



焊工革新者丛书

阿勃拉莫維契著

气 焊

机械工业出版社

苏联 В. Р. Абрамович 編著 'Газовая сварка' (Ленинград
1954 年第一版)

* * *

編著者: 阿勃拉莫維契 譯者: 孙 輝

NO. 1815

1958 年 11 月第一版 1958 年 11 月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字数 20 千字 印張 $15/16$ 0,001— 8,300 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

北京市書刊出版业营业
許可証出字第 008 号

統一書号 T15033·1425

定 价 (9) 0.12 元

出版者的話

这套丛书是苏联列宁格勒科学技术推广所和全苏焊接技术工程学会列宁格勒分会編輯出版的。这套丛书系統地叙述焊接的各种方法、工艺规范和苏联在焊接方面的新成就，可以帮助我国熟練焊工和焊接人員进一步提高技术水平，所以我們决定把这套丛书翻譯出版。

本丛书一共有18本。它們是“苏联焊接發展史和近代焊接法”、“焊接时發生的过程”、“低碳鋼的手工电弧焊接”、“手工电弧焊的高生产率方法”、“半自动焊接”、“自动电弧焊接和电渣焊接”、“接触焊接”、“气焊”、“气割”、“金屬的钎焊”、“合金鋼的焊接”、“有色金屬及其合金的焊接”、“鑄鉄焊接”、“金屬結構的装配和焊接順序及防止弯曲的方法”、“焊接質量檢查”、“焊接生产中的技术定額和劳动組織”、“焊接生产中的劳动保护和安全技术”、“参考文献目录”。其中最后一册“参考文献目录”因跟工人同志的关系不大，所以不翻譯出版。

本書是丛书的第八册。

目 录

緒 論	3
1. 气焊过程的方法和实质	4
2. 焊接火焰	4
3. 熔化气焊法	10
4. 低碳鋼的焊接工艺	12
5. 焊接接头的缺陷	18
6. 鑄鉄的焊接工艺	20
7. 加压气焊法	23
8. 表面淬火	29

緒 論

在焊接方法中早已为大家所熟知的和应用最广泛的就是气焊法。

在电弧焊接發明以前，气焊是形成不可拆接头的主要方法之一。自从發明了电弧焊接，尤其是發明了厚藥焊条以后，气焊在許多情况下被电焊代替了，但是气焊的应用范围还是相当广泛的。它用于：

- 1) 焊接鋼料，主要是厚度小（1.5 公厘以下）的鋼料；
- 2) 焊接鑄鐵；
- 3) 焊接由有色金屬及其合金所制成的工件，特别是厚度在 2.5 公厘以下的工件；
- 4) 在修理工作中进行焊接；
- 5) 对管子、軌道等工件进行加压气焊。

此外，气体火焰还可以用来进行：

- 1) 表面淬火；
- 2) 清除金屬結構上的鉄銹和矯直金屬結構；
- 3) 硬焊料的钎焊（这个过程和焊接相近似）；
- 4) 非金屬的焊接等。

要着重地指出，气焊可以很成功地进行自动化。例如，大家知道，焊接薄壁管子縱向焊縫的自动气焊机，在利用它焊接时，工作速度可以达到 3.6 公里/小时，还有用火焰堆焊器材的致密性表面的自动机等等。

1. 气焊过程的方法和实质

所有的气焊方法根据它们的特征可以分成三类：

1. 熔化焊接；
2. 加压焊接；
3. 熔化的加压焊接。

第一种气焊方法是在工业上应用得最广的一种，它是用燃料在氧气中燃烧的过程中所产生的热量来使金属熔化为基础的；这时，或者是基本金属和填充材料熔化（最常遇到的一种），或者是基本金属熔化（卷边焊接时），或者只有填充材料熔化（钎焊时）。

熔化焊接可以用氧炔焰（最常应用的），氢氧焰（主要是在焊接易熔金属和玻璃时应用）和其他燃料同氧气的混合焰来进行。

有时可以应用几种燃料和氧气的混合焰，例如在焊接铅、锌、铝时可以应用灯用煤气（60%）和乙炔（40%）的混合焰。焊接易熔金属时也可以应用其他气体：炼焦煤气、甲烷、丙烷-丁烷混合气等。

不熔化的加压气焊（第二种方法）是将焊件的焊接接头部分加热到所谓“焊接赤热温度”（达到塑性状态），随后将它们压紧，这样就使零件焊接起来了。加压焊接时不需要填充材料。

熔化的加压气焊（第三种方法）和上面一种方法不同的地方，在于焊件的边缘被加热到熔化状态，随后压紧时，熔化的金属就被挤压到表面上，而被加热到塑性状态的金属层就被焊接起来。

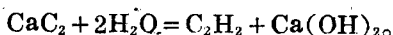
2. 焊接火焰

通常采用乙炔来作为构成焊接火焰的燃料，比起其他燃料，

它有許多优点。就是：火焰溫度最高，發热量最大等。

火焰的性質是由形成它的气体——乙炔 (C_2H_2) 和 氧 (O_2) 的性質所决定的。乙炔和氧的某些性質很重要，焊工們必須知道。乙炔通常是从电石制得的，而电石是用生石灰和焦炭在电弧爐中熔煉而成的。在特制的發生器里用水分解电石 (CaC_2)，結果就得到乙炔。

分解反应是这样进行的：



工业用乙炔（苏联国家标准 5457-50）是无色的可燃气体，具有强烈的令人难受的臭味，这是由于乙炔中有硫化氫和氨等杂質的原故。

在乙炔和空气的混合物中，如含有 2.8~65% 的乙炔时，則在大气压力下受热后就会爆炸。擦燃的火柴、火花等都能引起爆炸。

在純氧和乙炔的混合物中，如果含有 2.8~93% 的乙炔，那末爆炸的危險性更大。

当压力升高到超过 2 公斤/公分²时，或溫度超过 300°C 时，在沒有氧气或空气的情况下，乙炔就开始分解。假使升高溫度或压力的因素不去掉的話，那么乙炔就会完全分解成为它的組成部分——碳和氫。

乙炔在和銅、銀長时期的作用下会生成叫做乙炔金屬化合物，它在受热时会爆炸。

考虑到这种情况，装置在乙炔發生器上的机件中不應該有含銅量超过 65% 的零件和部件。

乙炔能溶解在各种液体中，也能溶于水中，而特別易溶于丙酮。

在將乙炔灌裝到鋼瓶中去就利用了丙酮能够很好地溶解乙炔

的性質。

氧氣通常是用特种装备从空气中取得的。

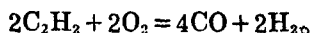
氧氣 (ГОСТ 5583-50) 是无色、无臭、无味的气体，它能很好地維持燃燒过程，几乎能使所有的金屬氧化，特别是在它們被加热时。当氧氣和油脂直接作用时，油脂就燃燒起来，这种性質就可能成为氧氣瓶和制取氧氣的設備爆炸的原因。

乙炔在氧氣中燃燒而形成的焊接火焰 (圖 1, 甲)，由三个区組成。

用正常焰时，从焊槍中噴出的混合气体里乙炔和氧氣的量差不多相等 (1 体积的乙炔对 1 到 1.2 体积的氧氣，1 体积的乙炔完全燃燒总共需要 2.5 体积的氧氣)。这种乙炔和氧氣的混合气体从焊槍噴嘴里噴出来之后并不是立刻燃燒的。在第一層里 (圖 1, 甲) 乙炔在周圍火焰的热量的影响下分解成为它的組成部分——碳和氫；在同一層里还有从焊槍噴嘴里噴出来的氧氣。

碳在第一層和第二層的边界上在火焰的高溫影响下燒成白熾，因此火焰的第一層的顏色是白的。这样，在叫做焰心和呈白色發光而帶圓形頂端的柱状的第一層內，有氧氣和乙炔的分解物，而在它的周圍是燒成白熾的固体碳微粒的外壳。在火焰的第一層中沒有燃燒过程。在受到周圍热量的影响下第一層的温度达到 $1000 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ ，而它的外壳的温度达 1500°C 。

在用来进行焊接的第二層中开始發生燃燒过程；这时可認為只有碳燃燒生成 CO；因此這一層里具有由 CO 和 H_2 組成的混合物。燃燒反应是这样进行的：



水煤氣

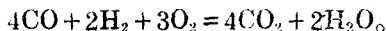
事实上在第二層里也有一部分氫氣燃燒而生成水蒸气，一般

为了便于計算就把它略去不計。

碳在第二層里的燃燒是依靠由焊槍供給的氧氣而進行的，這些氧氣在這裡全部被利用掉了。第二層圍繞着第一層，看起來象個陰暗的外殼。

在第二層里離開白色焰心 2 ~ 3 公厘地方的溫度達到 3100 ~ 3200°C。

在第三層（火苗）里 CO 繼續燃燒而生成 CO₂（二氧化碳），氫氣燃燒而生成水蒸汽（H₂O），同時，這層的燃燒過程是借空氣中的氧氣來實現的。每 1 个体積的乙炔要從空氣中得到 1.3 个体積的氧氣。一氧化碳和氫氣在第三層里的燃燒是這樣進行的：



對於大部分的金屬來說，是應用正常焰來焊接的，這是因為它的第二層具有還原性，而焊接是用這一層來進行的；存在於第二層里的 CO 和 H₂ 在焊接過程中具有能從金屬的氧化物中奪去氧氣，並把它還原成純金屬的能力，這也就是改善了焊縫質量。這種火焰的第一層具有氧化性質，而第一層的外殼具有碳化性質。第三層具有氧化性質，可作為氣幕來防止周圍空氣和液體金屬發生作用。

當從焊槍里噴出來的氧氣量較額定的增加或減少時，火焰的性質、形狀和顏色都要發生變化。

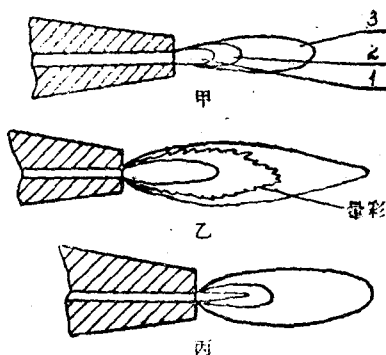


圖 1 焊接火焰：

甲—氧炔火焰；乙—氧氣過剩的火焰；
丙—乙炔過剩的火焰。

假使加大焊槍中氧氣的噴射量（每1个体積的乙炔用1.2以上體積的氧氣）進行焊接時，那麼火焰的第一層仍舊具有氧化和碳化性質，第二層則變為氧化性質。這種火焰稱做“氧化焰”，它的第一層發白、短些，並成為紫藍色的尖削的錐形（圖1，乙）；火苗縮短了，並呈淺藍色，這種火焰燃燒時帶有噪音。

焊接黃銅時應用氧化焰（有25~30%的過剩氧氣）。

假使從焊槍供給火焰的氧氣量減少了（每1个体積的乙炔小於1个体積的氧氣），那麼焰心還保持它自己的性質，而第二層變成碳化性質的，這是因為其中有燃燒時來不及變成CO的過剩碳。

在氧氣缺少很多時，第三層也變成碳化性質的了。

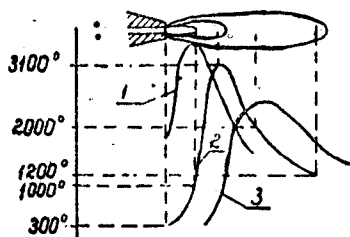


圖2 火焰軸線方向溫度變化曲線：

1—氧化焰；2—正常焰；3—乙炔焰。

碳化焰的特徵是焰心長，在焰心周圍多少有些由過剩的碳所形成的暈彩（圖1，丙）。在氧氣缺少很多時火焰伸長了，並完全變成白色和發煙的。

當氧氣稍缺時，焰心周圍的暈彩閃爍不定，一忽兒和焰心合而為一，一忽兒又重新出現了。

在焊接灰口鑄鐵，堆焊高速鋼和硬質合金時，可利用稱做“碳化焰”或“乙炔焰”的火焰。

火焰的性質不僅可以根據它本身的形狀來決定，也可以根據熔池（液體金屬）的性質，根據焊縫形狀來決定。

用正常焰焊接時，熔池是平靜的，它產生少量的明亮的火星，而焊縫金屬在冷卻後是潔淨而平滑的。

用乙炔焰焊接時，熔池也是平靜的，火星也很少，但它們是

晦暗的，熔池金屬是粘稠的，焊縫是脆的。

火焰里氧气过剩时，会使液体金屬熔池沸騰。还会出現許多明亮的火花。焊縫金屬不緊密。

大量过剩的氧气会使焊縫金屬燒傷。

上面已經講过，氧炔焰中各層具有不同的溫度。溫度的变化和各層火焰中所進行的化學反應有關係。

在圖表上（圖2）表示了沿火焰長度方向的溫度变化和氣體混合物成分的關係。

從圖表上可以看出，含有过剩氧氣的火焰的溫度最高，因此在這種情況下勞動生產率也可能最大，但是由於這種火焰的氧化性質，使它的应用受到了限制。

焊接火焰的性質對於焊接接頭機械的性質的影響特別大。

經研究証明，鋼料的焊接接頭是在用正常火焰焊接時，它的機械性質最好。

在用正常焰焊接低碳鋼時，焊接接頭的強度是基本金屬的90~93%，而延伸率和沖擊韌性是基本金屬的47~50%。应用敲擊焊縫金屬和隨後退火的辦法可以使強度再提高2~3%，而延伸率可以再提高15~20%。

焊接火焰不僅能熔化焊口和填充焊絲，而且和液体金屬熔池發生化學作用；火焰的巨大熱量的影響，会使焊接熱影響區里的基本金屬發生組織變化，也會引起殘余內應力或使工件變形。應該指出，氣焊時所產生的變形程度和熱影響區的尺寸遠比電弧焊接時的大。這時，過熱區的尺寸比電弧焊接時所產生的過熱區的尺寸大10~12倍。上述的情況是由於火焰加熱區域太大和長時期作用在焊件上的結果，這是氣焊的一個重要缺點。

3. 熔化气焊法

在焊接厚度小于 4~5 公厘的鋼料时，应用最广泛的是“左向”焊法。

“左向”焊法（圖 3）是这样的：焊槍火焰朝前指向还没有焊接的焊口，已完成的焊缝留在后面，而焊条位于焊槍的前面，它的末端浸沒在液体金屬的熔池里。焊槍和焊条沿着焊口从右往左移动，并橫貫焊缝作摆动运动。这时必須使焊槍火焰位于右面焊口而焊条位于左面焊口附近，然后反过来，这样能够使焊接熔池被充分搅动，并得到良好的成形。

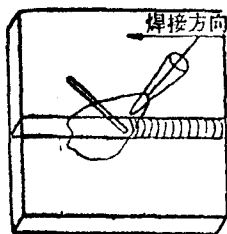


圖 3 “左向”焊法。

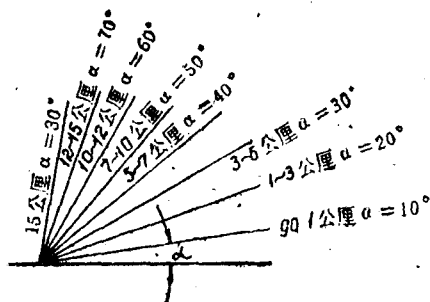


圖 4 和被焊零件厚度有关的焊槍傾斜角度的变化。

在焊接过程中，焊槍的傾斜角度从开始焊接时的 90° 改变到正常的数值（圖 4），这个数值和金屬的厚度有关系。

焊条对于焊件的傾斜角度通常为 $40^\circ \sim 45^\circ$ 。焊槍的功率是根据每 1 公厘厚度的零件每小时消耗 100 公升乙炔的計算来选择的，而在对接焊接时，焊口角是 $70^\circ \sim 90^\circ$ 。

在焊接厚度大于 4~5 公厘的鋼料时“右向”焊法是更加經濟和生产率更高的方法。这个方法的实質是这样的：焊槍火焰指向

已經完成的焊縫部分上（圖5）。焊條位于已經完成的焊縫和焊槍之間。焊槍和焊條沿着焊口从左向右移动。焊槍的傾斜角度應該比“左向”焊法時大 $10\sim 20^\circ$ 。焊槍的功率是根據每1公厘厚度的零件每小時消耗150公升乙炔的計算來選擇的，焊口角是 $60\sim 70^\circ$ 。和“左向”焊法相比較，它

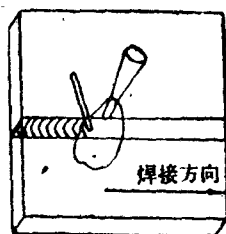


圖5 “右向”焊法簡圖。

的焊口角減小了，這是因為較集中地加熱可以保證在焊口角減小時仍能焊透。由於焊口角比較小，所以焊槍就不需要作橫貫焊縫的擺動運動。

克列巴諾夫（Н. Н. Клебанов）所進行的比較性研究證明“右向”焊法比“左向”焊法優越，因為“右向”焊法比較經濟，得到的焊接接頭的質量也較好。

“右向”焊法時，焊接速度提高了 $20\sim 25\%$ ，這是由於焊口角減小，焊着金屬量也減少以及火焰比較強烈和集中的原故。

乙炔和氧氣的消耗量也相應地減少了 $15\sim 25\%$ ，而填充焊絲的消耗量減少了 $20\sim 25\%$ 。

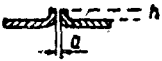
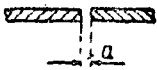
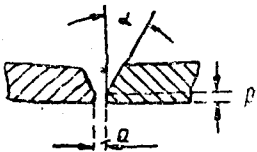
由於焊槍火焰指向已完成的焊縫而使焊縫金屬退火，由於液體金屬被很好地保護而不受到空氣中的氧氣的影響和由於緩慢地冷卻而使液體熔池中的氣體來得及跑出來，使得焊接接頭的質量得到改善。此外，“右向”焊法時工件的變形和熱影響區的數值減小了。

“右向”焊法可以很有成效地應用來焊接低碳鋼管和不銹鋼管，也可以用來焊接銅料。

4. 低碳鋼的焊接工艺

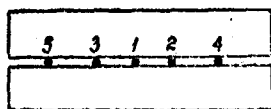
把要进行焊接的零件經過清潔、加工和驗收各道工序后送到焊接装配工段去。根据被焊零件的厚度，按照表 1 的要求将要气焊的焊口进行加工。

表 1

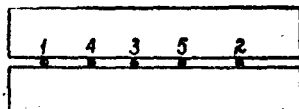
δ 公厘	焊口加工的类型	主要尺寸
0.5~2		a —1~3公厘 a —不大于0.5公厘
2~4		a —1~2公厘
4~12		p —1~3公厘 a —2~3公厘 “左向”焊法时 $\alpha=40^\circ$ “右向”焊法时 $\alpha=30^\circ$

丁字形接头和角接接头的气焊通常是在金屬厚度不超过4~5公厘时进行的。

焊接前，将零件按照表 1 所示的要求装配起来，为了防止变



簡圖 1



簡圖 2

圖 6 定位焊的布置。

形先进行定位焊。定位焊的高度、长度和数量根据工件和接头的构造以及焊口的厚度来选擇，定位焊是长度为 20~50 公厘和高度不超过 0.7 板料厚度的焊缝；金属愈厚则定位焊点也就相应地加长。最好按照圖 6 中簡圖 1 和 2 上所示的順序，来进行定位焊。

只有技术熟练的焊工能够焊接焊口沒有定位焊点的对接焊缝，这时，零件是“剪刀状”安置的（圖 7）。

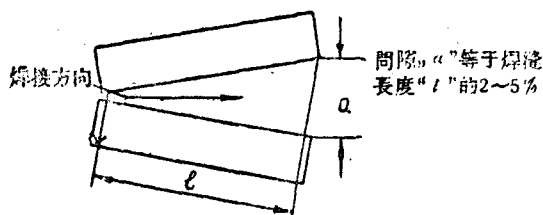


圖 7 “剪刀状”安置的板料。

这种方法适用于焊接容器的对接焊缝，特别适用于应用敲击的情况下。

用作为填充金属的 ГОСТ 2246-51 I、IA 和 IΓA 牌号的鋼焊絲具有如下的化学成分（表 2）。

表 2

焊絲牌号	化 学 成 分 %				
	C 不 大 于	Mn	Si 不 大 于	P 不 大 于	S ^① 不 大 于
CB I	0.1	0.35~0.60	0.03	0.04	0.04
CB IA	0.1	0.35~0.60	0.03	0.03	0.03
CB IΓA	0.1	0.80~1.1	0.03	0.03	0.03

① 原書漏印，今补上。——譯者

焊絲的表面应当是清潔的，沒有銹、氧化皮、油漆等。

焊絲在熔化時不應該產生大量的飛濺和使熔池金屬沸騰，而在焊縫冷卻後不應該是多孔的。

焊絲中的錳和矽是很好的還原劑，它們和氧結合而使碳不致被氧化，並形成易熔的複合熔渣 $MnO \cdot SiO_2$ 而浮在熔池表面上，而且很容易去掉。這時，如增加 Mn 的含量，則就會增加焊縫金屬的極限強度和硬度。硫和磷是有害的雜質，當它們的含量增高時，會使焊縫具有赤脆性和冷脆性。

不允許用沒有淨化過的乙炔（從發生器里出來後沒有經過化學清洗的乙炔）來焊接重要的工件，因為在這種乙炔里含有硫化氫和磷化氫，它們會使焊縫的機械性質顯著地變壞。

焊絲直徑 d 是根據工件的厚度來選擇的，選擇時採用這種方法：左向焊接時 $d = \frac{\delta}{2} + 1$ 公厘；右向焊接時 $d = \frac{\delta}{2}$ 公厘，式中 δ —— 被焊金屬的厚度，公厘。

焊接低碳鋼的技術首先是和焊縫的空間位置有關係。

焊接平焊縫的技術是這樣的：將被焊工件安置成使焊接朝上進行。朝上的角度在左向焊法時等於 $10 \sim 15^\circ$ （圖 8），這樣並不會使焊接過程困難，但能防止液體金屬朝前流到還沒有熔化的基本金屬焊口上去。

焊槍點火時，開始先稍微打開一些氧氣開關，然後打開乙炔開關，並迅速地點燃火焰和調節它。一直調節到微白色的火焰層消失在火焰的白色焰心里，也就是調節到真正的中性（正常）火焰。

然後將焊槍在一部分地區上進行橫向擺動，將焊口加熱到熔化。在焊口熔化之前，為了預熱焊條的末端，將它放到火焰層里

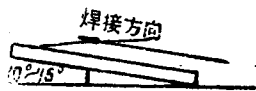


圖 8 在用“左向”焊法焊接平焊縫時零件的位置。

去。当焊口熔化后，就开始熔敷焊缝。

焊接时，要注意焊口和焊条均匀地熔化，而焊条末端应该位于液体金属熔池里。当工作中断时，火焰要慢慢地离开焊接熔池，而在继续焊接时，应该在前一段焊缝末端5~7公厘处开始熔敷焊缝，这样做是为了将先前形成的氧化物变成膜状熔渣而浮在熔池的表面上。应该注意到焊枪的喷嘴在焊接时被加热得很厉害，尤其是在焊接丁字形接头和角接接头的内部焊缝时特别显著。

喷嘴过热了会破坏焊枪中的混合气体的成分，会使火焰中出现过多的氧气。当混合气体中乙炔特别少时，会产生咻咻声或发生回火。

为了避免发生类似的现象，有时要把尖管放在冷水中冷却，这时在已熄火的焊枪上将氧气开关稍微开启一点以防止水流入焊枪里去。

在停止工作时，先将焊枪的乙炔开关关上，然后关上氧气开关；如果违反了这条规则也会引起咻咻声，因为乙炔本身的喷速会变得比它的燃烧速度小，这样乙炔就会烧到尖管内部去。

就象上面所讲的那样，当过热时会发生回火，而当焊枪阻塞时或由于其他某种原因也会发生回火，回火时燃烧着的气体经过混合物尖管（喷射器周围）流入焊枪的乙炔通道，然后进入橡皮管而往乙炔发生器（或乙炔瓶），这样在较好的情况下将会使橡皮管烧坏，而在最坏的情况下，如果乙炔发生器的回火防止器里的水很少，则会使乙炔发生器爆炸。

半垂直的焊缝适宜于小段地自下而上进行焊接。焊枪和焊件成45°角，而焊条和焊枪成90°角（图9，甲）。

小段地焊接和火焰的机械压力防止了液体金属往下流坠。

垂直焊缝最好用“双焊道法”来焊接，这时焊接从焊接接