

机电技术 问答系列

焊工问答 300

胡宝良 常偃波
编著

上海科学技术出版社

机电技术问答系列

焊工问答 300 例

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

焊工问答 300 例/胡宝良,常偃波编著. —上海:上海
科学技术出版社,2011. 3

(机电技术问答系列)

ISBN 978-7-5478-0598-5

I. ①焊... II. ①胡... ②常... III. ①焊接一问
答 IV. ①TG4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 219583 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社

出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/32 印张:19

字数:400 千字

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

印数:1-3 750

ISBN 978-7-5478-0598-5/TG·24

定价:46.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书以中级焊工应掌握的技术知识进行编写,适当涉及初级和高级焊工的相关技术知识。

全书共分十二章,以问答形式编写。内容包括:焊接基础;焊接裂纹;常用弧焊方法及设备;焊接材料;常用金属材料的焊接;焊接接头的试验方法;异种金属的焊接;焊接应力与变形;焊接结构的失效;焊接材料的定额及相关计算;典型产品的焊接工艺;焊接检验和焊缝返修。书后还附有焊工理论知识模拟试卷;焊工操作技能考核样题及操作技能评分标准。

本书力求循序渐进、简明扼要,尽量结合实际,引导读者深入思考、分析、判断。

本书可供要求考等级的技术工人自学和为工厂企业、技术学校备课及施教提供方便。

修订前言

《焊工问答 450 例》自 2006 年出版以来,得到了广大焊工及业内前辈和同仁们的欢迎和鼓励。为更好地满足广大读者的需要与焊接技术新发展的现状,本书在《焊工问答 450 例》的基础上进行了修订。本书在保持原书各章、节结构的前提下,力求结合生产第一线的实际及焊接技术的新发展,对部分内容进行了删繁就简,且根据现行的国家相关专业标准又增设或调整了部分内容。强调生产的工艺性、流程的条理性 and 标准的严密性,贯穿于本书各章、节的实例中。

本次修订再版,由胡宝良、常偃波编著,林圣武主审。

在本次修订过程中,尽管编者已尽其所能,但错误与不妥之处终究难免,敬请前辈、同仁及广大有识之士予以斧正,编者感谢不尽。倘能有幸再版,当再予一一改正。

编 者

2010 年 5 月

目 录

第一章 焊接基础	1
第一节 焊接结构与焊缝符号	1
第二节 焊接热过程	16
第三节 熔池形状与焊接冶金	22
第四节 金属学概述	31
第五节 焊缝金属的合金化与焊缝金属的调整或 改善	36
第六节 焊接接头的预热和热处理	39
第七节 焊接热影响区的组织与性能	44
第二章 焊接裂纹	54
第一节 焊接裂纹的概述	54
第二节 热裂纹的简介	56
第三节 再热裂纹的简介	60
第四节 冷裂纹的简介	64
第五节 层状撕裂的简介	68
第六节 应力腐蚀裂纹的简介	71
第三章 常用弧焊方法及设备	76
第一节 弧焊电源的类型及基本要求	76
第二节 弧焊变压器(交流弧焊机)调节焊接电流的 方法	80

第三节	脉冲弧焊电源的种类、特点与应用	83
第四节	弧焊电源的选用	86
第五节	焊接工艺、焊接坡口、焊接参数及运条原则	88
第六节	焊条电弧焊时减少焊接变形的操作方法	94
第七节	埋弧焊机的分类、埋弧焊主要焊接参数 对焊缝的影响	97
第八节	气体保护电弧焊的分类、特点及适用范围	118
第九节	钨极氩弧焊(TIG 焊)的特点及应用	122
第十节	MIG 焊和 MAG 焊的主要工艺特点和应用	126
第十一节	CO ₂ 气体保护焊的特点与应用	128
第十二节	等离子弧焊与电渣焊	140
第十三节	气焊、气割与钎焊的特点及应用	157
第四章	焊接材料	171
第一节	焊丝及焊条类型、药皮性质与作用、对焊条的 基本要求	171
第二节	焊条型号、牌号的表示方法	178
第三节	焊丝型号的表示方法	181
第四节	埋弧焊焊剂的基本要求、分类及牌号的识别	184
第五节	焊接用保护气体的基本特性、选用焊接用 保护气体的主要原则	190
第六节	钨极的种类、主要功能及特点	193
第五章	常用金属材料的焊接	197
第一节	碳素钢的焊接	197
第二节	低合金结构钢的焊接	204
第三节	耐候钢的焊接	209
第四节	耐热钢的焊接	212

第五节	低温钢的焊接	219
第六节	奥氏体高锰钢的焊接	223
第七节	不锈钢的焊接	228
第八节	铸铁的焊补方法	233
第九节	铝及铝合金的焊接	239
第十节	铜及铜合金的焊接	246
第十一节	钛及钛合金的焊接	258
第六章	焊接接头的试验方法	263
第一节	焊接性试验简介	263
第二节	焊接性试验的分类	266
第三节	使用焊接性试验	274
第七章	异种金属的焊接	277
第一节	异种金属焊接的概述	277
第二节	异种金属焊接的主要特点	280
第三节	异种金属焊接的分类与组合	284
第四节	异种钢的焊接	292
第五节	钢与铜、钢与镍的焊接	326
第六节	堆焊在生产中的应用	335
第八章	焊接应力与变形	342
第一节	焊接应力与变形产生的原因、种类及其危害	342
第二节	焊接应力的分布与调节	350
第三节	焊接变形的控制、预防及矫正	359
第九章	焊接结构的失效	378
第一节	焊接结构失效的类型、形式及主要原因	378

第二节	焊接结构断裂的基本特征及其主要原因与 预防措施·····	383
第三节	疲劳断裂的基本特征、主要原因及预防措施···	396
第四节	焊接结构的腐蚀类型、形成因素及应力腐蚀 的一般特点·····	404
第五节	金属材料的高温力学性能及蠕变断裂的 特征·····	410
第十章	焊接材料的定额及相关计算·····	415
第一节	常用焊条、焊丝及焊剂的计算·····	415
第二节	保护气体消耗量的计算·····	426
第三节	静载强度的计算·····	428
第四节	焊接热输入的计算·····	436
第五节	负载持续率的计算·····	438
第六节	氧-乙炔消耗量的计算·····	440
第七节	焊接变形的经验计算·····	444
第十一章	典型产品的焊接工艺·····	449
第一节	钢制压力容器焊缝的分类、压力容器用钢 的特殊要求·····	449
第二节	压力容器用钢及焊接材料的特殊性·····	451
第三节	焊接工艺评定与焊工考试·····	457
第四节	压力容器焊接工艺流程及焊接工艺细则的 编制·····	462
第五节	钢结构梁、柱的焊接·····	482
第六节	空芯轴、空心球类等的焊接·····	498
第七节	典型异种钢、异种金属焊接及堆焊工艺要点···	503

第十二章 焊接检验和焊缝返修	512
第一节 焊接检验和无损探伤.....	512
第二节 超声波探伤(UT)的特点与缺欠的判断	521
第三节 磁粉探伤(MT)的特点与应用	527
第四节 渗透探伤(PT)的特点与应用	531
第五节 焊缝的返修.....	536
 焊工理论知识模拟试卷	 546
焊工操作技能考核样题	570
参考文献	598

第一章 焊 接 基 础

第一节 焊接结构与焊缝符号

1-1 什么是焊接？它的使用范围有哪些？

答：按 GB/T 3375—1994《焊接术语》的定义，焊接是通过加热或加压，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方法。在钢结构工程中，焊接是实现两种或两种以上同种或异种材料通过原子或分子之间结合与扩散连接成一体的工艺过程。

焊接这一加工工艺在各类钢结构制造工程中应用最广泛，它使金属材料可达到永久性的连接。随着工程技术的发展，焊接也可以使某些非金属材料达到永久性连接的目的，如金属与玻璃、石墨、塑料焊接等。

1-2 金属材料的焊接如何分类？

答：金属材料的焊接按其焊接过程中金属所处的不同状态，可分为熔焊、压焊及钎焊三大类。

熔焊是将待焊处的母材金属熔化形成焊缝的焊接方法。从冶金角度看熔焊属液相连接，除被焊母材（同种金属或异种金属）外，还可添加填充材料（同质或异质），共同形成统一的液相物质，冷凝后形成连接母材的焊缝。常用的填充材料是焊条或焊丝。

压焊是在焊接过程中必须对焊件施加压力，加热（或不加

热)以完成焊接的方法。压焊属固相焊接,若需加热时其温度应低于母材的熔点,一般不添加填充材料。

钎焊是母材不熔化,待焊表面仅加热到湿润状态(俗称出汗),而只熔化起连接作用的填充材料(钎料与钎剂)的焊接方法。钎焊属固-液相焊接,待焊的同质或异质母材为固态,与处于中间熔点低于母材的液相钎料与钎剂之间存在固-液相界面,彼此进行充分扩散与填充而实现原子间的结合。

焊接时均需外加能量,金属材料的焊接也可按能量的不同分类,如:按电能中的电弧分有焊条电弧焊、埋弧焊、氩弧焊、 CO_2 气体保护焊、等离子弧焊等;按电能中的电阻分有电渣焊、点焊、缝焊、对焊、高频焊、盐浴钎焊、烙铁钎焊;电能中的电磁感应有感应焊;电能中的能束有电子束焊;利用机械能的有摩擦焊、锻焊、冷压焊、真空扩散焊;利用化学能的有乙炔焰焊、氢-氧焰焊、铝热焊、爆炸焊;利用声能的有超声波焊;利用光能的有激光焊、太阳光能焊。

1-3 焊接方法的选择原则是什么?

答:所选用的焊接方法必须保证焊接质量,达到产品设计的技术要求,同时又能提高焊接生产率,降低制造成本与改善焊工劳动条件。

选择的具体方法是:针对产品母材性能和结构特点,根据各焊接方法的特性(如热源能量、电弧特性等),结合生产类型、设备条件及焊工操作技能等因素,经综合分析后选定。值得注意的是,母材的热物理性能、焊接性能和结构特点常常是决定因素,其次还须考虑焊件的厚度、坡口形式、接头形式及焊接位置等。

就熔焊而言,埋弧焊只适用于平焊位置,电渣焊与气电焊适用于立焊。焊条电弧焊、气体保护焊及气焊均能进行全位置焊

接。各种焊接方法中以平焊最容易掌握,平焊生产率高,焊接质量容易保证,而仰焊最难掌握,极易产生各种焊接缺欠。因此必要时可采取焊接变位装置,让焊接部位处于平焊位置便于施焊。

1-4 焊接结构有哪些主要优缺点?引起焊接接头失效的主要原因是什么?

答:随着焊接技术的飞速发展,焊接结构日益向高参数(高温、高压、高容量)、低温深冷、高寿命和大型化的方向发展。焊接结构主要有以下优点:

① 焊接结构与铆接结构相比,首先可节省大量金属材料,减轻结构重量。例如,起重机械采用焊接结构其重量可减轻15%~20%;高层建筑钢结构可减轻10%~20%。其次,焊接结构简化了加工和装配工序,提高了生产效率,改善了劳动强度与劳动条件。

② 焊接结构与铸造结构相比,不需制作木模和砂型,也不需专门熔炼和浇铸,工序简单,生产周期短,更有利于单件和小批量生产。同时,焊接结构比铸件节省50%~60%的原材料,比铸钢节省20%~30%的钢材。

③ 焊接结构具有一些用其他工艺方法难以达到的优点。例如,焊接结构可在同一零件上根据不同要求采用不同材料或分段制造来简化制造工艺。如大型齿轮的齿缘可用高强度的耐磨优质合金钢,而其他部位则可用一般钢材制造,这样既提高了齿轮的使用性能,又节省了优质钢材。

④ 有些型材采用焊接结构比用轧制钢材经济。如当工字钢的高度大于70cm时,采用钢板拼焊比轧制的成本低。

焊接结构也存在一定的缺点,如容易引起焊接接头的失效而导致灾难性事故的发生。焊接接头失效的主要原因如下:

(1) 结构设计不合理 盲目地照搬铆接结构的设计方法,

具体表现在以下方面：

1) 刚性大 焊接是刚性连接,连接构件不易产生相对位移,而铆接结构具有一定相对位移的可能性,使其刚性相应降低,从而可减少附加应力。但在焊接结构中由于设计时未考虑该因素,导致引起较大的附加应力并增加了应力集中的敏感性。

2) 整体性 当设计不妥时,焊接结构的整体性给裂纹的扩展创造了十分有利的条件。焊接结构在工作时,一旦有不稳定的脆性裂纹出现,就有可能穿越焊接接头并扩展至结构整体,使焊接结构全部破坏。而铆接结构当同样出现不稳定的脆性裂纹并扩展至铆接接头时,就会在铆钉孔边缘处自然停止,这时的铆钉孔起到了止裂孔的作用,避免了灾难性事故的发生。

(2) 材料选用不当 用于制造焊接结构的材料若选用不当,在降低基体金属使用性能的同时也降低了焊接接头的综合力学性能。如用转炉钢制造在温度为 -20°C 以下的低温条件服役的焊接结构必然要产生脆断事故,而若用平炉钢制造可避免该类事故的发生。

(3) 装焊工艺制订不合理 焊接结构的制造是由一系列工序组成的系统工程,其中装配-焊接是最关键的重要工序,因此焊接工艺的合理与否至关重要。若焊接方法选用不当,就有可能因热源能量不集中,加热时间过长,使热敏感钢的接头脆化;或因预热温度不足导致易淬火钢焊接接头产生冷裂纹;或对应选用碱性焊条的钢材接头形式却采用了酸性焊条,则由于焊缝冶金质量低含氧量高而易产生各类焊接缺欠或引起脆化。

(4) 环境因素的影响 环境因素对焊接结构的使用寿命也会产生较大的影响。如在高温下服役的焊接结构,由于强烈蠕变导致结构失效而破坏;在低温下工作的焊接结构,由于接头变脆易发生脆断;接触各种腐蚀介质的焊接结构,由于腐蚀作用导致结构过早的失效而破坏。

(5) 运行及管理失误 在生产中由于操作不当或管理疏忽造成焊接结构失效破坏的事件也经常发生,尤其对于一些受压容器,因不按操作规程作业,严重超载运行或没有使用安全减压阀,导致爆裂引发灾难性事故。

1-5 焊接接头由哪些内容组成? 基本类型有哪几种?

答: 用熔焊方法连接的接头为焊接接头。焊接接头由焊缝、熔合线、热影响区(HAZ)及邻近热影响区的母材金属四部分组成,如图 1-1 所示。



图 1-1 焊接接头示意图

1—焊缝; 2—熔合线; 3—热影响区(HAZ); 4—母材金属

焊缝: 指填充金属与母材在熔融状态下冷凝后连接焊件的金属。

熔合线: 指焊接接头的横截面上经宏观腐蚀所显示的焊缝与母材熔合的轮廓线或焊缝与母材的分界线。

热影响区(HAZ): 指焊接或切割过程中,金属因受热(但尚未熔化)而发生金相组织与力学性能变化的区域,常用英文缩写 HAZ 表示。在热影响区(HAZ),对焊接接头影响最大的是过热区和熔合区。过热区是指热影响区(HAZ)中具有过热组织或晶粒显著粗大的区域。熔合区是指焊接接头中焊缝与母材交接的过渡区,在母材熔合线处的微观显现为呈半熔化状态。

母材金属: 被焊接的金属就称母材。

焊接接头的基本类型有四种:对接接头、搭接待头、角接接

头及 T 形(含十字)接头,如图 1-2 所示。另外还有端接接头、套管接头、卷边接头、锁边接头、塞焊及槽焊搭接接头,但都属这四种基本类型的范畴。

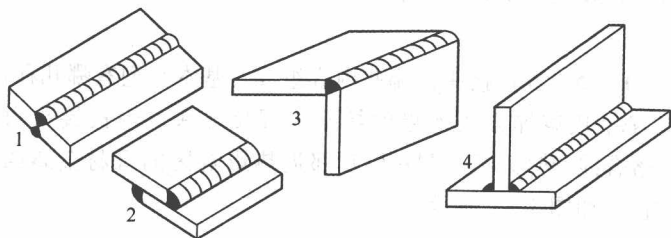


图 1-2 焊接接头的基本类型

1—对接接头; 2—搭接接头; 3—角接头; 4—T 形(含十字)接头

(1) 对接接头 对接接头在焊接结构中是采用最多的一种,按焊件厚度及技术要求开不同形式的坡口。一般有 I 形坡口、V 形坡口、双 V 形坡口、单 U 形坡口、带钝边的双 U 形坡口及 J 形坡口等数种形式。该种接头大多要求全焊透,它的应力集中最小。受压元件中受动载、交变载荷或与腐蚀介质接触的重要接头大多采用该类接头。

(2) 搭接接头 这种接头的装配要求不高,易于装配,但承载能力低,尤其是疲劳强度更低,所以只用在不重要的焊接结构中。

(3) 角接头 角接头一般也用在不重要的焊接结构中。按焊件厚度及不同的坡口形式,角接头可分为 I 形坡口、单边 V 形坡口及双边 V 形坡口等形式。开坡口的角接头一般在钢结构中较少采用。

(4) T 形接头 T 形接头在焊接结构中被广泛采用,尤其在船体结构中约有 70% 的焊缝是该接头形式。按焊件厚度不

同,T形接头常用 I 形坡口、单边 V 形坡口、双边 V 形坡口及带钝边双 J 形坡口等四种形式。

T 形接头常作为联系焊缝,所以不需要较精确的坡口准备。但若 T 形接头的焊缝要求承受载荷,则应使接头为全焊透焊缝以保证 T 形接头的强度。

1-6 焊缝符号的含义有哪些?

答:按 GB/T 324—2008《焊缝符号表示法》的规定,在图纸上一般不需特别表示焊缝,只需标注焊缝符号,焊缝符号应明确表示所要说明的焊缝。一般由基本符号与指引线组成,必要时还可加上辅助符号、补充符号和焊缝尺寸符号。指引线一般由带箭头的指引线(简称箭头线)和两条基准线(一条为实线,另一条为虚线)所组成,如图 1-3 所示。

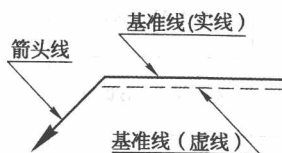


图 1-3 指引线

箭头线相对焊缝的位置一般无特殊要求,但在标注 V、Y、J 形坡口焊缝时,箭头线应指向带有坡口一侧的工件。必要时,允许箭头线弯折一次。基准线的实线一般应与图纸的底边相平行,但在特殊条件下也可与底边相垂直。基准线的虚线可画在基准线实线下侧或上侧。

为能在图纸上确切地表示焊缝位置,特将基本符号相对基准线的位置规定为:焊缝在接头的箭头侧,基本符号应标在基准线的实线侧;焊缝在接头的非箭头侧,基本符号应标在基准线的虚线侧;对称焊缝及双面焊缝标注时可不加虚线。

(1) 基本符号 基本符号是表示焊缝横截面形状的符号,见表 1-1。不完全熔化的卷边焊缝用 I 形焊缝符号表示,并加注焊缝有效厚度。