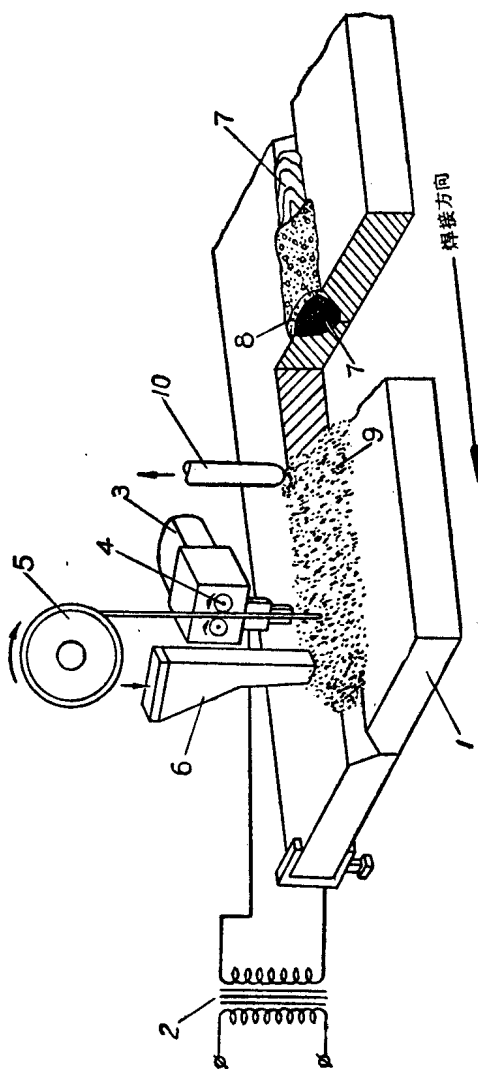


圖 1-2 焊剂層下自动电弧焊的焊接过程:

1—被焊金屬 2—焊接变压器 3—焊絲輸送电动机 4—焊絲輸送輪 5—焊絲盤
6—焊剂箱 7—焊接金屬 8—焊渣 9—焊剂 10—焊剂吸回器

当焊絲与被焊金屬間產生电弧后,焊絲就由电动机 3,帶动了帶有細齒的焊絲輸送輪 4,焊絲是夾軋在这兩個輸送輪中間的,由于輸送輪的轉动,就把焊絲从焊絲盤 5 中拉出,輸送于已引燃的电弧中來進行焊接. 在焊絲輸送的同时,焊剂也就由焊剂箱 6 中自动的漏出并复盖在电弧上,使电弧不与空气接触,同时也不使弧光散射出來刺激焊工的眼睛. 在焊接后所形成的是焊接金屬 7 和由熔化后的焊剂所凝成的焊渣 8,和另一部分还未熔化的焊剂 9 將由通有压缩空气的焊剂吸回器 10 把剩下的这些焊剂,吸回到焊剂箱 6 中再行使用. 焊剂層下簡單的焊接过程就是这样.

关于这种焊接方法的焊縫成型过程,可用圖 1-3 來說明. 从圖 1-3a 中一般可分成六个区域: 截面 I 为电弧燃烧区; 截面 II 为

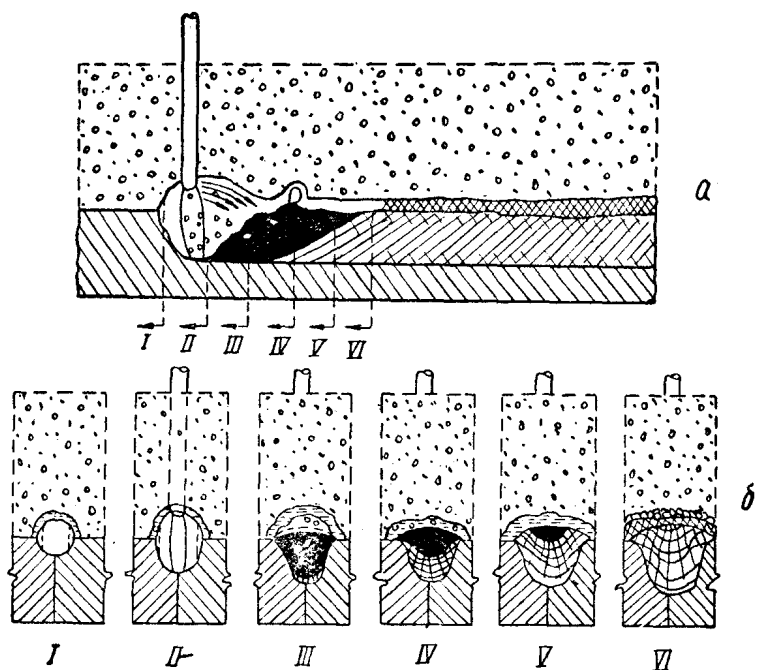


圖 1-3 焊剂層下自动电弧焊的焊縫引成过程

a—焊縫縱截面 b—焊縫橫截面

熔池区；截面 III 为熔液区；截面 IV 即焊接金屬开始凝固区；截面 V 即部分凝固区和截面 VI 全部凝固区。

焊接电弧对被焊金屬的加热，焊件焊后的焊缝外型，便通过这六个过程而凝成。

1.3 焊剂層下自动电弧焊的优点(与手工电弧焊比較)

在簡單的說明了焊剂層下自动电弧焊的焊接过程之后，現在我們再來討論这种焊接方法与手工电弧焊比較起來具有那些优点。

簡單的說來，这种焊接方法它具有如下几个优点：

(一) 提高生產效率 随着被焊金屬的厚度來决定，焊剂層下自动电弧焊的生產效率，可比手工电弧焊提高五倍至拾倍，最高的可达二十倍。

它所以能提高生產效率的原因，是由于它采用了焊接速度高的、电流强度大的、埋弧焊的焊接过程，所以它就大大地縮短焊接过程時間。

自动焊的焊接前進运动，焊条的輸送运动和焊剂的供应，都具有自动化的裝置，同时电弧的燃燒过程是在焊剂下進行，这样也就給人們使用大电流焊接的优越条件。在自动焊中所使用的电流强度，最高的可达 2,000 安培左右，但它仍能保持电弧的穩定燃燒，而在普通的手工电弧焊中，最大的焊接电流只能在 600 安培以下，若所用的电流强度超过 600 安培时，則結果由于焊接时气体膨脹所致的飛濺現象，就会很厉害，而使我們的焊接不能進行。但在焊剂層下進行焊接时，就克服了这种缺陷(圖1-4)。因为在焊剂層下進行的埋弧接焊，电弧是受有一層 30~40 公厘厚度的焊剂保护着的。因此电弧对被焊金屬的加热也較集中，而造成的被焊金屬的熔透深度也会增加，所以進行自动焊的焊件厚度在 14 公厘以下的可不用开槽，而在手工电弧焊中，一般構件厚度在 5 公厘以上的就

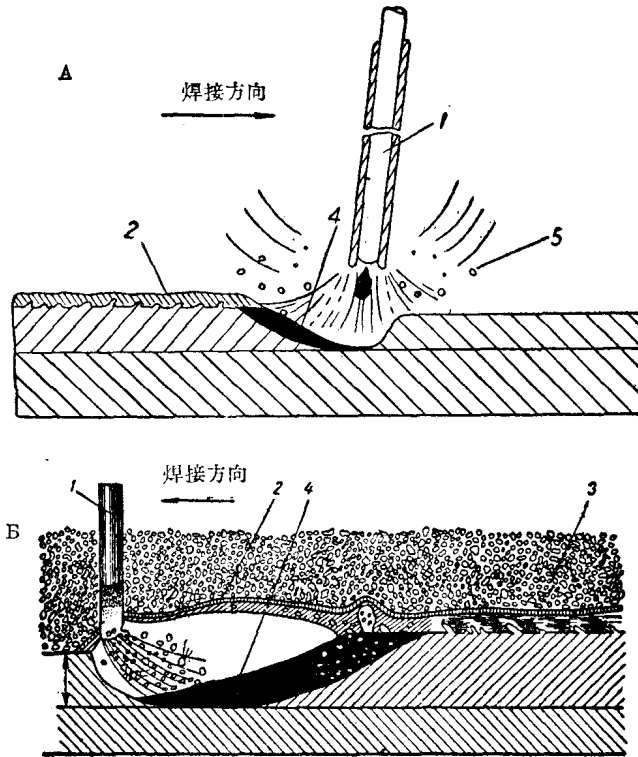


圖 1-4 由于焊接时气体膨胀所造成的飞溅现象，在两种焊接过程中的比较

a—手工电弧焊的焊接过程 6—焊剂层下自动电弧焊的焊接过程
1—焊条或焊丝 2—焊渣 3—焊剂 4—熔池金属
5—飞溅出来的小金属颗粒

必须开槽。这样也就节省了焊件边缘加工的时间。

同时，在同一厚度的焊件上进行焊接时，用手工电弧焊接时需进行两层或三层焊才能完成的焊接工作，若用自动电弧焊来进行焊接，只需一次便可完成，并达到甚至超过手工焊同等的要求（圖 1-5），所以焊接所需的时间也就更加缩短了。

（二）节约电能 在上面我們已經說了，由于电弧是被焊剂复盖着的，因而电弧加热很集中，电弧对空气所辐射出的热量就大



圖 1-5 在同一厚度的焊件進行焊接時，用兩種不同的焊接方法，完成相同的焊透深度所需的焊接層數與坡口型式的比較

1. 自动电弧焊 2. 手工电弧焊

大地减少。同时焊接所產生的热量与空气的对流作用，几趋近于零，这样焊接的热量就被充分地运用來熔化金屬。

所以焊剂層下自动电弧焊的电能利用效率可达 $0.9 \sim 0.95$ ，而在手工电弧焊中最高电能利用效率也只有 0.7 左右，所以，我們若以焊接相同的焊缝尺度，在焊接單位焊缝長度上所消耗的电能，焊剂層下自动电弧焊要比手工电弧焊少得多。

(三) 提高焊缝金屬的質量 在自动电弧焊的焊接过程中，高温的焊条端头是受有焊渣和焊剂的保护，所以它与空气是不相接触，空气中的氧氮难以侵入熔液状态下的焊接金屬中去。

同时由于焊絲与焊剂的熔化，它們便分解出一部分气体向外膨胀，于是在空气中的氧氮更無法侵入熔池中去。所以在焊剂層下焊接成的焊缝金屬，其中所含的氧氮量，要比手工电弧焊少得多（表 1-1）。因此焊缝金屬的塑性也就提高。

(表 1-1) 用各种不同焊接方法焊接后在焊缝金屬中的氧氮含量比較

焊 接 方 法	氮	氧
用光焊条手工电弧焊	0.15	0.2~0.3
用厚塗藥焊条手工电弧焊	0.023~0.026	0.078~0.097
焊剂層下自动电弧焊	0.001~0.005	0.012~0.047

在这些已凝固的焊缝金属，由于受有焊渣和焊剂的复盖，焊缝金属的冷却速度也就降缓，这样也就可减少焊件在热影响区内的淬火组织，因此焊接结构的机械性能也就提高了。

同时，由于高速度的焊接过程，焊接构件的热影响区的范围便小于手工电弧焊。均匀的焊接速度使焊缝表面光洁美观。

(四) 节省金属 自动电弧焊接中所用的焊丝是整根成卷状的裸焊丝，在使用时被安装在焊丝盘中，所以它就不同于手工电弧焊接中所用的短节焊条。因此，它就弥补了在手工电弧焊接中，每次进行一根焊条焊接后，便剩下一个焊条头被抛去的缺点。

同时，在手工电弧焊接中的金属蒸发和飞溅损失是很大的。通常这种损失可达一根焊条的 20%~30%，但在焊剂层下自动焊接时，这种损失最大的不会超过 1%~2%。另外，在焊接金属上，焊件厚度在 14 公厘以下的可不用开槽，如焊件厚度超过 14 公厘时只需开一个很小的槽，从这一点上就可节省不少焊接金属的损耗(图1-6)。

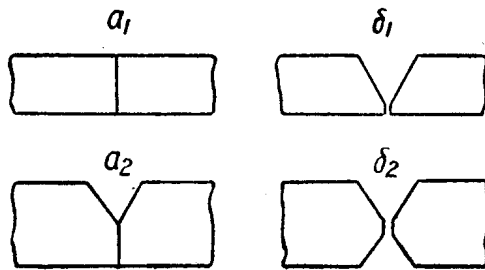


图1-6 采用两种不同的焊接方法，完成相同的
焊透深度所需焊件之坡口型式的比较

a_1 ; a_2 —采用自动焊的焊件坡口型式

δ_1 ; δ_2 —采用手工焊的焊件坡口型式

(五) 自动电弧焊的焊接规范和焊缝尺度的控制容易 所谓焊接规范，即指焊接所采用的电流强度、电弧电压、焊接速度等等。焊缝尺度的控制，这就是我们对焊缝宽度 B ，焊缝的增强量 h_B

和焊件的熔透深度 h_n 的控制(圖 1-7)。在手工焊接中对于这些尺度的控制,是完全依靠焊工的經驗來决定的,所以这对一般初学的焊工來說,对于这些尺度的控制,是比較困难的、但在自动焊接中对于这些尺度的控制就很容易,我們只需在焊机的控制盤上調節相应的仪表,就能調節其焊縫的尺度,如改变焊接电流、电弧电压、焊接速度等調整器,以改变其焊接规范而达到改变焊縫尺度的目的(焊接规范对焊縫尺度的影响,詳述于 7.1~7.6)

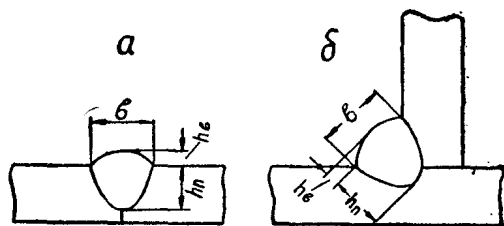


圖 1-7 焊縫尺度

a—对接焊件的焊縫尺度 6—填角焊件的焊縫尺度

(六) 利用适当的設備可焊接特殊的焊縫 为了更加提高自动焊接的生產效率,和適合特殊焊件進行特殊焊縫的焊接,人們就对这些焊件的焊接,設置了特殊的設備,焊接生產效率就更加提高了若干倍。如焊接环形焊縫、T形焊接梁等等。

(七) 焊工的劳动强度降低 由于这些原是人工操作的焊接过程,在自动焊接中完全采用了灵敏的电器設備來控制,在進行每一条焊縫的焊接前后,只需調節和起动的各个仪表和按鈕。因此焊工的劳动强度是比較降低了。

(八) 焊工的眼睛不受弧光刺激 在焊剂層下進行埋弧焊接时,电弧是被复盖在焊剂層下的,因此帶有强烈紫外綫和紅外綫成份的弧光是不能發射出來的,所以当自动焊工進行工作时可不戴面罩。

(九) 对焊工的技术要求低 焊接过程的自动化,便降低了