

不锈钢的氩弧焊

內 容 簡 介

本書介紹了不銹鋼氬弧焊的特點及其應用範圍，手工氬弧焊及自動氬弧焊的焊接設備、工藝及生產中的應用舉例，並且分析了缺陷產生的原因及防止方法。

本書可供從事不銹鋼焊接的工人、技術人員閱讀，亦可供教學單位參考之用。

不 銹 鋼 氬 弧 焊

李繼成、李樹棠編

王鴻達校

*

國防工業出版社出版

（北京）（地址：北京）（電話：）

國防工業出版社印刷廠印裝 內部發行

*

850×1168 $1/32$ 印張11.4 29千字

1965年9月第一版 1965年9月第一次印刷 印數：0,001—1,500冊

統一書號：N15034·1052 定價：（科六）0.22元

出版者的話

最近，在几个有关部門的主持与配合下，举办了一个焊接技术經驗交流会。在会上，各有关科研、生产单位及院校提供了不少焊接技术的試驗研究及生产实践的報告。这些報告，有的是最近試驗研究成果，有的是长期以来所积累的生产中的宝贵經驗，也有的是工人同志們的技术革新項目。在交流經驗的基础上，一致认为应对这些技术報告予以总结提高，加以整理后，給有关从事焊接工作的广大工人和技术人員参考。为此，在上級及有关部門大力支持下，整理編写了下面九本小冊子：

1. 微型半自动气割机；
2. 鋤极氬弧点焊；
3. 不銹鋼氬弧焊；
4. 二氧化碳气体保护焊焊接設備和工艺；
5. 3~1毫米薄板自动焊接；
6. 船壳板曲綫焊缝的自动焊接；
7. 不銹鋼的釐接；
8. 真空器件的釐接；
9. 陶瓷金屬封接工艺。

編写工作是采取了集体討論与組織部分同志整理相結合的办法。

由于整理編写時間很短，在內容上不尽完善之处在所难免，敬希讀者指正。

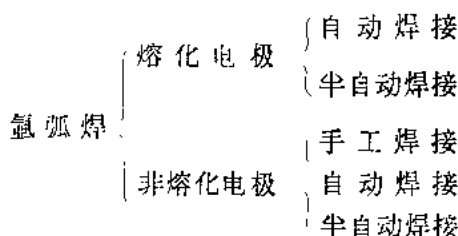
1965年7月

目 录

一、概述	5
二、材料的化学成份和机械性能	6
三、手工氩弧焊	7
(一) 焊接设备	7
1. 供电系统	7
2. 供气系统	9
3. 焊枪	10
(二) 手工氩弧焊接工艺	10
1. 焊前准备工作	10
2. 焊接坡口型式与焊接规范选择	11
3. 钨极的磨削	12
4. 操作技术	13
5. 焊接接头性能指标	16
(三) 应用举例	18
1. 薄板焊接	18
2. 厚板联合焊接	18
3. 钢管的焊接	18
4. 焊缝内表面充氩焊接	19
四、自动氩弧焊	20
(一) 焊接设备	20
1. 改装的自动氩弧焊机简介	20
2. 自动氩弧焊机的改装过程	22
(二) 自动氩弧焊接工艺	29
1. 焊前准备及焊接规范选择	29
2. 自动氩弧焊接技术	30
3. 焊接规范参数对焊缝尺寸的影响	31
4. 焊接接头性能指标	35
五、氩弧焊焊接接头中的缺陷产生原因和防止方法	36
(一) 烧穿	36
(二) 未焊透	37
(三) 气孔	38
(四) 夹钨	39

一、概 述

随着工业的发展，氩弧焊的应用范围日益扩大。氩弧焊的种类也是很多，工业上应用氩弧焊大致可分为以下几种



近年来不銹鋼、銅及其合金薄板的焊接多采用直流电源，而铝及其合金的焊接多采用交流电源。由于氩弧焊比其它焊接方法有着許多优点，因而它在生产上推广得很快。

不銹鋼零件的焊接，尤其是薄板結構采用其它焊接方法（如电弧焊、气焊）是很难焊出合乎高质量标准的焊缝的。而采用氩弧焊接方法則能满足要求。

經驗証明，用氩弧焊焊接的不銹鋼工件，接头的机械性能和耐腐蝕性特别是抗晶間腐蝕性，均能获得滿意的結果。

与其它焊接方法比較，氩弧焊具有下列特点：

1. 由于采用了氩气保护，隔絕了外界空气中的气体（如氮、氧、氢等）对电弧及熔池的影响；
2. 电弧热量集中，热影响区不大，因而焊件的变形較小；
3. 焊接过程电弧稳定，无飞溅現象；
4. 焊缝表面无熔渣和药皮，不需要清渣，多层焊时无非金属夹杂物；
5. 操作容易掌握，一般有手工电弧焊或气焊經驗的焊工，

只需经过短期培训即可掌握;

6. 焊缝金属机械性能及抗腐蚀性良好; 用埋弧自动焊或手工电弧焊焊接不锈钢时, 由于碳与铬化合生成碳化铬, 焊缝金属有增碳层与脱碳层出现, 从而降低了耐腐蚀性, 而氩弧焊无此现象, 故有良好的抗腐蚀性能。

由于氩弧焊的这些特点, 广泛地应用于薄板 (0.5毫米), 小直径无缝钢管接头 (例如 $\phi 6 \times 1$), 小的精密零件的焊接, 以及单面焊接的焊缝, 要求有均匀焊透的工件的焊接等方面。

二、材料的化学成份和机械性能

近代工业用不锈钢以 18-8 型钢很多, 这些材料及所用焊丝化学成份及机械性能分别列于表 1、表 2 和表 3。这些材料的特

表 1 板材的化学成分

材 料 牌 号	化 学 成 分 %								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
1Cr18Ni9Ti	≤ 0.12	≤ 0.80	≤ 2.0	$17 \sim 19$	$8 \sim 11$		$5 \times (C - 0.02) \sim 0.8$	0.030	0.035
Cr18Ni12Mo2Ti	≤ 0.12	≤ 0.80	≤ 2.0	$16 \sim 19$	$11 \sim 14$	$2 \sim 3$	0.3~0.6	0.030	0.035
Cr18Ni12Mo3Ti	≤ 0.12	≤ 0.80	≤ 2.0	$16 \sim 19$	$11 \sim 14$	$3 \sim 4$	0.3~0.6	0.030	0.035

表 2 板材的机械性能

材 料 牌 号	机 械 性 能				
	材 料 状 态	σ_b 公斤/毫米 ²	σ_s 公斤/毫米 ²	$\delta_{10}\%$	$\psi\%$
1Cr18Ni9Ti	1100~1150°C 水 淬	55	20	40	55
Cr18Ni12Mo2Ti	1100~1150°C 水 淬	55	22	40	55
Cr18Ni12Mo3Ti	1100~1150°C 水 淬	55	22	40	55

点是导热性小，线膨胀系数大，电阻系数大和具有奥氏体组织。

在用加填料(焊丝)的手工氩弧焊或钨极自动氩弧焊时，焊丝的牌号和直径应根据被焊材料的牌号和厚度来选择。焊丝的选择列于表4。

表3 焊丝的化学成分

焊 丝 牌 号	化 学 成 分								%
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Mo	
H01Cr19Ni9	≤0.06	1~2	0.5~1	18~20	8~10	0.018	0.025		
HCr18Ni11Mo	≤0.06	1~2	≤0.60	18~20	10~12	0.018	0.025	2~3	

表4 填充焊丝选择对照表

被 焊 金 属 牌 号	焊 丝 牌 号
1Cr18Ni9Ti	H01Cr19Ni9
Cr18Ni12Mo2Ti Cr18Ni12Mo3Ti	HCr18Ni11Mo

三、手工氩弧焊

(一) 焊 接 设 备

手工氩弧焊的焊接设备系统如图1所示，它是由供电系统，焊枪及供气系统组成的，其原理图如图2所示。

现对每部分的作用及要求介绍如下：

1. 供电系统

(1) 电源：氩弧焊可用交流电也可用直流电，对不锈钢的焊接直流电优于交流电，引弧后能稳定燃烧，熔深较大，因而，一般多选用直流电源，但也可以采用交流电并附加振荡器。

常用的电源是具有下降外特性的直流电弧焊机。使用时，负极(-)接焊枪，正极(+)接工件，即直流正接。如采用直流

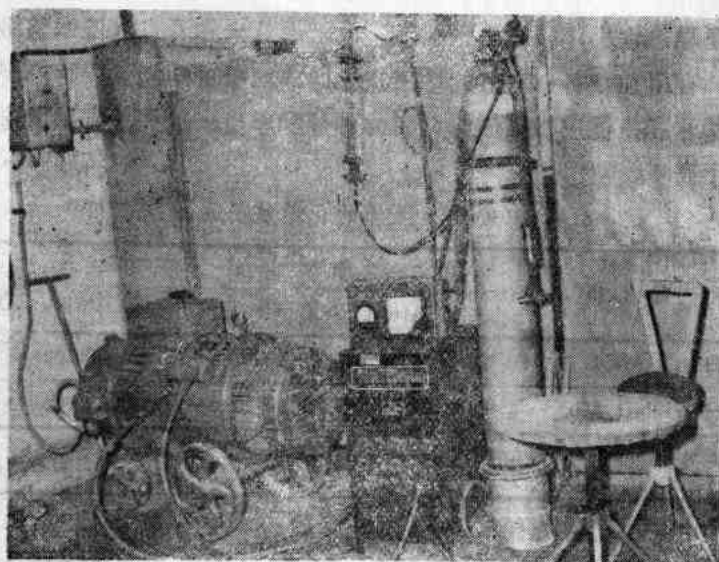


图1 直流手工氩弧焊设备全貌

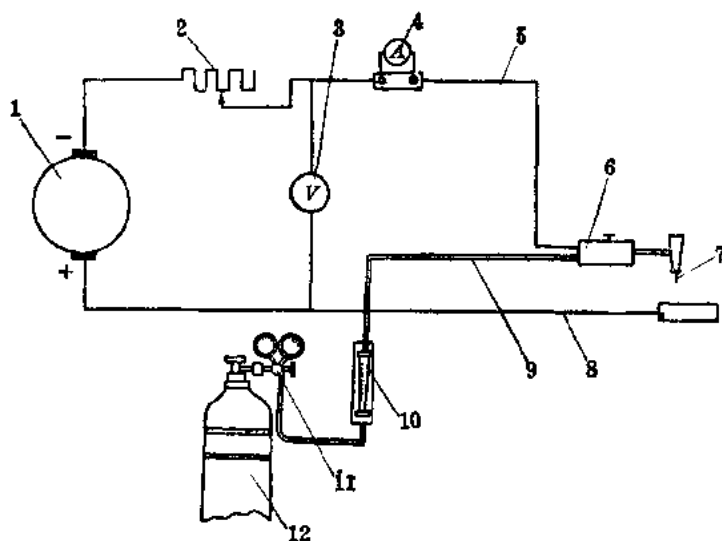


图2 手工氩弧焊原理图

1—直流电源；2—稳定变阻器；3—电压表；4—电流表；5—电缆；6—焊枪；
7—钎极；8—电缆；9—导气管；10—气体流量计；11—减压器；12—氩气瓶。

反接則鎢極本身溫度高，易發紅熔化。

(2) 穩定變阻器：在焊接薄板時須將電流調節至小規範，但一般直流弧焊機的調節範圍達不到所需小電流值，為此在焊接電路中串聯一穩定變阻器，同時，穩定變阻器還起到穩定電弧燃燒作用。一般可用國產 AMR-300 型穩定變阻器。

(3) 鎢極種類及特點：鎢極可分為純鎢及鈦鎢兩種，鎢極在焊接過程中不熔化，純鎢的熔點為 $3380\sim 3600^{\circ}\text{C}$ ，它的沸點為 5900°C ，但因純鎢的電極的逸出功很高，如長時間工作時也會出現電極熔化現象，因此最大允許使用的電流就要受到一定限制，為解決此問題，可使用鈦鎢極。因為鎢極中加入了鈦的氧化物後可降低逸出功，也就減少了電極端面附近產生的熱量，因此，可以相應地提高最大許用電流，同時，使用鈦鎢極要比使用純鎢極容易引弧，引弧電壓也可以降低。生產中所用鈦鎢極一般含二氧化鈦為百分之一。常用電極直徑為 $\phi 2\sim 6$ 毫米。

2. 供氣系統

(1) 氬氣：氬氣是無色無味的气体，比空氣重 25%，在空氣中的含量為 0.935%（按容積計算），氬氣與金屬是不起化學作用的，而且不溶於金屬，所以不會產生氣孔等缺陷。國產工業純氬的純度為 99.9~99.99% 完全可以用於不銹鋼的焊接。

(2) 氬氣瓶：外表面塗灰色，瓶上有兩條綠色標記，以與其他氣體區別。氬氣以 150 表壓充入瓶內，一般氬氣瓶容量為 6 立方米。

(3) 減壓器：減壓器的作用，是將高壓的气体降至工作壓力，同時使整個工作過程維持這個壓力不變，不因瓶內气体壓力的減低或气体流量的增減而發生變化。減壓器可用一般氧氣減壓器（氧氣表）。

(4) 气体流量計：气体流量計是用來測量氬气流量的。因為在焊接時气体流量不足使焊接過程不穩定保護不好產生缺陷，如氣孔、夾鎢和焊縫表面氧化呈現黑灰色等。如果流量太大將

浪費氬氣。常用的為 PC 3 型轉子流量計（或稱浮標式流量計）或医用流量計。

3. 焊槍

焊槍的功用在於導電、夾持鎢極並輸送保護氣體，焊槍形式一般可分為小型和大型兩種，小型的最大電流可達 100 安培，不需水冷卻。在特殊狹窄位置焊接薄板時，也可用“鋼筆式”焊槍，大型的則可達到 400~600 安培，採用水冷卻。

薄板不銹鋼的焊接常用小型焊槍如圖 3 所示。

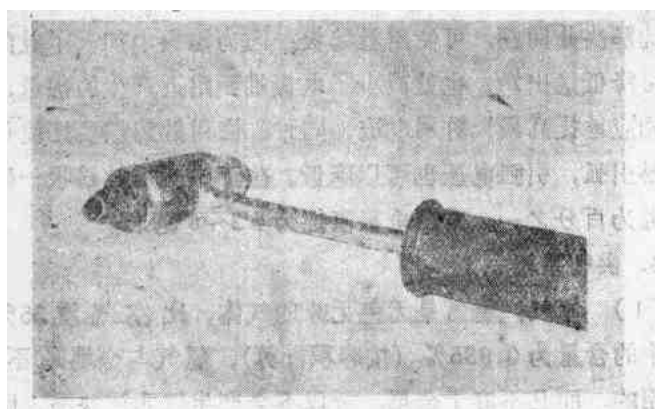


圖 3 小型氬弧焊槍外觀

（二）手工氬弧焊焊接工藝

1. 焊前準備工作

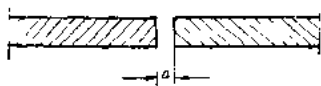
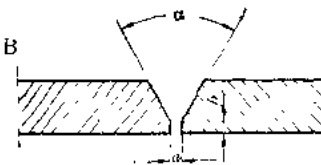
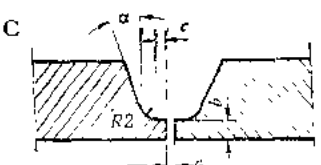
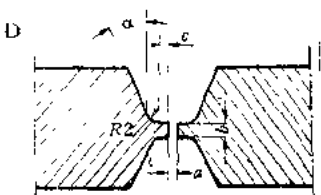
焊縫邊緣在定位焊前，對於坡口、鈍邊和無坡口的直邊，以及焊縫兩旁 20 毫米處，要仔細進行機械清理，用鋼絲刷（輪）去除表面銹物至露出金屬光澤時止，而後用酒精或丙酮徹底清洗油脂。裝配定位焊完的焊縫，要用乾淨的布（棉、絲、塑料等）蓋好，以免灰塵及其它雜質落入焊縫內。

焊接坡口或直邊的加工質量是直接影響焊接質量的因素，為此，在裝配定位焊時，要用銼刀或砂輪修正配合。

氩弧焊工作地最好选择专门房间，应保证无对流空气通过，这样就避免了由外界因素而引起的氩气保护层遭到破坏。

2. 焊接坡口型式与焊接规范选择

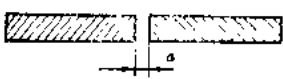
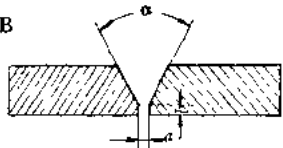
表 5 不锈钢手工氩弧焊常用坡口型式

坡 口 型 式	板 厚 S (毫米)	坡口間 隙 角 度 α (度)	鈍 邊 a (毫米)	直 邊 b (毫米)	备 注	
A 	0.5~2.5	不开坡口	0~0.5	—	加填充焊絲焊接	
B 	3~10	70	0~0.5	0~0.5	应用于联合焊接第一层加填充焊絲	
C 	12~14	20	0~0.5	2~2.5	1.5+0.5	应用于联合焊接第一层不加填充焊絲
D 	16以上	20	0~0.5	2~2.5	1.5+0.5	应用于联合焊接第一层不加填充焊絲

与其它焊接方法一样，工件在焊接前根据厚度确定不开坡口、开单面坡口或开双面坡口。（见表 5）

焊接规范的选择正确与否是直接关系到焊接质量关键之一，因此，手工氩弧焊要特别注意焊接规范。表 6 提出了板厚 4 毫米以下的焊接规范参考数据。

表 6 不銹鋼手工氬弧焊焊接規範

接 头 型 式	板 厚	焊 接 規 范				氬 流 量 (公升/小时)
	(厚度) S (毫米)	鎢板直徑 ϕ (毫米)	焊接電流 (安培)	焊絲直徑 (毫米)	鎢板伸出 長度 K (毫米)	
A 	0.8	$\phi 1$	18~20	1.2	5	380
	1	$\phi 2$	20~25	1.6	5	340
	1.5	$\phi 2$	25~30	1.6	5~8	420
	2	$\phi 3$	35~45	1.6(2)	5~8	450
B 	2.5	$\phi 3$	60~80	1.6(2)	5~8	500
	3	$\phi 3$	70~85	1.6(2)	5~8	500
	4	$\phi 3$	75~90	2	5~8	500

3. 鎢極的磨削

為了保證電弧引燃後穩定燃燒和熱量集中，以便為單面焊透

創造有利條件，在焊接前鎢極要磨削成一定的角度（圓錐形）。生產經驗證明，單純追求焊透，將鎢極磨的很尖，在焊接過程中尖端電流密度過大，鎢極很容易熔化或揮發進入焊縫中形成“夾鎢”，尤其使用純鎢的電極時，此現象尤為顯著。鎢極的磨削形狀見圖 4 所示。可是鎢極又不能不磨削或磨削的過鈍，以免因電弧不穩

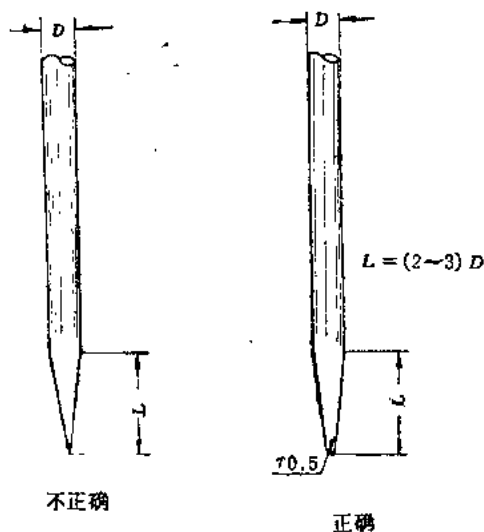


圖 4 鎢極磨削形狀

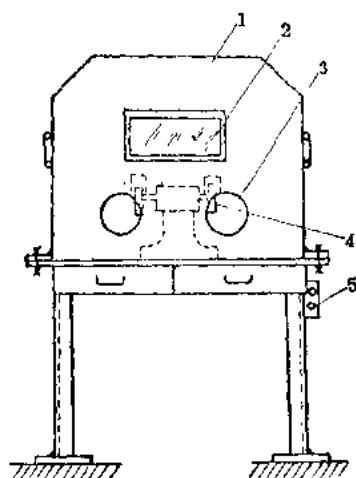


图5 磨削钨极专用砂轮机

1—防护罩；2—盖罩；3—手孔；
4—砂轮机；5—按钮开关。

定，給焊透和成型带来不利的影响。

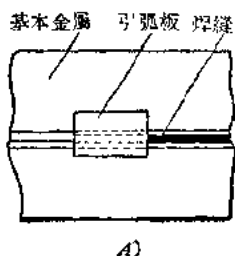
钨极可用一般砂轮机磨削，但应作好劳动保护工作。在磨削时，一定要带手套、口罩等防护用具，以免磨削的粉尘吸入人体内，在磨削“钍钨极”时尤其必要。最好固定一台专用砂轮机专供磨削钨极用，如有可能并制造一个专用的保护罩，其示意图如图5所示。

4. 操作技术

手工氩弧焊从外表来看与气焊操作相似，焊工头戴盔式面罩，一手持焊枪一手持焊丝，拿焊丝

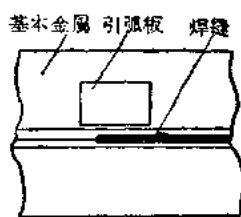
的手要手背朝下。整个焊接过程如下：

(1) 引弧：手工氩弧焊多采用接触式引弧方法，即钨极与被焊件接触。但由于钨极端部较尖电流密度大，触在基本金属上很难避免有很小钨块粘在上面，而造成“夹钨”缺陷。为避免这一缺陷应尽可能利用引弧板引弧（图6）。



A)

压缝式



B)

错开式

图6 引弧板

引弧的方法是使鎢極直接與引弧板（一般為紫銅板）接觸引弧，形成穩定電弧，然後將電弧慢慢移向基本金屬。

在引弧前，應將焊槍氣閥打開吹 3~5 秒後再引弧，以吹出管內的空氣。引弧後應停留一定時間再焊接，以使基本金屬加熱到一定程度，便於熔注金屬和基本金屬很好熔合。

（2）定位焊：焊縫在焊接前要进行定位焊，定位焊的尺度應根據結構的具體條件而定。但焊點分布的距離不要過大，以免因不銹鋼的膨脹系數大而在焊接時產生裂紋，尤其是薄板更應注意這點。一般定位焊，應盡量小而薄些。薄板定位焊的長度一般可為 5~8 毫米，間距為 50 毫米。定位焊時電弧不要突然拉起，也不要直上直下提起，應拉向基本金屬一邊慢慢斷弧，這樣對避免表面產生縮孔是有利的。

（3）焊接：焊接時，電弧長度要保持在 1~2 毫米，為了使氬氣很好地保護熔池，鎢極的中心綫與焊接處工件表面所成之角度不應小於 80 度，此角度越接近 90 度越好，見圖 7。

焊接時填充焊絲端頭不應浸入熔池，更不要將焊絲端頭點入熔池，以免因氬氣流保護受到破壞而使空氣侵入熔池。正確的填

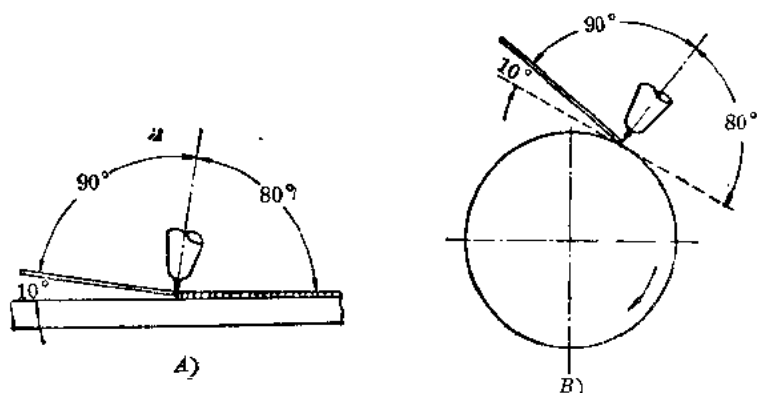


圖 7 焊絲、鎢極、焊件之間的夾角

充方法是位于鎢极的前下方，边熔化，边送进。此时，熔池中熔化了了的填充金属能很好地与熔融金属溶合。同时，对熔化金属表面生成的薄薄一层铬的氧化膜 (Cr_2O_3)，要用电弧将其吹开，否则，焊缝呈暗灰色，且不能保证焊透。

在正常工作情况下，电弧使熔池形成椭圆形。熔池稳定、光亮、熔池前端沿坡口焊缝所熔化了了的金属活跃，是焊透的三个主要因素。

当熔池表面有氧化膜时，熔池前端金属不活跃，这是焊接速度过快所致，此时，应将焊枪稍向后移动，从新加热吹开氧化膜，以使其熔池金属前端活跃。有时熔池有向坡口两旁偏移的现象，致使焊透不能保证，这可能是由于电弧过长所致。此时，应当用短弧，但又可能出现熔池过凹的现象，致使工件有烧穿的危险。

焊接结束时，不要立即拉断电弧，应慢慢提起，以免熔化金属被氧化。断弧后不要立即关闭氩气，待鎢极冷却后再关闭，以延长鎢极使用寿命。

当焊缝采用联合焊接法时，第一层氩弧焊的焊缝厚度一般不超过 2~3 毫米，焊接第一层时焊枪不作横向水平摆动。对于大厚度的板（管）最好在焊完第一层要进行透视检查，发现缺陷（如气孔、未焊透等）时，及时用机械方法铲掉重焊。

焊接时鎢极从喷嘴伸出的长度 (K) 也是值得注意的问题（见图 8）。

K 值大，喷嘴距工件远，空气容易沿工件表面侵入熔池，同时氩气保护层也容易受到空气流动的影响而发生摆动。

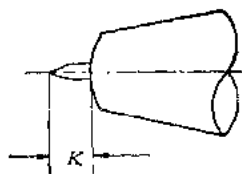


图 8 鎢极伸出长度图

K 值小，工人操作不方便，不利于观察焊缝成形及送丝情况。一般 K 值采用 5~8 毫米较为适宜。喷嘴口的直径一般为 5~14 毫米。

氩气流的保护除与焊速、喷嘴口

直徑、鎢極伸出長度 (K) 有关外, 还与結構形状有关, 如对接焊缝及填角焊缝, 保护气体能反射回来, 保护情况就比较良好; 而对角焊接縫, 空气就容易沿工件表面从保护气流下面侵入焊接熔池。见图 9。

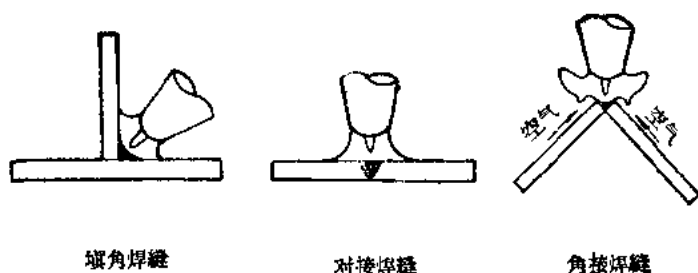


图 9 几种焊件状态氩气流的保护

为了改善这种接头保护条件, 使用W形保护挡板(图 10) 是很有成效的。

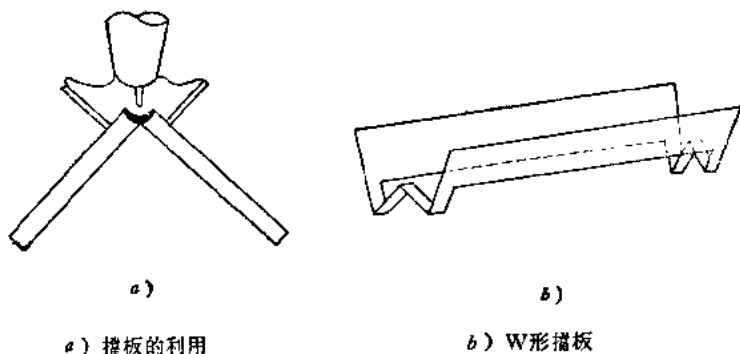


图10 W形挡板及其利用情况

5. 焊接接头性能指标

(1) 焊缝的外观检查和X光透视

手工氩弧焊如规范参数选择适当, 焊接速度掌握均匀能焊出无任何缺陷的焊缝, 焊缝外观良好, 焊透均匀。见图 11、图 12。



图11 手工氩弧焊焊缝外观

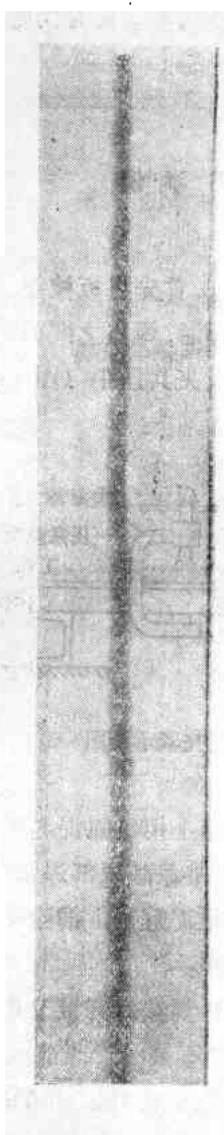


图12 手工氩弧焊焊缝X光透視照片($s=0.8$ 毫米)

表7 手工氩弧焊常湿机械性能与晶間腐蝕試驗結果

材 质	牌 号	厚 度 (毫米)	焊 缝 牌 号	填 充 方 式	焊接接头的机械性能		晶間腐蝕 按TOCT 6032-58 AM法
					抗拉强度 公斤/毫米 ²	弯曲角度	
不 锈 钢	1Cr18Ni9Ti	2	H04Cr19Ni9	不开坡口单面单层焊	60.5	180	无
不 锈 钢	1Cr18Ni9Ti	3	H04Cr19Ni9	开坡口单面双层焊	62	180	无