

钳工实用手册

张锁荣 主编

王槐德 主审

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

内 容 简 介

本书的主要内容包括：机械制图、几何精度及其注法，金属切削基础、划线、錾削、锯削、锉削、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、刮削、研磨、抛光、粘接、铆接、矫正、弯形，以及机床夹具、液压传动与机床电气、装配与维修、材料及热处理、钳工常用资料等。本书适合从事钳加工工作的技术工人和技术人员使用，也可供职业学校教师和学生技能训练课上的查询和继续学习，还可作为参加职业资格考试人员的参考用书。

版权所有

翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

钳工实用手册/张锁荣主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2002

ISBN 7 - 5045 - 3483 - 8

- . 钳...
- . 张...
- . 钳工 - 技术手册
- . TG9 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字

中国劳动社会保障出版社出版发行
(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

印刷厂印刷 新华书店经销

787 毫米 × 1092 毫米 36 开本 18 $\frac{16}{36}$ 印张 591 千字

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

印数: 册

定价: **32.00** 元

读者服务部电话: **64929211**

发行部电话: **64911190**

出版社网址: **http://www.class.com.cn**

前 言

随着我国国民经济的迅速发展，企业对技能人才的需求越来越大。特别是我国加入世界贸易组织后，企业之间的竞争将在很大程度上表现为对技能人才的竞争，由此将极大地激发我国广大技术工人学习技术、掌握技术、提高技术的热情。为跟上产业技术迅速发展的脚步，适应广大技术工人、技术人员生产和学习的要求，满足企业、职业学校及各类培训机构培训技能人才的需要，我们组织编写了这套技术工人实用手册。首批推出的有《车工实用手册》《钳工实用手册》《焊工实用手册》《电工实用手册》等四种。

本套丛书的编写工作，始终坚持了以下几方面的要求：一是强调丛书的实用性，以满足一线生产人员和技术人员的实际需要；二是紧密联系国家相关工种的职业资格考试要求，以适应技术工人和技术人员的考试需要；三是较多地引入新技术和新工艺的内容，以及由生产一线总结出来的有价值的实践经验和操作技巧；四是全面贯彻相关工种的最新国家标准。丛书内容表达简明、生动，并配以大量的插图，具有较强的可读性。

本套丛书适于相关工种的技术工人和技术人员使用，也可用于职业学校教师和学生技能训练课上的查询和继续学习，还可用作参加职业资格考试人员的参考用书。

劳动和社会保障部办公室

2002年6月

第十章

电阻点焊及凸焊

电阻点焊 焊件装配成搭接接头，并压紧在两电极之间，利用电阻热熔化母材金属，形成焊点的电阻焊方法。

一、原理、特点及应用范围

1. 原理

两片焊件在电极之间压紧，通以电流在接触处便产生电阻热，当焊件接触加热到一定程度时，断电（锻压），使焊件以圆点熔合在一起而形成焊点。焊点形成过程可分为彼此相接的三个阶段：焊件压紧、通电加热进行焊接、断电（锻压）。焊接过程见图 10—1。

(1) 焊件压紧 为了使焊件在焊接处取得紧密的触点，必须将焊件压紧在两电极之间。如果在电流闭合的瞬间，电极压力不够大，则接触电阻很大，会立即产生很大的热量，使接触点处的金属很快熔化，并以火花形式向外飞溅，这时焊件有可能被烧穿、电极可能被烧坏。

(2) 通电加热进行焊接 被压紧在电极之间的焊件，通以电流，靠电流通过接触电阻及焊件本身的电阻所产生的热量来加热焊件。其热量由焦耳定律得出下列积分式：

$$Q = 0.24 \int_0^t R I^2 dt$$

式中 Q —— 产生的热量 (Cal)；

R —— 电极间电阻总值；

I —— 通电电流 (A)；

t —— 电流通过时间 (s)；

其中 $R = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5$ ，见图 10—2。

在加热开始阶段，焊件间接触点处的电流密度最大，而在

随后的加热过程中，由于此处的电阻率随温度的升高而增大，析热依然强烈。加上电极的强烈冷却作用，促使焊点的中部（核心）加热最快。当加热到一定的温度时，在力的作用下，焊件间接触点内形成共晶体，开始塑性状态的焊接。进一步加热，使核心内的金属熔化，达到熔化焊接。

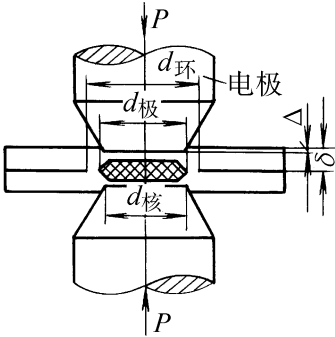


图 10—1 点焊过程

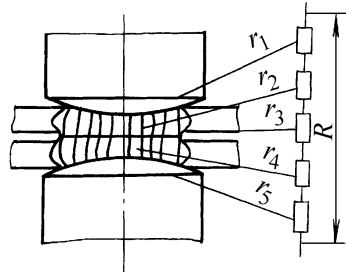


图 10—2 点焊时电阻的分布

(3) 断电（锻压） 当熔核达到所需要的形状和尺寸后，切断焊接电源并保持电极压力，这时熔核开始冷却结晶。由于熔核周围散热条件好，首先在熔核周边冷却结晶而形成一个所谓的金属模，熔核内的熔化金属在该金属模内逐步结晶，结晶时不能自由收缩，只有采用电极压力挤压才能使正在结晶的金属变得致密，从而防止或减少缩孔和裂纹的产生，因此电极压力必须在熔核金属全部结晶后才能解除，焊接过程也才能结束。

2. 电阻点焊的特点

- (1) 加热速度快，仅需要千分之几秒到几秒。
- (2) 焊接时不用填充金属、焊剂，焊接成本低。
- (3) 机械化程度高，操作简单。

3. 应用范围

- (1) 广泛应用于飞机、汽车制造、建筑等行业。
- (2) 可焊接低碳钢、低合金钢、镀层钢、不锈钢、高温合金、铝及铝合金、钛及钛合金、铜及铜合金等。
- (3) 最薄可点焊 0.005 mm，最厚可焊 8 mm + 8 mm。
- (4) 可焊不同厚度、不同材料的焊件。

二、电阻点焊设备及使用方法

1. 分类

点焊机可按下列特征进行划分：

- (1) 按用途可分为通用形、专用形、特殊形；
- (2) 按安装方式可分为手提式、悬挂式、固定式；
- (3) 按供电方式可分为工频式、低频式、电容储能式、次级整流式等；
- (4) 按加压传动机构可分为气压式、液压式、电动凸轮式、复合式、脚踏式等；
- (5) 按焊点数目可分为单点、双点、多点。

2. 点焊机的组成

点焊机主要由变压器、机身、电极和控制部分组成。

(1) 变压器 目前我国生产的点焊机用变压器有两种类型：一是变压器线圈电流密度和硅钢片磁通密度取得很低，机身较粗大，但经久耐用；而另一类则取得较高，因而较轻巧，且控制线路先进，但使用时不能超负荷，否则变压器容易烧坏。

(2) 电极材料 主要是铜和铜合金，或钨、钼等粉末烧结而成。电极合金材料的分类及性能见表 10—1。电极具有传导电流、压力和散热作用，因此电极材料必须符合下列要求：

表 10—1 电极材料的分类及性能

组	类	编号	名称	成分 (质量分数) (%)
A	1	1	Cu - ETP	Cu99.9 (+ Ag 微量)
		2	CuCdI	Cd 0.7 ~ 1.3
	2	1	CuCrI	Cr 0.3 ~ 1.2
		2	CuCrZr	Cr 0.5 ~ 1.4 Zr 0.02 ~ 0.2
	3	1	CuCo ₂ Be	Co 2.0 ~ 2.8、Be 0.5 ~ 0.7
		2	CuNi ₂ Si	Ni 1.6 ~ 2.5、Si 0.5 ~ 0.8
	4	1	CuNi ₁ P	Ni 0.8 ~ 1.2、P 0.16 ~ 0.25
		2	CuBe ₂ Co Ni	Be 1.2 ~ 2.1；Co、Ni、Fe 各 0.2 ~ 0.6
		3	CuAg ₆	Ag 6 ~ 7
		4	CuAl ₁₀ Fe- 5Ni ₅	Al 8.5 ~ 11.6、Fe 2.0 ~ 6.0、 Ni 4.0 ~ 6.0、Mn 0 ~ 2.0

续表

组	类	编号	名称	成分 (质量分数) (%)				
B	10	—	W75Cu	Cu25				
	11		W78Cu	Cu22				
	12		W70Cu	Cu30				
	13		Mo	Mo99.5				
	14		W	W99.5				
	15		W65Ag	Ag35				
组	类	编号	硬度 HV (300 N) 最小值				软化温度 ()	
			棒 (mm)		锻件	锻件		
			25	< 25				
A	1	1	85	90	50	40	150	
		2	90	95	90	—	250	
	2	1	125	140	100	85	475	
		2	130	140	100	—	500	
	3	1	180	190	180	180	475	
		2	200	200	168	158	500	
	4	1	130	140	130	110	475	
		2	350	350	350	350	300	
		3	—	—	140	120	400	
		4	—	—	170	170	650	
	B	10	—	220				1 000
		11		240				1 000
12		300				1 000		
13		150				1 000		
14		420				1 000		
15		140				1 000		

注：成分中的其他元素含量为余量。

1) 为了延长使用寿命、改善焊件表面的受热状态，电极

应具有高导电率和高热导率；

2) 为了使电极具有良好的抗变形和抗磨损能力，电极在高温下的强度和硬度要高；

3) 电极的加工要方便、便于更换，且成本要低；

4) 高温下的电极材料与焊件金属形成合金化的倾向小，物理性能稳定，不易粘附。

3. 点焊机型号

见表 10—2。

4. 电阻点焊设备的使用方法

(1) 点焊机的调整及调节 现以一般工频交流点焊机为例说明点焊机的调节步骤：

1) 检查汽缸内有无润滑油，如无润滑油会很快损坏压力传动装置的衬环。

2) 每天开始工作之前，必须通过注油器对滑块进行润滑。

3) 接通冷却水，并检查各支路的流水情况和所有接头处的密封状况。

4) 检查压缩空气系统的工作状况。

5) 拧开上电极的固定螺母，调节好行程，然后把固定螺母拧紧。

6) 调整焊接压力，应按焊接规范选择适当的压力。

7) 断开焊接电流的小开关，踏下脚踏开关，检查焊机各元件的动作，再闭合小开关，调整好焊机。

8) 标有电流“通”“断”的开关能断开和闭合控制箱中的有关电气部分，使焊机在没有焊接电源情况下进行调整。在调整焊机时，为防止误接焊接电源，可取下调节级数的任何一个闸刀。

9) 焊机准备焊接前，必须把控制箱上的转换开关放在“通”的位置，待红色信号灯发亮。

10) 装上调节级数开关的闸刀，选择好焊接变压器的调节级数。

11) 打开冷却系统阀门，检查各相应支路中是否有水流出，并调节好水流量。

12) 把焊件放在电极之间，并踏下脚踏开关的踏板，使焊件压紧，做一工作循环，然后把焊接电源开关放在“通”的位

置，再踏下脚踏开关即可进行焊接。

13) 焊机次级电压的选择由低级开始。时间调节的“焊接”、“维持”延时，应按规范决定。“加压”及“停息”延时应根据电极工作行程在切断焊接电流下进行调节。

(2) 点焊机的停止

1) 当焊机短时停止工作时，必须将控制电路转换开关放在“断”的位置，切断控制电路，关闭进气、进水阀门。

2) 当较长时间停止工作时，必须切断控制电路电源，并停止水和压缩空气供应。

三、电阻点焊工艺

电阻点焊工艺包括接头形式和结构形式、点焊方法分类、焊前表面清理、点焊规范等。

1. 接头形式和结构形式

(1) 接头形式 板与板点焊时可采用搭接和卷边接的形式，见图 10—3。棒与棒可采用交叉和平行棒间点焊形式，当棒与棒交叉点焊时，由于接触面积小，电流密度大，可在功率较小的焊机上焊接见图 10—4a；当平行棒间点焊时，由于接触面比交叉点焊时大，焊接较困难，见图 10—4b。棒与板点焊时可采用如图 10—4c 及图 10—4d 的形式，其中弯曲的圆棒与板之间的点焊比直棒与板的点焊方便。

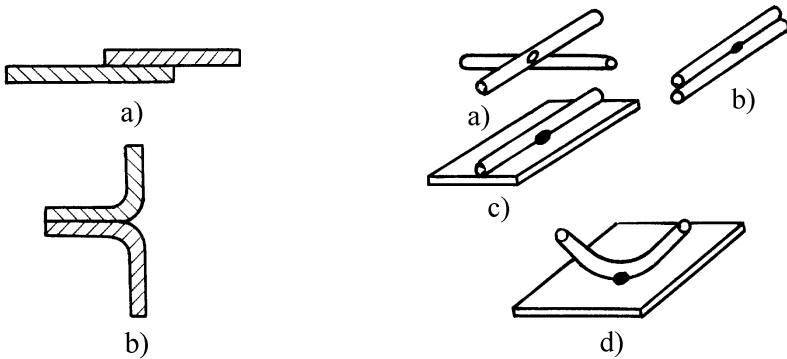


图 10—3 点焊接头形式 图 10—4 圆棒与圆棒及圆棒与板材的点焊

a) 搭接 b) 卷边接

a) b) 圆棒与圆棒的点焊

c) d) 圆棒与板材的点焊

(2) 结构形式 被焊工件的结构的设计应考虑下述因素：

1) 伸入焊机回路内的铁磁体工件或夹具的断面积应尽可能

能小，且在焊接过程中不能剧烈的变化，否则会增加回路阻抗，使焊接电流减小；

- 2) 尽可能采用具有强烈水冷的通用电极进行点焊；
- 3) 可采用任意顺序来进行点焊各焊点，易于防止变形；
- 4) 焊点离焊件边缘的距离不应太小；
- 5) 焊点不应布置在难以进行形变的位置。

可进行点焊的结构典例见图 10—5。

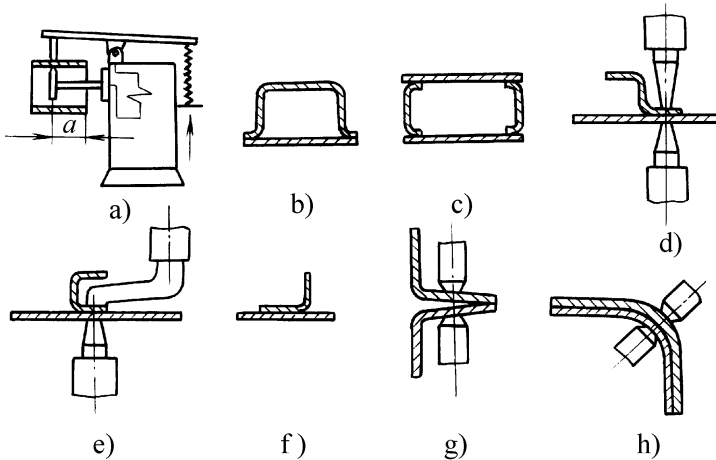


图 10—5 点焊结构典例

2. 点焊方法分类

(1) 双面单点焊 两个电极从焊件上、下两侧接近焊件并压紧，进行单点焊接，见图 10—6a。此种焊接方法能对焊件施加足够大的压力，焊接电流集中通过焊接区，减少焊件的受热体积，有利于提高点焊质量。

(2) 单面双点焊 两个电极放在焊件同一面，一次可以焊成两个焊点，见图 10—6b。其优点是能提高生产率，方便地焊接尺寸大、形状复杂和难以用双面单点焊的焊件，同时还能保证焊件一个表面光滑、平整，甚至无电极压痕。缺点是焊接时部分电流直接经上面的焊件形成分流，使焊接区的电流密度下降。减少分流的措施是在焊件下面加铜垫板，使大部分电流经导电性好的铜垫板流过。

(3) 单面单点焊 两个电极放在焊件的同一面，其中一个电极与焊件接触的工作面很大，仅起导电块的作用，对该电极也不施加压力，见图 10—6c。这种方法与单面双点焊相似，

主要用于不能采用双面单点焊の場合。

(4) 双面双点焊 两台焊接变压器分别对焊件上、下两面的成对电极供电，见图 10—6d。两台变压器的接线方向应保证上、下对准电极，并在焊接时间内极性相反。在一次点焊过程中可形成两个焊点。其优点是分流小，主要用于厚度较大，质量要求较高的大型部件的点焊。

(5) 多点焊 多点焊的优点是生产率高，一次点焊过程中形成多个焊点，见图 10—6e。多点焊既可采用数组单面双点焊，又可采用数组单点焊或双面双点焊来进行点焊。

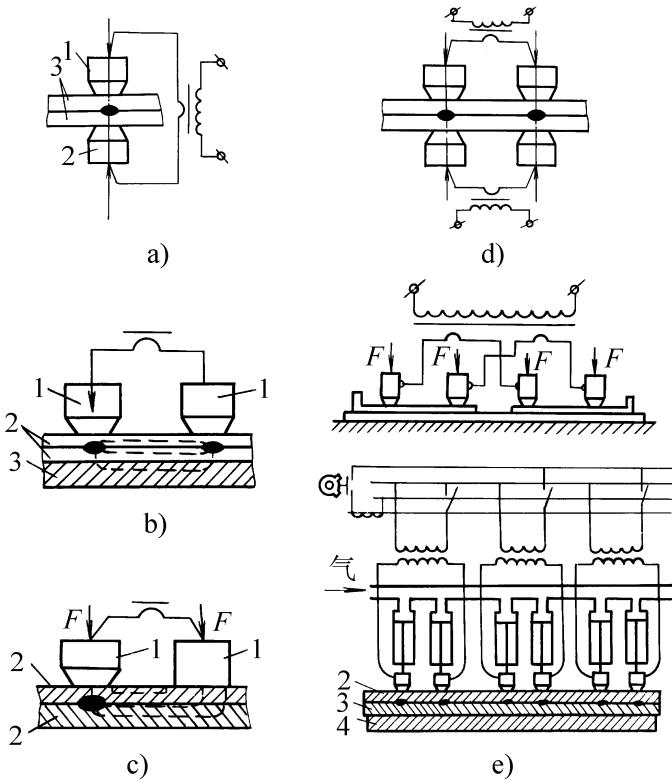


图 10—6 点焊方法示意图

a) 双面单点焊 b) 单面双点焊 c) 单面单点焊

d) 双面双点焊 e) 多点焊

1、2—电极 3—焊件 4—铜垫板

3. 焊前表面清理

焊件表面的油污、氧化物等将直接影响点焊时的热量析出、核心的形成及电极的使用寿命，并导致缺陷的产生，使接头强度与生产率降低。因此，焊前表面清理是一项非常重要的

工序。焊前表面清理可采取下列方法：

(1) 机械清理 可采用旋转钢丝刷、砂布、锉刀、刮刀、金刚砂毡轮（抛光）等工具进行清理，小型焊件可用喷丸处理。机械清理所用设备简单，但生产率低、劳动强度大，且表面容易划伤，清理后允许存放的时间较短。

(2) 化学清理 采用化学清理的方法可以大幅度提高生产率，清理质量稳定、存放时间也较长。化学清理包括去油、酸洗、钝化等。去油方法见表 10—3，酸洗方法见表 10—4。

表 10—3 焊件的焊前去油方法

焊件材质	去油液成分	温度 ()	时间 (min)	说 明
铁、铜、 镍合金	NaOH10% ; H ₂ O90%	80 ~ 90	8 ~ 10	放在 70 ~ 80 的热水中浸洗后用冷水冲净
	Na ₂ CO ₃ 10% ; H ₂ O90%	100	8 ~ 10	
碳钢、合金 钢、不锈 钢、耐热钢	NaOH: 90 g/L NaCO ₃ : 20 g/L	50 ~ 60	6 ~ 8	用冷水冲净
铝及 铝合金	NaOH5% ; H ₂ O95%	60 ~ 65	2	用冷水冲净
	Na ₃ PO ₄ : 40 ~ 50 g/L	60 ~ 70	5 ~ 8	
	Na ₂ CO ₃ : 40 ~ 50 g/L Na ₂ SO ₄ : 20 ~ 30 g/L			

表 10—4 酸 洗 方 法

焊件材质	清洗液成分	温度 ()	时间 (min)	说 明
碳 钢、 合金钢、 不锈钢、 耐热钢	H ₂ SO ₄ : 100 L HCl: 1 L HNO ₃ : 75 L H ₂ O: 824 L	50 ~ 60	—	先用 60 ~ 70 的苏打 (Na ₂ CO ₃ 10%) 溶液中中和，后在冷水中冲洗

续表

焊件材质	清洗液成分	温度 ()	时间 (min)	说 明
铜、铜合金	H ₂ SO ₄ : 100L HCl: 1 L HNO ₃ : 75 L H ₂ O: 824 L	室温	—	室温下在 50 ~ 70 kg m ³ NaOH 或 KOH 溶液中中和, 然后用冷水冲净
铝、铝合金	H ₃ PO ₄ : 300 ~ 350 g L K ₂ Cr ₂ O ₇ : 0.1 ~ 1.0 g L	20 ~ 30	12 ~ 36	用冷水冲净
钛、钛合金	HCl: 700 g L HNO ₃ : 115 g L HF: 85 g L	—	—	—
镁合金	NaOH: 300 ~ 600 g L NaNO ₃ : 40 ~ 70 g L	70 ~ 100	0.1 ~ 1	用冷水冲净

4. 点焊焊接工艺参数

对于在点焊过程中电极力不变的单脉冲点焊来说, 焊接工艺参数主要包括焊接电流、焊接时间、电极压力、电极工作端面的形状和尺寸等。

(1) 焊接电流 焊接电流是决定析热量大小的关键因素, 将直接影响熔核直径与焊透率, 必然影响到焊点的强度。电流太小、则能量过小, 无法形成熔核或熔核过小。电流太大、则能量过大, 容易引起飞溅的产生。在合理的点焊过程中, 熔核直径应根据焊件的厚度来确定, 并满足下列关系式:

$$d_{核} = 2 + 3 \text{ mm}$$

式中 —— 两焊件中薄件的厚度 (mm)。

(2) 焊接通电时间 焊接通电时间对析热与散热均产生一定的影响。在焊接通电时间内, 焊接区析出的热量除部分散失外, 将逐步积累, 用来加热焊接区, 使熔核扩大到所要求的尺寸。如焊接通电时间太短, 则难以形成熔核或熔核过小。要想获得所要求的熔核, 应使焊接通电时间有一个合适的范围, 并与焊接电流相配合。

(3) 电极压力 电极压力大小将影响到焊接区的加热程度和塑性变形程度。随着电极压力的增大，则接触电阻减小，使电流密度降低，从而减慢加热速度，导致焊点熔核直径减小。如在增大电极压力的同时，适当延长焊接时间或增大焊接电流，可使焊点熔核增加，从而提高焊点的强度。

(4) 电极工作端面的形状和尺寸 根据焊件结构形式、焊件厚度及表面质量要求等的不同，使用电极的形状有所不同。电极形状结构见图 10—7。

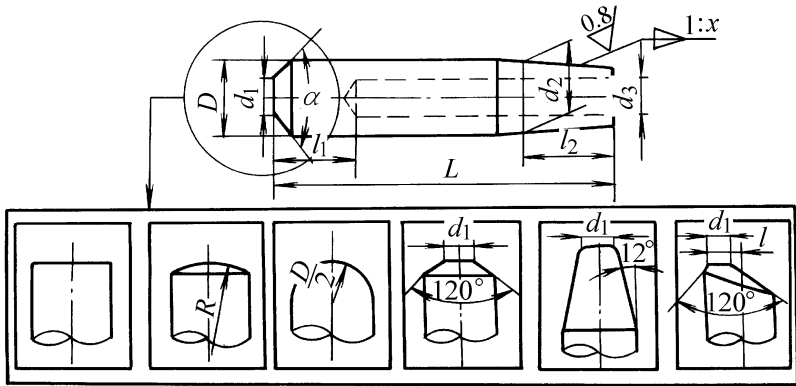


图 10—7 点焊电极端头形状

5. 常用金属材料的点焊要点及工艺参数

(1) 低碳钢点焊 厚度在 0.25 ~ 6.0 mm 范围内的低碳钢可用交流点焊机进行点焊。超过该范围的低碳钢需采用特殊的点焊机和特殊的工艺进行点焊。当厚度 > 6 mm 时，由于焊件的刚性大，要使两焊件可靠接触，必须要有很大的电极压力，另外，核心压实所需的锻压力也很大。低碳钢板点焊工艺参数见表 10—5。

表 10—5 低碳钢板点焊工艺参数

厚度 (mm)	焊接电流 (A)	焊接通电时间 (s)	电极头直径 (mm)	电极压力 (N)	熔核直径 (mm)
0.3	3 000 ~ 4 000	0.06 ~ 0.20	3	300 ~ 400	4
0.5	4 000 ~ 6 000	0.12 ~ 0.48	4	450 ~ 1 350	4.3
0.8	5 000 ~ 7 500	0.16 ~ 0.6	5	600 ~ 1 900	5.3
1.0	5 600 ~ 8 800	0.2 ~ 0.72	5	750 ~ 2 250	5.4

续表

厚度 (mm)	焊接电流 (A)	焊接通电时 间 (s)	电极头直 径 (mm)	电极压力 (N)	熔核直径 (mm)
1.2	6 100 ~ 9 800	0.24 ~ 0.8	6	850 ~ 2 700	5.8
1.5	7 000 ~ 10 000	0.3 ~ 0.9	6	1 400 ~ 3 800	5.8
2.0	8 000 ~ 13 300	0.4 ~ 1.28	8	1 500 ~ 4 700	7.6
3.0	10 000 ~ 17 000	0.64 ~ 2.1	10	2 600 ~ 8 000	8.5

(2) 中碳钢、低合金钢点焊

1) 随着含碳量的增加和合金元素的加入,使奥氏体稳定性增加。点焊时,高温停留时间短、冷却速度快,导致奥氏体内成分不均匀,冷却后会出现淬硬组织,使焊点硬度高、塑性低。降低冷却速度,或者采用局部和整体焊后热处理,可提高焊点的塑性。

2) 容易形成热裂纹 防止的方法可在熔核凝固过程中施加较大的锻压力,但需要复杂的加压机构,所以一般不采用。广泛使用的方法是降低熔核的凝固速度,以便减小凝固收缩所产生的拉应力,且使拉应力的产生速度减低。为了提高焊点的塑性和防止裂纹的产生可采取以下措施:

采用软规范点焊。通电时间为焊接同厚度低碳钢的 3 ~ 4 倍。但软规范点焊存在着热影响区大、晶粒长大严重、焊接变形大、生产率低和电极使用寿命短等缺点。

采用双脉冲范围点焊。可使熔核在凝固时受到补充加热,因而降低了凝固速度,同时增加电极压力的压实效果。

中碳钢的点焊工艺参数见表 10—6。低合金钢的点焊工艺参数见表 10—7。

表 10—6 中碳钢的点焊工艺参数

板厚 (mm)	焊接电流 (A)	焊接通电时间 (s)	电极压力 (N)	电极头直 径 (mm)
0.5	3 000 ~ 4 000	0.5 ~ 0.7	300 ~ 500	4
0.8	3 500 ~ 5 000	0.6 ~ 0.8	500 ~ 800	4

续表

板厚 (mm)	焊接电流 (A)	焊接通电时间 (s)	电极压力 (N)	电极头直径 (mm)
1.0	4 000 ~ 6 000	0.8 ~ 1.2	800 ~ 1 000	5
1.5	5 000 ~ 7 000	1.0 ~ 1.4	1 200 ~ 1 800	6
2.0	6 000 ~ 8 000	1.4 ~ 2.0	2 000 ~ 3 000	7
3.0	9 000 ~ 12 000	2.0 ~ 2.5	3 500 ~ 4 500	9

表 10—7 低合金钢的点焊工艺参数

板厚 (mm)	第一脉冲		脉冲间隙	
	电流 (A)	时间 (s)	(s)	
2	8 000	0.3	0.02 ~ 0.04	
2.5	9 000	0.4	0.02 ~ 0.04	
3	10 000	0.4	0.04 ~ 0.06	
3.5	12 000	0.5	0.04 ~ 0.06	
板厚 (mm)	第二脉冲		电极压力 (N)	电极头直径 (mm)
	电流 (A)	时间 (s)		
2	5 000	0.3	3 000	7
2.5	6 000	0.4	4 000	8
3	6 500	0.4	5 000	9
3.5	8 500	0.5	8 000	11

(3) 镀层钢点焊 在低碳钢板上镀一层耐腐蚀的金属或合金。它包括镀锌钢、镀铝钢、镀锡钢和镀锡锌钢等。

1) 镀锌钢的点焊 一般应采用双面单点焊或双面双点焊，而尽量避免采用单面双点焊，因为单面双点焊时电流分流较大，所需的电流比其他的高，容易使电极过热而降低寿命。厚度 < 1.5 mm 的镀锌薄板，随厚度的增加而焊接性降低。而厚度 > 1.5 mm 时则不受镀层厚度的影响。

电极 电极材料为 A 组 2 类，电极锥角为 100°~ 140°，