

汽车装焊技术 及 夹 具 设 计

杨握铨 编著



北京理工大学出版社

前 言

众所周知,当今汽车作为主要交通工具的同时进一步发展为代步工具,其发展势头有增无减,将汽车的先进性和发展水平的高低已作为显示一个国家进入发达国家行列的重要标志。汽车工业的发展之所以这么迅速,是因为它在国民经济中占着支柱性产业的重要地位。

改革开放以来,我国的汽车工业得到较快的发展,产量、品种、型号日益增多。但由于我国的汽车工业起步较晚,集团化程度不高,其产量、质量与发达国家相比还存在着较大的差距。因而面临着国际汽车发展浪潮的机遇和压力。

汽车生产制造水平对汽车工业的发展起着至关重要的作用,而汽车产量和质量提高又涉及到众多的方面,包括原材料、工艺、工装设备和管理水平等等。就我国目前汽车生产水平而言,除某生产厂或合资厂从国外引进一部分先进技术和工装设备外,不少生产厂生产制造水平很低。较为突出的是在汽车大型覆盖件的冲压工艺及模具、汽车装焊设备及胎具;汽车涂装(表面涂漆)等生产技术方面还很落后,它直接影响着生产规模、生产效率和生产质量。尤其是汽车装焊工艺方面自动化程度很低,专业技术人才奇缺。为了适应我国汽车生产发展的要求和人才培养的需要,根据我国汽车生产特点编写了《汽车装焊技术及夹具设计》一书。该书对汽车装焊所需要的有关基础知识、汽车装焊常采用的焊接方法与设备、汽车装焊及夹具设计基本知识等,立足于我国当前汽车装焊实际生产状况和水平,以典型的汽车装焊工艺和胎具范例为依据进行系统的分析和详细的叙述。

《汽车装焊技术及夹具设计》是实用性强,先进性高的专业知识,有待于不断地从我国汽车生产实际中总结经验,逐步积累并借鉴和吸收发达国家的汽车装焊先进工艺与技术来进一步完善、拓宽、深化和提高。

该书可作为从事汽车装焊技术人员的参考和汽车工程专业教材使用。在编写过程中得到北京航空航天大学702教研室老师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

由于水平有限,加之时间仓促、资料缺乏,书中可能有不少缺点和错误,欢迎读者批评指正。

作 者

1996年1月

目 录

第一章 汽车装焊基础

第一节 概述	(1)
一、汽车制造基本特点	(1)
二、汽车制造基本体系	(1)
三、汽车装焊产品结构类型及其特点	(2)
第二节 焊接基本概念	(7)
一、焊接的实质	(7)
二、焊接过程	(8)
三、焊接方法的分类	(9)
第三节 焊接热源与加热	(10)
一、焊接时加热的特点	(10)
二、焊接热源	(11)
三、焊接温度场	(12)
四、焊接热循环	(16)
第四节 焊接应力与变形	(17)
一、内应力及变形的基本概念	(17)
二、焊接变形与应力	(19)
三、焊接残余变形与应力的影响及预防措施	(24)
第五节 汽车常用金属材料的焊接	(32)
一、金属材料的焊接性	(32)
二、汽车常用钢材焊接	(38)

第二章 汽车装焊常用的焊接方法

第一节 CO ₂ 气体保护电弧焊	(43)
一、概述	(43)
二、CO ₂ 电弧焊的特点	(44)
三、CO ₂ 电弧焊焊接材料	(47)
四、CO ₂ 电弧焊规范参数	(49)
五、CO ₂ 电弧焊设备	(51)
第二节 电阻焊	(54)
一、电阻焊的分类	(54)
二、电阻点焊的基本理论	(57)
三、电阻点焊工艺	(67)
四、电阻焊设备	(81)

第三章 汽车装焊工艺

第一节 焊接结构工艺性分析	(103)
一、结构工艺性概念	(103)
二、焊接结构工艺性基本内容	(104)
第二节 装配方案的确定原则和内容	(110)
一、结构分解和分离面	(110)
二、装配方案及原则的确定	(113)
三、装焊过程和装配图表	(114)
四、装配焊接工艺规程的编制	(118)
第三节 汽车车架、车身装焊工艺	(126)
一、汽车底盘车架装焊工艺	(126)
二、汽车车身装焊工艺	(133)
第四节 汽车装焊生产线	(143)
一、普通流水线	(143)
二、车身装焊自动化生产线	(145)
第五节 车身装焊车间设计	(150)
一、合理划分工位	(151)
二、采用合理的装焊工艺	(152)
三、装焊胎具合理匹配	(153)
四、车身装焊车间设计内容	(154)

第四章 装配焊接夹具结构分析

第一节 概述	(158)
一、装配焊接夹具的功用	(158)
二、装配焊接夹具的分类	(160)
三、确定装配焊接夹具类型的主要依据	(160)
四、装配焊接夹具的要求	(161)
第二节 装配焊接夹具的基本组成及功用	(162)
一、装焊夹具定位件	(162)
二、装焊夹具夹紧件	(176)
三、装焊夹具导向支架	(200)
四、装焊夹具骨架	(202)
五、夹具元件在夹具骨架上的连接	(208)
六、装焊夹具元件的安装方法	(208)

第五章 汽车装焊夹具设计

第一节 装焊夹具设计基本步骤	(212)
一、夹具设计原始资料	(212)
二、夹具制造精度的确定	(214)
三、夹具设计工作内容和步骤	(217)
第二节 简易装焊夹具设计	(220)
一、平板对接装焊夹具	(220)

二、圆管及圆筒装焊夹具	(221)
三、丁字和工字梁装焊夹具	(222)
四、简易单向回转装焊夹具	(225)
第三节 汽车装焊专用夹具设计	(227)
一、汽车小型组合件及部件(分总成)装焊胎具	(227)
二、汽车大型部件及总成装焊胎具	(233)
三、车身装焊质量与装焊胎具的关系	(247)

附 录

一、电弧焊接头静强度计算基本公式	(252)
二、电阻点焊接头静载强度计算方法及焊点布置	(254)
三、电阻缝焊搭接宽度、焊缝宽度及强度验算	(255)
四、焊缝许用应力	(255)
五、焊接结构件尺寸公差与形位公差	(257)
六、汽车装焊气动电阻点焊钳	(259)
七、汽车装焊胎具气缸选用	(271)
八、焊接方法代号及注法	(290)
九、焊缝符号表示方法	(291)
参考文献	(305)

第一章 汽车装焊基础

第一节 概述

汽车生产制造水平直接体现国家汽车工业发展程度。而汽车工业对实现国家工业现代化起着极为重要的作用,是国民经济中的支柱性产业。它能带动和促进其它工业和事业的发展。它是显示一个国家工业发达水平的重要标志。

一、汽车制造基本特点

汽车的生产制造过程虽然与其它机械产品一样,均由原材料—毛坯—零件—装配成总成。但由于汽车的种类和型号众多,成车的结构复杂,组成零部件数量也甚多,加之生产批量大和生产效率高等特点,使得汽车生产制造具有本身的特点和要求,即汽车零部件生产专业化、标准化和高度的自动化;汽车成车生产集团化、机械化和电子化。另外,汽车生产制造过程中涉及铸造、锻造、机械加工、冲压、焊接、热处理、化工油漆、轻工纺织、电子电器等生产领域,是一门多学科、跨专业综合性的生产制造过程。

二、汽车制造基本体系

(一) 专业化部件生产厂

组成汽车的大型部件如发动机、变速箱、传动系、转向系、减震器、制动系统、水箱等等,由专门的生产厂进行生产。生产高度自动化,管理现代化,产品标准化和系列化,以保证成车生产厂的配套供应。

(二) 汽车附件及零配件加工厂

制造高质量、互换性强的附件和零件。这些厂应具有生产批量大和生产效率高的先进设备及生产能力,充分满足成车和大型部件的需要,同时满足汽车修理市场的需求。

(三) 汽车总厂

汽车成车的生产制造水平直接决定着汽车生产的质量和产量,应具备有自动化程度高、生产效率高的主体生产线:

1. 汽车板件冲压生产线 汽车板件的冲压成型,特别是车身大型覆盖件的成型,应拥有大吨位压力机,加之汽车板制件种类多、数量大,应具有成型能力强即总吨位量多的压力机。冲压中心作业线应配置有物料装卸运作的机器人,尽量或完全避免人手干预的自动化程度高的生产线。对小轿车而言,应具有整体成型或制造积架名贵轿车系列的车身板件能力。

2. 汽车车身装焊自动生产线 生产线上设置专用工装,配置先进的工业机器人,采用先进的焊接设备,生产线在计算机控制中心站的监测和控制下,能实现全方位的自动装配、自动焊接和质量检测与控制。

3. 先进的汽车车身涂装生产线 汽车车身属于多层涂装,包括涂装前的表面处理(清洗、脱脂、磷化、钝化)、底漆、中间涂料和面漆等复杂的涂布工艺过程,只有采用先进的高效的涂布

方法和工艺(大功率电脑控制与监察上漆程序和先进设备),才能保证汽车的表面涂装既有极高的装饰性(色泽艳丽的外观)又具有较强的耐蚀性(耐久性)。除此,还应采用先进环保工艺和管理技术。

4. 成车装配生产线(汽车总装线) 采用自动化的专用工具和计算机控制的传送、运作的高节奏的装配线。

5. 汽车检测线 在自动运行线上配置先进的仪器设备包括制动试验台、灯光校正仪、汽油机 CO/HC 分析仪、柴油机烟度仪、测滑试验台、速度表试验台和试测车道等。这些测试与分析均采用微机运作和处理。

以上所组成的汽车生产制造基本体系,是汽车生产集团化所需的必要条件,也是高质量、高效率 and 大批量生产当代先进汽车的重要保证。

三、汽车装焊产品结构类型及其特点

从上述,在汽车生产制造基本体系中,汽车装焊工艺是汽车生产制造过程中的重要组成部分。由于汽车种类和型号繁多,其组成零部件的数量大、结构复杂以及生产批量和生产效率要求高等特点,促使汽车生产技术水平不断地发展,提高部件生产的专业化、标准化,成车生产的机械化、自动化和电子化,是当代汽车生产制造的必要条件。汽车装焊自动生产线(车身、车门等)以及装焊胎(夹)具,对保证汽车产品质量(尤其是汽车外形)和生产效率起着相当重要的作用。

不论是简单或复杂的焊接构件或产品,都是由若干零件,按产品设计图的尺寸形状和技术条件要求,进行装配一焊接而成。汽车焊接构件如成车车身、车门以及底盘车架等装焊总成的装焊生产过程,比一般机械产品的焊接更为复杂。就车身装焊而言,因外部形状是由型面或型线组成,其零部件几乎都是薄板冲压件,且尺寸较大,刚度又小,使装焊过程的难度(如控制产品的变形)加大。使用高精度的装焊胎(夹)具,选用先进的焊接方法与焊接设备以及自动化、电子化程度高的装焊生产线才能适应当代汽车生产的要求。

目前汽车生产中装焊结构产品有如下几方面:

(一) 汽车车身装焊

钢制汽车车身,大都采用装焊结构:

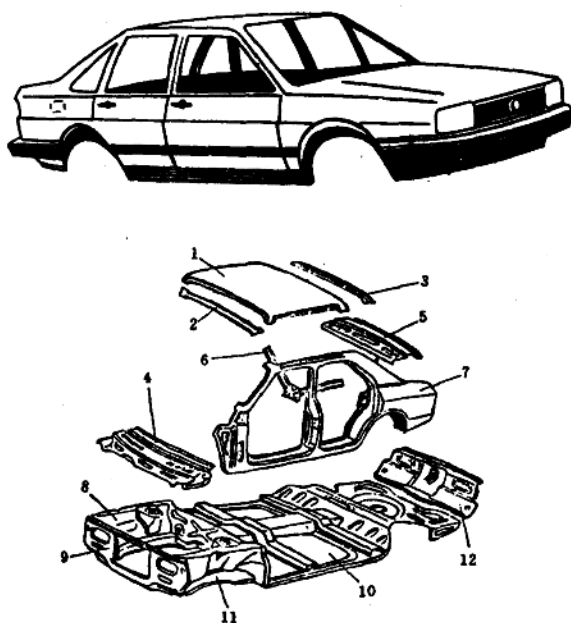


图 1.1 典型的承载式轿车车身壳体

1—顶盖; 2—前风窗框上部; 3—后风窗框上部; 4—前围外板;
5—后围板; 6—加强撑; 7—侧门框部件; 8—前挡泥板; 9—散热器
器框架; 10—底板部件; 11—底板前纵梁; 12—行李箱后板

(1) 图 1.1 所示是轿车车身壳体。它是由若干冲压板金零件及预先由零件装焊好的组件和部件装焊成车身壳体总成。这种承载式的轿车车身壳体,在装焊过程中,既要保证符合设计要求的外形与尺寸,又要保证其结构强度以满足使用中所承受的负载能力。

(2) 图 1.2 所示是小型厢式旅行车车厢壳体。它是先由窗、门框和梁柱等其它零件与蒙皮装焊成(左、右)侧围、前围、后围、顶盖等部件,而后与车架装焊成车厢壳体总成。这种厢式车身在装焊过程中,由于预先装焊的部件刚性小,在搬运和储存过程中容易产生变形,因此要求装焊部件的装焊胎具与总成装焊胎具的协调性高,才能保证车身外形与尺寸要求。

(3) 图 1.3 所示是小型厢式货车车身框架。它是由门、窗框架和梁柱及其它零件先装焊成前围、后围、(左、右)侧围框架与地板装焊成车身框架总成,最后焊上蒙皮形成车厢总体。这种车身的装焊,根据生产批量的大小不同,所采用的装焊分散程度和装焊方式不一样。由于这类车身是非封闭式框架,其部件刚性较差,因此要考虑刚性对车身外形尺寸精度的影响。

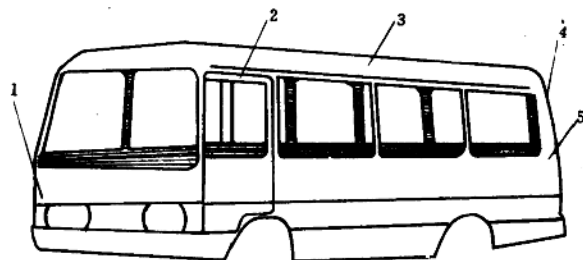


图 1.2 小型厢式旅行车车厢壳体

1—前围；2—车门；3—顶盖；4—后围；5—(左、右)侧围

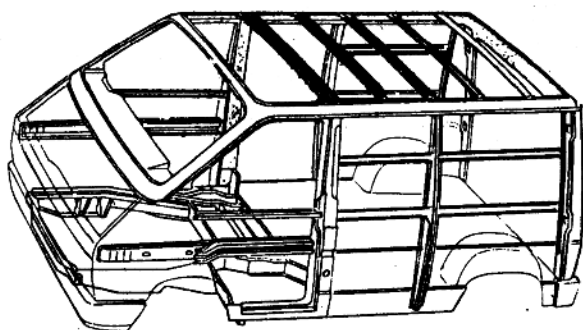


图 1.3 小型厢式货车车身框架

(4) 图 1.4 所示是大客车车身骨架。这种车身承载能力大。装焊过程是由型材先装焊成左右侧、前后、上下等骨架部件,而后装焊成骨架整体,最后骨架外装焊蒙皮,形成车身焊接总成。这种车身骨架结构刚性大,连接接头多,焊装过程中应力和变形大。骨架外装焊蒙皮分为大张拉蒙皮和小张钢板蒙皮二种。大张拉蒙皮直接焊在骨架上,焊点在蒙皮里面,车身外表面平整光洁,但要求焊点分布对称均匀,使张力均匀。小张钢板蒙皮一般采用铆钉拼接,铆钉点露在车身外表面,影响车身外观,但制造简单。

(5) 图 1.5 所示是货车车身。它包括驾驶室和钢制车箱。货车驾驶室无论是凸头型、平头型、单排座或双排座等,其装焊工艺基本相同。首先由支柱、加强梁和其它受力构件与零件装焊成前围、后围、地板等部件,最后装焊成总成。由于驾驶室结构属于全金属半骨架式,组成零件基本上都是薄板冲压件,因此部件的结构刚性较差,易产生变形而影响驾驶室装焊总成的装焊质量,或增加焊后校形工序。

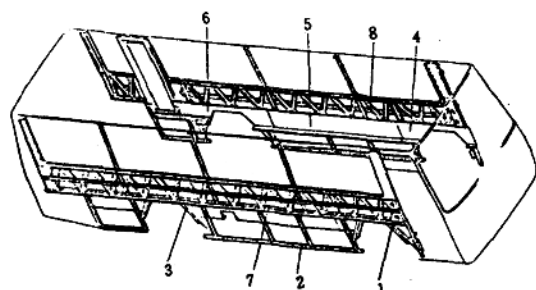


图 1.4 大客车整体承载式车身骨架

1—右侧前下部骨架; 2—右侧中下部骨架; 3—右侧后下部骨架; 4—左侧前下部骨架;
5—左侧中下部骨架; 6—左侧后下部骨架; 7—右侧上部骨架; 8—左侧上部骨架

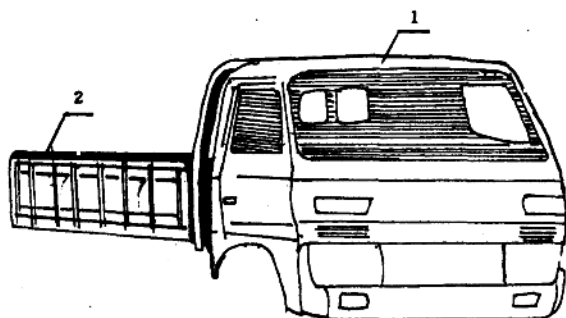


图 1.5 货车车身

1—驾驶室; 2—车箱

货车车箱种类较多,其用途不同所采用的车箱型式也不一样,采用最广的是普通栏板式车箱,如图 1.6 所示。这种型式的钢结构的底板、栏板和保险架,由钢板与冲压凸筋或角钢装焊而成。

(6) 图 1.7 是特种车辆车身。有油罐车、洒水车等运输液体的货车,所采用的圆筒状容罐,用较厚的钢板卷压焊接而成;运输食品、百货的冷藏车等,采用厢式车箱,用角钢、加强筋与钢板焊接而成;起重车辆的起重臂是用厚钢板焊接或铆焊而成。

(二) 车门的装焊

车门是车身组成的一部分,但由于它与车身的连接是采用可拆卸式的铰链连接,在结构上具有完整性,且数量多(1 至 5 个/每辆),因此,将它作为独立的总体单独进行装配焊接,并建立了专门的装焊生产线。

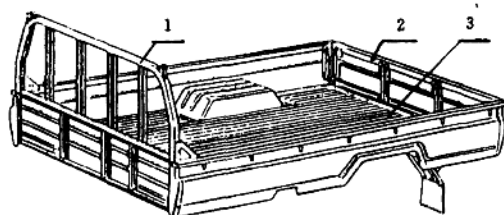


图 1.6 普通三开式栏板车箱

1—保险架；2—栏板；3—底板

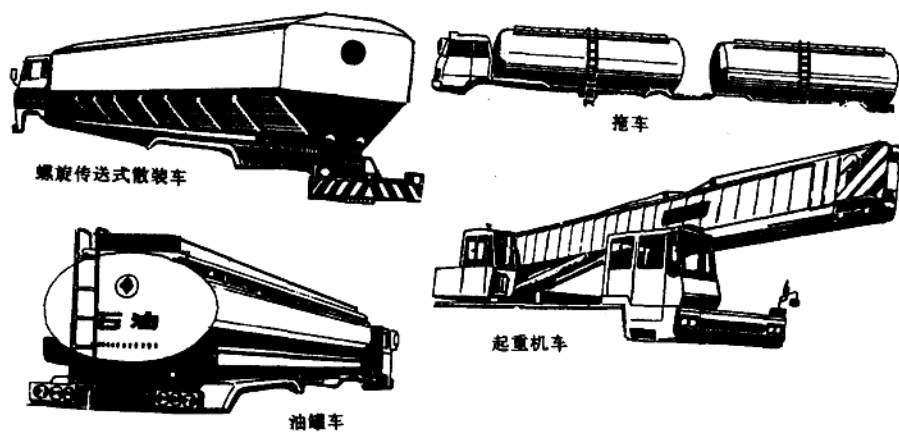


图 1.7 特种车辆的车身

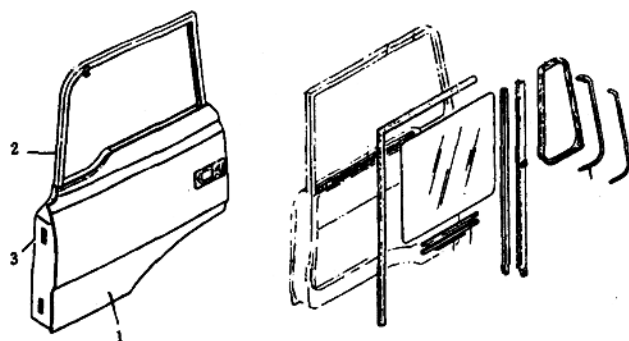


图 1.8 框架式车门

1—车门外板；2—车门框架；3—车门外板

车门的结构形式有二种，一种是框架式车门，如图 1.8 所示，这种车门的装焊是先把车门

框架、内外加强部分和连接件焊好,最后进行内、外板包边点焊。另一种是总体式车门,如图 1.9 所示。这种车门由构成一个总体冲压件的窗框与车门内外板、车门铰链加强板和车门内板加强板等组成。这些组成部分都是先由 2 个以上的薄板冲压件先焊成组合件,而后分别与车门内、外板焊接,最后内、外板包边点焊而成。

(三) 车架的装焊接

车架是汽车底盘上的重要受力部件,其结构型式有许多种,按承载性能可分为非承载式、半承载式和承载式。目前车架采用焊接、铆焊和铆接三种连接方式。对于小轿车、旅游车和载重吨位不大的货车等底盘车架,一般都采用全焊结构,如图 1.10 所示。采用焊接连接的优点是结构重量轻、节省材料、结构合理、生产效率高、劳动条件好;缺点是接头处承受疲劳强度的能力较低。车架的焊接主要是纵梁、横梁和其它组合件以及连件零件之间的焊接,焊缝短而交叉。材料一般采用截面为箱形钢、角钢、槽钢等低碳钢或低合金钢型材。

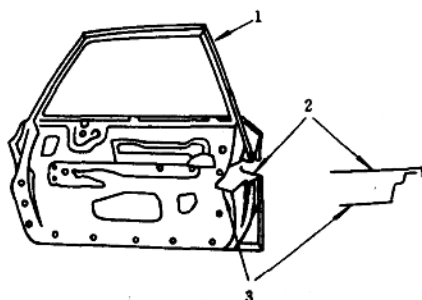


图 1.9 车门壳体

1—窗框; 2—车门外板; 3—车门内板

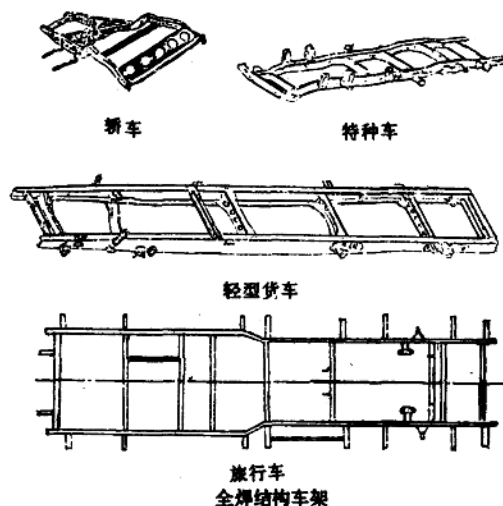


图 1.10 全焊结构车架

(四) 汽车其它部件的焊接

汽车上其它采用焊接的部件还很多,如油箱、排气管、轮毂、传动轴、水箱和后桥外壳等等,如图 1.11 所示。这些部件的焊接和一般金属构件的焊接相同,由于生产批量大,因此要求装焊效率高。

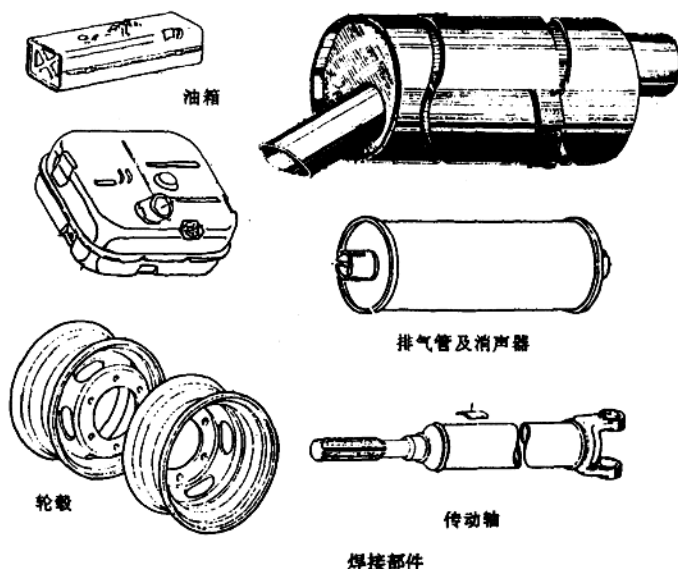


图 1.11 焊接部件

第二节 焊接基本概念

一、焊接的实质

在金属结构和机器制造中,经常需要将两个或两个以上的零件按一定的形式和位置连接在一起,焊接就是连接金属的方法之一。连接金属的方法很多,通常可根据这些连接的特点将其分为两大类:一类为可拆卸的连接,即不必毁坏零件就可以拆卸,如螺钉连接、键连接、楔连接等;一类为不可拆卸的连接,即其拆卸只有在破坏零件后才能实现,如焊接、铆接、粘接等。为了较好的掌握焊接这门技术,必需对焊接实质以及伴随焊接时所产生的各种过程作一定的了解。

焊接的实质是利用局部加热或加压,或既加热又加压的办法,使被连接处的金属熔化或达到塑性状态,促成两金属的原子相互渗合并接近到 $(0.3 \sim 0.5) \text{nm}$ 的金属晶格距离,完全依靠原子间的结合力把两个分离的金属构件连接起来。

在焊接过程中,一般都把局部金属加热到熔化温度以上而后冷却结晶凝固。在此过程中,总会不同程度地发生各种冶金现象(金属的氧化、蒸发、脱氧和渗合金等)和热处理过程(引起焊缝及近缝区金属组织转变而产生淬火、回火和退火等),以及伴随有复杂的变形与应力发生,因此焊接既是一个装配工艺过程,又是一个复杂的冶金过程、热处理过程和焊接变形与应力的产生过程。

焊接和钎焊过程虽然都发生复杂的冶金过程,但焊接时母材金属熔化,在联接处母材和焊缝金属形成了共同晶粒(图 1.12(a)),这种结晶方式称为联生结晶或交互结晶。只有填充焊料

熔化,而母材不熔化的联接方法叫做钎焊。钎焊时虽然也能形成不可拆卸的接头,但在联接处不能形成共同晶粒,只是在焊料与母材之间形成粘合(图 1.12(b))。可见钎焊和焊接在微观上有原则的区别。

二、焊接过程

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)。由于焊接时所采用的能源和方式不同,各种焊接方法所经历的过程也有很大的差别。对于钢铁材料的熔化焊来讲,一般都要经历下列几个过程:加热—熔化—冶金反应—结晶—固态相变—形成接头。

图 1.13 表示了这些局部过程之间的相互联系和所处的条件,可见熔化焊时经历的过程是很复杂的。为了便于分析,可归纳为三个互相交替进行而彼此联系着的局部过程。

(一) 焊接热过程

熔化焊时,被焊金属在热源的作用下将发生加热和局部溶化,因此在被焊金属中必然存在着热量的传播和分布问题,通常称此为焊接热过程。

焊接热过程贯穿整个焊接过程的始终,因此可以说一切焊接物理化学过程都是在热过程中发生和发展的,例如,焊接温度场决定了焊接应力场和应变场,它还与冶金、结晶、相变过程有着不可分割的联系,使之成为影响焊接质量和生产率的主要因素之一。

(二) 焊接化学冶金过程

熔化焊时,在熔化金属、熔渣、气相之间进行着一系列化学冶金反应,如金属的氧化、还原、脱硫、脱磷、焊缝金属氮化、掺合金、与氢的作用等等。这些冶金反应直接影响焊缝金属的成分、组织和性能,因此控制冶金过程是提高焊接质量的重要措施之一。

(三) 焊接时金属的结晶和相变过程

随着热源的离开,当输入热小于由金属的热传导及周围介质的散热等热量损失时,熔化金属开始结晶,金属原子由近程无序排列转变为远程有序排列,即由液态转变为固态。对于具有同素异构转变的金属,随着温度的下降,将发生固态相变,例如,钢将发生 $\delta \rightarrow$

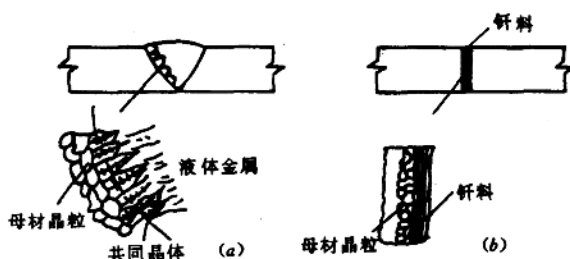


图 1.12 焊接与钎焊的区别

(a) 焊接; (b) 钎焊

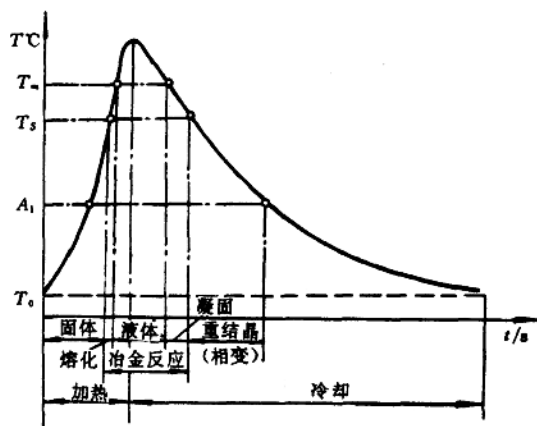


图 1.13 焊接过程示意图

T_m —金属熔化温度(液相线); T_s —金属凝固温度(固相线)

A_1 —钢的 A_1 变态点; T_0 —初始温度

$\gamma \rightarrow \alpha$ 转变。由于焊接条件下是快速连续冷却,使焊缝金属的结晶和相变都具有各自的特点,并且在这些过程中可能产生偏析、夹杂、气孔、热裂纹、淬硬、脆化、冷裂纹等缺陷,因此,控制和调整焊缝金属的结晶和相变过程是保证焊接质量的又一关键。

(四) 焊接热影响区

接近焊缝两侧的母材也受到焊接的热作用,如图 1.14 上的 2、3 点,通常把这个区域称为热影响区。该区各点的最高温度都不超过母材的熔点,显然,在热影响区内各点所经受的温度不同,它们所发生的组织变化也不相同,在某种情况下有可能产生焊接缺陷或使接头性能变坏。因此,焊接时除了必须保证焊缝金属的性能以外,还必须保证热影响区的性能。在焊接某些材料如高强度钢、铝合金、钛合金等时,热影响区出现的问题更为突出,解决起来也更困难一些。

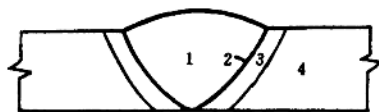


图 1.14 焊接接头示意图

1—焊缝; 2—熔合区(线); 3—热影响区; 4—母材

三、焊接方法的分类

根据焊接过程中金属所处的状态,焊接方法可分为四大类。

(一) 熔化焊接

利用焊接热源局部加热被连接处金属并使其熔化,而后冷却结晶形成一体,过程中不需要施加任何形式压力,这类焊接方法统称为熔化焊接。

按照焊接热源形式的不同,熔化焊接的基本方法分为:气焊(以氧乙炔或其它可燃气体燃烧的火为热源),铝热焊(以铝热剂放热反应为热源),电弧焊(以气体放电时产生的热为热源),电渣焊(以熔渣导电时产生的电阻热为热源),电子束焊(以高速运动的电子束流为热源),激光焊(以单色光子流为热源)等若干种。

为了防止焊接熔池及处于高温下的焊缝金属与空气接触使所成型的焊缝的成分性能恶化,在熔化焊接过程中,一般都必须采取有效的隔离空气的保护措施,其基本形式是:真空、气相和渣相保护三种。因此,保护形式常常是区分熔化焊接方法的又一个特征。例如:熔化焊接方法中最重要的电弧焊就可按保护方法不同分为埋弧焊、气电焊等很多种。此外,电弧焊方法按电极特征分为熔化电极和非熔化电极两大类。

(二) 固相焊接

焊接时连接处的金属被加热至塑性状态,利用加压、摩擦、扩散等物理作用,消除连接表面的不平度,挤走其间的氧化物及其它污染物,使两个连接金属表面上的原子相互接近到晶格距离,从而实现在固态条件下的连接,统称为固相焊接。

固相焊接过程中通常伴有加热措施(为使固相焊接容易实现)。按照加热方法不同,固相焊接的基本方法有:冷焊(不采取加热措施,完全依靠连接处金属严重的塑性变形而实现连接)、电阻对焊、摩擦焊、超声波焊、爆炸焊、扩散焊、锻焊等若干种。

(三) 熔化固相焊接

焊接加热的同时伴随加压,使被连接金属处于熔化状态和塑性状态下实现连接,统称为熔化固相焊接。其焊接过程中通常既加热又加压,因此又称加压焊。

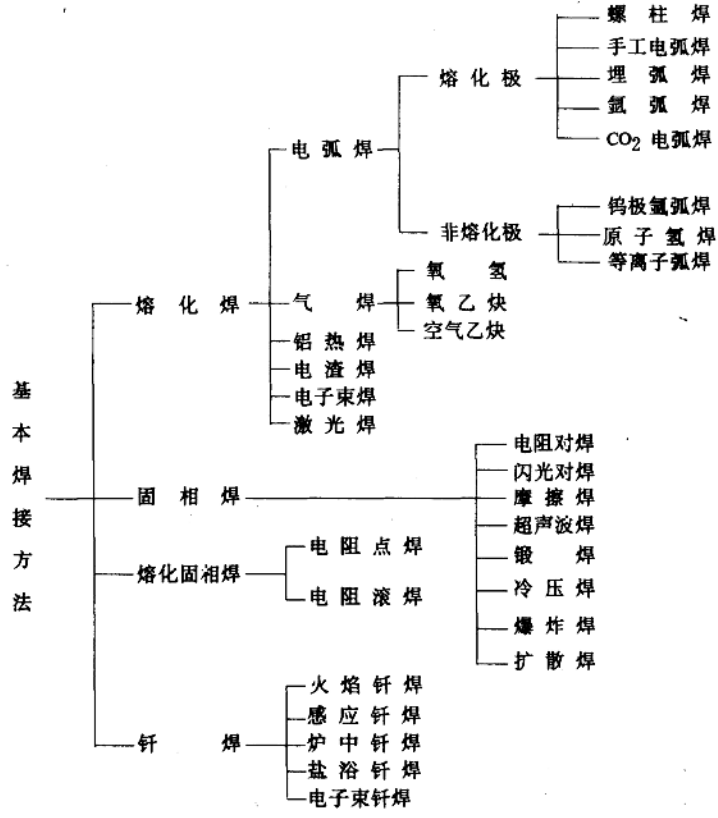
(四) 钎焊

利用某些熔点低于被连接材料熔点的金属(钎料)作连接的媒介物,加热熔化后在连接界

面上的流布润湿作用,然后冷却结晶与被连接金属形成结合面的方法称为钎焊方法。显然,钎焊过程也必须采取加热(以使钎料熔化,但母材不熔化)和保护措施(以使熔化的钎料不与空气接触)。按照热源和保护方式不同,钎焊方法分为:火焰钎焊(以氧乙炔燃烧的火焰为热源),真空或充气感应钎焊(以高频感应电流的电阻热为热源),电阻炉钎焊(以电阻炉辐射热为热源),盐浴钎焊(以高温盐浴为热源)等若干种。

表1.1列出了基本焊接方法及其分类。另外,至于金属的热切割、表面堆焊、喷镀等均属于焊接专业的技术范围。

表1.1 焊接方法的分类



第三节 焊接热源与加热

一、焊接时加热的特点

一切熔化焊接都离不开热源加热、熔化和随后的连续冷却,可以说焊接热过程贯穿于整个

焊接过程的始终,是决定焊接质量,提高焊接生产率的重要方面。

(一) 焊接加热的局部性

工件在焊接时不是整体被加热,而只是热源直接作用下的附近地区被加热至高温,因此加热极不均匀。这一点要比热处理条件下工件整体均匀受热复杂得多,增加了研究工作的困难。

(二) 焊接加热的瞬时性

在高度集中热源的作用下,加热速度极快(如在电弧焊条件下,可达 $1500^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上),也就是说在焊接过程中将在很短的时间内把大量的热由热源传递给焊件。

(三) 焊接加热的热源作相对运动

由于焊接时工件受热的区域不断变化,就使得这种传热过程是不稳定的。

由此可见,焊接过程中的加热和传热问题十分复杂。然而,焊接传热过程对焊接质量具有重要的影响。

1. 对焊接各过程的影响 (1)焊件被加热的特征首先决定于热源的性质、功率和作用时间。(2)金属熔池处在高温时进行一系列的物理化学反应,这些反应进行的程度与方向以及加热的温度、熔池存在的时间有密切关系,即焊接热过程也影响了冶金反应。(3)焊接热影响区的组织特征及其分布特征也都与热源的性质有关。

2. 对焊接质量的影响 (1)焊缝和热影响区金属组织的变化,除金属本身的冶金因素之外,还决定于热的分布、加热时间的长短和冷却速度。(2)由于焊接接头受不均匀的加热和冷却,也就产生不均匀的应力状态,在冶金因素的共同作用下,甚至可以产生各种形态的裂纹,因此对焊接接头的质量有很大影响。

3. 对焊接生产率的影响 提高焊接生产率必须设法提高基本金属和焊接填充金属的熔化速度,而熔化速度又决定于热作用。

二、焊接热源

焊接过程必须由外界提供相应的能量才能实现基本的焊接过程。从基本性质来看,实现金属焊接所需的能量主要是热能和机械能。对于熔化焊接主要是热能,这里仅讨论与熔焊有关的热源。

(一) 焊接热源的种类及其特征

能够满足焊接条件的热源有以下几种:

电弧热——利用气体介质中放电过程所产生的热能作为焊接热源,是目前焊接热源中应用最广泛的一种;

化学热——利用可燃气体(如氧—乙炔)或铝、镁热剂燃烧时产生的热量作为焊接热源(气焊和热剂焊);

电阻热——利用电流通过导体时产生的电阻热作为焊接热源(电阻焊和电渣焊);

摩擦热——由机械摩擦而产生热能作为焊接热源(摩擦焊);

等离子焰——电弧放电或高频放电产生高度电离的气流,利用它的热能和动能作为焊接热源(等离子弧焊接及切割);

电子束——在真空中,利用高压高速运动的电子猛烈轰击金属局部表面,使这种动能变为热能作为焊接热源(电子束焊);

激光束——通过受激辐射而放射增强的光(即激光),经聚焦后产生能量高度集中的激光

束作为热源(激光焊)。

各种热源都有本身的特点,它们具有的最小加热面积、最大功率密度和正常焊接规范条件下的最高温度,见表 1.2 所示。

表 1.2 各种热源主要特性

热 源	最小加热面积/cm ²	最大功率密度/(W/cm ²)	正常焊接规范下温度/K
乙 炔 火 焰	10 ⁻²	1~10	3200
金 属 极 电 弧	10 ⁻³	10 ² ~10 ⁴	6000
钨极氩弧(TIG)	10 ⁻³	1.5×10 ⁴	8000
埋 弧 自 动 焊	10 ⁻³	2×10 ⁴	6400
电 焊 渣	10 ⁻³	10 ⁴	2000
熔化极氩弧(MIG) CO ₂ 气体保护焊	10 ⁻⁴	10 ⁴ ~10 ⁵	18000~24000
等 离 子	10 ⁻⁵	10 ⁵ ~10 ⁶	—
电 子 束	10 ⁻⁷ ~10 ⁻⁸	10 ⁶ ~10 ⁷	—
激 光		10 ⁸ ~10 ⁹	—

(二) 焊接加热过程的热效率

在焊接过程中,由热源所产生的热量并不能全部被利用,有一部分热量会损失于周围介质和飞溅等,也就是说焊件吸收到的热量要少于热源所提供的热量。

今以电弧焊为例,如果把电弧看成是无感的,则全部电能转为热能时,电弧功率可由下式表示

$$P_0 = U I \quad (1.1)$$

式中 U ——电弧电压(V);

I ——焊接电流(A);

P_0 ——电弧功率,即电弧在单位时间内所放出的能量(J/s)。

由于能量不完全用于加热焊件,故真正有效用于加热焊件的功率为

$$P = \eta_h U I \quad (1.2)$$

式中 η_h ——加热过程功率有效系数或称热效率。

在一定条件下, η_h 是常数,主要决定于焊接方法、焊接规范和焊接材料的种类(焊条、焊剂、保护气等),一般情况 η_h 值大小如表 1.3 所示。

同样的焊接方法,若焊条药皮或焊剂的成分不同, η_h 值也有所变化。

除电弧焊外,电渣焊时的热效率可达 90% 以上。

表 1.3 不同焊接方法的 η_h 值

焊接方法	碳弧焊	厚皮焊条手工电弧焊	埋弧自动焊	钨极氩弧焊		熔化极氩弧焊	
				交流	直流	钢	铝
η_h	0.5~0.65	0.65~0.85	0.80~0.90	0.65~0.75		0.70~0.80	

三、焊接温度场

在熔化焊接过程中,热的传递基本方式为传导、对流和辐射。一般认为,由热源传给焊件主