

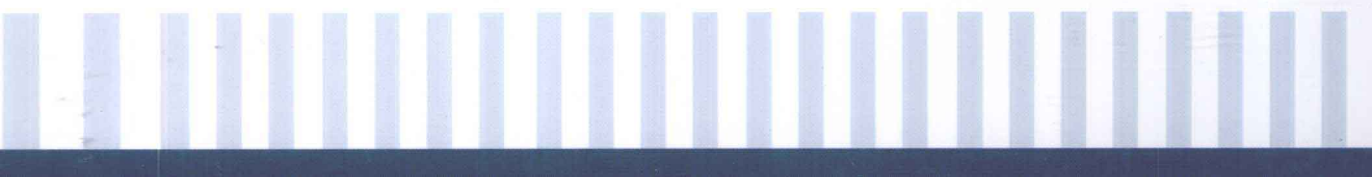


HANJIE JIEGOU
ZHIZAO JISHU SHOUC

焊接结构 制造技术手册

宗培言 主编

上海科学技术出版社



焊接结构

制造技术手册

宗培言 主编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

焊接结构制造技术手册

本手册以焊接结构制造工艺为主线,介绍常用的焊接结构制造材料、焊接接头及设计、焊接结构的应力和变形等焊接生产中所应用到的专业基础知识;从焊接结构制造工艺过程入手,较详细地介绍焊接工艺评定的目的、方法,焊接工艺规程的作用、内容和编制方法;全面论述焊接结构零件的加工工艺、装配与焊接工艺,焊接生产质量管理与质量检测方法及焊接工艺装备。为加深对所论述知识内容的理解和应用,手册中有针对性地介绍了典型焊接结构的制造技术。

本手册力求内容丰富、数据详实、理论联系实际,突出焊接专业知识的综合应用,是一本用以指导现场生产的实用参考书,特别适用于从事焊接结构生产企业的工程技术人员使用,亦可作为在焊接生产一线工作的焊接技师及技术工人的参考工具书;同时也可作为大专院校材料成形、焊接技术与工程等相关专业教师与学生进行教学、课程设计和毕业设计的参考书。

作者名单

焊接结构制造技术手册

主 编 宗培言

副主编 闵庆凯 姜淑华

参 编 魏壮军 张文明 梅永萍

刘旭东 郭宏侠

主 审 王 滨

前 言

焊接结构制造技术手册

我国的钢产量自 1996 年突破 1 亿吨后,十几年来稳居世界第一。如按 40% 的钢铁材料是经过焊接加工才能成为有用的构件和产品计算,我国不仅是钢铁生产大国,亦是世界上最大的焊接结构制造大国。可以想象焊接结构制造在国民生活、劳动就业、财富创造及国防建设中起着多么重大的作用。

《焊接结构制造技术手册》就是以满足焊接结构制造企业焊接工程技术人员进行生产工艺编制需要而编写的。编写过程中广泛吸纳了国内焊接结构制造企业的成熟技术和生产实践经验,最大限度地反映我国焊接结构制造技术的现状及最新技术、最新装备;以焊接结构制造工艺为主线,简要介绍常用的焊接结构制造材料、焊接接头及设计、焊接结构的应力和变形等焊接生产中所应用到的专业基础知识;从焊接结构制造工艺过程入手,较详细地介绍焊接工艺评定的目的、方法,焊接工艺规程的作用、内容和编制方法;全面论述焊接结构零件的加工工艺、装配与焊接工艺,焊接生产质量管理与质量检测方法及焊接工艺装备。为加深对所述知识内容的理解和应用,手册中有针对性地介绍典型焊接结构的制造技术。

本手册在体系上有焊接结构制造必备的理论知识,也有生产过程中常见问题的处理措施,更多笔墨放在焊接结构制造工艺的各个环节上。在编写内容上更加简洁实用,以理论知识够用为度,去掉了过多的理论叙述和冗长的设计计算,以现代企业焊接结构制造工艺(技术)为主线,联系工厂生产实际,突出实用性,凸显高新技术在其中的应用,实现生产技术与生产管理的融合。

本手册由下列人员共同完成:闵庆凯负责第 1 章、第 8 章、第 9 章 9.1 节和第 13 章的编写;梅永萍负责第 2 章、第 5 章的编写;魏壮军负责第 3 章、第 7 章的编写;张文明负责第 4 章、第 9 章 9.2~9.4 节、第 14 章的编写;宗培言负责第 6 章的编写;刘旭东、郭宏侠负责第 10 章的编写;刘旭东、姜淑华负责第 11 章的编写;姜淑华负责第 12 章的编写。全书由宗培言统稿,由沈阳大学王滨教授主审。

在本手册编写过程中,鞍钢重型机械有限责任公司金属结构厂刘旭东厂

长、哈尔滨锅炉厂工艺处杨松处长、北京三杰国际钢结构有限公司王斌总工程师、鞍钢特种结构厂马丽高级工程师、22 冶钢结构制造安装工程公司李国斌总经理、20 冶钢结构制造总厂张爱民厂长等给予了大力支持和帮助,提供了大量的技术资料;王洋、矫运赞等同志为本书做了大量的文字和图片处理工作。在此,向为本书提供资料和帮助的所有人员、企业及所援引文献的作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限,书中错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

焊接结构制造技术手册

第 1 章 绪论	1
1.1 焊接结构的特点及应用	1
1.1.1 焊接结构的应用及分类	1
1.1.2 焊接结构生产的特点	2
1.2 焊接结构制造的发展趋势	3
1.2.1 焊接结构的发展	3
1.2.2 材料的发展	4
1.2.3 焊接生产自动化的发展	5
第 2 章 常用焊接结构材料	7
2.1 焊接结构对钢材的要求	7
2.1.1 钢材的机械性能	7
2.1.2 钢材的化学成分	7
2.1.3 金属的焊接性	8
2.2 焊接结构的破坏形式	9
2.2.1 焊接结构的疲劳	9
2.2.2 焊接结构的断裂	10
2.2.3 焊接结构的环境失效	11
2.3 焊接结构选材的基本原则	13
2.3.1 母材的选择原则	13
2.3.2 焊接材料的选择原则	15
2.4 焊接结构常用金属材料	16
2.4.1 结构钢	16
2.4.2 特殊钢	20
第 3 章 焊接接头及其设计	21
3.1 焊接接头的特点与类型	21
3.1.1 焊接接头的概念及特点	21
3.1.2 焊接接头的基本类型	22
3.2 熔焊接头的坡口形状和尺寸	29
3.2.1 坡口和坡口类型	29
3.2.2 坡口尺寸	30
3.2.3 气焊、焊条电弧焊及气体保护焊接头坡口的基本形式和尺寸	30
3.2.4 埋弧焊接头坡口的基本形式和尺寸	41

3.2.5	坡口的选择设计原则	41
3.3	焊接接头的表示方法	48
3.3.1	焊缝符号与焊接方法代号	48
3.3.2	焊接接头在图样上的表示方法	53
3.4	焊接接头的设计原则	59
3.4.1	焊接接头设计的一般原则	59
3.4.2	常用焊接接头的设计注意事项	61
第4章	焊接应力与焊接结构的变形	63
4.1	应力与变形	63
4.1.1	应力与变形的概念	63
4.1.2	应力与变形产生的原因	64
4.2	焊接残余应力对结构的影响	64
4.2.1	焊接残余应力	64
4.2.2	残余应力对结构的影响	66
4.2.3	减小焊接残余应力的方法	68
4.3	焊接变形对结构的影响	75
4.3.1	常见的变形及产生原因	75
4.3.2	防止和减小变形的措施	79
4.3.3	焊接变形的矫正	86
第5章	焊接结构制造工艺基础	93
5.1	焊接结构制造工艺过程	93
5.1.1	生产前的准备	93
5.1.2	金属加工	95
5.1.3	装配-焊接	95
5.1.4	成品加工	96
5.2	焊接工艺评定	96
5.2.1	焊接工艺评定的目的	96
5.2.2	焊接工艺评定的规则	96
5.2.3	焊接工艺评定试验简述	104
5.3	焊接工艺规程	110
5.3.1	焊接工艺规程概述	110
5.3.2	编制工艺规程的依据	111
5.3.3	工艺规程的内容与编制	112
5.3.4	不同焊接方法的工艺规程	113
5.4	焊接生产定额计算	121
5.4.1	焊接结构生产劳动定额的制定	121
5.4.2	焊接结构生产材料消耗定额的制定	125
第6章	焊接结构零件备料加工	129
6.1	钢材加工概述	129
6.1.1	钢材加工的工艺内容及工序划分	129

6.1.2	钢材加工的基本方法	129
6.2	钢材表面预处理	132
6.2.1	机械除锈法	132
6.2.2	化学除锈法	133
6.3	钢材的矫正	134
6.3.1	矫正的目的及原理	134
6.3.2	矫正的质量要求	135
6.3.3	矫正方法与设备	136
6.4	放样、划线与号料	142
6.4.1	放样	142
6.4.2	划线	146
6.4.3	号料	151
6.5	钢材的下料	153
6.5.1	机械切割	153
6.5.2	气体火焰切割(简称气割)	159
6.5.3	等离子弧切割	169
6.5.4	激光切割	173
6.5.5	水射流切割	176
6.6	边缘加工与制孔	178
6.6.1	边缘加工	178
6.6.2	制孔	185
6.7	成形	188
6.7.1	板材的压弯	188
6.7.2	管材和型材的弯曲	196
6.7.3	板材的卷制	205
6.7.4	板材的压延	217
6.7.5	特种成形技术简介	224
第7章	焊接结构的装配与焊接	229
7.1	焊接结构的装配原理	229
7.1.1	装配的基本条件	229
7.1.2	工件的定位	229
7.1.3	装配中的测量	235
7.2	装配用工具及量具	239
7.3	焊接结构的装配	239
7.3.1	装配特点及要求	239
7.3.2	装配	240
7.3.3	装配的质量检验与公差	243
7.4	焊接结构的焊接	246
7.4.1	制定焊接工艺的原则及内容	247
7.4.2	焊接方法、焊接材料及焊接设备的选择	247
7.5	焊接结构的热处理	258
7.5.1	焊前预热	258

7.5.2	焊后热处理	259
7.5.3	焊前预热和焊后热处理采取的方法	260
第8章	焊接工艺装备	262
8.1	概述	262
8.1.1	装配焊接夹具和变位机械的作用	262
8.1.2	装配焊接夹具和变位机械的分类	262
8.2	焊接工装夹具	263
8.2.1	分类、组成及作用	263
8.2.2	对焊接工装夹具的要求	263
8.2.3	夹紧夹具的设计	263
8.2.4	装配夹具	270
8.3	焊接变位机械	274
8.3.1	焊件变位机械	275
8.3.2	焊机变位机械	284
8.3.3	焊工变位机械	289
8.4	焊接辅助装置	290
8.4.1	焊剂垫装置	290
8.4.2	焊剂输送、回收器	290
8.4.3	导电装置	292
8.5	焊接过程组合机械	292
8.5.1	概论	293
8.5.2	焊接变位机械组合	295
8.5.3	焊接中心和焊接自动机	296
8.5.4	焊接机器人	300
8.5.5	焊接生产线	311
第9章	典型焊接结构制造工艺	318
9.1	容器结构	318
9.1.1	压力容器结构及特点	318
9.1.2	薄壁圆柱形容器的制造	321
9.1.3	多层厚壁高压容器的制造	326
9.1.4	球形容器的制造	329
9.2	建筑焊接结构	338
9.2.1	焊接梁与柱的制造	338
9.2.2	金属网架的制造	351
9.3	起重机焊接结构	355
9.3.1	桥式起重机的结构特点	356
9.3.2	箱形主梁的备料加工	356
9.3.3	箱形主梁的装配焊接	357
9.3.4	端梁的制造	359
9.3.5	桥架装配焊接	360
9.4	车辆焊接结构	361

9.4.1	铁路客车车体的制造	361
9.4.2	铁路货车的制造	365
9.4.3	载货汽车车厢的制造	368
第10章	焊接质量管理与质量控制	370
10.1	焊接质量管理	370
10.1.1	焊接质量管理的含义	370
10.1.2	焊接质量管理的主要环节	370
10.1.3	主要生产环节的管理	373
10.2	焊接质量控制	382
10.2.1	质量体系的建立和文件编制	382
10.2.2	焊接质量体系的运行	384
10.2.3	焊接质量控制的实施	386
第11章	焊接结构质量检验	397
11.1	焊接质量检验程序与内容	397
11.1.1	焊接质量检验程序	397
11.1.2	焊接质量检验内容	399
11.2	常见的焊接缺陷	403
11.2.1	焊接缺陷的分类	404
11.2.2	焊接缺陷的特征与分布	405
11.2.3	焊接缺陷的危害	412
11.2.4	焊接缺陷的产生原因及防止措施	412
11.3	焊缝的外观检测	414
11.3.1	焊缝的目视检测	414
11.3.2	焊缝的尺寸检测	415
11.4	焊接接头的破坏性检测	417
11.4.1	力学性能试验	417
11.4.2	化学成分分析	423
11.4.3	金相组织分析	426
11.5	焊接接头的无损检测	428
11.5.1	无损检测技术概述	428
11.5.2	无损检测人员的资格鉴定等级与业务权限	429
11.5.3	射线照相检测	430
11.5.4	超声检测	433
11.5.5	磁粉检测	436
11.5.6	渗透检测	442
11.5.7	涡流检测	445
第12章	焊接资质人员的培训与资格认证	450
12.1	国际焊接培训体系简介	450
12.2	国际资质焊接人员培训规程	451
12.2.1	国际焊接工程师、技术员、技师、技士	

	(IWE/IWT/IWS/IWP)四类人员培训规程	451
12.2.2	国际焊工和国际焊接质检人员培训规程	453
12.2.3	国际焊接结构设计师	455
12.3	国内焊接人员培训及考试部分规程	456
12.3.1	国内焊接培训的组织与实施	456
12.3.2	焊工资格认证要求	457
12.3.3	焊工操作考试与检验	464
12.4	焊接责任工程师	473
12.4.1	焊接责任工程师的条件与职责	473
12.4.2	焊接责任工程师的资格申请、考核与审批	474
12.4.3	焊接责任工程师的日常管理	474
第 13 章	焊接清洁生产和安全	475
13.1	焊接生产清洁及节能技术	475
13.1.1	焊接清洁生产的意义	475
13.1.2	焊接清洁生产的实施途径	475
13.1.3	焊接清洁生产的内容	476
13.2	焊接生产中的污染与卫生防护技术	476
13.2.1	焊接生产中的污染	476
13.2.2	卫生防护技术	479
13.3	焊接生产中的安全	482
13.3.1	焊接防火与防爆	482
13.3.2	焊接用电安全	483
第 14 章	焊接结构失效分析	485
14.1	概述	485
14.1.1	焊接结构失效形式	485
14.1.2	焊接结构失效的主要原因	485
14.2	焊接结构的脆性断裂	486
14.2.1	脆性断裂的能量理论	487
14.2.2	脆性断裂的特征与影响因素	488
14.2.3	防止脆性断裂的措施	490
14.2.4	典型脆性断裂事故举例	493
14.3	焊接结构的疲劳断裂	496
14.3.1	疲劳断裂过程	496
14.3.2	疲劳断口特征	497
14.3.3	疲劳载荷	498
14.3.4	影响焊接接头疲劳断裂的主要因素	499
14.3.5	改善焊接接头疲劳强度的方法	501
14.4	焊接结构的环境失效	502
14.4.1	应力腐蚀破坏	502
14.4.2	高温损伤	504

绪 论

1.1 焊接结构的特点及应用

焊接结构主要是指焊接的金属结构,绝大多数是钢结构,由于其具有优良的力学性能和其他方面的使用性能,较易于适应各方面的使用要求,较少受尺寸和形状的限制,制造过程简单,结构重量轻,便于运输和安装。所以,焊接结构在几乎所有的工业部门和广阔的生活领域中都有大量的应用。

1.1.1 焊接结构的应用及分类

1.1.1.1 容器和管道结构

容器和管道结构包括各类储罐、锅炉、压力容器及输送各种液体或气体的管道等。这类结构大都在一定的温度和压力下工作,且相当一部分结构的工作介质或内部充装物为易燃易爆或具有强烈腐蚀性或有毒的物质,一旦发生泄漏或者断裂破坏,就可能产生灾难性的后果,造成人民生命财产的严重损失。因此,必须保证该类结构在工作和运行中的安全可靠,必须按照产品设计的技术要求中专门的技术规范来进行制造生产,严格控制产品质量,并且要由专设机构进行监督和检查。

世界各国对压力容器的制造和使用都非常重视,均设有专门机构,制定了详细的技术规范和检查标准。例如美国的 ASME 规范、日本国家标准 JIS 中的 B 8543 和 B 8550 及德国的 AD 规范等,对压力容器的设计方法、选材、制造和试验及检查验收等都作了详细而明确的规定。自 1980 年以来,我国在压力容器的设计和制造方面也取得了长足的发展,陆续制定和完善了一系列相应的技术规范和标准,其中主要的基

础规范和标准有《钢制石油化工压力容器设计规定》、GB 150—1998《钢制压力容器》以及国家质量技术监督局颁布的《压力容器安全技术监察规程》等。

1.1.1.2 房屋建筑结构

房屋建筑结构包括工业和民用两方面的各种建筑结构。主要有单层和多层工业厂房和各种大型建筑物的金属框架;大型民用建筑及公用设施,如机场、车站、体育场馆、剧院、博物馆、图书馆和高层建筑中的金属结构等。具体结构形式有各种梁、柱、桁架及网架结构等。这些结构主要作为建筑物的基本骨架,用以承重和承受其他外加载荷的作用。其主要要求除了应保证结构几何尺寸及安装和连接之外,尤其应有足够的强度和稳定性,同时应具有一定的抗震、防腐和防火等特殊的使用性能。

1.1.1.3 桥梁结构

过去主要指铁路桥梁,现在随着高速公路的快速发展,钢制公路桥梁的建设越来越多。这类结构承担的任务和重要性是人所共知的,它们长期工作在各种气候条件下,同时承受着强烈的冲击和巨大的动载荷,且加载次数频繁。因此,此类结构制造要求很高,否则很难保证火车或汽车运行的安全可靠。桥梁结构要求选用材料的强度、塑性、韧性、屈强比及时效敏感性等指标优异,焊接性必须适应野外桥梁的工作特点。在制造过程中要求焊接质量优良,并且保证结构在安装中连接准确、稳固可靠。

1.1.1.4 船舶和海洋结构

船舶和海洋结构包括各种船舶舰艇、海上

采油平台、海底管道及各种海上建筑工程等。水上运输成本低廉,且海洋中蕴藏着大量宝贵的能源、矿产及丰富的鱼类资源,各国都十分重视。随着海洋开发的不断发展和深入,海洋结构的应用将愈加广泛。显然,海洋焊接结构常年处于极其恶劣的环境下工作,除了受到海水和海洋气候长期不断地侵蚀外,还要受到风、浪及潮等复杂交变力的作用,甚至海底地震等的影响。所以对原材料的选用、焊接工艺的制定及焊接质量保证体系,也有着特殊的要求。要求原材料不仅在强度、韧性及疲劳极限等力学性能有较高的要求,而且应具有较好的耐海水腐蚀性能。

1.1.1.5 塔桅结构

塔桅结构主要包括高压输电线铁塔、广播电视发射塔及接收塔等。此类结构大部分是栓-焊联合结构,少部分为全焊接结构。塔桅结构大多由钢制型材组成,制造工艺比较简单。主要技术要求是原材料应具有一定的强度,保证结构有足够的承载能力,同时应保证其几何形状和整体稳定性,安装尺寸准确且安装方便可靠。此外,结构应具有耐大气腐蚀的能力。

1.1.1.6 机器结构

机器结构是一种很重要的结构类型,它涵盖了许多种机器和设备。随着现代焊接技术的成熟和发展,使其在机器制造业也已得到普遍的应用。以焊代铸、以焊代锻以及采用铸-焊联合结构、锻-焊联合结构,已经显示出极大的优越性。近年来在各种机床和机械设备的设计和制造上,已越来越多地采用焊接结构和焊接件,特别是大型机床和部分大型机械设备的床身、机座、横梁、箱体以至大型齿轮和发电机转子等大型机件,都逐渐改用焊接结构件,形成了焊接结构制造的又一广阔领域。

除了上述六大类之外,还有工程机械、汽车及机车车辆制造等诸多行业也都大量采用焊接结构,其特点不再一一列举。

1.1.2 焊接结构生产的特点

焊接结构由于其自身的特点和使用性能上的某些要求,使得在生产过程中形成了与其他结构类型产品所不同的某些特点,主要归纳如下:

1.1.2.1 焊接结构的生产过程是以焊接为主要生产工艺内容的生产加工过程

焊接结构的生产从投入原材料到产品制成出厂,虽然需要经过很多道生产工艺过程,包含很多工艺内容,但从其加工目的、相互之间的关系及对制成产品的作用来看,其中主要的生产程序和工艺内容是焊接。因为任何焊接结构,都是金属毛坯经过一定加工后,用焊接将其组合连接在一起,才成为所需要的整体结构。故焊接加工是制作焊接结构必不可少的、最基本的生产手段和生产步骤,而其他加工程序都是围绕它进行的。在焊接之前的一系列加工,大都是根据焊接工艺要求,为其创造条件和作准备的,焊后的一系列加工和生产活动内容,也只是为了进一步完善和检验焊接质量而进行的一些补充加工。所以焊接结构的生产也称为焊接生产。另外,在整个焊接结构制造生产过程中,与其他一些加工内容或工序相比,焊接施工量最为繁重,工艺内容最为广泛而复杂,对产品质量的影响也最大。从某种角度来说,焊接质量的好坏,直接反映了焊接结构的质量。因此,正确地选择焊接方法、合理地制定焊接工艺、妥善地安排焊接生产程序、科学地进行施工及有效地控制焊接质量,是进行焊接结构生产的核心内容和最为重要的问题。这就要求从事焊接结构生产的人员,尤其是工程技术人员,必须了解和熟悉焊接技术的内容和特点,掌握焊接工艺过程和要求,这是搞好焊接结构生产的必要条件和基本前提。

1.1.2.2 焊接结构的基本材料是金属材料

生产过程中各道加工工序的主要对象是金属材料(主要是钢材)。其加工的最终目的是将具有一定性能的金属材料制造成为在某种使用条件下、满足其使用性能要求的焊接结构产品。而产品的某些性能要求是由材料的性能来保证的。焊接结构制造就在于要正确地选取和利用金属材料,选用各种恰当的加工方法,既要保证顺利加工制造成符合要求的产品,同时还必须采取相应的技术措施,尽可能地保持和不降低材料原有的性能,以确保所生产结构的质量和性能要求。因此,对所用材料的性能必须有深入的了解,以便正确选用加工工艺。

1.1.2.3 对轧制的、具有一定断面的金属材料进行进一步的加工和应用

它是在基本上不改变其断面特征的情况下,将金属材料加工制作成各种结构零件后,经装配和焊接制成整体结构。因此,较之其他机械产品的加工,具有工序简单、加工量少、省工省时及加工成本低等特点。这也是焊接结构制造速度快、经济效益高的基本原因之一,故得到了广泛的应用。

1.1.2.4 大都用于大型工业生产装备、储运设备的制造

焊接加工除少数作为某些工业产品的组成构件(如用于汽车、拖拉机等构件)大量生产之外,大都用于某些建设工程或大型工业生产装备、重型机械设备和储运设备的制造。这些产品都具有体积大、重量大、耗材量多、用工量大、生产周期长、单件产品造价高及使用周期长等特点。因此在一定时间内需要量不会太大,生产的数量有限,故生产同一产品的连续性和重复性不是很强,这就决定了很多生产工厂的类型属于单件和小批生产,故较难实现整个生产过程的机械化、自动化流水生产,也就限制了生产效率和生产自动化程度的进一步提高。为了提高焊接结构的生产效率和质量,提高焊接生产机械化、自动化程度,要努力做到某些常用基本构件或零件的标准化和规格化,进而设计、建设专门生产这些零部件(例如工字形断面构件、圆柱形容器的筒体和封头等)的机械化、自动化流水线。

1.1.2.5 需大型加工设备

由于某些焊接结构件尺寸和重量都比较大,因此要求其加工设备的能力和尺寸也要足

够大,大多属于大型专用设备,例如矫正机、剪板机、刨边机、卷板机和大型压力机等。同时,要求有较大的作业空间和面积,还要有足够的与加工工件重量相适应的起重运输设备的配合,也要求生产者有较强的体力等。

1.1.2.6 焊接结构的生产过程是一个具有多种工艺内容的综合性生产加工过程

焊接结构的生产虽然是以焊接工艺为主要内容的生产过程,但为了使焊接能顺利进行并保证其加工质量以及满足各式各样产品在结构上的要求,必须将各种规格的板材和型材转变为组成结构所需要的各种尺寸和形状的基本零件,经组合装配才能进行焊接加工。焊接之后,还要进行补充和完善加工才可制成符合质量要求的合格产品。由此可见,仅仅靠焊接一种加工工艺、一道生产工序是不可能,也无法将金属材料变成焊接结构的,还必须有一系列其他加工过程。由于组成结构的零件所用材料的性质、工件的尺寸形状等各自不同,故所用的加工方法也不相同。所以,焊接结构的制造,是包含很多道生产工序、多种加工工艺内容的综合性生产加工过程。其中既有焊接加工内容,也有划线下料、成形加工、切削加工及热处理等工艺内容;有热加工也有冷加工。因此,作为焊接结构的制造工厂,不仅应具备焊接加工的条件,同时还应当具有上述各种加工条件。

熟悉和了解上述特点,可以更好地掌握焊接结构生产的客观规律和需要,抓住其中的主要问题,采取恰当的生产方法和工艺措施,合理地制定生产程序,正确而有效地指导生产,从而保证生产顺利进行,按照设计要求生产出合格的焊接结构产品。

1.2 焊接结构制造的发展趋势

1.2.1 焊接结构的发展

焊接,作为材料成形加工的主要手段之一,正在向各个领域渗透,焊接新结构正在不断出现和完善。现代焊接结构在向大型化和高参数方向发展,焊接结构的工作条件越来越苛刻,要求也越来越严格。目前,全世界每年焊接结构产品可达数亿吨,而且需要设计制造在地面、高

空和水下,高温或低温,能承受腐蚀介质或强放射性照射等各种极限使用条件下工作的焊接结构,并要求焊接结构成本低廉、耐用可靠、甚至要易于解体而可循环再利用。如图1-1所示的核压力容器是典型现代焊接结构,其壁厚可达200 mm左右,与之相近的还有6100 m深海探测器,工作时需承受巨大的海水压力。又如全焊接超级(50万t)油轮长382 m、宽168 m、

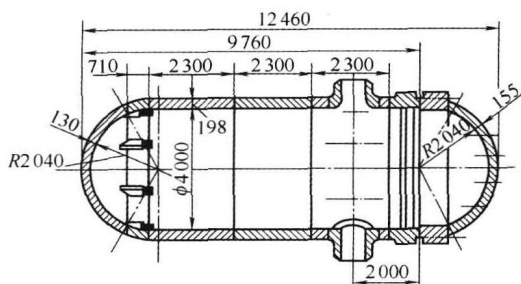


图 1-1 核压力容器简图

高 27 m, 采用低碳钢和低合金钢制造, 最大钢板厚度可达 140 mm。再如建造现代高层建筑的焊接钢屋架, 通常都是将零部件在工厂内制成, 然后再运到工地安装, 所用材料强度级别达 490 MPa 以上, 厚度达 100~150 mm。还有许多工作条件极其恶劣的焊接结构, 如大型电站锅炉, 其工作压力 32.4 MPa, 蒸汽温度可达 650 ℃; 容积 5 080 m³ 的大型高炉; 直径达 33 m, 容积为 100 000 m³ 的大型储罐等。

1.2.2 材料的发展

1.2.2.1 母材的发展

传统的焊接结构通常采用低碳钢或普通低合金结构钢母材制造。近年来, 随着焊接技术的不断完善, 高强钢母材在现代焊接结构中获得了广泛的应用。图 1-2 所示为日本统计的部分大型焊接结构用钢材强度等级与采用的板厚规格。抗拉强度 784 MPa 的高强钢 (HT80) 已用于制造桥梁、高压管道、重型电机和海洋结构等, 更高强度级别合金结构钢的应用研究也在进行之中。超高强度钢在航天、航海和机器制造业中应用也很广泛。用来制造固体燃料火

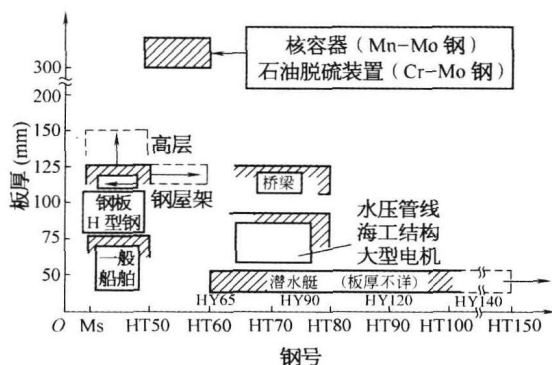


图 1-2 大型焊接结构用钢强度等级与板厚规格

箭发动机壳的 4340 钢, 经过合适的淬火-回火处理后, 其强度极限可达 1 765.3 MPa。马氏体时效钢, 如 18Ni 钢, 是另一种常用的超高强度钢, 这种钢在淬火状态下具有高韧性, 便于热处理, 也有良好的焊接性能, 焊后经过时效处理, 可获得 1 373~2 059.5 MPa 的高强度; 同时, 这种钢还具有很高的抗脆性断裂及抗应力腐蚀的能力, 国外正在推广用来制造某些结构, 例如飞机零件、大直径固体燃料火箭外壳、冷冻机及船体结构等。由于焊接结构的使用条件日益复杂和苛刻, 各种抗腐蚀、抗高温、抗深冷脆断的合金钢, 例如含镍量为 9%、5.5% 和 3.5% 的镍系低温钢、铬-镍不锈钢、耐热钢、铝及铝合金、钛及钛合金等都可用来制造焊接结构。

新型材料 (也称先进材料), 是新近开发的具有优异性能或特殊用途的材料。按照用途可分为两大类: 一类是功能材料, 它是当代信息技术的材料基础, 对高新技术的发展起重要作用, 包括半导体材料、信息存储材料、信息检测和传感材料、信息传输材料、超导材料、特殊储能材料及生物医学材料等; 另一类是结构材料, 在能源利用、交通运输、太空及海洋开发等领域起重要作用, 如新型金属材料、高性能工程塑料、先进陶瓷及复合材料等。

由于新材料的合成与制备常需要特殊的技术手段或环境条件, 而且质量控制很严, 往往具有特殊的组织结构和性能。因而, 传统的焊接方法很难适应这些材料的连接, 接头难以保持材料原有组织性能的特殊要求, 甚至根本无法实现冶金连接。为实现新材料的优质连接, 对焊接技术提出了新的更高要求。

1.2.2.2 焊接材料的发展

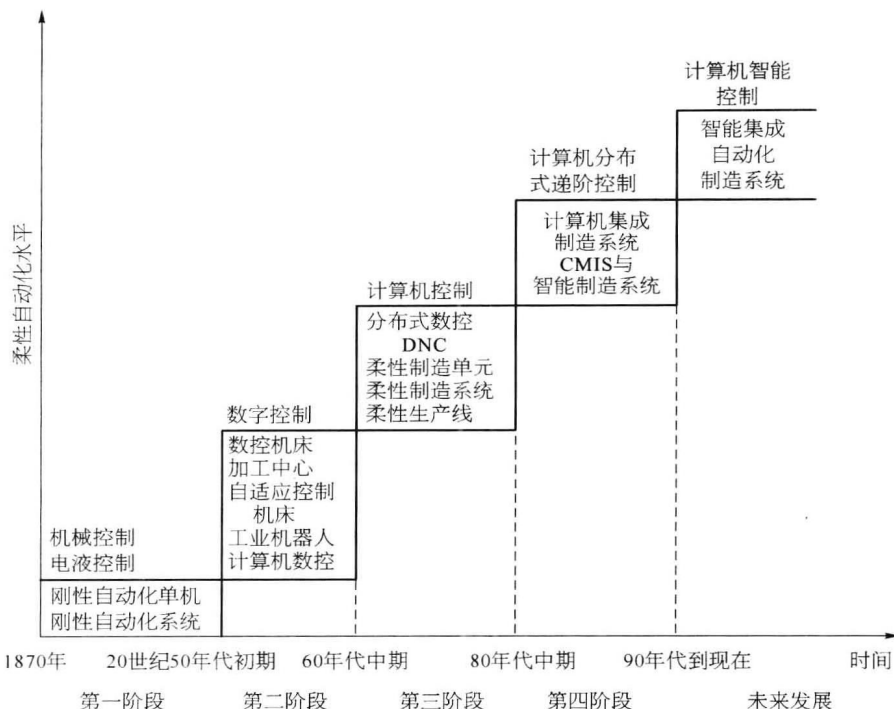
我国是全球最大的焊接材料生产基地, 产量约占全球产量的 50%。焊接材料产量快速增长; 产品结构仍以焊条为主, 焊条电弧焊在我国仍占主导地位; 焊接材料的品种结构逐渐调整, 各行业对焊接质量、自动化要求提高, 焊条使用比例逐年下降, 焊丝的使用量稳步上升, 药芯焊丝具有高效、节能及成分调节方便等优点, 是未来的发展方向。埋弧自动焊用焊剂也逐渐由大量使用熔炼型焊剂向烧结型焊剂过渡, 烧结型焊剂具有节能、成分调节方便及制造简单

等一系列优点,也是焊剂的发展方向。

1.2.3 焊接生产自动化的发展

自从 18 世纪中叶瓦特发明蒸汽机引发工

业革命以来,制造自动化技术就伴随着生产的机械化开始得到迅速的发展。从其发展历程看,制造自动化技术大约经历了四个发展阶段,如图 1-3 所示。



就我国的具体情况而言,焊接自动化技术普遍处于制造自动化技术的第二阶段(数字控制技术)和第三阶段(计算机控制技术)之间,只有极少数高、精、尖产品的制造水平达到第四阶段(计算机分布式递阶控制技术,主要是计算机集成制造系统 CIMS)。尽管如此,近半个世纪以来,焊接技术还是以迅猛的速度发展,诸如激光焊、电子束焊、等离子弧焊及各种气体保护焊等焊接方法的出现,以及高质量、高性能焊接材料的不断发展和完善,使得几乎所有的工程材料都能实现焊接。而且焊接自动化迅速发展,自动化的生产方式在很多工业部门代替了焊条电弧焊生产方式。目前焊接生产自动化技术及设备的研究开发热点主要为以下三个方面:

- (1) 焊缝自动跟踪,特别是视觉跟踪技术。
- (2) 焊接过程熔滴过渡控制。
- (3) 焊缝成形控制,包括焊接熔深控制、全

位置焊实时控制以及单根焊缝的单面焊双面成形技术。

在各种焊接技术及系统中,以电子技术、信息技术及计算机技术综合应用为标志的焊接机械化、自动化系统乃至柔性焊接制造系统,是信息时代焊接技术的重要特点。柔性焊接制造系统(单元)是信息时代焊接技术的典型代表,一般情况下,它由焊接机器人、先进焊接电源、离线编程 CAD 系统、工装机械系统等组成,如图 1-4 所示。焊接机器人具有比其他机器人更高超的能力,除能进行正常的行走及搬运外,还能自动跟踪焊接电弧轨迹,防止电弧及烟尘的干扰。在焊接机械化、自动化系统中,采用的焊接电源均具有良好的动特性,大多采用以先进电子元器件及先进电子技术开发生产的焊接设备,如逆变式可控硅焊接电源 IGBT 管等。焊接方法大多采用质量好、生产率高的方法,如自动或半自动 CO_2 气体保护焊、MIG/MAG 焊、