

焊工工艺学

四川省机械厅委托教材
四川省劳动人事厅技校教研室

12



四川省机械厅
四川省劳动人事厅

责任编辑：解励诚 明小波

封面设计：李 勤

技术设计：解励诚 明小波

技工学校教改教材

焊工工艺学

四川省机械工业厅宣传教育处

四川省劳动人事厅技校教研室 编

四川科学技术出版社出版、发行

(成都盐道街3号)

成都石岭丝印铭牌印刷厂印刷

ISBN 7-5384-1260-6/TH·32

1989年5月第1版 开本 787×1092毫米1/16

1989年5月第1次印刷 字数 433 千

印数1-2000册 印张 18

定 价： 5.80元

前 言

根据《中共中央关于教育体制改革的决定》和《技工学校工作条例》精神，为了适应技工学校教学改革的需要，提高教学质量，实现培养目标，我们组织编写了技工学校教改教材：《语文》、《思想品德修养》、《数学》、《化学》、《体育》、《工厂管理》、《机械制图》、《机械制图习题集》、《机械基础》、《电工基础》、《公差配合与测量》、《金属工艺学》、《车工工艺学》、《钳工工艺学》、《焊工工艺学》、《铸工工艺学》、《钳工》（生产实习教材）、《车工》（生产实习教材）。

这套教改教材是在总结几年来我省技校教学改革经验和充分调查研究的基础上组织编写的。它紧扣技工学校培养目标，以加强生产实习教学为“龙头”，以中级技术工人应知应会为主要依据，对课程设置和教学内容进行了改革。编写中贯彻了由浅入深，循序渐进原则，力求切合我省技工学校教改和学生实际，切合企业生产实际。在使学生掌握中级技工所需的基础知识和操作技能的同时，对如何更好地发展智力、提高分析问题和解决问题的能力也作了一定的探索。因此，这套教改教材在教学思想，教材体系、教学内容、举例、练习等方面都有一定的突破，具有较强的适应性、实用性和针对性。

这套教改教材适用于各级各类技工学校机械类工种（专业），也可作为机械类工种工人中级技术培训教材。其中《语文》、《思想品德修养》、《数学》、《化学》、《体育》、《工厂管理》适用于所有技工学校。

由于技工学校教学改革正逐步深化，加之编写时间短促，这套教材难免有不足，敬请批评指正。

四川省机械工业厅宣传教育处
四川省劳动人事厅技校教研室

1988年4月

编者说明

本书由四川省机械工业厅宣传教育处和四川省劳动人事厅技校教研室组织编写。

全书内容如下：绪言；第一章焊接结构生产过程；第二章手工电弧焊；第三章电焊条；第四章焊接缺陷检验及防止方法；第五章手工电弧焊电源；第六章气焊与气割；第七章埋弧自动焊；第八章气体保护电弧焊；第九章其它焊接与切割；第十章焊接应力及变形；第十一章常用金属材料的焊接；第十二章锅炉压力容器焊接工艺规程。

本书绪言、第一、二、三、六章由陶大全编写，第四、十章由杨正洪编写，第七、八、九章由魏昌德编写，第五、十一、十二章由梁昌荣编写。梁昌荣担任主编，杨正洪担任主审。

预计授课时数为196学时。

本教材的特点是，系统介绍了各种焊接方法及常用金属材料的焊接工艺，并根据受压元件的焊接技术要求，突出了受压元件的焊接工艺规程、质量检验、返修技术等知识。本书紧密联系生产实际，内容编排由浅入深并与实际操作训练相配合，是焊接工人技术培训必不可少的教材。

本书除适合技术工人学习外，也可供焊接工程技术人员阅读、参考。

本书在编写过程中，还受到四川省劳动人事厅锅炉压力容器安全监察处工程技术人员的帮助和支持，在此表示感谢。

目 录

结 言	1
第一章 焊接结构生产过程	4
§1-1 构件的备料过程	4
§1-2 装配与焊接	9
第二章 手工电弧焊	12
§2-1 常用的工具和安全操作规程	12
§2-2 焊接电弧构造及特点	14
§2-3 焊接电弧的极性和偏吹	18
§2-4 熔滴过渡的形式及影响因素	19
§2-5 焊缝代号	21
§2-6 焊接工艺规范参数	32
§2-7 焊接工时定额	36
第三章 电焊条	39
§3-1 焊条及其组成	39
§3-2 焊条的分类和选用	42
§3-3 酸、碱性焊条的特点	48
§3-4 焊条的使用管理	54
第四章 焊接缺陷检验及防止方法	58
§4-1 焊接接头的性能	58
§4-2 焊接缺陷	64
§4-3 焊接质量检验	71
第五章 手工电弧焊电源	82
§5-1 焊接回路及电源	82
§5-2 弧焊发电机	85
§5-3 弧焊变压器	89
§5-4 弧焊整流器	93
§5-5 手工电弧焊电源的选择和接线	97
§5-6 手工电弧焊设备的维护及故障处理	100
第六章 气焊与气割	105
§6-1 气焊、气割原理	105
§6-2 气焊、气割材料	106
§6-3 气焊、气割设备及工具	111
§6-4 气焊工艺	124

§ 6-5 气割工艺	127
第七章 埋弧自动焊	131
§ 7-1 埋弧自动焊概述	131
§ 7-2 焊接过程自动化概念	132
§ 7-3 埋弧自动焊机	135
§ 7-4 焊接材料	140
§ 7-5 埋弧自动焊工艺	144
第八章 气体保护电弧焊	149
§ 8-1 气体保护焊概述	149
§ 8-2 氩弧焊	151
§ 8-3 二氧化碳气体保护焊	158
第九章 其它焊接与切割	167
§ 9-1 碳弧气刨	167
§ 9-2 等离子切割与焊接	172
§ 9-3 电渣焊	176
§ 9-4 摩擦焊	182
§ 9-5 接触焊	185
第十章 焊接应力及变形	192
§ 10-1 焊接应力及变形的概念	192
§ 10-2 焊接应力及变形产生的原因	195
§ 10-3 防止和减少焊接应力及变形的措施	199
§ 10-4 产品实例分析	206
第十一章 常用金属材料的焊接	212
§ 11-1 钢的可焊性	212
§ 11-2 碳素钢的焊接	214
§ 11-3 低合金高强度钢的焊接	217
§ 11-4 铬钼耐热钢的焊接	221
§ 11-5 不锈钢的焊接	224
§ 11-6 铸铁焊补	229
§ 11-7 有色金属的焊接	232
第十二章 锅炉压力容器焊接工艺规程	240
§ 12-1 锅炉及压力容器简介	240
§ 12-2 锅炉及压力容器焊接工艺规程	242
§ 12-3 锅炉及压力容器焊工考试规则	245
§ 12-4 返修技术和规则	247
§ 12-5 典型产品的工艺分析	248
附录一 钢制压力容器焊接规程	252
附录二 锅炉受压元件焊接技术条件	261
附录三 锅炉压力容器焊工考试规则	269

绪 言

在机器制造工业中，焊接是一种非常重要的金属加工工艺。随着科学技术的向前发展和创新，焊接已经成为一门独立的学科。在许多工业部门的金属结构中，如造船、航空、建筑、电子技术、原子能、压力容器、机器制造等方面，焊接结构得到了日益广泛的应用。

在工业发达的国家里每年生产焊接结构约占整个钢产量的45% 到2000年将为10%。当今世界上功率为125万千瓦的最大的原子能反应堆，其压力容器高达13米，内径5米总重540吨，全部采用焊接方法制成。还有48万吨的巨型油轮、12.5万千瓦汽轮机转子和重达120吨的大型水轮机工作轮、大型球形容器等都主要依靠焊接制造。

焊接在产品中所占的重要地位，还可以从焊缝长度和焊点数量上表现出来。例如在交通运输工业中，制造一艘30万吨的油轮，其焊缝总长达1000公里，相当于从北京到上海的距离。一辆小汽车需要5000~12000个焊点。一架飞机的焊点，多达二、三十万个。

随着工业的发展，焊接新能源不断得到开发，焊接新工艺也相继出现；焊接技术日益提高，应用范围不断扩大。焊接不仅普遍应用于大型、复杂的产品制造，而且在电子工业中也占有举足轻重的地位。目前的焊接工艺已能焊接比打字纸还薄的金属箔；焊接比头发丝还细的金属丝。

焊接在现代化工业生产中有如此广泛的应用和迅速的发展，是因为它具有一系列技术和经济上的优越性。比如焊接工艺简单，生产周期短，特别适合于单件产品和小批量产品的生产。它经济效益好，接头强度高，并能大幅度节省金属材料，减轻结构自重等。

例如一部起重机采用焊接结构制造，其重量与采用铆接结构相比，可以减轻15~20% 12000吨水压机的下横梁若采用铸钢件，其重量可达470吨；而采用焊接结构则重量只有260吨，重量减轻近45%。大型水轮机空心主轴净重达47.3吨（图0-1），可采用三个方案制造：a.全锻；b.由两个铸钢法兰与锻造轴筒拼焊；c.轴筒由厚板弯成两个圆筒并焊接而成，然后与铸钢法兰拼焊。这三个方案无论在材料消耗或大型机床的加工工时以及成本等方面进行比较，都表明焊接结构具有明显的优势（见表0-1）。

表0-1

方 案	项 目	净重（吨）	毛重（吨）	消耗钢材（吨）	占用大型机床（台时）	成本对比 %
a	整 锻	47.3	1 0	200	1400	100
b	铸焊（Ⅰ）	47.3	66	132	1300	70.6
c	铸焊（Ⅱ）	47.3	53	102	1000	53.0

焊接是一种把分离的物体联接成一个整体的制造加工方法。焊接与其它联接方法有着本质的区别，它不仅使被联接材料在宏观上建立永久性的联系，而且在微观上建立了组织之间的联系。

Technical drawing of a shaft with a keyway. The drawing includes three views: a front view (top), a top view (middle), and a side view (bottom). The front view shows the shaft with a keyway and a central hole. The top view shows the shaft with a keyway and a central hole. The side view shows the shaft with a keyway and a central hole. The drawing is labeled with 'a)' and 'b)'.

- a) 整领
- b) 铸钢法兰与锻造轴筒焊接
- c) 铸造法兰与焊接轴筒焊接

因此，焊接就是通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使焊件达到原子结合的一种加工方法。

如上所述,实现焊接必须从外界提供足够的能量(热能或机械能等),按焊接时采用的能源、方式以及金属所处的状态不同,可以把焊接分为以下三大类,即熔化焊、压焊和钎焊(图0-2)。

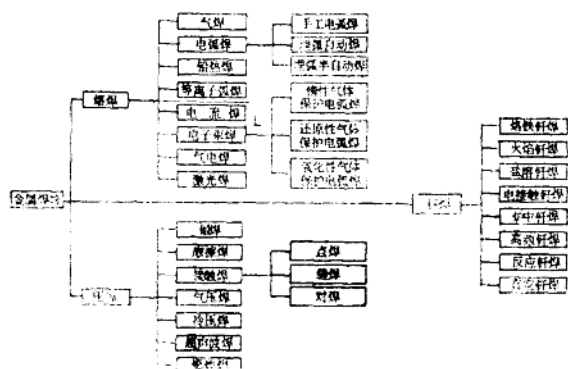


图0—2 焊接方法的分类

熔化焊接就是把被联接的构件表面局部加热熔化成液体，然后冷却结晶，形成牢固的接头。熔化焊接要经过以下几个过程：加热——熔化——冶金反应——结晶——固态相变——形成接头。焊接时，根据热源形式的不同，可以将熔化焊接分为气焊、电弧焊、电渣焊、气电焊、电子束焊等。

压焊（也称固相焊接），它是利用加压、摩擦、扩散等物理作用克服联接金属表面间的不平度，促使金属表面的氧化膜破裂或被挤出，使联接金属表面的原子相互接近，从而在固态条件下形成牢固的焊接接头。

电阻焊大多属于压焊（即焊接过程中都要进行加压）。但有些电阻焊，如点焊、滚焊，其接头形成过程伴有熔化结晶过程，因此，可以归为熔化焊接。

钎焊是采用某些熔点低于被联接构件材料的金属作联接媒介（下称钎料），将构件和钎料加热到高于钎料熔点，但低于构件熔点的温度，利用液态钎料润湿构件母材，填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接构件的方法。钎焊过程必须采取加热和保温措施，按照热源和保护形式不同可分为火焰钎焊、烙铁钎焊、盐浴钎焊等。

焊工工艺学是一门理论性和实践性较强的学科。通过学习，学生应掌握中级焊工所需要的工艺理论知识，并能分析和制定合理的焊接工艺方案，探索提高焊接质量的新途径。

目前，我国的焊接科学技术已经取得了很大的发展。焊接材料的品种不断增加；焊条产量逐年提高；先进的焊接方法如等离子弧焊接、电子束焊接、激光焊接等均已得到应用。近年来还在研究离子束焊接和光束焊接，其中包括太阳能焊接。

在焊接设备方面，我国已能设计和制造几百种焊接设备，并且不少焊接设备的控制系统采用了计数式程序电路。手弧焊用的硅整流式直流电焊机得到了迅速的发展；数字程序控制气割机已经研制成功。

在焊接检验方面，不少工厂开始由原来的x光探伤向效率高、成本低的超声波探伤过渡。

为了培养焊接技术人才和发展焊接科学技术，我国先后在许多高等学院和中等技术学校开设了焊接专业，并在各地建立了焊接研究所和电焊机研究所，为造就一支宏大的焊接技术队伍创造了有利条件。

但是，我国的焊接技术和世界先进水平相比，仍然存在着一定的差距，因此，我们必须加倍努力学习、刻苦钻研，不断攀登焊接科学技术的新高峰，使我国的焊接技术尽快赶上和超过世界先进水平。

复 习 题

1. 什么叫焊接？实现金属焊接应具备哪些条件？
2. 焊接可分为哪几类？各有何特点？

第一章 焊接结构生产过程

焊接结构是指用焊接方法制造的金属结构。它是根据设计和工艺技术要求，将不同钢材或型钢加工成不同形状和尺寸的零件，然后通过焊接联成一个整体。例如火车、汽车、轮船、锅炉、钢质桥梁等都是采用焊接方法制造的典型焊接结构。

焊接是制造焊接结构过程中的一个重要工序。制造焊接结构要经过很多道工序，实践证明，加强各道工序之间的内在联系，对提高焊接结构的生产率及保证焊接结构的最终质量，有着非常重要的意义。因此，需要首先了解各有关加工工序的基本特点，以求对整个结构的生产过程有一个总的认识，有助于全面分析问题和解决问题。

焊接结构制造的工艺过程大致如图 1-1 所示。

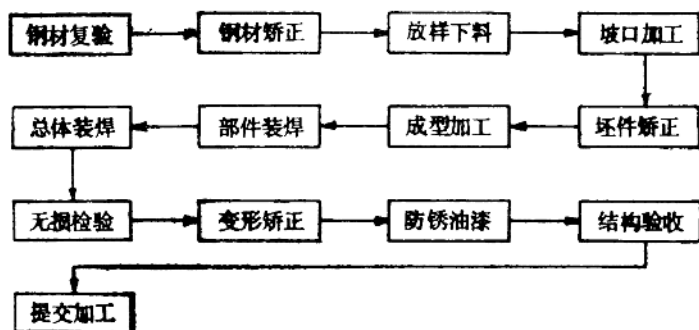


图 1-1 焊接结构生产工艺流程简图

§ 1-1 构件的备料过程

焊接结构的备料，即制造焊接结构的准备阶段，是整个生产工艺过程中的前道工序。按照设计和工艺技术要求，确定焊接结构钢材的牌号、规格、型号等，通过矫正、放样、下料、坡口加工、坯件矫正、成型加工等一系列工序，将原材料加工成可供组装的构件。备料阶段是保证产品质量的一个首要环节。

一、钢材的矫正

钢材的规格、型号很多，焊接结构所使用的主要是钢板和型钢，见图 1-2。

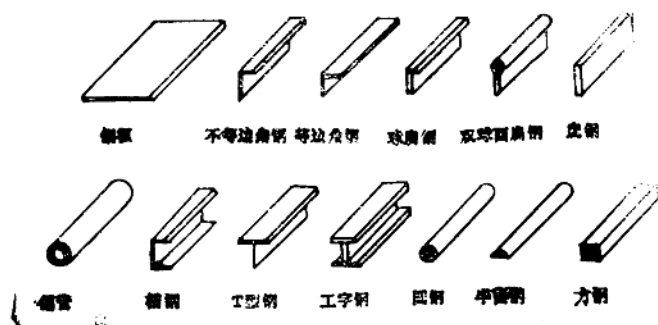


图 1-2 钢板与型钢

各种钢板、型钢在轧制、运输和堆放过程中都会产生一定程度的凹凸、弯曲和扭曲等变形，这些变形会直接影响各道工序正常加工，因此，必须对这些变形的钢材进行矫正。

钢材矫正，就是通过在一定部位施加一定外力或加热，让金属发生塑性变形，使不规则变形的钢材恢复到原有的规格形状。

矫正钢材的方法很多，根据矫正时钢材所处温度不同可分为冷矫正和热矫正两种，冷矫正是指在常温下进行矫正；热矫正则是将钢材加热到一定的温度后再进行矫正。另外，矫正时根据作用外力的来源和性质，又可以分为手工矫正、机械矫正、火焰矫正等三种方法。

1. 手工矫正 手工矫正是采用手锤、大锤等工具，利用锤击敲打的方法来改变钢材的变形。手工矫正法灵活简便，主要应用在矫正尺寸不大的钢板的变形以及缺乏或不使用矫正设备的场合。

2. 机械矫正 机械矫正是利用专用机床设备对变形钢材进行矫正、矫直的方法。其矫正设备主要有滚板机、型钢矫直机、钢管矫直机等。滚板机和型钢矫直机的矫正原理相同。滚板机是利用上下两排轴辊的相对运动对变形钢材进行矫正，主要用于矫正钢板，见图 1-3。

型钢矫直机主要用于矫直各种规格的角钢、槽钢、工字钢等型钢。钢管矫直机则主要用于矫直钢管、圆钢。



图 1-3 滚板机的工作

对于比较细小的板料构件，可以在滚板机上进行矫正（见图 1-4）。其矫正方法是预先在滚板机上放置一块较厚的平直钢板，将小块构件均匀地排布在上面，然后一起送入多轴式滚板机辊轧。

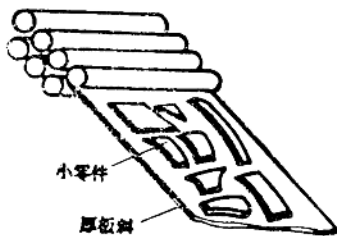


图 1-4 零件的矫正

3. 火焰矫正 火焰矫正是利用氧—乙炔燃烧的火焰或其它火焰，对变形的钢材进行局部加热，使金属局部受热后引起新的塑性变形以矫正钢材的形状。图 1-5 是采用三角形加热方法对型钢变形

进行矫正的示意图。

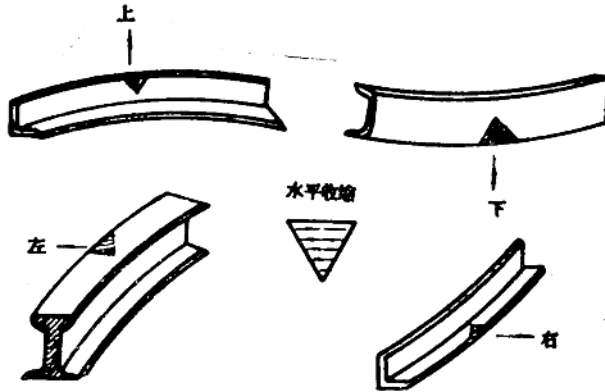


图 1-5 三角形加热 (图中箭头表示变形方向)

火焰矫正多用于矫正结构的变形, 它不受结构变形处的形状、位置及其复杂程度的影响, 且所使用的设备、工具简单, 矫正质量好, 成本低, 工作省力, 所以火焰矫正正在生产中得到广泛应用。但对于脆性较大的钢材则不宜采用火焰矫正方法。

二、放样、下料

放样和下料直接反映出构件 (零件) 的平面图形和真实尺寸。

1. 放样 放样是根据设计图纸的要求, 按正投影方式, 把构件 (零件) 画在放样台或平板上, 画出的图叫放样图, 画放样图的过程叫放样。

长期以来最常采用的放样方法是实尺放样。随着工业技术的发展, 出现了光学放样并在逐步推广应用。目前实尺放样仍是应用的基本方法。所谓实尺放样就是根据图纸标定的形状和尺寸, 用基本的作图方法, 将构件 (零件) 的实际形状画到放样台上。

2. 下料 下料是利用放样得到的样板或根据图纸, 直接在钢板或型钢上画出零件形状的加工界线 (见图 1-6), 然后采用金属切割方法, 将钢板或型钢沿加工界线切割成所需的形状。

常用的下料切割方法有剪切、冲切、锯切、气割等, 焊接结构常用剪切和气割下料。

(1) 剪切下料 利用剪刀切断钢材的, 具有生产效率高、切口光洁、能切割各种型钢和中等厚度 (小于 30 毫米) 的钢板等优点, 是一种应用很广泛的下料方法。

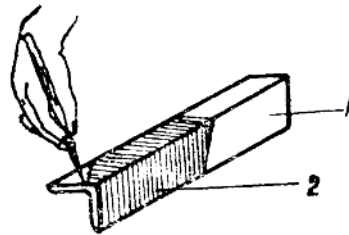


图 1-6 下料

剪切可分为机械剪切和手工剪切两类。

1. 角钢 2. 样板

①机械剪切 机械剪切按剪切原理不同又可分为平口剪切、斜口剪切和圆盘剪切。

平口剪切 (如型钢剪床机) 主要适合于切断角钢、槽钢、圆钢等型钢, 见图 1-7。

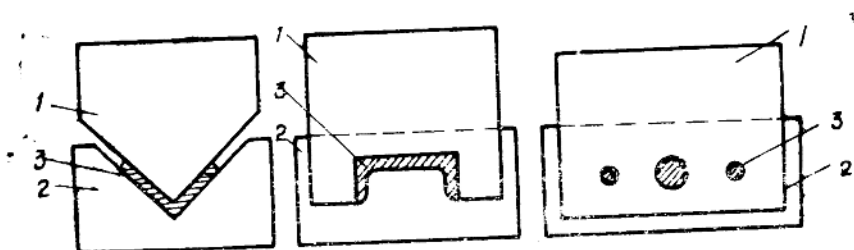


图1-7 型材剪切的方法

1. 上剪刀 2. 下剪刀 3. 被剪切的型材

斜口剪切（如龙门剪床和斜口剪床），主要适合于剪切钢板，其操作简单，进料方便、剪切速度快。质量精度及准确性较高，是剪切工作中应用最广泛的一种加工方法，见图1-8。

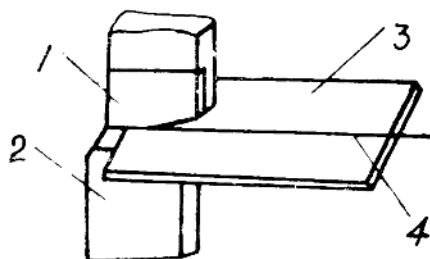


图1-8 钢板剪切

1. 上剪刀片 2. 下剪刀片 3. 钢板 4. 剪切线

圆盘剪切（如圆盘剪切机），是由两个圆盘作为剪刀，利用两个圆盘剪刀作相对剪切运动，使钢板在两个圆盘之间沿画线被切开。圆盘剪切可以剪切任意曲线形和细长条板料，特别适宜剪切薄板。

②手工剪切 手工剪切是利用杠杆原理进行剪切的一种简单剪切方法。板料在固定的下刀刃和可动的上刀刃之间，靠手动柄施加外力进行剪切，只能用于剪切较薄的板料。

(2) 气割下料 目前生产中钢材下料主要采用气割方法，它适用于形状复杂、厚度大的构件的下料。气割是采用氧-乙炔混合燃烧的火焰，将钢材加热到燃点，高速喷射的氧气流氧化被割部位的钢材，同时吹掉氧化层，形成割缝，达到分离钢材的目的。

气割下料分手工、半自动和自动气割三种。

三、坡口加工

为了保证焊接质量，通常应在厚大焊件上加工焊缝坡口，即在焊件的待焊部位加工成一定几何形状的沟槽。常用的坡口加工方法有气割，刨边机刨削和碳弧气刨等。采用气割方法加工坡口，适用面广，设备简单，是生产中常用的一种加工方法。见图1-9。

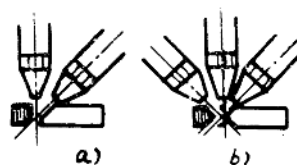


图1-9 坡口气割加工

a) V形坡口加工 b) X型坡口加工

四、坯件矫正

坯件矫正就是对下料得到的构件进行矫正。钢材经过剪切下料和气割下料后,都会产生不同程度的变形和尺寸误差,这将直接影响下道工序的加工和产品质量,因此,必须对下料得到的构件进行矫正。坯件矫正主要包括修对尺寸、平整度、几何形状等。

五、成型加工

把切割下料所得到的坯件,采用人工或机械的方法,按设计图纸的要求加工成所需要的形状。

构件的成型加工主要有冷成型和热成型两大类。

冷成型是指在常温下,利用手工或机械方式施以外力,将坯件加工成一定的形状。脆性大的钢材不宜采用冷成型加工。

热成型则是将坯件加热到一定温度,在坯件抗变形能力减小的情况下,施以外力而使坯件成型。热成型适用于加工厚度和刚性较大、几何形状较复杂的构件。

常用的成型方法主要有压弯、滚弯、折弯、压延等。

1. **压弯** 在压力机的作用下,利用金属材料能发生塑性变形的特性,通过不同形状的压模将板料或型钢弯成一定角度或一定形状的加工方法称为压弯,见图1-10。

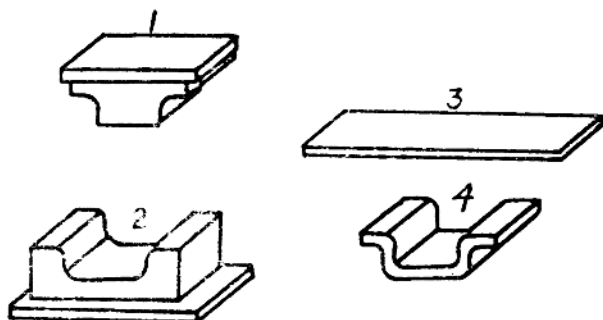


图1-10 压弯

1. 上模(凸模) 2. 下模(凹模) 3. 弯曲前的板料 4. 弯曲前的零件

2. **滚弯** 滚弯也叫卷板,它是通过旋转的滚轴,使构件产生弯曲。滚弯是在滚圆机上进行的,生产中常用对称三轴式滚圆机(见图1-11)。一般圆筒形或圆弧形构件都采用滚弯方法加工成型。

3. **折弯** 折弯也叫折边,是在折弯机上对平面形构件进行弯曲的一种加工方法,主要用来弯曲简单的直线构件。弯曲时,可根据需要选择不同的角度和弯曲半径,折弯成所需要的角度。

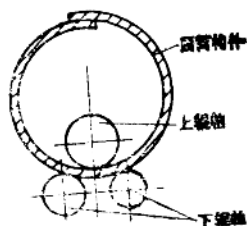


图1-11 圆筒的滚弯

4. **压延** 压延是将板料放于凹模和凸模之间,两模压合后,使板料形成一个开口空心零件。压延构件形状很多,如圆筒形、球形、方盒形等。压延形成过程见图1-12。

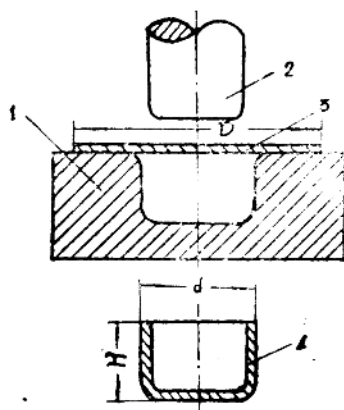


图 1—12 压延形成过程

1. 凹模 2. 凸模
3. 毛料 4. 零件

§ 1—2 装配与焊接

装配与焊接的关系很密切,通常统称为装焊。正确合理地选择装焊方法和装焊顺序,是方便操作、提高焊接生产率、保证结构强度以及减小焊接结构应力和变形的重要工艺措施。

一、装配的任务和要求

1. 装配的任务 装配的任务就是对加工好的构件,按一定的精度和技术要求,把它们拼接起来并加以紧固定位以施焊。一般制造焊接结构,总是先装配后焊接。装配是焊接的前道工序。如果装配工艺不正确,便很难制造出符合技术要求的结构来,影响焊接质量。

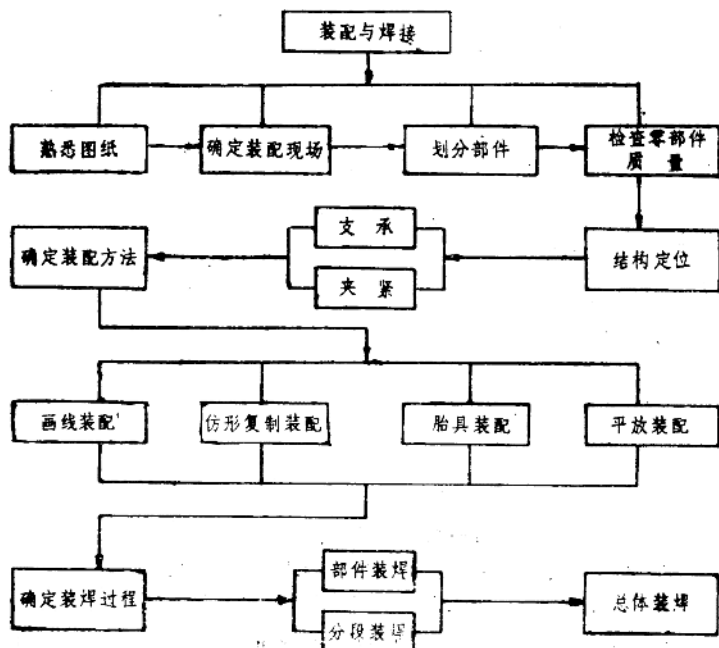


图 1—13 装配与焊接工艺程序

2. 装配的要求 装配焊接结构, 必须满足定位和夹紧两个基本要求, 这样才能使构件在装配后的焊接过程中不发生移位、倾斜和扭转, 保证焊接过程顺利进行, 从而保证焊接质量。

二、装焊过程

构件的装焊过程大致有以下三个阶段: 即部件装焊、分段装焊、总体装焊。但是在装焊过程中, 应视其本接结构的难易程度加以综合考虑。比如, 对于小型, 简单的构件, 在不影响焊接的条件下, 可以直接装配成一个独立或完整的焊接结构。如油罐车罐体结构, 它是由端板、上板、空气包、底板等四个部件组合装焊而成, 见图 1-14。

为了减轻劳动强度, 提高工效, 保证质量, 减少结构变形, 在装焊过程中可采取一些必要的装配用具和方法。如图 1-15 是某厂自制的, 的货车底架旋转式装焊胎具, 将胎具安装于一传动装置上, 胎具能随之旋转。利用胎具的旋转, 能将各种位置或角度的焊缝调整为平焊缝和角焊缝, 避免在特殊位置进行焊接, 大大简化操作过程, 提高焊接生产率。

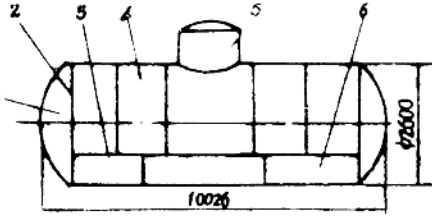


图 1-14 油罐车罐体结构

1. 端板 2. 环缝 3. 纵缝
4. 上板 5. 空气包 6. 底板

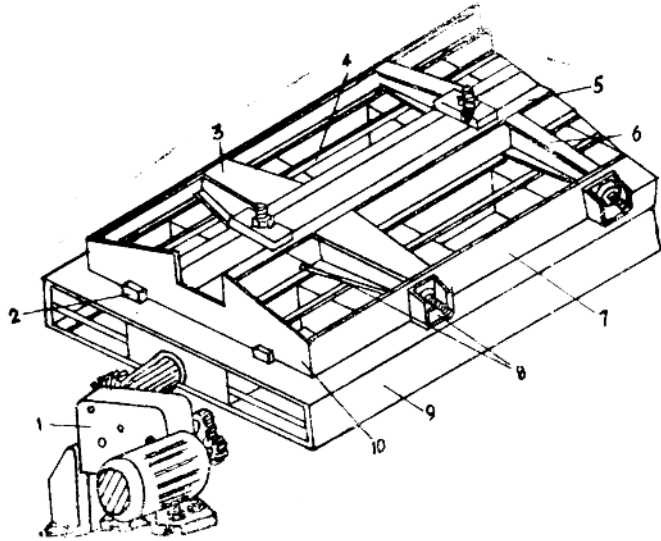


图 1-15 旋转式组焊胎型

1. 传动装置 2. 定位止铁 3. 枕梁 4. 辅助梁 5. 中梁 6. 侧梁
7. 侧梁 8. 装配夹具 9. 旋转式组焊胎型 10. 端梁

焊接胎具的不断改造和更新 将为装焊过程实现机械化和自动化创造条件。

复 习 题

1. 钢材为什么要矫正？其原理如何？
2. 钢材矫正的方法有哪些？
3. 常用的下料方法有哪些？焊接结构常用哪两种下料方法？
4. 装配的任务是什么？焊接结构在装配过程中必须满足哪两个基本要求？其目的是什么？
5. 构件的装焊过程可分为哪三个阶段？