



焊工革新者丛书

栽母金著

低 碳 钢 的手工电弧焊接

机 械 工 业 出 版 社

苏联 В. Н. Землин 著 ‘Ручная электродуговая
сварка малоуглеродистой стали (Рыбуск 3)’
[ЛДНТД и ЛОНИТОС (1954 年第一版)]

※ ※ ※

著者: 转母金 译者: 梁桂芳

NO. 1759

1958 年 9 月第一版 1958 年 9 月第一版第一次印刷
787×1092 1/32 字数 19 千字 印张 14/16 0,001—5,500 册
机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业
许可证出字第 008 号

统一书号 T15033·1161
定 价 (9) 0.11 元

出版者的話

这套丛书是苏联列宁格勒技术推广所和全苏焊接科学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，可以帮助我国熟练焊工和焊接工作人员进一步提高技术水平，所以我们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」、 「高速手工电弧焊接法」、 「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，所以不打算翻譯出版。

本書是丛书的第3册。

目 次

1 低碳鋼和它的焊接性質.....	3
2 焊接电弧和用于焊接的設備.....	6
3 用于焊接低碳鋼的焊条	11
4 焊接規範的选擇	15
5 焊工革新者的工作方法	22
6 用耐磨合金堆焊低碳鋼零件表面	25
7 低碳鋼跟合金鋼和鑄鐵的焊接	27

1 低碳鋼和它的焊接性質

在工業中已經广泛地采用了低碳鋼。通常含碳量不超过0.25%，含錳量不大于0.9%和含硅量不大于0.4%的鋼料都屬於低碳鋼。

各种标号的低碳鋼的化学成分和机械性質列在表1中。

在大多数的工業部門中都使用一般用途的鋼料（首先是3号鋼）。它是制造建筑結構、各种机器、机床以及其他制品的主要材料。在鍋爐制造、汽車制造和其他对鋼料有严格要求的机械制造部門里要采用優質的低碳鋼。

对于重要的焊接結構只能采用馬丁鋼。

根据冶煉的方法，鋼料可以是沸騰鋼或者是鎮靜鋼。沸騰鋼和鎮靜鋼的區別就是沸騰鋼中不含硅。根据它的性質，沸騰基本上能滿足重要結構的要求，并且价格便宜，因而应用的範圍很广。

但是对于那些特別重要的，在低溫下受动力荷重作用的制品（例如桥梁結構）只能采用鎮靜鋼。

低碳鋼具有很好的焊接性質，并且焊接低碳沒有任何工艺上的限制。仅仅对于含碳量可能大于0.25%的4号鋼和25号鋼，在个别情况下（如厚度大，在严寒时焊接等）必須預热或采用特別的焊接工艺。

在焊接过程中，接近焊縫的基本金屬部分（近焊縫区域），改变了自己原来状态的結構（圖1），这种結構是由純鉄体晶粒和沿晶粒边界分布的珠光体地段（第一区域）組成的。靠近熔化綫

表1 低碳鋼化学成分和机械性能

鋼料标号	化 学 成 分				机 械 性 能				
	碳	锰	硅	硫 磷		强度極限 (公斤/公厘 ²)	屈服極限 (公斤/公厘 ²)	伸長率 (%)	收縮率 (%)
				硫	磷				
				不大于					
普通用途鋼 (ГОСТ 380-41)									
Ст. 0	0.23以下	—	—	0.060	0.070	32~37	—	18~22	—
Ст. 1	0.07~0.12	0.35~0.50	—	0.055	0.050	32~40	—	28~33	—
Ст. 2	0.09~0.15	0.35~0.50	—	0.055	0.050	34~42	—	26~31	—
Ст. 3	0.14~0.22	0.35~0.60	0.12~0.35	0.055	0.050	38~47	—	23~27	—
Ст. 4	0.18~0.27	0.40~0.70	0.12~0.35	0.055	0.050	42~52	—	21~25	—
优 質 鋼									
08	0.05~0.12	0.35~0.50	0.03	0.040	0.040	32	18	33	60
10	0.05~0.15	0.35~0.65	0.17~0.37	0.045	0.045	32	18	31	55
15	0.10~0.20	0.35~0.65	0.17~0.37	0.045	0.045	35	21	27	55
20	0.15~0.25	0.35~0.65	0.17~0.37	0.045	0.045	40	24	25	55
25	0.20~0.30	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.045	43	26	22	50

(第二区域第三地段), 金屬受到強熱, 因而引起晶粒的顯著成長。離開熔化綫漸遠 (第二区域第二地段), 晶粒逐漸變小, 並且在正火區域中具有細小的晶粒。離開熔化綫更遠時 (第二区域第一地段), 基本金屬組織發生不完全的再結晶, 這時純鐵體晶粒保持不變, 而珠光體地段分裂為個別的小晶粒。

雖然在靠近焊縫區域中組織是各式各樣的, 但是它們的性質都很好, 並且不會降低結構的工作能力。因此熱處理操作 (有時為了改善淬火鋼中靠近焊縫區域的性質而採用熱處理) 對於低碳鋼來說是不必要的, 它只能過分提高制件的成木而已。

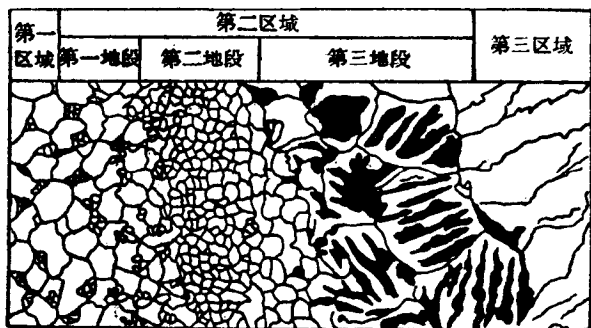


圖1 低碳鋼焊接接头靠近焊縫區域的組織。

在個別情況下, 由於基本金屬中含硫量的增高而使低碳鋼的焊接性質變壞了。在焊接 0 號鋼時 (其中含硫量達 0.060%), 或者是在個別沸騰鋼軋件中 (在這種軋件中, 總的含硫量是正常的, 但是硫卻集中在個別地段中), 這種情況是可能遇到的。

在上述兩種情況下, 由於基本金屬中含硫量高, 在焊縫中可能形成熱裂縫。

為了防止發生熱裂縫, 可以採用含硫量低的 Ca-08A 鋼絲作焊條芯棒, 使用對硫的夾雜物敏感性小的 Э42A 型焊條來焊接,

用低电流规范堆置接近基本金属的焊道，以及其他措施等。

2 焊接电弧和用于焊接的设备

用来作为热源的焊接电弧是在气体介质中焊条和焊件之间的一种长时间强烈放电。

在一般情况下，气体不是导体。但是在强电场的作用下，电弧两极之间的气体间隙被离子化了，因而可能发生电弧放电。

作为热源，焊接电弧的特点是温度特别高和热量非常集中。例如用金属焊条焊接钢料时（图2），阴极斑点（在电弧的负极上）和阳极斑点区域内的温度能达到铁的沸腾温度（大约 2700° ），而在弧柱中可以达到 $5000\sim 6000^{\circ}$ 。由于这样高的温度再加上热量非常集中，所以在电弧焊接时用于熔化金属的热量利用率为 $12\sim 30\%$ ，而在气焊时却只有 $4\sim 6.5\%$ 。

在实际焊接低碳钢时，按斯拉维诺夫方法的金属焊条焊接应用最为广泛。而根据别那尔多斯方法用碳精焊条的焊接实际上很少应用，并且只能用于焊接边缘加工过的，厚度在 $1.5\sim 2$ 公厘以内的工件。用碳精焊条焊接时，如果碳精焊条是阴极，则只有用正极性的直流电焊接时才能保证电弧的稳定燃烧。

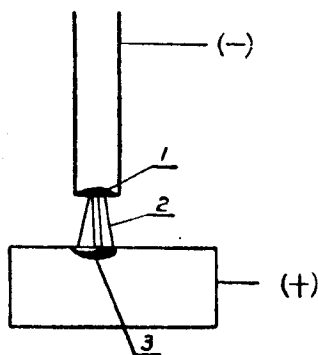


图2 焊接电弧图：

1—阴极斑点；2—弧柱；3—阳极斑点。

用金属焊条焊接时，不论直流电、交流电都可以给电弧供电。在使用直流电时，焊条的熔化速度在很大的程度上随着焊条的极性而改变。

电弧各部分的热量分布情况，首先决定于焊条的塗藥層。例如用裸鋼焊条焊接时，在阳極上放出38~39%的热量，而在阴極上放出42~43%。当用省塗藥層的焊条焊接时，这一比数就将大大的改变了。用交流电焊接时，在阴極和阳極上放出同样的热量。

焊接低碳鋼时主要是使用交流电。应用交流电的原因是由于焊接变压器比焊接發电机簡單而且工作可靠，交流电的价格低廉而且焊缝金屬的質量較高。因此焊接低碳鋼用的最通用的 $\Theta 42$ 型焊条主要是适合于交流电用的。

最近还出現了許多种能够用交流电工作的 $\Theta 42A$ 型焊条。

焊接低碳鋼时，采用焊接变压器作为焊接电流的电源，这种变压器能保証必要的电焊规范、电弧稳定的燃燒、平穩而准确地調节焊接电流。

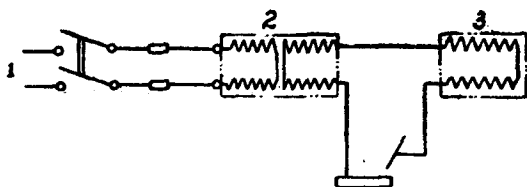


圖3 CTΘ型焊接机的变压器和調整器綫路圖：

1—电路；2—变压器；3—調整器。

交流电焊机大体上可以分成两种类型：

甲) 分开操縱的；

乙) 單一外壳的。

CTΘ-22、CTΘ-23、CTΘ-24、CTΘ-32和CTΘ-34 等型的焊接机屬於分开操縱的变压器一类。

这些电焊机的感应式調整器用 PCTΘ 标号来表示，并且标有相应的数字。

焊接机的特性如表 2 所示，圖 3 是它們的示意圖。

表 2

牌 号		变压器的額定功率 (千伏安)	电压(伏特)		焊接电流 調整范围 (安培)
变 压 器	調 整 器		初 級 的	次級的	
CTЭ-22	PCTЭ-22	13.5	220, 380 或 550	50	50~350
CTЭ-23	PCTЭ-23	19.5	220, 380 或 550	65	50~400
CTЭ-32	PCTЭ-32	29.0	200, 380 或 550	65	100~700
CTЭ-34	PCTЭ-34	34.0	200, 380 或 550	60	100~700

这种型式的变压器中焊接电流强度是用改变調整器鉄芯中的空气間隙、改变感应电阻来調整的，通过这种改变就能增加或减少焊接电流。若要减少电流，那么只要把調整器手柄向反时針方向轉动，要增加电流就相反。根据刻有以安培为單位的，并固定在外壳端板上的刻度盘可以大略地調节电流强度。但是这种調节是非常不够的，因此必須用檢查測量仪器加以檢驗。

CTH 型單一外壳焊接机的技术資料列于表 3 中，而它的綫路圖則如圖 4 所示。

表 3

变压器牌号	額定功率 (千伏安)	初級电压(伏特)	次級电压 (伏特)	电流的調整 范围(安培)
CTH-500	32	200, 380 或 500	60	150~700
CTH-700	43.5	200, 380 或 500	60	200~900

在这些变压器中焊接电流强度的調整也是用改变調整器鉄芯中的空气間隙来达到的。CTH 型变压器对于实行加强規范的焊接具有足够的功率。

在加强規范下焊接时，当由一个变压器出来的电流对于焊接生产不敷应用时，或是当焊接站的数量超过现有变压器的数目时，

必須把各个焊接机并联起来。当变压器接入并联工作时，这些变压器必須是同一型式的。

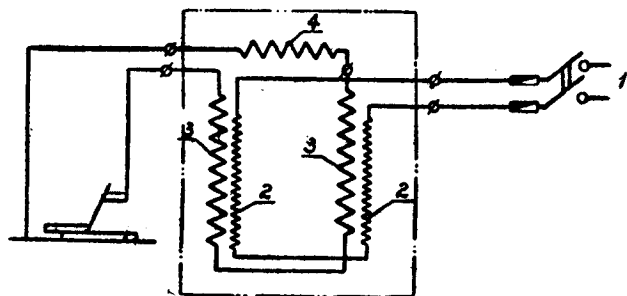


圖4 CTH型变压器綫路圖:

1—电路；2—初級綫圈；3—次級綫圈；4—电抗綫圈。

并联的变压器，必須都接到初次电路的同一相上。两个变压器的并联綫路圖如圖5所示。

当变压器并联工作时，它們的負載应当分配平均。因此两个調整器的手柄應該旋轉同样的轉数。

为了使交流电弧容易引燃起見，可以采用振荡器—把一般頻率的低压电流变成高频高压电流的变换器。

利用振荡器可把高频电流加到頻率为50周/秒的普通交变电流上。振荡器和普通焊接变压器并联，因而把2000~3000伏特电压和150000周波頻率的电流引到电弧上。

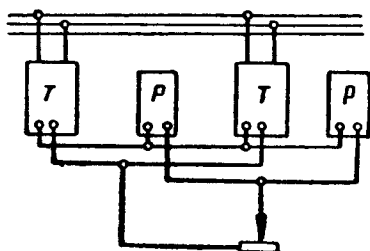


圖5 焊接变压器的并联圖。

采用厚塗藥層焊条时，由于电弧的稳定性很高，可以不用振荡器施焊。用薄塗層焊条施焊时，必須接上振荡器，因为那时电弧的稳定性較差，如果沒有振荡器

是不易保持电弧稳定燃烧的。焊接厚度薄的材料时，采用振荡器更具有特殊的意义，因为这样才能用20~50安培的交流电来进行焊接。

为了节约电能和改善在电弧焊接装置供电线路中的功率因数，焊工革新者们采用了自动开关，这种开关能在电弧中断时切断电流。除此以外，这种开关是保护焊工不致触电的一种最有效的办法。

焊接终止时变压器自动开关线路图之一如图6所示。

根据这一线路图，在焊条和焊件接触的瞬时，线圈[M]通过接触器[K]把焊接变压器接入供电线路中，接触器[K]用线圈[H]的磁通继续保持在接通位置。这时接触器[O]被打开，因而切断了线圈[M]和辅助变压器的次级线圈[Л]。当焊接暂时终止时，流过线圈[H]的焊接变压器[T]的空载电流，不能在线圈[H]中造成足够的磁通来保持接触器[K]在闭合状态。因此，焊接变压器就从电路中跳开，而线路图中所有的零件都恢复到原来的位置。

手工电弧焊接生产率最高的方法之一是在许多工厂中普遍应

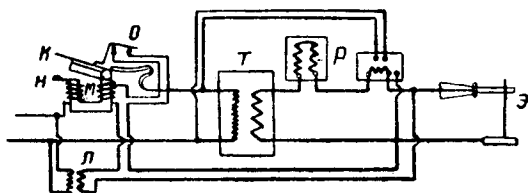


图6 焊接变压器的自动开关线路图。

用的三相电弧焊接。按照适当线路图连接起来的普通单相变压器，或者特殊的牌号3-CT型三相变压器都能用来作为三相电弧焊接的电源。采用三相电弧焊接可以节约电能，改善 $\cos\varphi$ ，并且大大

地提高了劳动生产率。

3 用于焊接低碳鋼的焊条

焊接低碳鋼結構時選擇适当类型的焊条，在很大程度上能決定焊工的劳动生产率和焊接的質量。改用更完善的焊条就能在強大的电流下道行焊接，并且在相同的時間內可得到更多的焊着金屬。

焊条芯棒是金屬焊条的主体。焊接低碳鋼的焊条芯棒可以采用08A、08和15号焊絲。这些鋼絲之間的差別在于碳、硫和磷的含量不同。15号鋼絲是最便宜的，其中含碳量在0.11~0.18%範圍以內，硫和磷元素每种都不大于0.04%。在08号鋼絲中，当含有相同数量硫和磷的情况下，含碳量必須不大于0.10%，以保證得到塑性更好的焊缝金屬。这两种成分的鋼絲都可以制造焊接重要結構用的焊条。当結構特別复杂，并且对焊缝金屬提出特別要求时，常要利用08A号鋼絲作为焊条芯棒，这种鋼絲的含碳量少于0.10%，而碳和磷的含量都低于0.030%。

現代的光弧焊接，主要是应用塗藥層的焊条。塗藥層一般是某些成分的混合物，用水玻璃作胶合剂，塗在金屬芯棒上。

塗上塗藥層的主要目的如下：

- 1) 稳定电弧或造成更稳定的电弧。
- 2) 保护焊缝金屬避免受到空气中的氧和氮的作用。
- 3) 使焊池金屬脫氧。
- 4) 使焊缝金屬合成合金。

在塗藥層的各种成分中加入鈉盐和鉀盐（白堊、碳酸鉀、長石、硝石）就能使电弧稳定。它們能使焊条末端和工件之間的空气間隙离子化，降低打火电压，因而使电弧更为稳定。

焊接低碳鋼時，塗藥層的主要任務是保護焊縫金屬不受空氣中氧和氮的作用。在焊接電弧的高溫下，熔化金屬吸收空氣中氧和氮的能力特別強，這樣會使焊縫的質量急劇變壞。為了防止發生這種情況，可以採用許多方法。最普遍的方法之一是在塗藥層中加入造渣成分（長石、螢石、花崗岩、大理石等等）來造成熔渣保護層。在這種情況下，金屬滴從焊條過渡到焊縫時就被熔化熔渣遮蓋住，並且在熔渣的遮蔽下落入焊池中。

但是只有熔渣保護層並不能保證焊縫金屬的純度，因此要在塗藥層的組成中加入能保證產生氣體保護層的物質和還原劑。為了造成氣體保護層，通常或是採用各種有機物質（糊精、淀粉、木屑），或是採用大理石或白堊，當這些東西燃燒時，能產生大量的氣體，把空氣從焊接地區排擠出去。

但是熔渣和氣體保護層仍舊不能保證焊縫金屬不受氧氣的作用。因此要在塗藥層的組成中加進一些所謂的脫氧劑——通常是鐵合金，如錳鐵、硅鐵和鈦鐵。這些元素的作用在於它們對氧的親和力比鐵更大，所以當金屬通過電弧過渡或在焊池內時，它們能首先跟氧結合，形成氧化物，就清除掉了焊縫金屬中的氧氣。

在塗藥層中加入各種鐵合金使焊縫金屬合成合金，這主要在焊接高強度結構鋼和合金鋼時才應用。

現時焊接低碳鋼用的焊條有許多不同的牌號。所有這些焊條，按現行的標準（ГОСТ 2523-51）可以分成三大類：Э34、Э42 和 Э42А。

Э34 型焊條是質量最差的，並且只能用來焊接不重要的結構。這是一種薄藥焊條（塗藥層的重量約在1~5%），而塗藥層的主要用途是穩定電弧。由這些焊條所焊着的金屬是脆性的和低塑性的。

焊接重要的低碳鋼結構最普遍應用的焊條是 Э42 型焊條。這

是一种厚藥焊条，塗藥層通常含有氧化鉄和用来造成熔渣保护層的錳、作为脱氧剂的錳鉄和造成气体保护層的各种有机成分（淀粉、糊精）。这种焊条比較便宜，制造簡單，不論用直流电、交流电都可以施焊，对鉄锈的敏感性小，而且能保証高度的生产率。这种焊条中应用最广的焊条牌号以及它們的特性如表 4 中所示。

表4 焊接低碳鋼用的焊条特性

焊条型式	焊条牌号	焊条鋼絲牌号	电流的种类和極性	焊縫在空間的位置	焊着系数 (克/安培·小时)
Э34	白璽	CB-08, CB-15	交流和直 流—正極 性	任何的	6,5
Э42	ОММ-5			任何的	7.25
	МЭЗ-04				8.4~9.1
	ЦМ-7			任何的	11.0
	ЦМ-7С			平 焊	12.0
	МЭЗ-К			任何的	8.0~8.5
Э42А	УОНИ 13/45	CB-08А, CB-08	直流—反 極性	任何的	9.0
	УП1 НИИМВ-45				—
	УП2 НИИМВ-45	交流和直 流—正極 性	平 焊	—	

在 Э42 型焊条中，ЦМ-7、ЦМ-7с 和 МЭ3-04 最为普遍。ОММ-5 号焊条以前曾被广泛使用，但是現在已經逐漸为上述各种焊条所代替。ОММ-5 焊条的缺点是生产率比較低和成本較高。用支架焊条法焊接时要使用 ЦМ-7с 焊条，这种焊条具有加厚的塗藥層，塗藥層的重量約为芯棒重量的 50~70%。塗藥層太厚是这种焊条的缺点，因为在制造焊条时必须塗兩層塗藥層。МЭ3-К 牌焊条是没有这种缺点的。在塗藥層重量等于 35% 芯棒重量时，它已經能用支架焊条法施焊了。

焊接特別重要的結構（大的厚度，工作在很沉重的條件下）時，Э42 焊條不能滿足這些要求，因此在這時就要採用 Э42А 型焊條。這種焊條也屬於厚塗層一類，並且保證能得到最高質量的焊縫金屬。

它們的塗藥層一般都含有大理石和造渣用的螢石，以及少量作為脫氧劑的硅鐵、鋁、鈦鐵和錳鐵。焊池的气体保護層是由大理石分解，同時放出大量二氧化碳所造成的。

照例，這些焊條對於焊接處邊緣的清洗要求得更嚴格，製造比較複雜，而且生產率比 Э42 型焊條低。但是使用這些焊條可以獲得很高的金屬質量，因此當焊接最重要的結構時都廣泛地使用它們。尤其在焊接高強度鋼製造的結構時，應用得更廣泛。

最通行的 Э42А 型焊條是 УОНИ-13/45 號焊條，這種焊條只能夠用反極性的直流電進行焊接。但是現在已經創造出許多種焊條（例如 УП1 НИИМВ-45 和 УП2 НИИМВ-45），這些焊條都可以用交流電進行焊接，因而擴大了 Э42А 型焊條的應用範圍。同時 УП1 НИИМВ-45 牌焊條可以用在熔化深度不大的焊接工作上，而 УП2 НИИМВ-45 牌焊條則用在深熔焊接中。

焊條最重要的特性是它們的生產率，生產率可以按表 4 所列焊着系數值的大小來評定。焊着系數是電弧燃燒時間每小時內，1 安培焊接電流所能焊着的金屬量（以克為單位）。知道了這一數值，就可以很容易地計算出任何一種焊條的生產率。假如用 250 安培電流和 5 公厘直徑焊條施焊，那麼用白堊焊條施焊時每小時可以焊着 $6.5 \times 250 = 1500$ 克的金屬，而用 ЦМ-7 牌焊條時為 $11 \times 250 = 2750$ 克。這一實例說明用厚塗層焊條焊接不僅能保證較高的焊縫金屬的質量，而且能提高生產率。如果考慮到用厚藥焊條焊接時可以採用比白堊焊條更大的焊接電流，那麼這個差別就將

更大了。

4 焊接规范的选择

进行手工电弧焊接时，焊缝的形成主要是依靠焊条的液态熔化金属填满对接缝的坡口或相当的角接缝。所以手工焊接规范的选择跟基本金属熔化起主要作用的焊剂层下的自动焊接不同，它首先为焊条熔化条件所决定。在这种情况下，熔化只是为了保证焊缝和基本金属有必要的熔合，而熔化深度通常为1~4公厘。只有采用无坡口对焊薄钢时，才考虑基本金属的熔化作用，而选择小直径的焊条。

焊接有坡口的焊缝时，如果规定出焊屑的大小为1~3公厘，也必须考虑到熔化。只有在垫板上焊接而没有烧穿的危险时才可以不规定焊屑。

电流强度是手工电弧焊接规范的主要因素，它决定着操作过程的生产率。电弧电压对每种焊条来说都保持不变，所以不会影响生产率。

对于每一种直径的焊条，都有一定的可以进行焊接的电流范围。电流的最低值决定于电弧燃烧的稳定性，电流超过规定数值便会使焊条过热，增加飞溅，并且能使电弧的稳定性变坏。

为了根据焊条直径来选择焊接电流强度，已经提出了许多经验公式。这些公式中最简单的是赫兰诺夫（Хренов）公式：

$$I_A = (40 \sim 50) d_{\text{эл}} \text{ (公厘)}.$$

但是这一公式是近似的，因此只有直径为3~5公厘的焊条才可以用它来选择电流强度。

沙士可夫（Шашков）的公式可以在很大的焊条直径范围内

● $d_{\text{эл}}$ 为焊条直径。——译者