

钢筋混凝土用钢筋的熔槽焊

В. Я. 杜尔金 著
А. А. 烏列索夫

建筑工程出版社

内容提要 本书阐明了苏联古比雪夫水利建筑工程公司右岸工区关于水利工程构筑物钢筋结构在安装条件下采用熔槽焊的经验；叙述了在实践中验证过的熔槽焊接法的主要工艺数据；详细地阐述了社会主义劳动英雄焊工A.A.烏列索夫所采用的施工方法；叙述了焊接工作的组织及焊接质量检查，焊接接头强度问题，一般缺陷及其引起原因等等。

本书适用于焊工及工作队长，并可供工地工程技术人员之用。

原本说明

书 名 ВАННАЯ СВАРКА АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

出版者 Государственное издательство по строительству и архитектуре

出版地点 及 年份 Москва—1956

钢筋混凝土用钢筋的熔槽焊

钱普股、戴自周 译

1958年12月第1版 1958年12月第1次印刷 5.060册

787×1092 · 1/32 · 35千字 · 印张1 1/2 · 定价(10) 0.22元

建筑工程出版社印刷厂印刷 · 新华书店发行 · 统一书号: 15040·932

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第052号)

目 录

前言	2
导語	3
第一章 熔槽焊接法的实质	7
第二章 鋼筋結構的接头与节点的主要型式。焊接前的准备工作	12
第三章 焊接工作	17
第四章 熔槽焊的施工組織与質量检查	25
第五章 焊接接头的静力学强度与一般缺陷	32
第六章 技术經濟指标	40
第七章 熔槽焊接法的远景	44

前 言

古比雪夫水利建筑工程公司的全体焊工已经在生产中成功地采用了先进的所谓熔槽焊接法，这是各种常用直径钢筋的人工电弧焊的新方法。这种方法的工艺原理，是由工程师 Н.Д. 貝科夫、B.M. 菲什別尔格、E.B. 索科洛夫（交通部中央科学研究所实验焊接工厂）以及技术科学硕士 И.С. 德米特利叶夫（全苏科学技术工程焊工学会）与古比雪夫水利建筑工程公司的工作人员，在创造性的合作中研究出来的。

本书叙述了古比雪夫水利建筑工程公司右岸钢筋焊接工区的经验，该焊接工区在钢筋安装工作中对水平钢筋的接头破格地采用了熔槽焊。本书主要叙述过 OC3（交通部中央科学研究所实验焊接工厂）的方案，这种方案具有最高的技术经济指标。社会主义劳动英雄 A.A. 謝尔宾宁、工程师 B.C. 斯特罗耶夫、Ю.В. 李祖諾夫以及本书作者，都曾积极参加了上述焊接方法的推行工作。

先进的熔槽焊接法，在各项指标方面还可以进一步加以改进。在科学研究机构、设计机构与建筑机构殷切的关怀下，这种焊接方法应该可以很快地在钢筋结构的安装工作中得到普遍的采用，并代替现时所常采用的劳动量极大并需要耗用大量电力和钢材的其他焊接法。

導 語

苏联所进行的巨大规模的建筑工程，曾引起了钢筋混凝土的生产，以及钢筋制造与安装工作的飞跃发展。14年前，伏尔加建筑工程公司对钢筋混凝土的配筋，曾首次采用了在工厂条件下制造的焊接结构，因此使工程加快了4~6倍。

在现代建筑工程的规模与速度下，只有集中制造钢筋结构，采用流水施工方法，并使运输和安装工序全盘机械化，才有可能使钢筋工程做到经济合理，且质量优良。

接触对焊机的创造是焊接技术的巨大成就之一。这种机械可以用很快的速度和极小的费用把直径在100公厘以下(包括100公厘)的钢筋焊接为整根的长钢筋。这种长钢筋可以在工厂的放样间中根据图纸切断成需要长度的钢筋半成品，这样就可以完全避免产生钢材废屑。点焊也获得了很大的发展。在古比雪夫水利建筑工程公司中，这些多样化的机械接触焊接法(对接焊与点焊)，几乎已在钢筋结构的集中生产中完全代替了弧焊。

但是，在安装过程中使用固定机械来焊接钢筋是不可能的，因此现在在安装过程中的唯一充分经济与符合工艺要求的钢筋焊接法，乃是手工电弧焊。

在安装条件下的焊接工作，往往仍然是非常原始与昂贵的。虽然古比雪夫水利建筑工程公司、德涅泊尔建筑工程公司以及其他机构有着令人信服的经验，但是搭接以及采用帮条或角钢垫板进行连接等各种方法，依然是常被采用着。这些结构中的任何一种结构，都需要耗用大量的附加钢材与电力，并且非常繁重费力。

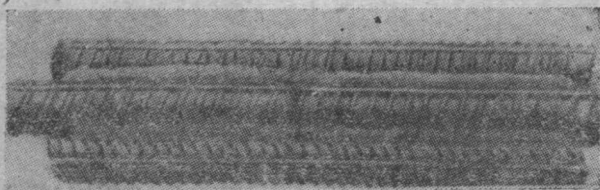


图 1 采用帮条的钢筋焊接接头

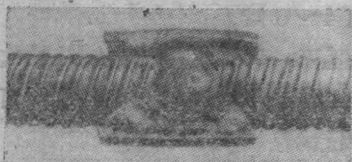


图 2 采用熔槽焊接法焊接的水平钢筋的接头



图 3 采用熔槽焊接法焊接的钢筋结构的节点

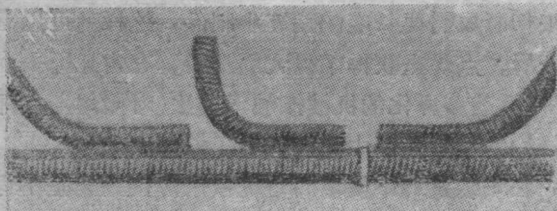


图 4 采用“弯爪”焊接的钢筋结构的节点

现在我們举下列事例作为說明：当焊接大型水利工程工地所最常用的直径70公厘的钢筋接头时，鋼材的附加耗用量为：不用焊接进行搭接时，64公斤；采用长度为钢筋直径10倍的帮条进行焊接时，31公斤；采用熔槽焊接法进行焊接时（根据交通部实验焊接工厂的方案），2.8公斤。图 1 为采用帮条焊接的接头。

采用熔槽焊时，仅在制备不大的焊模方面須耗用附加鋼材。图2所示为采用熔槽焊接法焊接的水平接头。熔槽焊接法也可用来焊接交叉鋼筋(图3)，以代替图4为采用“弯爪”焊接的鋼筋。对垂直鋼筋采用熔槽焊接法所进行的实验性焊接工作(图5)曾得到很滿意的結果。在这种情况下，鋼材的节约大致与焊接水平鋼筋时相同。采用垂直熔槽焊接法施焊时所发生的唯一困难是，焊接前接头配整工作的显著复杂化。

古比雪夫水利建筑工程公司在学会熔槽焊接法的同时，曾广泛采用了新型的、高效能的、但尚未经过足够研究的规律变形 Cт.5号鋼筋。这种鋼材具有許多特点，有引起其灼热的趋向。当焊接大直径(40~90公厘)的鋼筋时，这种情况常会使焊接接头中不对称灼热地点(热影响区内)因过早脆弱而损坏。

表1为采用帮条焊接的规律变形 Cт.5号鋼筋实验与控制(生产)接头的受拉試驗結果，它可以說明新型鋼材的这种特性。不难看出，如果不采取特殊措施(热处理等)，則这种缺陷对于获得等强度的焊接接头，乃是一种严重的障碍。

以上所述的 Cт.5号鋼筋的工艺特征，在采用熔槽焊接法焊接时也会表现出来，可是只有在最大直径的鋼筋方面才表现得比較突出。以下将集中叙述关于这种新型的、已經到处采用或正在采用的鋼材的焊接工作。



图5 采用熔槽焊接法焊接的垂直鋼筋的接头(母体金属形成細頸而损坏)

採用幫條的規律變形Cr.5號鋼筋焊接接頭受拉試驗結果 表 1

試件的計算直徑(公厘)	試件數量	應力<42公斤/公厘 ² 時破壞		用42至49.95公斤/公厘 ² 的應力進行試驗					應力≥50公斤/公厘 ² 時破壞			試件用途
		在鋼筋的母體(脆弱)	在焊接接頭處	破 壞				未破壞	在鋼筋的母體(脆弱)	在起點的母體(脆弱)	在起點的母體(脆弱)	
				在鋼筋的母體(脆弱)	在起點的母體(脆弱)	在起點的母體(脆弱)	在起點的母體(脆弱)					
40	3	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	實驗接頭
50	3	—	—	1	—	—	—	—	1	—	1	
60	12	—	—	8	—	—	—	—	3	—	1	
70	8	2	—	3	—	—	—	—	2	—	1	
80	6	1	—	3	—	—	—	—	1	1	—	
90	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	生產接頭 (控制接頭)
32~40	251	3	4	52	2	3	30	78	2	77		
45~50	91	1	5	36	2	2	6	22	4	13		
55~60	50	—	8	17	—	2	14	7	1	1		
70	42	3	11	15	—	1	6	5	—	—		
80	57	1	9	22	—	—	25	—	—	—		

第一章 熔槽焊接法的实质

钢筋熔槽焊接法的工艺实质是：利用熔化金属造成熔槽，逐步填满相连接的钢筋间的空隙。熔槽的上部在整个焊接过程中均保持液体状态。为造成焊缝并防止熔化金属流失起见，通常采用各种构造的焊模，把钢筋的焊接部分从下面和侧面包围起来。

这种方法之所以称为熔槽焊，是由于在焊接时形成了金属液槽，并且所采用的焊模在相当程度上与普通的熔槽相类似。

在物理实质方面，熔槽焊接过程可能相似于普通电弧焊或熔槽熔渣焊，采用这类焊接法时，熔化金属（熔融体）被用作电流导体。

关于熔槽焊接法的探讨，已经有好几年的时期都是从两方面进行的。一方面是在建筑工程中所广泛采用的焊接设备的基础上，创造出适用于钢筋结构（当空间水平钢筋或垂直钢筋作任何交互布置时）安装与制造条件下的、高生产率的、经济与高质量的焊接工艺技术（交通部中央科学研究所实验焊接工厂与古比雪夫水利建筑工程公司联合负责进行这一工作）。第二方面是在采用助熔剂自动焊接、三相弧焊或利用强力焊接机械进行人工弧焊的基础上，制订各种高生产率的钢筋焊接方法（苏联科学院电焊与电热学部，乌拉尔基洛夫工业大学与乌拉尔奥尔忠尼启则重型机器制造厂，列宁格勒水运研究院，中央工业建筑科学研究所与古比雪夫水利建筑工程公司左岸管理局等负责进行这一工作）。

到现在为止，上述机构都已经提出了或正在编订关于钢筋混凝土用钢筋熔槽焊接法的某些方案，但是所有这些方案都仍然没

有脫离实验阶段，因此我們在这里不加叙述。

交通部中央科学研究所实验焊接工厂的方法（OC3法），直到现在仍然是应用于安装条件下的、经过检查合格而唯一有成效的方法。

OC3法大体上相似于多层电弧焊接法，其差别仅在于，采用OC3法焊接时熔化金属在很长时间内都处在液体状态，并且焊接过程可以加速与連續地进行（为避免端头及熔化金属渣化）。

采用OC3法时，水平熔槽接头間的空隙可按下列方式进行焊接。在焊接过程中，熔化金属的下层在硬化着，但其上层（深达15公厘）在整个过程內則保持在液体状态。由于在熔化金属上面具有坚固的焊模与液体熔渣层，因此便可采用高电流强度的焊接规范。譬如，采用直径为6公厘的焊条进行普通弧焊时，最高电流强度为320安培，而采用熔槽焊时則为450安培。提高电流强度可以大大地提高焊工的劳动生产率，并且，在焊接过程的第二阶段还可利用附加填充焊条。

由于对較小尺寸的接头采用高电流强度的焊接规范，并且焊接过程总计只有几十分钟的时间，因此便会引起热量的高度集中，从而可以保证使熔化金属获得高温，这样不但能使焊条迅速熔化，而且还能使鋼筋端头很快地熔透至很大深度：在焊接过程开始时可熔透至3~5公厘，在焊接过程的第二阶段可熔透至5~15公厘。与普通弧焊法相同，由于熔化金属的硬化，便可形成由母体金属与焊条金属所组成的整体晶体结构。由于被焊接鋼筋端头的熔化，便可消除其表面上的各种各样的非金属薄膜。焊接过程的持續时间，依据鋼筋直径、鋼筋間空隙的大小、焊条直径、焊接规范以及周围气温等的不同，可为10至60分钟或60分钟以上。熔化金属保持为液体状态总计也有若干分钟的时间。所有这一切，都可促使气泡与夹渣完全排除，从而可以很好地形成焊

縫。如上所述，熔化金属表面与焊条金属所流出的滴珠，便能可靠地被熔渣厚层所保护，而不致与大气接触。

为了利用上述方法的这种优越性，并提高焊接的强度起见，熔槽焊以最短的电弧进行。如果违反这一规则，则即使在完全焊透和没有夹渣与气泡时，也将导致接头强度的降低。

焊接水平钢筋时，可采用槽形焊模(图6)。焊模应具有足够的厚度，以便使其在焊接时不致烧穿。焊模坯料的尺寸如表2校改所示。

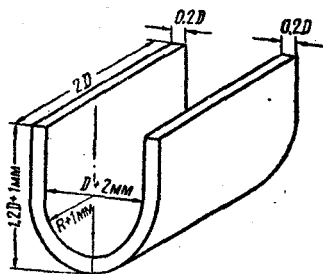


图6 采用熔槽焊接法焊接水平钢筋接头用的焊模

在最初时，焊模仅用以防止熔化金属的流失，其采用长度与钢筋的直径相等。后来，在焊接直径40公厘的钢筋时，曾发现为提高接头强度至母体钢筋的强度极限，必须把焊模也用作加强板。因此焊模的长度曾增加为钢筋直径的2倍。但如有侧焊缝(除接头的主焊缝外)时，即不可把这种熔槽焊接法方案用作混合焊接，因为整个焊接过程自始至终都应按一个不变的规范进行。

垂直钢筋的熔槽焊，在实质上与水平钢筋的焊接并无差别。这种钢筋的焊接是在有切口的焊模(图7)中进行的，焊模呈截头圆锥形，由钢板制成。圆锥小口的直径与下部钢筋的直径相等；其大口的直径应使焊工能将钢筋烧到白热程度。为此这一直径应比小口直径大50~60公厘。为防止熔化金属流失起见，锥形焊模的高度通常采用16~40公厘。表3示几种锥形焊模的适宜尺寸。

钢筋结构(以轴线相交的钢筋)节点的熔槽焊，与前述水平接头的焊接毫无区别。在这种情况下，槽形焊模(图8)最为适宜。

采用熔槽焊接法焊接鋼筋接头用的焊模坯料的尺寸(公厘) 表 2

焊接鋼筋的計算直徑	板寬	板長		板厚 (一塊板)	規律變形鋼筋的有效直徑	圓頭半徑	
		焊接圓鋼筋用	焊接規律變形鋼筋用			圓鋼筋用	規律變形鋼筋用
20	40	60	65	6	22	11	12
30	60	90	95	6	32.5	16	17.3
40	80	115	125	8	43.5	21	22.8
45	90	130	140	9	49	24	25.5
50	100	145	155	10	54	26	28
55	110	160	175	11	60	28	31
60	120	175	190	12	65	31	33.5
65	130	190	205	13	71	33	36.5
70	140	200	220	14	76	36	39
80	160	230	250	15	86.5	41	44.3
90	180	260	280	15	97.5	46	49.8

長度允許偏差為±2公厘,厚度允許偏差為±1公厘。

垂直鋼筋接头熔槽焊用焊模的适宜尺寸(公厘)

表 3

焊接鋼筋的直徑	壁厚	下部內徑		上部內徑	焊模高度
		焊接圓鋼筋用	焊接規律變形鋼筋用		
20	6	21	23	40	16
30	6	31	33	55	23
40	8	41	45	70	21
50	8	51	55	85	28
60	8	61	66	100	34
70	10	71	77	160	40
80	12	81	88	180	42
90	14	91	99	190	44

碗狀錐形焊模(图 9)由于其制造和安装工作相当复杂,而且又不可能进行連續焊接操作,所以已失去其应用价值。

按OC3法进行熔槽焊,是以单根焊条用人工方法完成的。根据多次实验所制订的指示性资料,以及古比雪夫水利建筑工程公司焊工小组两年多来的经验,都证明采用单根焊条进行焊接是合理的。在焊接过程的开始阶段,当熔槽中热量不足,并必須把鋼筋

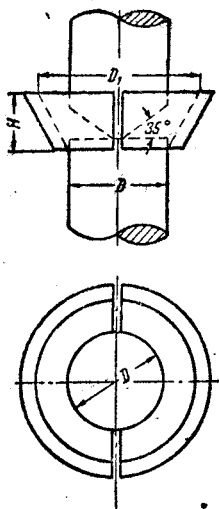


图 7 准备进行熔槽焊的垂直钢筋接头

端头处不易焊接的下边予以焊透时，对焊条的操纵要求十分迅速而准确。从研究破坏接头的情况证明，其中极大多数都是在下部具有缺陷的（渣化、未熔合）。因此，即使在采用单根焊条能深入接头最难焊及之处的情况下，也不易避免在焊缝下部（底部）发生缺陷。

由此可见，采用单根焊条的熔槽焊（尤其是焊接过

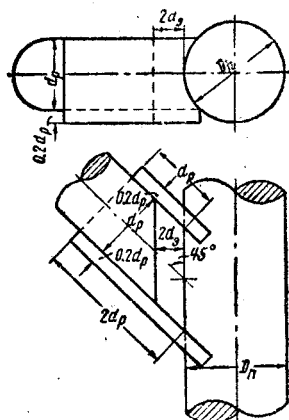


图 8 准备进行熔槽焊的以轴线相交成45°角的钢筋(U形焊模)

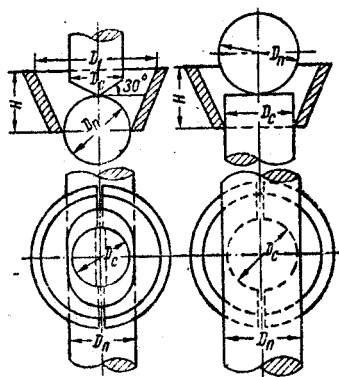


图 9 准备进行熔槽焊的以轴线相交的钢筋(左——在母体钢筋上面加焊钢筋，右——在母体钢筋下面加焊钢筋)

程的第一阶段)直到现在还算是最合理的。焊接过程的第二阶段,还可采用填充焊条或梳状焊条的多焊条焊接法加以改进。

OC3法的公認缺点是要采用人工方法施焊,这样在焊接过程中所需的劳动量增大,并在这种情况下,焊缝质量在很大程度上决定于焊工的技术,而不可能以目测方法来进行检验,因此,制定用于钢筋安装的自动化熔槽焊的方案,乃是一项十分迫切的任务。

第二章 钢筋结构的接头与节点的主要型式、焊接前的准备工作

水平钢筋或垂直钢筋的接头是钢筋安装的主要连接工作;斜向钢筋的接头由于其熔槽焊比较复杂,应尽量避免。

上面已经指出,安装现场上的钢筋焊接工作在不久以前还是采用角钢垫板或圆钢帮条,甚或是以搭接法来完成的。搭接法为最不合理,因其耗用附加钢材较多,焊缝的强度不足,并由于搭接钢筋的端部必须在事先折弯以保证连接的同轴性,因而在焊接过程中所需的劳动量较大。对位于高处的大直径钢筋的接头,在加焊帮条的情况下,工作极为复杂,甚或必须把结构翻轉。这种情况在工厂条件下将使工作的劳动量特别增大,而在安装过程中要把结构翻轉,通常是不可能的。

把竖杆、斜杆和安装部件焊接到纵向受力钢筋上,在不久以前都是采用焊接弯爪(见图4)或连接板完成的。对交叉钢筋采用这种焊接法将会耗用大量的附加钢材,而且劳动量又很大。用Cr5号钢筋制成这类结构,也是不合理的,因为把弯爪或连接板以圆面焊缝焊接到纵向钢筋上,就会使纵向钢筋的强度减低。

采用熔槽焊接法焊接交叉钢筋，可更为经济而简单，而且质量也较高。对节点采用普通U形焊模（与水平接头所用焊模相类似）的结构，是最为成功的一种。

熔槽焊的准备工作最为重要，并有时是一种决定性的工序。它包括：工作地点的准备工作 and 接头的配整工作。

关于工作地点的准备工作，将在“熔槽焊的施工组织与质量检查”一章中详加叙述。在这里仅指出，连续的和稳定的馈电是顺利地运用熔槽焊接法的重要条件，即使是20~30秒钟的中断时间，也会使获得合乎要求的焊接工作遭到困难。馈电网电压的激烈变化，会导致电弧定期熄灭与熔化金属温度的下降，从而会造成部分接头的渣化，即会造成严重的焊接缺陷。图10示由于馈电中断而产生大部分渣化截面的有缺陷的接头。

钢筋的轴线准差应不大于被焊接钢筋计算直径的3%（直径不同的钢筋，其轴线准差应按直径最小的钢筋计算）。不允许钢筋

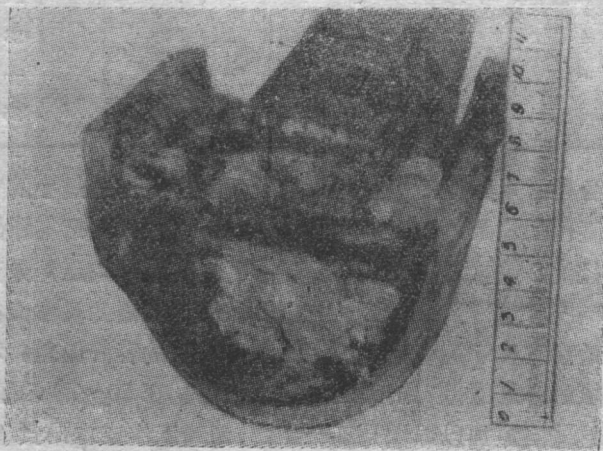


图 10 采用熔槽焊接法焊接的水平钢筋接头；焊着金属的破坏状态；由于馈电中断而产生的渣化现象

的軸綫准差过大，以致削弱鋼筋的截面，并在其接头受拉时发生弯矩。

焊接鋼筋端头間空隙的大小，应能使接头各处都能焊及（使接头具有尽可能小的空隙，便能达到最高的强度与經濟指标）。空隙的大小，通常为焊条的粗細和焊条操作的方便程度所限制；其数值約等于焊条直径的1.5~2倍。随着鋼筋尺寸的增大，其所需空隙的最小数值也应增大。

考虑到金属芯直径为5~6~8公厘的YOHNN-13/55号焊条，其外包直径相应地为7.6~9~12公厘，因此装配鋼筋时鋼筋空隙的大小应按表4采用。

表 4

焊接鋼筋的直径 (公厘)	適宜的空隙值 (公厘)	焊接鋼筋的直径 (公厘)	適宜的空隙值 (公厘)
30以下	12	70	21
40	15	80	23
50	17	—	—
60	18	90	25

对各种常用直径的焊条，上表所列空隙值都是最小的数值。对于小直径的焊条，当焊接大型或中型鋼筋时，可把空隙减少至焊条直径的2倍，当焊接小型鋼筋时，可把空隙减少至焊条直径的1.5倍。在生产条件下所采用的空隙，往往比所需的尺寸大得多。这是因为沒有遵守鋼筋結構零件制造与安装的容許偏差，和熔槽焊时空隙的容許偏差；接头处的空隙往往都在50~70公厘或以上。把这些空隙加以焊填是不合理的，因为工作成本昂貴（焊条、电力、劳动力和時間要消耗到3~4倍），而且这种接头的强度又是低于标准的。表5所示关于大空隙接头焊接的合理规范，其强度

較低。保持适宜的空隙，是使焊接接头准备工作做到好、省的必需条件；因此，鋼筋安装时空隙的容許偏差应不超过 5~10 公厘。

在焊模定位焊的过程中，电弧对母体鋼筋的咬边，乃是Ст. 5 号鋼材焊接工作的一般缺陷。随着鋼材塑性的降低，鋼材对咬边的敏感度也愈高。上述因素可由于母体金属刻槽附近的不可避免的局部灼热现象而得到补偿。为避免咬边现象起见，当焊模在焊接鋼筋上进行定位焊时，应采用低强度的电流（150~200 安培），并应由不低于 5 級的焊工施焊。考虑到定位焊用途的临时性，应限制点焊的尺寸为最小，同时应把焊弧朝向焊模的方向。与Ст5 号鋼材相反，Ст 3 号鋼材的咬边将不致引起如此显著的强度損失。

在鋼筋焊接接头处形成的弯角（鋼筋軸綫的折交）是很不好的，因为它会降低焊接的强度。但在生产条件下要使被焊接鋼筋的軸綫绝对平行是不可能的。試驗証明， 2° ~ 3° 的弯角并不会造成显著的强度損失。因此，采用熔槽焊焊接的鋼筋不应有大于 3° 的弯角。

不允许用电弧切割准备焊接的鋼筋端头，以致使端头不可能很好地进行清整，并且还不可避免地要出现极度粗糙不平的现象。这种鋼筋在进行熔槽焊时一定会在熔合区域发生液化和未焊透的现象。在安装过程中切断端头，只容許采用一种方法——氧-乙炔快切割或汽油切割法。

凡鋼筋端头与端部表面以及焊模等，均应用鋼絲刷仔細清除鉄鱗、炉渣、鉄锈和其它污物。大家知道，鉄锈会显著地降低焊接强度。此外，当采用 УОНИИ 焊条熔焊锈蝕表面并使用长弧时，仍将增加形成多孔焊缝的趋向。其它各种污物（泥土、混凝土等）均会促成接头渣化，从而会减小接头的有效截面；此外，夹渣，特别是表面的夹渣，也具有与刻槽相同的影响。