

第 60 篇 焊接机械化与自动化

(试 用 本)

机械工程手册 编辑委员会
电机工程手册



机械工业出版社

TH-62

3
3:60

机械工程手册

第 60 篇 焊接机械化与自动化

(试 用 本)

机械工程手册
电机工程手册

编辑委员会



机械工业出版社



A619785

的科技交流部门，为审定稿件做了大量的工作。各篇在编写、协调、审查、定稿各个环节中，广泛征求意见，发挥了广大群众的智慧和力量。

(五) 为了使手册早日与读者见面，广泛征求意见，先分篇出版试用本。由于我们缺乏编辑出版综合性技术工具书的经验，试用本在内容和形式方面，一定会存在不少遗漏、缺点和错误。我们热忱希望读者在试用中进一步审查、验证，提出批评和建议，以便今后出版合订本时加以修订。

(六) 本篇是《机械工程手册》第60篇，由哈尔滨焊接研究所主编，参加编写的有第一机械工业部第八设计院、邵阳第二纺织机械厂、长沙锅炉厂等单位。许多有关单位对编审工作给予大力支持和帮助，在此一并致谢。

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会编辑组

编 辑 说 明

(一) 我国自建国以来, 机械工业在毛主席的革命路线指引下, 贯彻“独立自主、自力更生”和“洋为中用”的方针, 取得了巨大的成就。为了总结广大群众在生产和科学研究方面的经验, 同时采用国外先进技术, 加强机械工业科学技术的基础建设, 适应实现“四个现代化”的需要, 我们组织编写了《机械工程手册》和《电机工程手册》。

(二) 这两部手册主要供广大机电工人、工程技术人员和干部在设计、制造和技术革新中查阅使用, 也可供教学及其他有关人员参考。

(三) 这两部手册是综合性技术工具书, 着重介绍各专业的理论基础, 常用计算公式, 数据、资料, 关键问题以及发展趋向。在编写中, 力求做到立足全局, 勾划概貌, 反映共性, 突出重点。在内容和表达方式上, 力求做到深入浅出, 简明扼要, 直观易懂, 归类便查。读者在综合研究和处理技术问题时, 《手册》可起备查、提示和启发的作用。它与各类专业技术手册相辅相成, 构成一套比较完整的技术工具书。《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品六个部分, 共七十九篇; 《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化七个部分, 共五十篇。

(四) 参加这两部手册编写工作的, 有全国许多地区和部门的工厂、科研单位、大专院校等五百多个单位、两千多人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员, 更为广泛。许多地区

目 录

引言	60-1
----------	------

第1章 焊接机械化 自动化方案的选择

1 工艺特点	60-1
1.1 常用熔化焊接法的机械化自动化特点	60-1
1.2 常用压力焊接法的机械化自动化特点	60-5
1.3 常用钎焊方法的机械化自动化特点	60-9
2 产品结构	60-10
3 经济效益	60-12

第2章 焊接机械装备

1 装焊夹具	60-13
1.1 结构设计要求	60-13
1.2 通用装焊夹具	60-13
1.3 专用装焊夹具	60-16
2 焊接变位机械	60-18
2.1 变位机	60-18
2.2 回转台	60-20
2.3 翻转机	60-20
2.4 滚轮架	60-21
2.5 操作机	60-25
2.6 电渣焊立架	60-29
2.7 焊工升降台	60-30
3 焊丝清理、焊剂垫、焊剂输送与回收装置	60-31
3.1 焊丝除锈	60-31
3.2 焊丝除油	60-31
3.3 埋弧焊焊剂垫	60-32
3.4 焊剂输送与回收装置	60-34
4 焊件自动焊接装置	60-36
4.1 梁柱焊接装置	60-36
4.2 圆筒形容器焊接装置	60-37

4.3 球体焊接装置	60-37
4.4 椭圆轨迹焊接装置	60-39

第3章 焊接自动控制

1 焊接程序控制	60-39
1.1 焊接过程的程序	60-39
1.2 焊接程序指令系统	60-40
1.3 焊接参数控制系统	60-40
2 焊接的适应控制	60-48
2.1 气体保护电弧焊熔深的适应控制	60-48
2.2 摩擦焊功率极值控制	60-50
2.3 等离子电弧焊熔透的适应控制	60-50
3 焊接行进方向的控制	60-50
3.1 机械引导	60-51
3.2 焊缝跟踪	60-53
3.3 数字控制	60-55

第4章 焊接生产线

1 设计原则	60-57
1.1 设计特点	60-57
1.2 组成	60-57
1.3 控制	60-57
2 焊接生产线结构实例	60-57
2.1 间歇传送生产线	60-57
2.2 连续传送生产线	60-60

第5章 切割机械化自动化

1 常用切割机的选用	60-62
2 轨迹控制	60-63
2.1 机械引导	60-63
2.2 光电控制	60-63
2.3 数字控制	60-67
3 切割辅助控制	60-69
4 专用切割机	60-71
参考文献	60-71

引言

焊接生产过程一般包括：1) 准备（焊接材料的清洗、烘干、工件开坡口等），2) 装配（对正、定位、夹紧或点固焊等），3) 焊接，4) 清理（从装配架上卸除工件、清除焊渣等），5) 检验，6) 焊后热处理及机械加工，7) 最后检验等工序。焊前和焊后各项辅助工序的劳动量往往超过焊接主工序本身。焊接生产过程的机械化与自动化可以是：

1) 焊接主工序单独机械化自动化，2) 包括焊前辅助工序的机械化自动化，3) 包括焊前和焊后辅助工序的机械化自动化。经济效果自然以3为最高，其次为2；技术难度和设备投资费用也以3最大，其次是2。在大多数焊接生产实践中，采用2的比较多。

第1章 焊接机械化自动化方案的选择

通常，某一焊接产品的生产，根据技术要求，经过材料可焊性试验及焊接工艺对比，选定焊接方法和工艺步骤，为了提高生产率、保证焊接质量或改善劳动条件，进而考虑实现机械化和自动化。在此过程中，很可能发现原来选定的焊接方法或工艺不易实现机械化自动化或不经济，因而需要重新选择其他焊接方法和工艺，甚至反复多次。

选择焊接机械化自动化方案时应考虑的诸因素如下：

1 工艺特点

1.1 常用熔化焊接法的机械化自动化特点

各种熔化焊的共同工艺特点是其热源都在焊缝上形成金属熔池。妥善保持熔池和控制其成形（熔深、熔宽和保护）是保证焊接质量的关键条件，也是熔化焊实行机械化自动化所应考虑的重要因素。平焊位置是保持熔池的最佳位置，熔池成形的控制则需通过焊接规范参数的调节来实现。

本节所列工艺特点只属于实行机械化自动化所应考虑的项目。夹具和变位机械往往是各种熔化焊实行机械化自动化共同需要的装备，将在本篇第2章中专门介绍。

1.1.1 手工电弧焊

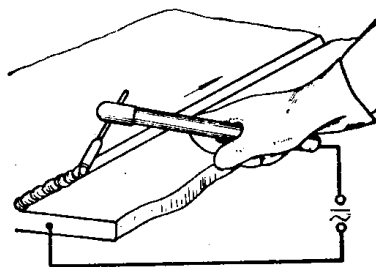


图60·1-1 手工电弧焊

焊条长度有限（ $\leq 560\text{mm}$ ），更换焊条需中断施焊。每焊一层需清除焊渣。输入热量较大，工件变形较大。效率低、劳动强度大，但施焊灵活性大。

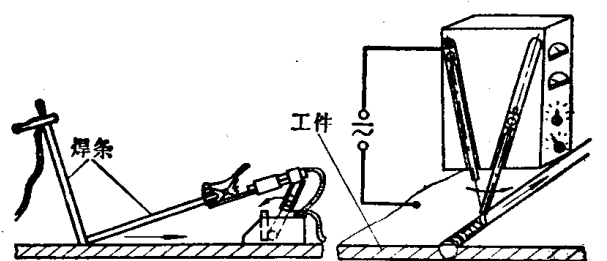
a. 受控参数 1) 电弧电压，2) 焊接电流，3) 焊速（焊炬或工件运行速度），4) 焊炬摆动速度及幅度，5) 焊条送进速度。

b. 机械化自动化的可能方式

1) 采用变位机械，使工件或焊工处于易焊位置（例如平焊位置）。

2) 采用多头重力焊（图60·1-2 a）或焊条自动送进及摆动机构（图60·1-2 b）代替手工操作。

3) 在可能条件下采用气体保护焊或埋弧焊等高效率焊接法代替手工电弧焊。



a) 重力焊 b) 自动送进及摆动焊条机构
图60-1-2 涂料焊条电弧焊的机械化

1.1.2 非熔化极气体保护焊

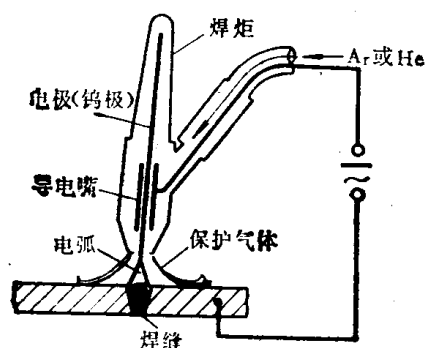


图60-1-3 非熔化极气体保护焊

电弧热量较集中，输入热量较小，熔池体积较小，易于保持和控制，适合于全位置焊。工件变形小，特别适合于薄件（ $<5\text{mm}$ ）焊接或厚件打底焊；薄件不开坡口，采用填丝亦可焊厚件。

a. 受控参数 1) ~ 4) 同手工电弧焊，5) 填丝时需控制送丝速度，6) 保护气体——通常经确定后，很少需要在施焊过程中变换。

b. 机械化自动化的可能方式

1) 在全位置焊（如固定管子对接焊）或其他特殊情况下可实行程序控制或适应控制或二者结合，提高焊接质量和自动化程度（见本篇第3章）。

2) 采用脉冲焊接电流技术与程控结合，更易控制熔池，提高质量。

3) 采用焊缝跟踪系统使焊炬精密地沿焊缝运行（见本篇第3章）。

1.1.3 熔化极气体保护焊

电弧能量较分散，输入总热量较大，熔池较大，焊速较快，适合于中、厚板（ $>5\text{mm}$ ）焊接。焊接电流、电压和保护气体成分影响熔滴过渡形式和焊

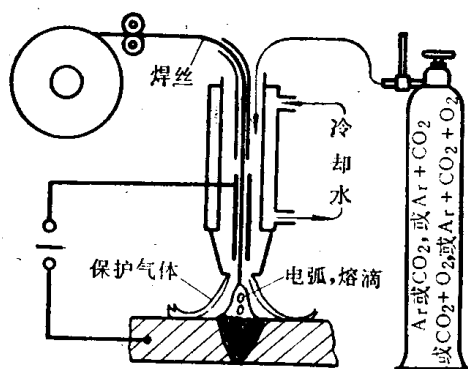


图60-1-4 熔化极气体保护焊

缝成形。纯氩和富氩（ $>90\%\text{Ar}$ ）混合气体保护焊可实现脉冲电流技术，纯 CO_2 和富 CO_2 （ $>70\%$ ）混合气体保护焊可实现短路过渡技术（或称短弧技术），都能改进熔滴过渡和焊缝成形。

a. 受控参数 1) ~ 6) 同1.1.2节。

b. 机械化自动化的可能方式

1) ~ 3) 同1.1.2节。

4) 由于熔池体积较大，熔滴过渡形式复杂等因素，在实行筒体、管道环缝之类的全位置焊接时，最好采用变位机械使工件处于平焊位置，以便于控制熔池和焊缝成形。如不可能，则宜采用脉冲电流或短弧技术与程序控制结合。还宜把焊炬作适当形式的摆动，控制熔池冷凝速度，增进成形质量。

1.1.4 等离子弧焊接

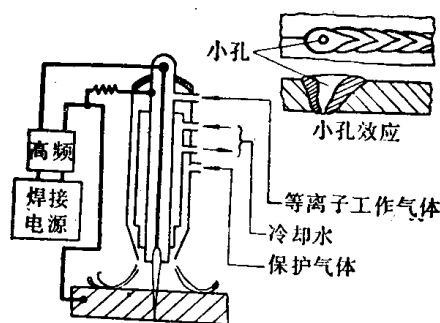


图60-1-5 等离子弧焊

一般工艺特点与非熔化极气体保护焊相似，但电弧热量更集中，熔化穿透力更强，可焊较厚工件（一般至 6mm ）。小孔效应是熔透的标志，其形成不仅取决于电弧输入热量，而且取决于等离子工作气体的冲击力。也可进行填丝焊接较厚材料。

a. 受控参数 1) ~ 6) 同非熔化极气体保护

焊。7) 等离子工作气体——通常经确定后在焊接过程中不再变更。但在要求改变穿透力以便控制不同熔深时, 往往需要变换其流量从而改变等离子弧的冲击力和穿透力。

b. 机械化自动化的可能方式

1)~3) 同非熔化极气体保护焊。

4) 小孔效应的控制可采取三种方式: 等离子工作气体流速恒定, 只调节焊接电流(即输入热量); 焊接电流恒定, 只调节等离子工作气体流速(等离子弧冲击力); 二者同时配合调节。焊速对小孔形成亦有一定控制能力。

5) 利用等离子弧穿过小孔的尾焰电弧电压作信号进行适应控制(见本篇第3章)。

6) 采用脉冲电流技术与程控配合, 更能提高焊接质量。

1.1.5 埋弧焊

电弧在焊剂层下燃烧。为了保持熔池和焊剂, 一般要求在平焊位置施焊。通常只适用于 $>5\text{mm}$ 的厚件焊接。为了提高生产率可采用双丝或多丝(双丝共同建立一个熔池, 或各丝前后并列, 各自建立独立熔池, 各焊一层)。

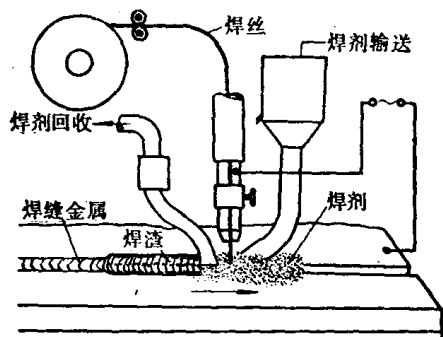


图60-1-6 埋弧焊

a. 受控参数 1) 电弧电压, 2) 焊接电流, 3) 送丝速度, 4) 焊速。

b. 机械化自动化的可能方式

- 1) 使用变位机械把工件置于平焊位置
- 2) 设立焊剂自动输送和回收装置
- 3) 有时可应用焊剂垫改善焊缝背面成形
- 4) 因通常和平焊位置进行焊接, 较少需要程控

5) 使用工业电视, 观察焊剂层下电弧位置和

焊缝成形, 实现焊缝跟踪和便于调节焊接规范

6) 使用双丝或多丝同步焊接, 提高生产率。

1.1.6 气电立焊和电渣焊

气电立焊的熔池由保护气体或气、渣(使用药芯焊丝)联合保护。只用直流电源施焊。

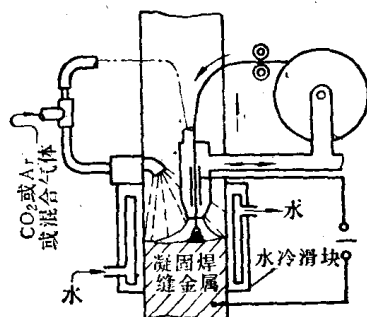


图60-1-7 气电立焊

电渣焊热源是焊剂渣池的电阻热, 电弧只在起焊时存在, 渣池建立后即告熄灭。金属熔池由渣池保护。交、直流电源均可应用。

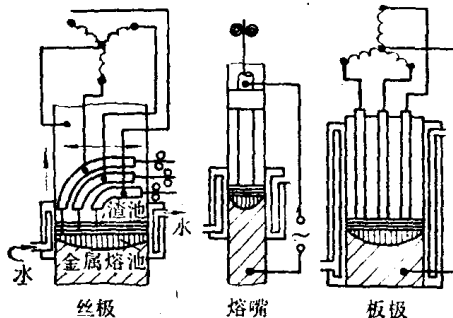


图60-1-8 电渣焊

这两种焊接法都要求在垂直位置上施焊, 并只适合于 $>10\text{mm}$ 的厚件焊接。

a. 受控参数 气电立焊: 1) 电弧电压, 2) 焊接电流, 3) 送丝速度, 4) 焊速(焊炬上升速度), 5) 焊炬摆动速度及幅度。

电渣焊: 1) 焊接电压和电流, 2) 送丝速度(丝极和熔嘴填丝), 3) 焊速(焊炬和渣池液面上升速度), 4) 丝极焊炬摆动速度及幅度, 5) 渣池深度。

b. 机械化自动化的可能方式

1) 气电立焊和电渣焊设备本身都具有较高的机械化程度。各项焊接参数经确定后, 在焊接过程

中很少需要变换,故一般不需进行程控。

2) 熔池体积大,不能中断施焊过程,必须维持熔池的连续性,否则容易产生焊接缺陷。

3) 渣池和金属熔池深度影响渣池热量和母材熔宽,应密切注意控制;可利用光导管对熔池液面高度进行适应控制(见本篇第3章第2节)。

4) 环缝焊接利用滚轮架旋转工件,焊接机头固定,在平焊位置上施焊。

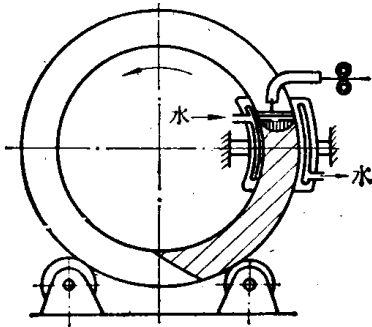


图60-1-9 环缝焊

1.1.7 电子束焊

热源是焦点细($\phi 0.025 \sim 0.75\text{mm}$)、能量密度大($\approx 1600\text{W}/\text{mm}^2$)的电子束。焊接熔深/熔宽比大,总输入热量小,焊接变形量小。

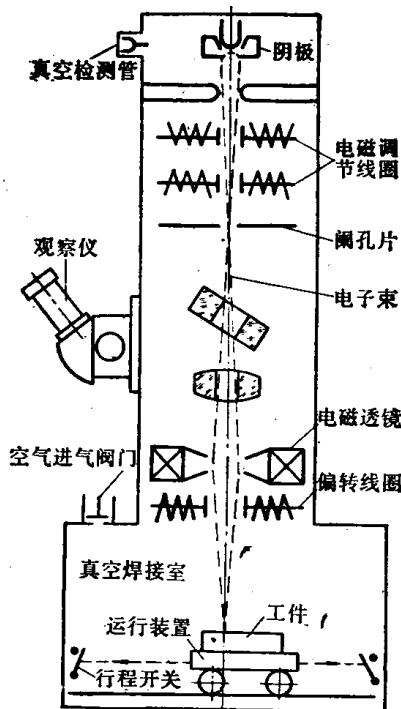


图60-1-10 电子束焊

(1) 高真空电子束焊 焊接室的真空度约 10^{-4} 托,电子束聚焦性能好,焊接质量高;抽真空时间长,生产率低,成本高。

(2) 低真空电子束焊 焊接室真空度 $10^{-1} \sim 10^{-3}$ 托,电子束焦点较散,熔深一般比高真空电子束焊小5~10%。不需扩散泵,抽真空时间短,生产率较高,成本较低。

(3) 非真空电子束焊 工件置于大气中,电子束通过真空度逐级减小的通道进入大气进行焊接;焦点散,相当于大功率电弧焊的效率和质量,熔深/熔宽比小;因不需真空室,成本低、生产率高。

a. 受控参数 1) 加速电压, 2) 束流, 3) 焊速, 4) 聚焦电流, 5) 电子枪至工件距离。电子束焦点大小取决于上列五个基本参数。电子束功率(加速电压和束流的乘积),决定金属熔化量。提高加速电压或束流会增大熔深;其他四个参数恒定时,增大焊速会减小熔深,熔宽也稍稍减小。焊速不变时,减小任一其他参数,都会增大焦点,减小熔深,增大熔宽。在非真空电子束焊中,只用束流作受控参数,其他四个参数一经调定即固定不变。

b. 机械化自动化的可能方式

1) 聚焦控制系统:用电子光学系统测量熔点面积;用拾音器测量电子束轰击工件表面的振动音响;用电子接收器测量二次反射电子电流;用集电杯或探头测量束流;用红外线传感器测量工件温度等间接方法取样,代表焦点信号的大小,经适当放大,驱动伺服机构,自动调节聚焦电流及/或电子束功率,实现聚焦自动控制。

2) 电子束对正系统:使电子束对正焊缝中心,方法有三种:光学观察系统;电子扫描,把低功率电子束在焊缝上作50Hz的横向摆动,用示波仪显示电子束与焊缝位置的偏差;适应控制法。

3) 焊缝跟踪系统:机械跟踪;用传感器测量电子束偏转束流或二次反射电子电流作信号,控制工件或电子枪运行的伺服机构或控制偏转线圈,使电子束回复到焊缝上来;把焊缝轨迹编成程序,进行数字程控或计算机控制。

4) 有时为了产生某种特殊焊接效果,需使电子束作某种形式的摆动或偏转或折射。进行不连续间歇式焊接(例如点焊)时,要求产生各种频率和幅度的脉冲电子束。

1.2 常用压力焊接法的机械化自动化特点

各种压力焊接法的共同特点是借助于加热（电阻热或机械摩擦热等）和加压而进行焊接。金属熔化量很小（如点焊、凸焊），或虽有熔化金属但在完成焊接前需由压力挤出焊缝（如闪光焊、高频焊等），或不熔化（如电阻对焊、摩擦焊及冷压焊等），形成固态焊接。因此不存在熔池保持和难焊位置问题。保证焊接质量的条件是适当控制加热温度和时间，加压压力和时间，以及它们的互相匹配；这也是各种压力焊实现机械化自动化所应考虑的重要因素。

1.2.1 点 焊

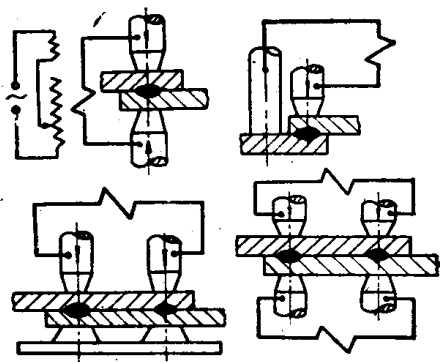


图60-1-11 点焊

a. 基本焊接顺序

- 1) 预压：电极压紧工件并加预压力。
- 2) 焊接：电极通电，5~20 V，5000~40000 A，在工件接触处产生局部电阻热，形成熔核。
- 3) 压力维持：切断电流，维持电极压力，直至熔核凝固，形成焊点。
- 4) 停焊：松开电极，移至新点焊位置，开始新的焊接循环。

整个循环一般在几分之一秒至数秒内完成，视材料、板厚、焊接规范而定。

b. 典型焊接循环(图60-1-12) 1) 单脉冲焊接循环；2) 具有缓升和衰减热量控制的单脉冲焊接循环；3) 多脉冲焊接循环；4) 具有顶锻和焊后加热的单脉冲焊接循环。

c. 电源 单相或三相交流。

d. 焊机型式 固定式，焊钳，单点式，多点式。

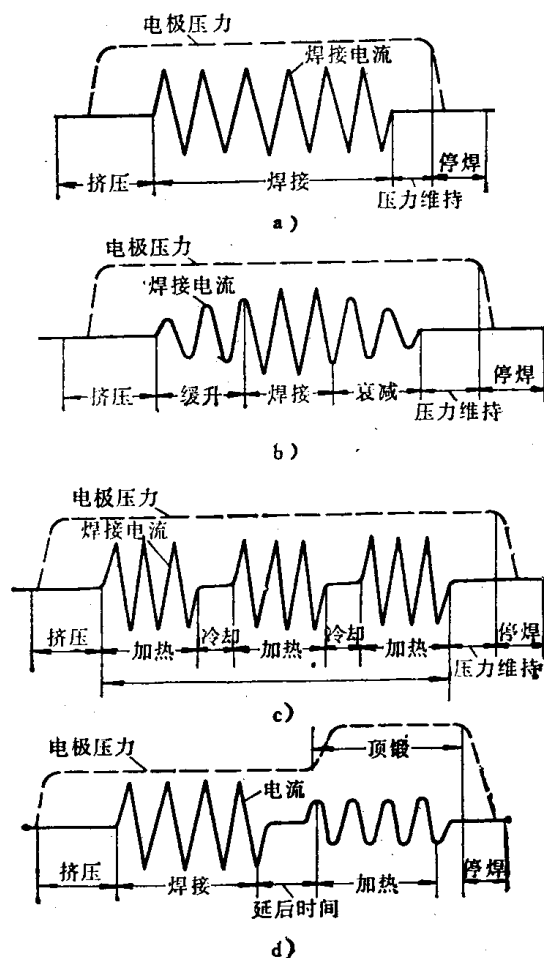


图60-1-12 典型点焊焊接循环

e. 受控参数 1) 电极压力，2) 预压时间，3) 焊接电流，4) 焊接时间（通电时间），5) 电极压力维持时间，6) 停焊时间。2)、4)、5)、6) 各项时间通常以交流电的周波数表示。

f. 机械化自动化的可能方式

1) 电极加压方式：脚踏杠杆，空气传动，或电机传动。

2) 顺序定时控制：用定时器（时间继电器）控制各个顺序的持续时间。焊接通电时间的控制要求较高的精度和可重复性；在精密点焊工件上要求通电时间作同步控制（即每一焊点通电的起始和切断时间点都位于相同的交流电周波相位上，使通电时间相等）。

3) 热量控制：即焊接电流大小的控制。通常在焊接变压器一次回路中用抽头转换开关进行粗调，并设电子移相控制电路进行微调，用可控硅管作触发器控制引燃管的引燃角来调节焊接电流的均

方根值,达到热量控制目的。

4) 电流电压自动补偿调节: 电流调节器对一次回路电子移相网络进行反馈控制, 补偿网路电压的波动或二次回路阻抗变化所引起的焊接电流变化。电压调节器则把实际电压与预调基准电压比较, 对一次回路电子移相网络反馈控制, 补偿因负载变化、分流现象等因素所引起的焊接电流的改变, 使之保持在预调值的 $\pm 2\%$ 范围内。

5) 适应控制: 例如利用红外线传感器监测焊点温度, 对移相网络反馈控制, 自动调节焊接电流, 或对定时器进行反馈, 控制焊接时间, 以适应工件板厚、电极顶尖形状等的变化而保持焊点质量的恒定(参见本篇第3章第2节)。

1.2.2 凸 焊

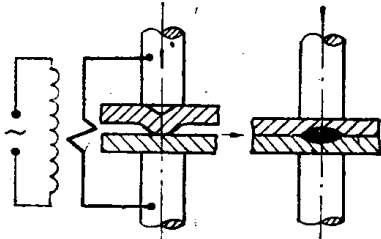


图60-1-13 凸焊

工艺特点与点焊相似, 但电极压力和电流施加在工件预先制成的凸点上。凸点在约20%的焊接(通电)时间内被逐渐压偏; 在约50%的焊接时间内开始熔化, 逐渐增大熔化直径和深度; 在约60~70%焊接时间内工件之间的间隙应完全压平密合; 此后熔核直径和深度还随时间而增大, 直至形成适当大小的焊核后, 切断焊接电流, 维持电极压力, 直至熔核凝固为止。

a. 受控参数 1)~6) 同点焊, 7) 凸点几何形状及大小。

b. 机械化自动化的可能方式

1) 电极加压方式: 有液压、弹簧、电磁或空气传动等方式。对机构要求为惯性小、能快速跟随凸点的压溃而下降的优良随动性(否则会产生飞溅)。电极的随动性可用电极加速度 $a = g + \frac{F}{M}g$ 来评定(g ~重力加速度, F ~电极压力, M ~机头运动部分的重量)。大型焊机的 $a = 15 \sim 25g$, 小型焊机的 $a = 30 \sim 40g$; 应尽量减小加压系统的摩擦和运动部件的重量。

2) 电力控制: 顺序定时和热量控制大致与点焊相同, 但进行多凸点连续焊时, 热量积聚和分流效应比在多点焊情况下严重; 每一凸点的焊接热量控制要求各有不同, 一般而言, 后一凸点的焊接电流或时间应大于前一凸点所需的, 依次递增。按凸点先后顺序的热量控制可编成程序进行自动控制, 逐点变换焊接电流或时间。

1.2.3 缝 焊

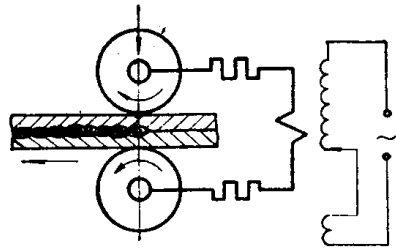


图60-1-14 缝焊

辊轮电极在工件上连续等速滚动和加压, 焊接电流则断续通电(脉冲电流), 产生连续搭接焊点(原理与点焊相同), 形成密封焊缝。

a. 受控参数 1) 焊接脉冲电流大小, 2) 脉冲电流持续时间和频率, 3) 电极压力, 4) 电极或工件移动速度。

b. 机械化自动化的可能方式

1) 电极加压方式: 机头由空气或液压传动, 向上辊轮电极施加压力。下电极有辊轮、平板或心轴等形式, 固定在支架或工件台上, 支承工件, 支承压力。

2) 电极或工件移动方式: 上电极的旋转运动由滚花轮或摩擦轮或齿轮机构驱动; 工件的移动由上电极的旋转带动, 或夹紧在平板下电极上, 移动下电极带动工件。

3) 电力控制: 大致与点焊的各项电力控制相同。

1.2.4 电阻对焊

加热温度(小于熔点)使焊接面达到塑性状态。顶锻后软化金属及少量熔化金属被挤出接头(形成毛刺, 焊后需清除), 完成固态焊接。

a. 受控参数 1) 挤压力, 2) 焊接电流, 3) 通电时间, 4) 顶锻力, 5) 顶锻时间, 6) 顶锻量(距离)。

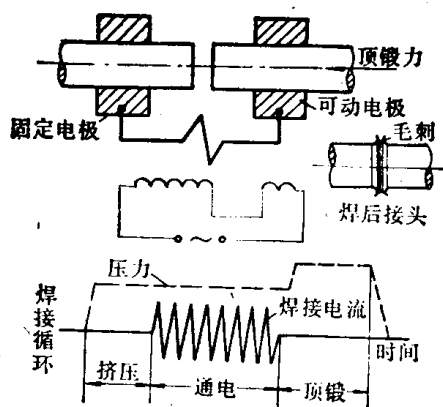


图60-1-15 电阻对焊

b. 机械化自动化的可能方式

1) 加压方式：用凸轮，弹簧或液压传动控制挤压力和顶锻力。

2) 顺序定时控制：定时器控制通电时间和顶锻时间；顶锻量由行程开关控制。

3) 热量控制：一般只在焊接变压器一次回路中设抽头开关，调节焊接电流；也有用电子移相网络进行焊接电流微调。

1.2.5 闪光对焊

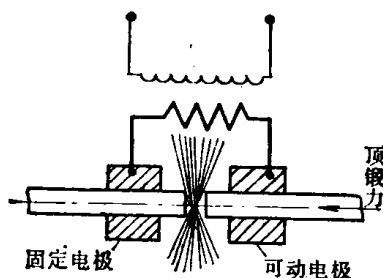


图60-1-16 闪光焊

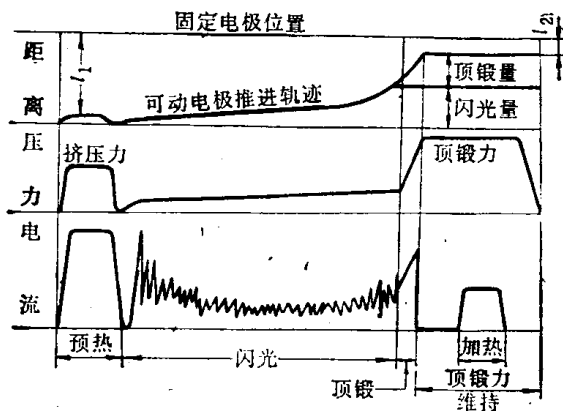


图60-1-17 闪光焊的典型焊接循环

在预热期间，挤压力使工件1和2的对接面接触，预热电流使接触面上的不平小凸点熔化，爆炸成金属颗粒飞出接头间隙（同时还可能产生局部电弧），形成“闪光过程”。在闪光期间，可动电极夹模连同工件1向工件2连续推进，维持闪光过程，使对接面均匀加热至塑性状态；其推进速度需与焊接电压和电流的变化构成适当的函数关系（通常取对数函数或抛物线函数关系），才能维持适当的闪光过程。当对接面加热至适当塑性深度后，电极推进速度迅速增大，产生“顶锻力”，使工件形成固态焊接。顶锻把熔化金属和部分塑性金属从接头面挤出，形成毛刺，焊后需清除。

a. 受控参数 1) 工件伸出电极夹模的长度，

2) 两电极夹模的初始距离 l_1 ，3) 预热挤压力，4) 预热电流及时间，5) 闪光时间，6) 闪光量（即可动电极在闪光期间推进距离，亦即由闪光过程消耗的工件长度），7) 闪光速度（即可动电极在闪光期间的推进速度），8) 顶锻速度（即可动电极在顶锻期间的推进速度），9) 顶锻力和时间，10) 顶锻量（即可动电极在顶锻期间的推进距离，亦即顶锻后工件压缩长度），11) 顶锻力维持时间（即顶锻末期电极不再推进后顶锻力的保持时间），12) 闪光后加热电流及时间（只用于特殊情况下），13) 焊后两电极夹模间距 l_2 。

b. 机械化自动化的可能方式 采用预热、闪光和顶锻的加压及推进机构。

1) 电机-凸轮方式 电机驱动三个同轴凸轮 I、II、III（见图60-1-18）。凸轮 I 的 ab 段曲线决定可动电极在闪光期间的推进运动和闪光量，bc 段曲线决定顶锻推进运动和顶锻量。凸轮 II 使焊接电流开启和切断点与凸轮 I 的闪光位置相对应（可调节）。凸轮 III 使电机的启动、调速和关闭与凸轮 I 的

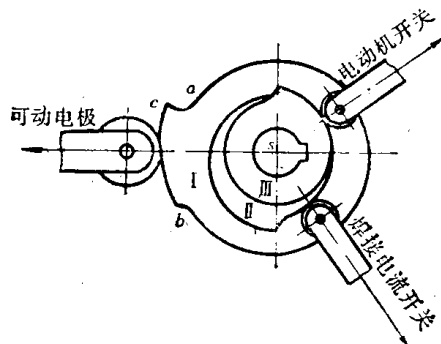


图60-1-18 电机-凸轮机构

闪光-顶锻位置相对应。具有此种机构的闪光焊机结构简单,通常只用于单一产品的焊接,灵活性和通用性较小。

2) 电-液伺服机构方式(图60·1-19) 液压缸执行可动电极和工件2的闪光及顶锻期间的推进运动,它受指令系统和位置反馈信号的控制。指令系统同时控制预热、闪光和顶锻期间的电流大小。指令系统可由凸轮机构、数控系统或计算机组成。此类闪光焊机灵活性大,特别适合于轧钢车间的带钢焊接。

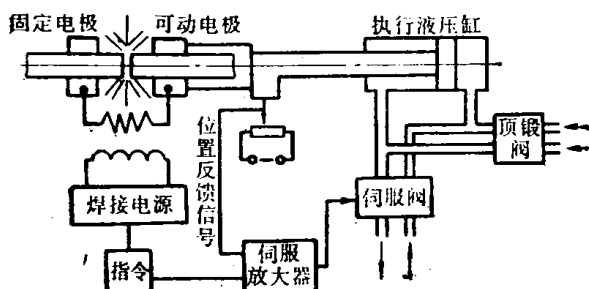


图60·1-19 电-液伺服机构

1·2·6 高频焊

利用高频电流的集肤效应和邻近效应产生涡流,加热工件对接面,在挤压辊轮的压力作用下形成固态焊接。高频电流频率范围在图60·1-20 a中常用450kHz左右,在图b式用10~450kHz(工件厚度愈小,频率愈高)。焊接电流范围一般为1000~2000 A,焊接功率有25、60、140及280kW等级别。用于管子、翅片管、H或T形型材生产的纵缝连续焊接,生产率很高。

a. 受控参数 1) 工件对接边V形张口角度要求恒定保持 $4^{\circ} \sim 7^{\circ}$, 2) 高频电流频率, 3) 输入功率 $P = IU$, 4) 功率密度 $[P/(t \times d_3)]$, 其中 t 为板厚, d_3 为接触电极至挤压辊轮中心线距离,见图60·1-21], 5) 焊接速度(工件运行速度)。

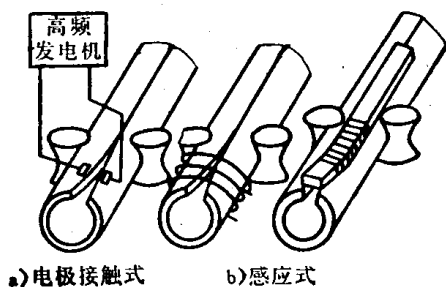


图60·1-20 高频焊

b. 机械化自动化的可能方式 高频焊是纵缝连续焊接过程,各项参数一经选定后要求保持不变。重要的是电压稳定、工件对接边V形张口角度($4^{\circ} \sim 7^{\circ}$)恒定,并保持 d_1 、 d_2 及 d_3 三个尺寸不变(图60·1-21),否则会引起高频功率输出量及工件对接边缘电流分布、加热深度和最终温度的改变,影响焊接质量。

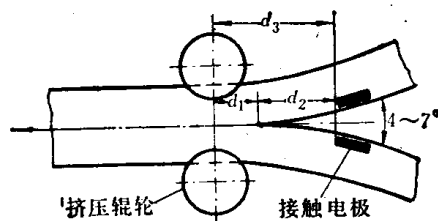


图60·1-21 高频焊机机械装备的几何位置

1·2·7 摩擦焊

把摩擦机械能转换为热能,加热工件对接面达到塑性状态,在压力作用下形成固态焊接。分连续驱动和惯性摩擦焊两种基本形式。

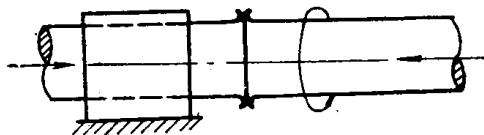


图60·1-22 摩擦焊

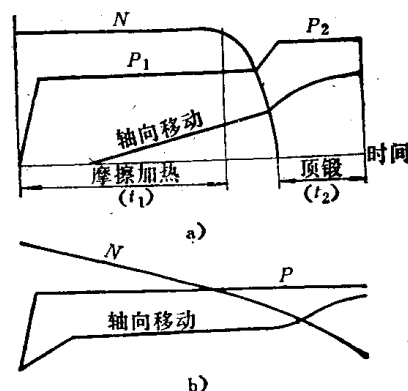


图60·1-23 摩擦焊程序

a. 受控参数

连续驱动摩擦焊: 1) 转速 N , 2) 摩擦压力 P_1 , 3) 加热时间 t_1 (摩擦时间), 4) 顶锻力 P_2 , 5) 顶锻时间 t_2 或距离。

惯性摩擦焊: 1) 转速(工件旋转初始圆周线

速度 N), 2) 轴向压力 P , 3) 飞轮直径(惯性转矩), 4) 轴向移动速度及时间。

b. 机械化自动化的可能方式

1) 焊机设计要求: 要有足够的强度和刚度, 能承受高主轴转速、大轴向压力、大扭矩和强烈的径向振动。

2) 加压及夹紧方式: 机械或液压传动。

3) 自动控制: 功率极值适应控制(参见本篇第3章第2节), 测量记录 P_1, t_1, P_2, t_2 各值与标准值比较, 用时间继电器和行程开关控制工件形变速度。

1.3 常用钎焊方法的机械化自动化特点

各种钎焊方法的共同工艺特点是借助于一种低熔点(低于母材熔点)的钎料金属的熔化、流布和毛细作用填充钎界面而使母材接合, 但母材本身不熔化。保证钎焊质量的共同工艺条件是: 1) 适当的钎焊工作温度(低于母材熔点, 高于钎料金属熔点)和时间, 2) 均匀的热场分布, 3) 适当的装配间隙, 4) 适当的保护措施(加钎剂或保护气氛或真空施焊), 5) 焊前、焊后工件表面的清洗。这些也是实行机械化自动化所应考虑的重要因素。

1.3.1 火焰钎焊

火焰要适当移动, 先加热工件的较厚部位, 次加热较薄部位, 最后加热钎焊接头, 以达到热量均匀分布。要尽量避免火焰直接加热钎剂和钎料金属。它们的熔化应借助于母材均匀达到钎焊工作温度后的热量。

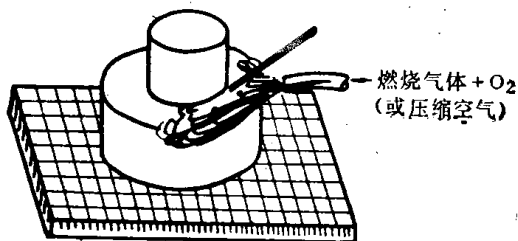


图60-1-24 火焰钎焊

1) 机械化火焰钎焊: 常采用传送带或旋转台, 使工件通过多工位站, 定时完成钎焊程序。用定时器控制时间。

2) 自动添加钎剂: 定时定量送进钎剂(粉状、膏状或液体), 液体钎剂往往可喷射成雾状混合在燃

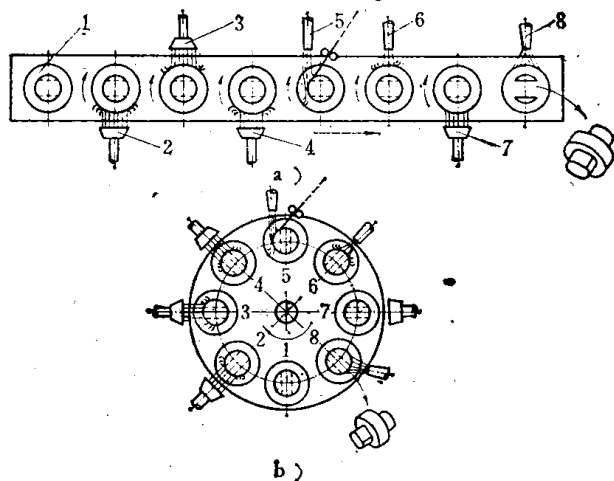


图60-1-25 机械化火焰钎焊

烧气体中, 在最后加热站随火焰喷到接头上去。

3) 自动添加钎料: 定时定量送进钎料金属丝, 送进量应与熔化量配合。

1.3.2 炉中钎焊

通常要求同时完成工件装配、钎剂和钎料添加, 然后入炉加热, 逐渐升高温度, 使之均匀分布。炉内要通风良好, 及时排除水蒸汽和蒸发的油脂等有害气体。钎焊保护气体有许多种, 取决于钎焊材料和产品要求。

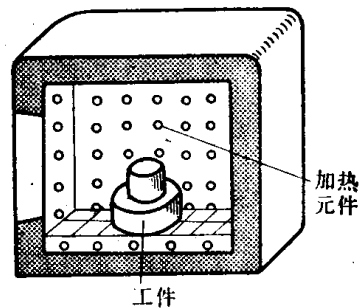


图60-1-26 炉中钎焊

炉中钎焊的机械化: 有带式传送炉(图60-1-27), 及辊道传送炉加热方式有燃烧气体加热(如图60-1-27所示)或电热(电热比较容易控制温度和炉内气氛的成分)。可设置自动测温装置, 反馈调节

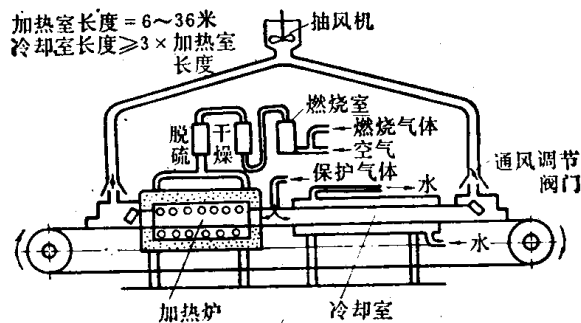


图60-1-27 机械化炉中钎焊(带式传送炉)

输送带电机转速、或炉子的加热功率或通风速度，从而控制钎焊温度和时间。

1.3.3 浸浴钎焊

钎焊浴池是钎焊热源，有的兼起钎料（一般为软钎料合金）、钎剂、渗碳或氮化等作用。加热方式有燃料（气体或液体）加热或电热。工件要在入池前装配好，有的要同时装好钎料或钎剂。

浸浴钎焊的机械化：采用旋转式升降吊架（图60·1-29）或一列式升降吊架（见本篇第4章），使工件定时通过多工位，完成钎焊程序。

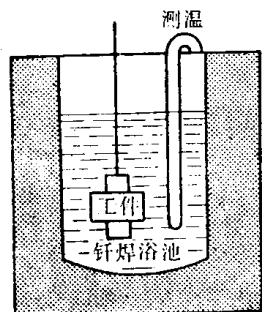


图60·1-28 浸浴钎焊

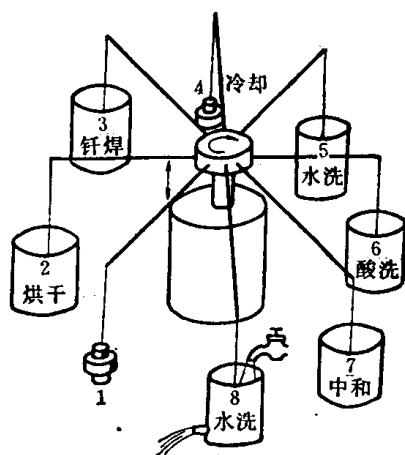


图60·1-29 机械化浸浴钎焊

在浸浴钎焊池中可设自动测温装置，反馈调节加热功率或升降吊架的运转时间，从而控制钎焊温度和时间。

1.3.4 感应钎焊

感应圈电流在工件上产生涡流及 $I^2 R$ 热量，加热工件，达到钎焊温度。感应圈应按工件形状设计。电流频率范围一般用 50~450Hz，取决于待焊工件材料和要加热的深度等因素。

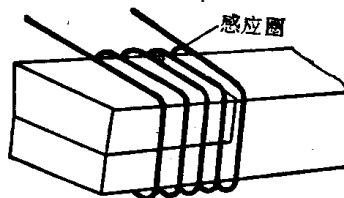


图60·1-30 感应钎焊

感应钎焊的机械化：通常采用适当传送机械，使工件（预先装配好并加添钎剂和钎料）定时通过按工件形状设计的固定感应工作圈（图60·1-31）。

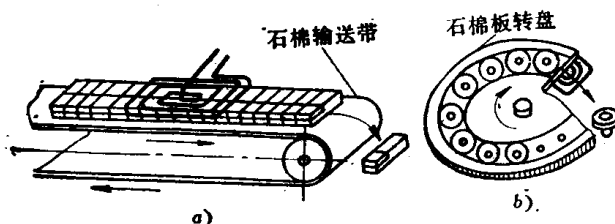


图60·1-31 机械化感应钎焊（举例）

2 产品结构

产品焊接结构的形式不仅影响产品本身的结构强度，而且也决定实现焊接机械化自动化的难易程度。产品设计人员和焊接技术人员应密切合作，共同协商，选择既符合结构强度要求又易于实施焊接机械化自动化的产品结构。下列的一般原则可供参考：

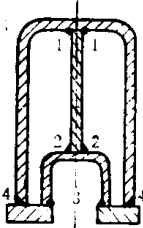
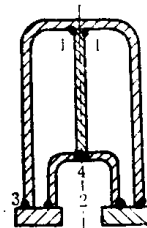
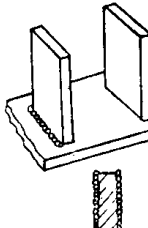
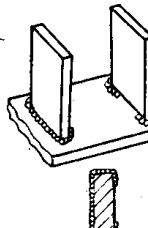
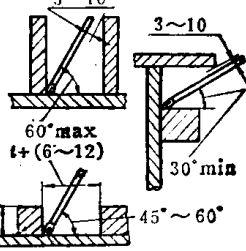
1) 合理减少焊缝数目不仅有利于结构强度，而且有利于实现焊接机械化自动化。

表60·1-1 合理减少焊缝数目举例

图 例					
结构强度	不 利	特别适合于 A-A 轴向受弯曲力的梁结构	特别适合于受流体内压力的箱结构	尚 可	有 利
焊接机械化自动化	不 利	有 利	有 利	不 利	有 利

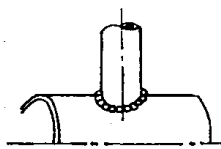
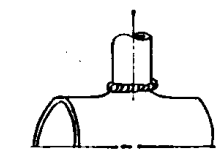
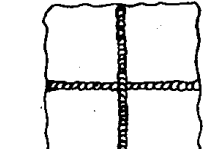
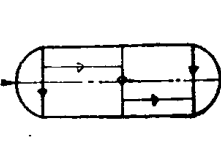
2) 焊机头接近焊缝的可达性要好, 要合理安排装配顺序和施焊顺序及焊缝布局。

表60·1-2 焊缝可达性举例

				 三种典型的焊条或焊丝可达度参考数据
装配和施焊顺序不正确	正 确	焊缝布局不正确	正 确	

3) 尽可能采用直线、圆等同一平面的简单形式的焊缝, 应避免多条焊缝在同一点交叉或会合。

表60·1-3 焊缝形式选择举例

图 例				
结构强度	较 差	较 好	焊缝会合点容易产生较大应力和缺陷	较 好
焊接机械化自动化	较 难 (焊缝呈马鞍形)	容 易 (焊缝呈圆环形)	容易 (但会合点起弧或收弧至少两次)	容 易

4) 尽可能采用自夹紧装配结构, 避免使用复杂夹具, 特别对钎焊和电子束焊接更为重要 (表60·1-4~5及图60·1-32~33)。

表60·1-4 薄壁管钨极氩弧焊自夹紧装配结构举例

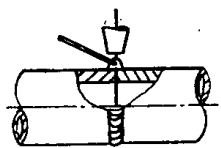
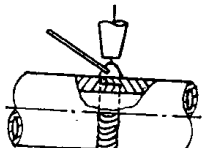
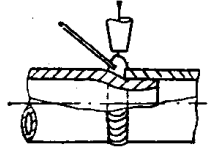
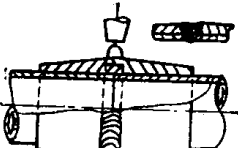
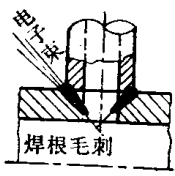
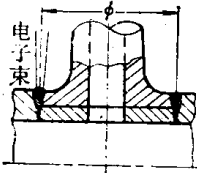
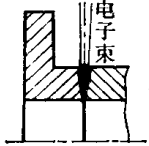
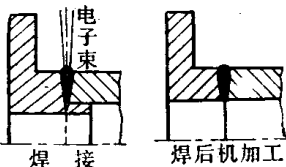
图 例				
自夹紧装配能力	需用夹具	较 差	好	最 好
结构强度	好	尚 可	好	最 好
其 他	焊缝可见度好, 容易把电弧对准焊缝中心	容易在内、外接缝处产生未焊合	需填焊丝。只适用于管内流体的流速和腐蚀无要求的情况	需添制套管, 增加制造成本

表60-1-5 电子束焊接自夹紧装配结构举例

图 例				
自夹紧装配力	需用夹具	好	需用夹具	好
其 他	施焊位置不便, 容易在管内壁上产生毛刺, 不易清除	好	电子束聚焦要求高	电子束聚焦要求不高

5) 合理选择焊接接头形式(坡口形式)。

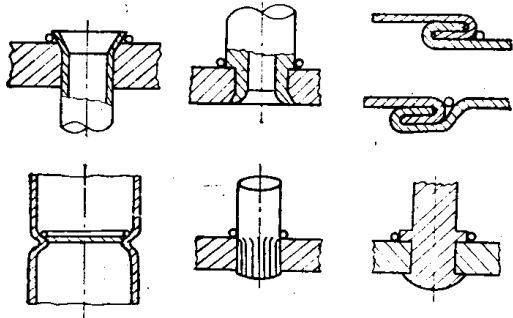


图60-1-32 钎焊自夹紧装配结构举例

点固焊是大多数焊接法可采用的自夹紧装配方式。点固焊点位置应: 1) 不妨碍施焊和焊缝质量, 2) 不损害工件使用性能和外观。

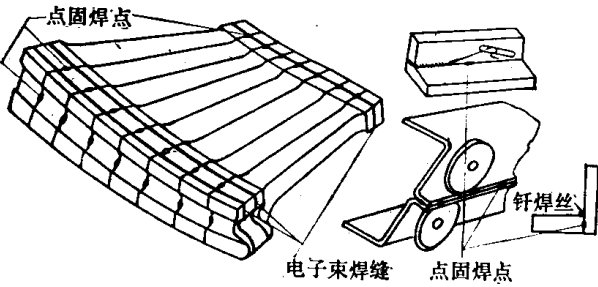
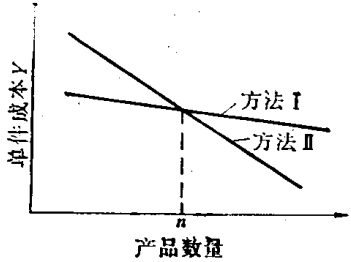


图60-1-33 点固焊构成的自夹紧装配举例

表60-1-36 “单件成本——产品数量”关系的对比分析

 采用或改用方法Ⅱ能获得经济效益的产品数量应大于n		项 目	方法Ⅰ	方法Ⅱ
自动化程度			I < II	
设备投资			I < II	
单 件 成 本			Y_I Y_{II}	
产 品 数 量	< n		$Y_I < Y_{II}$	
	= n		$Y_I = Y_{II}$	
	> n		$Y_I > Y_{II}$	

3 经济效益

a. 产品数量与单件成本 显然, 只有当产品数量达到一定数值时, 机械化自动化的经济效益才能大于装备的投资。对于同一种产品可以采用达到相同产品质量的几种机械化或自动化程度不同的方法(包括同一种焊接方法但机械化自动化程度不同的几种方式, 或几种不同焊接方法具有不同机械化自动化程度)必须进行“单件成本——产品数量”关系的对比分析, 求出采用或改用机械化自动化程度较高的一种方法能收到经济效益的最低产品数量(表60-1-6)。

同一类型、同一质量的焊接产品“单件成本”的核算应包括: 焊接辅助材料(填充材料、焊剂、保护气体等), 辅助工时, 焊接工时, 设备投资在一定的回收期间给单件产品的分摊数, 设备保管维修、折旧等因素。一般而言, 采用自动化程度较高的焊接方法要求焊接面的加工精度和装配精度也较高; 如果不相应提高加工和装配工序的自动化并保证其质量, 则会大幅度增加辅助工时, 甚至影响焊接效率和焊接质量。