

首批国家示范性高等职业院校特色实训教程
国家高技能人才培养示范基地精品培训课程

焊接技能实训

HANJIE JINENG SHIXUN

介绍机械产品加工的
焊接技能的实训操作

JIESHAO JIXIE CHANPIN JIAGONG DE
HANJIE JINENG DE SHIXUN CAOZUO

主编 刘海 孙思炯



YZLI0890107384



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

首批国家示范性高等职业院校特色实训教程
国家高技能人才培养示范基地精品培训教程

焊接技能实训

主 编 刘 海 孙思炯
副主编 林爱青 王树平
刘国通 倪建光
参 编 刘玉超 孙 杰
孟 溪



YZLI0890107384

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书主要包括:焊条电弧焊、气焊与气割、二氧化碳气体保护焊、氩弧焊接操作、埋弧焊、其他焊接方法、异种金属材料焊接操作、焊件焊补与堆焊、典型焊接结构焊接操作等。

本书可作为焊接技术与自动化专业、船舶舾装专业、船舶工程专业的实训教学教材。

图书在版编目(CIP)数据

焊接技能实训/刘海,孙思炯主编. —天津:天津大学出版社,
2011.7

首批国家示范性高等职业院校特色实训教程 国家高技能人才培
训示范基地精品培训教程

ISBN 978-7-5618-3966-9

I. ①焊… II. ①刘… ②孙… III. ①焊接 - 高等职业教育 - 教
材 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 143779 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 13.5

字 数 337 千

版 次 2011 年 8 月第 1 版

印 次 2011 年 8 月第 1 次

印 数 1 - 3 000

定 价 33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

FOREWORD 前言

为进一步发展职业教育,培养有理想、有道德、有纪律、有文化的新型职业技术人才,我们组织编写了本套“首批国家示范性高等职业院校特色实训教程”“国家高技能人才培养示范基地精品培训教程”,包括《数控车工技能实训》《数控铣工技能实训》《机械维修技能实训》《焊接技能实训》《车工技能实训》《铣工技能实训》《钳工技能实训》《磨工技能实训》系列教材。在教材的编写过程中,以就业为导向,以企业用人标准为依据,以突出人才的个性发展、创新能力的培养为主线,按照“以项目导向,任务驱动,工学结合,学训交替”的人才培养模式,通过教学与生产结合、训练与劳动结合、劳动与创新结合,提高学生的综合技能水平和岗位适应能力。

在专业知识的安排上,本书以国家职业标准、专业教学大纲为依据,以船体制造、压力容器、典型焊件的焊接为依托,综合体现了新技术、新工艺、新方法,使教材形象化、动态化、立体化、多元化,并且更贴近学生的认知规律,达到使学生“乐学”、“能学”、“学好”的目标。

本教材的编写得到了各有关部门的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。由于水平所限,缺点和错误在所难免,请有关专家和读者提出批评和改进意见。

编者邮箱:刘海 <wh-liuhai00@163.com>。

编者

2011年7月

CONTENTS 目 录

绪 论	(1)
子任务一 焊接操作安全技术	(1)
子任务二 焊接缺陷产生的原因、危害及其预防	(5)
任务一 焊条电弧焊	(12)
子任务一 引弧及平焊	(12)
子任务二 平角焊	(17)
子任务三 对接平焊	(22)
子任务四 对接立焊	(31)
子任务五 立角焊	(37)
子任务六 对接横焊	(40)
子任务七 对接仰焊	(46)
子任务八 仰角焊	(49)
子任务九 垂直固定管焊	(52)
子任务十 水平固定管焊	(55)
子任务十一 垂直固定俯位管板焊	(59)
子任务十二 水平固定管板焊	(62)
子任务十三 垂直固定仰位管板焊	(66)
子任务十四 倾斜 45°固定管焊	(69)
子任务十五 水平固定管加障碍焊	(72)
子任务十六 垂直固定管加障碍焊	(75)
任务二 气焊与气割	(79)
子任务一 中厚板气割	(79)
子任务二 薄板气焊	(85)
子任务三 管接头火焰钎焊	(92)
任务三 二氧化碳气体保护焊	(98)
子任务一 板对接二氧化碳气体保护焊	(98)
子任务二 水平固定管二氧化碳气体保护焊	(112)
任务四 氩弧焊接操作	(115)
子任务一 铝板对接钨极氩弧焊	(115)
子任务二 纯铜固定管钨极氩弧焊	(119)
子任务三 钛板对接钨极氩弧焊	(123)
子任务四 板对接钨极氩弧焊	(127)
子任务五 固定管钨极氩弧焊	(135)
子任务六 固定管钨极氩弧焊打底、焊条电弧焊盖面焊	(139)
任务五 埋弧焊	(142)



子任务一 板对接埋弧焊	(142)
任务六 其他焊接方法	(156)
子任务一 等离子弧焊接	(156)
子任务二 等离子弧切割	(164)
子任务三 电阻点焊	(169)
子任务四 碳弧气刨	(175)
任务七 异种金属材料焊接操作	(183)
子任务一 低碳钢与低合金钢对接焊条电弧焊	(183)
子任务二 耐热钢管与不锈钢管氩弧焊打底焊条电弧焊盖面焊	(186)
子任务三 不锈复合钢板对接焊条电弧焊	(189)
任务八 焊件焊补与堆焊	(192)
子任务一 铸件焊补	(192)
子任务二 热锻模具堆焊	(196)
任务九 典型焊接结构焊接操作	(199)
子任务一 压力容器筒体环缝的焊接	(199)
子任务二 支撑柱的焊接	(203)
参考文献	(208)

绪论

子任务一 焊接操作安全技术

一、焊接及焊接作业安全技术意义

焊接是指通过适当的物理化学过程,使两个分离的固态物体之间产生原子或分子间的结合而连成一体的方法。金属焊接主要分为熔化焊、固相焊和钎焊。熔化焊主要包括气焊、电弧焊和电阻点焊等,固相焊主要有冷压焊、爆炸焊、电阻对焊和闪光对焊等。此外,金属热切割、表面堆焊、喷焊和喷涂等,虽然不属于分离金属的连接,但均是与焊接方法相近或密切相关的金属加工方法,通常这属于焊接研究的范畴。焊接作业安全技术,主要指焊接作业操作过程中所涉及的人身、设备和生产环境的安全国家标准——《特种作业人员安全技术考核管理规则》(GB306—85 规定金属焊接(气割)作业人员为特种作业人员)。

焊工要与各种易燃易爆气体、压力容器和电机电器接触,同时,在焊接与切割过程中,又会产生有毒气体、有害粉尘、弧光辐射、高频电磁场噪声和射线等。所有这些不安全因素,都有可能成为发生爆炸、火灾、触电、烫伤、高空坠落等事故以及爆工尘肺、中毒等职业病的发生原因,不仅危害作业人员的安全与健康,而且还会使企业财产遭受严重损失,影响生产的顺利进行。所以,必须强调焊接作业中的安全技术,防止不安全因素造成危害。

二、气焊与气割作业安全技术

1. 气焊与气割作业

气焊是利用可燃气体(主要是乙炔)在纯氧中燃烧,使焊丝和母材接头处熔化,从而形成焊缝的一种焊接方法。气割是利用可燃气体(乙炔或液化石油气)在纯氧中燃烧,使金属在高温下达到燃点,然后借助氧气流剧烈燃烧,并在气流作用下吹出熔渣,从而将金属分离开的一种加工方法。

2. 气焊与气割用气体

气焊与气割用气体,主要是乙炔、液化石油气和氧气三种。

(1) 乙炔属于碳氢化合物,化学分子式为 C_2H_2 ,在常温下是无色气体。工业用乙炔因含杂质硫化氢(H_2S)、磷化氢(PH_3)、氨(NH_3)等,故具有特殊的臭味。乙炔是可燃气体,它与空气混合燃烧时所产生的火焰温度可达 $2\ 350\ ^\circ C$,乙炔与氧气混合燃烧温度可达 $3\ 000\sim 3\ 300\ ^\circ C$,因此,足以迅速熔化金属进行焊接或切割。乙炔又是一种具有爆炸性危险的气体,乙炔分子不稳定,很易分解,随着乙炔的分解即放出它在生成时所吸收的全部热量。

(2) 液化石油气。液化石油气是石油炼制工业的副产品,其主要成分是丙烷(C_3H_8),大约占 $50\%\sim 80\%$,其余是丙烯(C_3H_6)、丁烷(C_4H_{10})和丁烯(C_4H_8)等。液化石油气在常温下是以空气态存在的,即液体形态存在。因此,便于装入瓶中储存和运输。液化石油气在焊接中的应用正逐步推广,在气割中已有成熟的技术,气割质量好,也较为经济。



(3) 氧气。在标准状态下,氧气是无色无味无毒气体,化学分子式为 O_2 , 密度为 1.43 kg/m^3 , 比空气稍重(空气密度是 1.29 kg/m^3); 在 -183°C 时, 氧气变成淡蓝色的液体; 在 -219°C 时, 就凝成淡蓝色雪状的固体。氧气本身不能燃烧, 是一种活泼的助燃气体, 是强氧化剂, 与可燃气体混合燃烧可以得到高温火焰。有机物与氧的反应, 会放出大量的热。增加氧的压力和温度, 会使反应显著加快。当压缩的气态氧与矿物油、油中细微分散的可燃物质接触时能够发生自燃, 常成为燃烧或爆炸的原因, 而且火势很猛, 蔓延很快, 甚至使用消防器材也无济于事。突然压缩氧气所放出的热量、摩擦热和金属固体微粒, 随氧气在管道里高速流动时与管壁的碰撞热及静电火花等, 都可能成为燃烧、爆炸的最初因素, 因此在使用氧气时, 尤其是在压缩状态下, 必须经常注意不要使它们和易燃物质相接触。

3. 气焊与气割设备

气焊与气割设备是相同的, 包括氧气瓶、乙炔发生器或其他可燃气体供气源、回火防止器和减压器等。它们使用不同的工具, 分别为焊炬和割炬。

(1) 氧气瓶。它是一种储存和运输氧气用的高压容器, 外表面涂天蓝色漆, 并标有明显的黑字“氧气”字样。氧气瓶内氧气压力为 15 MPa 。

(2) 乙炔发生器。它是利用电石和水相互作用制取乙炔的设备。乙炔发生器分为低压式和中压式两类。低压式乙炔发生器制取乙炔压力为 45 kPa , 中压式乙炔发生器制取乙炔压力为 $45 \sim 150 \text{ kPa}$ 。现在多数使用排水式中压乙炔发生器。低压式浮桶乙炔发生器由于安全性能差已逐渐被淘汰。

(3) 溶解乙炔气瓶。利用乙炔大量溶解在丙酮溶液中的特点, 用溶解乙炔气瓶来储存和运输乙炔气。与用乙炔发生器直接制取乙炔相比, 采用溶解乙炔具有下列许多优点: 由于溶解乙炔气是由专业化工厂生产的, 可节省电石 30% 左右; 溶解乙炔气的纯度高, 有害杂质和水分含量很少, 焊接质量高; 乙炔气瓶相比乙炔发生器具有较高的安全性, 因此允许在热车间和锅炉房使用, 而在这些场所是不允许使用乙炔发生器的, 其原因是避免从发生器中漏出气态乙炔, 造成爆炸着火; 乙炔气瓶可以在低温度情况下工作, 不存在水封回火防止器及胶管中水分结冰而停止供气的现象, 对北方寒冷地区更具有优越性; 采用溶解乙炔气焊接设备轻便, 操作简单, 工作地点也较清洁卫生; 因为没有电石、给水、排水和储存电石渣的装置, 也省去经常性的加料、排渣和看管发生器等操作事项; 溶解乙炔气的压力高, 能保持焊炬和割炬的工作稳定。

(4) 回火防止器。它是在气焊、气割过程中一旦发生回火时, 能自动切断气源, 有效地堵截回火气流方向回烧, 防止乙炔发生器(溶解乙炔气瓶)爆炸的安全装置。

(5) 减压器。减压器是把储存在气瓶内的高压气体减到所需要的工作压力, 并保持稳定供气的装置。减压器有氧气用、乙炔气用等种类, 不能相互混用。

4. 气焊与气割的安全分析

气焊与气割所应用的乙炔、液化石油气、氢气和氧气等都是易燃易爆气体, 氧气瓶、乙炔气瓶、液化石油气瓶和乙炔发生器都属于压力容器。在焊接燃料容器和管道时, 还会遇到其他许多易燃易爆气体和压力容器接触, 同时又使用明火, 如果焊接设备的安全装置有缺陷, 或者违反安全操作规程, 都可能造成爆炸和火灾。在气焊与气割火焰的作用下, 尤其是气割时氧气射流的喷射, 使火星、熔滴和熔渣四处飞溅, 容易造成人员灼烫; 较大的火星, 熔滴和熔渣能飞到距操作点 5 m 以外的地方, 若引燃易燃易爆物品, 可造成火灾和爆炸。高处作业时, 还存在高

处坠落以及落下的火星引燃地面的可燃物品的危险。气焊的高温火焰会使被焊金属蒸发成金属烟尘;在焊接铝、铜等有色金属及其他合金时,除了产生些有毒金属蒸气,焊粉还散发出氯盐和氟盐的燃烧产物;在黄铜的焊接过程中,会产生大量锌蒸气;在焊割操作中,尤其是在密闭容器、管道内的气焊操作,会遇到其他生产性毒物和有害气体。这些都可能造成焊工中毒。

5. 气焊与气割作业安全规定

(1) 在氧气瓶嘴上安装减压器之前,应进行短时间吹除,以防瓶嘴堵塞。

(2) 乙炔发生器内、氧气瓶嘴部和开氧气瓶的扳手上均不得沾有油脂。

(3) 乙炔发生器(乙炔气瓶)和氧气瓶均应距明火 10 m 以上距离,乙炔发生器与氧气瓶之间的距离也应在 7 m 以上。

(4) 乙炔发生器与焊炬之间均应有可靠的回火防止器。

(5) 乙炔发生器和氧气瓶均应放置在空气流通的地方,不得在烈日下曝晒,不得靠近火源与其他热源。乙炔发生器不可放在室内,不得安置在空气压缩机、鼓风机和通风机的吸风口附近,也不得安置在高压线和起重机滑线下。

(6) 开启电石桶时,不得猛力敲打,以防止发生火花而引起爆炸。乙炔发生器启动后,应先排除器内空气,然后才能使用乙炔气。高处焊接时,应特别注意不使火花掉进发生器内。

(7) 使用焊、割炬前,必须检查喷射情况是否正确。先开启焊、割炬的阀,氧气喷出后,再开启乙炔阀,检验乙炔阀,检验乙炔接口是否有吸力,如有吸力,方可接乙炔胶管。

(8) 在通风不良的地点或在容器内作业时,焊、割炬应先在外面点好火。

(9) 点火时应开乙炔少许,点燃后迅速调节氧气和乙炔气,按工作需要选取火焰。停火时应先关闭乙炔气,然后再关闭氧气,防止引起回火和产生烟灰。

(10) 在易燃易爆生产区域内动火,应按规定办理动火审批手续。

(11) 气焊与电焊在同一点作业时,氧气瓶应垫有绝缘物,以防止气瓶带电。

(12) 工作结束后,应将乙炔发生器内的电石篮取出,并将容器冲洗干净。

三、手工电弧焊作业安全技术

1. 手工电弧焊的基本原理

手工电弧焊是利用焊条与焊件之间的电弧热,使焊条金属与母材熔化形成缝的一种焊接方法。焊接时,母材为一电极,焊条为另一电极。电弧是在焊条—母材之间的空隙内通过外加电压引燃。由于开始引弧时,两电极及其间的气隙尚未充分加热电离,所以为了加强气体的电离作用,电极之间应有较高的电压,这个电压称为空载电压。一般直流电焊机的空载电压为 40~90 V,交流电焊机为 50~80 V。当电弧稳定燃烧后,维持电弧燃烧所需要的电压较低,一般为 16~35 V,这个电压称为工作电压。

2. 手工电弧焊机

常用的手工电弧焊机有交流弧焊机、旋转式直流弧焊机和整流式直流弧焊机三种。

(1) 交流弧焊机。它是一个特殊的降压变压器,具有陡降的外特性。为了保护外特性陡降及交流电弧的稳定燃烧,在电源内部应有较大的感抗。获得感抗一般是靠增加变压器本身的漏磁或在正常漏磁变压器的次级回路中串联电抗器来实现的。交流弧焊机主要是通过调节焊机的感抗值来调节焊接电源,通过改变二次侧线圈的不同接法及匝数来实现调节。交流弧焊机主要有动铁芯式、同体式和动圈式三种。



(2) 旋转式直流弧焊机。这是一种专供电弧焊用的特殊类型的发电设备,由发电机和原动机两部分组成。原动机可以是电动机或内燃机,在工厂中常见的是用电动机驱动。直流弧焊机除了具有产生直流电的功能外,还具有满足焊接工艺所要求的性能。

(3) 整流式直流弧焊机。它由主变压器、整流器组、调节装置和冷却风扇等装置组成。这类焊机由于多采用硅整流元件进行整流,又称为硅整流焊机。

3. 手工电弧焊的安全分析

手工电弧焊机利用的能源是电,同时电弧在燃烧过程中产生高温和弧光,焊条药皮在高温下产生一些有害气体和尘埃,所有这些都会在手工电弧焊操作过程中产生不安全因素。

(1) 触电。手工电弧操作者接触电的机会较多。更换焊条时,焊工要直接接触电极;在容器、管道内或金属构件中焊接时,四周都是导体,焊机的空载电压又大于安全电压。如果电器装置、防护用品有缺陷,或者违反安全操作规程等,都有可能发生触电事故。

(2) 弧光和电热伤害。焊接时,电弧产生强烈的可见光和大量不可见的紫外线、红外线,容易灼伤眼睛和皮肤。产生电弧灼伤的情况常见的有两种:一是焊接时电弧灼伤手或身体;二是在焊机带负荷情况下操作焊机开关,电弧灼伤手或脸。焊接时也容易发生热体烫伤的现象。热体烫伤主要是熔化的金属飞溅、焊条头或炽热的焊件与身体接触造成的。

(3) 有害物质。手工电弧焊时,金属和焊条药皮在电弧高温作用下发生蒸发、冷凝和汽化,产生大量烟尘;同时,电弧周围的空气在弧光强烈辐射作用下,还会产生臭氧、氮氧化物等有毒气体。尤其是焊氩弧焊,会产生更多的臭氧。在通风不良的条件下,长期接触这些有害物质,会引起危害健康的多种疾病。特别是在化工设备、管道、锅炉、容器和船舱内焊接时,由于作业环境狭小,通风不良,焊接烟尘、有毒气体形成较高的浓度,危害就更大。

(4) 火灾与爆炸。一是焊接热源会引起周围易燃物质燃烧;二是二次回路通过易燃物质,由于自身发热或接触不良产生火花会引起燃烧;三是燃料容器、管道焊时防爆措施不当会引起爆炸。

(5) 其他伤害。在清除焊缝熔渣时,由于碎渣飞溅而刺伤或烫伤眼睛,焊接工件放置不稳造成砸伤,登高焊接时不加强防护发生高处坠落等。

四、手工电弧焊操作安全技术

(1) 在下雨、下雪时,不得进行露天施焊。

(2) 在高空作业时,不准将焊接电缆放在电焊机上;横跨道路的焊接电缆必须装在铁管内,防止被压破漏电;施焊前,应先检查周围不得有易燃易爆物品,并系好安全带。

(3) 严禁将焊接电缆与气焊的胶管混在一起。

(4) 二次电缆不宜过长,一般应根据工作时的具体情况而定。

(5) 在施焊过程中,当电焊机发生故障而需要检查电焊机时,必须切断电源后才能进行。禁止在通电情况下用手触动电焊机的任何部分,以免发生事故。

(6) 在船舱内焊接时,应设法通风或两个人轮换操作。

(7) 在容器内焊接时,应使用胶皮绝缘防护用具,并在附近安设一个电源开关,由助手专门负责看管和监护,同时要听从焊接操作人员指示,随时通断电源。

(8) 在焊接时,不可将工件拿在手中或用手扶着进行焊接。

(9) 连续焊接超过一小时后,检查焊机电缆,如温度达到 80℃ 时,必须切断电源。



五、焊接动火制度

在各类焊接事故中,爆炸火灾事故所造成的损失最大。尤其是在易燃易爆区域、设备或岗位上进行焊接,如果不按规定办理动火手续,没有防护措施,很容易发生爆炸火灾事故。所以,对上述环境的焊接作业,必须建立严格的动火制度,以确保安全。

六、动火类别及审批

1. 一类动火

在易燃易爆车间、装置(设备)、管道及其周围动火,称为一类动火。一类动火多数由企业安全技术部门或消防保卫部门批准。

2. 二类动火

固定动火区(场)和一类动火范围以外的动火,称为二类动火。二类动火多数由车间主任批准。

3. 特殊动火

具有特殊危险作业或区域的动火称为特殊动火,如在煤气柜、合成塔、汽油库、氢气柜、乙炔站、炸药库、苯储罐等本体上的动火。特殊动火除了按一类动火项目办理审批手续外,还必须报生产厂长、总工程师批准。

一类、二类及特殊动火的类别划分及审批权限,各企业可根据行业性质及本单位的具体情况自行确定。

七、动火证的办理和使用

1. 动火证的办理

动火证由动火所在单位项目负责人办理。其安全措施由动火所在单位提出,属施工方面的由施工单位负责落实,属生产方面的由生产单位给予安排。

在公共场所、易燃易爆管架上动火,由施工单位负责人办理动火证,经所在区域生产单位审查安全措施,由动火所在单位的安全或消防部门批准,动火分析由所在区域生产单位负责。

审批人要加强调查研究,切实了解动火场所的周围环境并落实安全措施,严肃认真审批动火证,并视具体情况,确定动火有效时间。当动火情况变化时应停止动火,重新取样分析。

2. 动火证的使用

焊割人员要随身携带动火证,一证不准多用和重复使用。动火人对安全措施不落实的项目应拒绝动火,如果作业中发现意外情况,应立即停止焊割动火,并重新落实安全措施。

子任务二 焊接缺陷产生的原因、危害及其预防

焊接缺陷(表面缺陷)是指不用借助于仪器,从工件表面可以发现的缺陷。常见的外观缺陷有咬边、焊瘤、凹坑及焊接变形等,有时还有表面气孔和表面裂纹、单面焊的根部未焊透等。

一、咬边

咬边是指沿着焊趾,在母材部分形成的凹陷或沟槽,它是电弧将焊缝边缘的母材熔化后没有得到熔敷金属的充分补充所留下的缺口。产生咬边的主要原因是电弧热量太高,即电流太大,运条速度太小。焊条与工件间角度不正确,摆动不合理,电弧过长,焊接次序不合理等都会造成咬边。直流焊时电弧的磁偏吹也是产生咬边的一个原因。某些焊接位置(立、横、仰)

会加剧咬边。咬边减小了母材的有效截面积,降低了结构的承载能力,同时还会造成应力集中,发展为裂纹源。矫正操作姿势,选用合理的规范,采用良好的运条方式都会有利于消除咬边。焊角焊缝时,用交流焊代替直流焊也能有效地防止咬边。

二、焊瘤

焊缝中的液态金属流到加热不足未熔化的母材上或从焊缝根部溢出,冷却后形成的未与母材熔合的金属瘤即为焊瘤。焊接操作过程不规范、焊条熔化过快、焊条质量欠佳(如偏芯)、焊接电源特性不稳定及操作姿势不当等都容易带来焊瘤,在横、立、仰位置更易形成焊瘤。焊瘤常伴有未熔合、夹渣缺陷,易导致裂纹。同时,焊瘤改变了焊缝的实际尺寸,会带来应力集中。管子内部的焊瘤减小了它的内径,可能造成流动物堵塞。防止焊瘤的措施有:使焊缝处于平焊位置,正确选用规范,选用无偏芯焊条,合理操作。

三、凹坑

凹坑指焊缝表面或背面局部的低于母材的部分。凹坑多是由于收弧时焊条(焊丝)未作短时间停留造成的(此时的凹坑称为弧坑),仰、立、横焊时,常在焊缝背面根部产生内凹。凹坑减小了焊缝的有效截面积,弧坑常带有弧坑裂纹和弧坑缩孔。防止凹坑的措施有:选用有电流衰减系统的焊机,尽量选用平焊位置,选用合适的焊接规范,收弧时让焊条在熔池内短时间停留或环形摆动,填满弧坑。

四、未焊满

未焊满是指焊缝表面上连续的或断续的沟槽。填充金属不足是产生未焊满的根本原因。规范太弱,焊条过细,运条不当等会导致未焊满。未焊满同样削弱了焊缝,容易产生应力集中,同时,由于规范太弱使冷却速度增大,容易带来气孔、裂纹等。防止未焊满的措施有:加大焊接电流,加焊盖面焊缝。

五、烧穿

烧穿是指焊接过程中,熔深超过工件厚度,熔化金属自焊缝背面流出,形成穿孔性缺陷。焊接电流过大,速度太慢,电弧在焊缝处停留过久,都会产生烧穿缺陷。工件间隙太大,钝边太小也容易出现烧穿现象。烧穿是锅炉压力容器产品上不允许存在的缺陷,它完全破坏了焊缝,使接头丧失其连接及承载能力。选用较小电流并配合合适的焊接速度,减小装配间隙,在焊缝背面加设垫板或药垫,使用脉冲焊,都能有效地防止烧穿。

六、其他表面缺陷

1. 成形不良

成形不良指焊缝的外观几何尺寸不符合要求,有焊缝超高、表面不光滑,以及焊缝过宽、焊缝向母材过渡不圆滑等。

2. 错边

错边指两个工件在厚度方向上错开一定位置,它既可视作焊缝表面缺陷,又可视作装配成形缺陷。

3. 塌陷

塌陷指单面焊时由于输入热量过大,熔化金属过多而使液态金属向焊缝背面塌落,成形后焊缝背面突起,正面下塌。



4. 表面气孔及弧坑缩孔

焊接时熔池表面熔渣覆盖不均、保护气体不纯时,焊道表面会出现呈蜂窝状分布的气孔,这主要是由于一氧化碳气体、氮气和氢气的侵入造成的。

5. 各种焊接变形

各种变形如角变形、扭曲、波浪变形等都属于焊接缺陷,0形角变形也属于装配成形缺陷。

七、气孔

气孔是指焊接时,熔池中的气体未在金属凝固前逸出,残存于焊缝之中所形成的空穴。其气体可能是熔池从外界吸收的,也可能是焊接冶金过程中反应生成的。

1. 气孔的分类

气孔从其形状上分,有球状气孔、条虫状气孔;从数量上可分为单个气孔和群状气孔,群状气孔又有均匀分布气孔、密集状气孔和链状分布气孔之分。按气孔内气体成分分类,有氢气孔、氮气孔、二氧化碳气孔、一氧化碳气孔、氧气孔等,熔焊气孔多为氢气孔和一氧化碳气孔。

2. 气孔的形成机理

常温固态金属中气体的溶解度只有高温液态金属中气体溶解度的几十分之一至几百分之一,熔池金属在凝固过程中,有大量的气体要从金属中逸出来,当凝固速度大于气体逸出速度时,就形成气孔。

3. 产生气孔的主要原因

母材或填充金属表面有锈、油污等,焊条及焊剂未烘干会增加气孔量,因为锈、油污及焊条药皮、焊剂中的水分在高温下分解为气体,增加了高温金属中气体的含量。焊接线能量过小,熔池冷却速度大,不利于气体逸出。焊缝金属脱氧不足也会增加氧气孔。

4. 气孔的危害

气孔减少了焊缝的有效截面积,使焊缝疏松,从而降低了接头的强度,降低塑性,还会引起泄漏。气孔也是引起应力集中的因素,氢气孔还可能促成冷裂纹。

5. 防止气孔的措施

- (1) 清除焊丝、工作坡口及其附近表面的油污、铁锈、水分和杂物。
- (2) 采用碱性焊条、焊剂,并彻底烘干。
- (3) 采用直流反接并用短电弧施焊。
- (4) 焊前预热,减缓冷却速度。
- (5) 用偏强的规范施焊。

八、夹渣

夹渣是指焊后熔渣残存在焊缝中的现象。

1. 夹渣的分类

夹渣分金属夹渣和非金属夹渣。金属夹渣指钨、铜等金属颗粒残留在焊缝之中,习惯上称为夹钨、夹铜。非金属夹渣指未熔的焊条药皮或焊剂、硫化物、氧化物、氮化物残留于焊缝之中。冶金反应不完全,脱渣性不好。

2. 夹渣的分布与形状

夹渣的分布与形状包括单个点状夹渣,条状夹渣,链状夹渣和密集夹渣。



3. 夹渣产生的原因

夹渣产生的原因有:坡口尺寸不合理;坡口有污物;多层焊时,层间清渣不彻底;焊接线能量小;焊缝散热太快,液态金属凝固过快;焊条药皮、焊剂化学成分不合理,熔点过高;钨极惰性气体保护焊时,电源极性不当,电流密度大,钨极熔化脱落于熔池中;手工焊时,焊条摆动不良,不利于熔渣上浮。可根据以上原因分别采取对应措施以防止夹渣的产生。

4. 夹渣的危害

点状夹渣的危害与气孔相似,带有尖角的夹渣会产生尖端应力集中,尖端还会发展为裂纹源,危害较大。

九、裂纹

1. 裂纹的分类

(1)根据裂纹尺寸大小,可分为三类:宏观裂纹,即肉眼可见的裂纹;微观裂纹,即在显微镜下才能发现的裂纹;超显微裂纹,即在高倍数显微镜下才能发现的裂纹,一般指晶间裂纹和晶内裂纹。

(2)从产生温度上看,裂纹分为两类:热裂纹和冷裂纹。热裂纹是产生于 A_{c3} 线附近的裂纹,一般焊接完毕即出现,又称结晶裂纹。这种裂纹主要发生在晶界,裂纹面上有氧化色彩,失去金属光泽。冷裂纹是指在焊接完毕冷至马氏体转变温度 M_3 点以下产生的裂纹,一般是在焊后一段时间(几小时、几天甚至更长)才出现,故又称延迟裂纹。

(3)按裂纹产生的原因分,又可把裂纹分为三种。

1)再热裂纹。再热裂纹是接头冷却后再加热至 $500 \sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时产生的裂纹。再热裂纹产生于沉淀强化的材料(如含 Cr、Mo、V、Ti、Nb 的金属)的焊接热影响区内的粗晶区,一般从熔合线向热影响区的粗晶区发展,呈晶间开裂特征。

2)层状撕裂。层状撕裂的产生主要是由于钢材在轧制过程中,将硫化物(MnS)、硅酸盐类等杂质夹在其中,形成各向异性。在焊接应力或外拘束应力的作用下,金属沿轧制方向的杂物开裂。

3)应力腐蚀裂纹。应力腐蚀裂纹是在应力和腐蚀介质共同作用下产生的裂纹。除残余应力或拘束应力的因素外,应力腐蚀裂纹主要与焊缝组织组成及形态有关。

2. 裂纹的危害

裂纹的危害很大,尤其是冷裂纹,带来的危害是灾难性的。世界上的压力容器事故除极少数是由于设计不合理、选材不当的原因引起以外,绝大部分是由于裂纹引起的脆性破坏。

3. 热裂纹(结晶裂纹)

(1)热裂纹的形成机理。

热裂纹发生于焊缝金属凝固末期,敏感温度区大致在固相线附近的高温区,最常见的热裂纹是结晶裂纹,其生成原因是在焊缝金属凝固过程中,结晶偏析使杂质生成的低熔点共晶物富集于晶界,形成所谓“液态薄膜”,在特定的敏感温度区(又称脆性温度区)间,其强度极小,由于焊缝凝固收缩而受到拉应力,最终开裂形成裂纹。结晶裂纹最常见的情况是沿焊缝中心长度方向开裂,为纵向裂纹,有时也发生在焊缝内部两个柱状晶之间,为横向裂纹。弧坑裂纹是另一种形态的、常见的热裂纹。

热裂纹都是沿晶界开裂,通常发生在杂质较多的碳钢、低合金钢、奥氏体不锈钢等材料气

焊缝中。

(2) 影响结晶裂纹的因素。

1) 合金元素和杂质的影响。碳元素以及硫、磷等杂质元素的增加,会扩大敏感温度区,使结晶裂纹的产生机会增多。

2) 冷却速度的影响。冷却速度增大,一是使结晶偏析加重,二是使结晶温度区间增大,两者都会增加结晶裂纹的出现机会。

3) 结晶应力与拘束应力的影响在脆性温度区内,金属的强度极低,焊接应力又使这部分金属受拉,当拉应力达到一定程度时,就会出现结晶裂纹。

4) 防止结晶裂纹的措施:减小硫、磷等有害元素的含量,用含碳量较低的材料焊接;采用熔深较浅的焊缝,改善散热条件使低熔点物质上浮在焊缝表面而不存在于焊缝中;合理选用焊接规范,并采用预热和后热,减小冷却速度;采用合理的装配次序,减小焊接应力。

4. 再热裂纹

(1) 再热裂纹的特征。

1) 再热裂纹产生于焊接热影响区的过热粗晶区,产生于焊后热处理等再次加热的过程中。

2) 再热裂纹的产生温度:碳钢与合金钢 550 ~ 650 °C、奥氏体不锈钢约 300 °C。

3) 再热裂纹为晶界开裂(沿晶开裂)。

4) 再热裂纹最易产生于沉淀强化的钢种中。

5) 再热裂纹与焊接残余应力有关。

(2) 再热裂纹的产生机理。

1) 再热裂纹的产生机理有多种解释,其中模形开裂理论的解释如下:近缝区金属在高温热循环作用下,碳化物沉积在晶内的位错区上,使晶内强化强度大大高于晶界强化,尤其是当强化相弥散分布在晶粒内时,阻碍晶粒内部的局部调整,又会阻碍晶粒的整体变形,这样,由于应力松弛而带来的塑性变形就主要由晶界金属来承担,于是,晶界应力集中,就会产生裂纹,即所谓的模形开裂。

2) 再热裂纹的防止有几种方法:注意冶金元素的强化作用及其对再热裂纹的影响;合理预热或采用后热,控制冷却速度;降低残余应力避免应力集中;回火处理时尽量避开再热裂纹的敏感温度区或缩短在此温度区内的停留时间。

5. 冷裂纹

(1) 冷裂纹的特征。

冷裂纹产生于较低温度,且产生于焊后一段时间以后,故又称延迟裂纹;其主要产生于热影响区,也有发生在焊缝区的;冷裂纹可能是沿晶开裂、穿晶开裂或两者混合出现;冷裂纹引起的构件破坏是典型的脆断。

(2) 冷裂纹的产生机理。

冷裂纹产生的主要原因是:淬硬组织(马氏体)减小了金属的塑性储备,接头的残余应力使焊缝受拉,接头内有一定的含氢量。含氢量和拉应力是冷裂纹(这里指氢致裂纹)产生的两个重要因素。一般来说,金属内部原子的排列并非完全有序的,而是有许多微观缺陷。在拉应力的作用下,氢向高应力区(缺陷部位)扩散聚集。当氢聚集到一定浓度时,就会破坏金属中



原子的结合键,金属内就出现一些微观裂纹。应力不断作用,氢不断地聚集,微观裂纹不断地扩展,直至发展为宏观裂纹,最后断裂。决定冷裂纹的产生与否,有一个临界的含氢量和一个临界的应力值,当接头内氢的浓度小于临界含氢量,或所受应力小于临界应力时,将不会产生冷裂纹(即延迟时间无限长)。在所有的裂纹中,冷裂纹的危害性最大。

(3) 防止冷裂纹的措施。

采用低氢型碱性焊条,严格烘干,在 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 下保存,随取随用;提高预热温度,采用后热措施,并保证层间温度不小于预热温度,选择合理的焊接规范,避免焊缝中出现淬硬组织;选用合理的焊接顺序,减少焊接变形和焊接应力;焊后及时进行消氢热处理。

十、未焊透

未焊透指母材金属未熔化,焊缝金属没有进入接头根部的现象。

1. 产生未焊透的原因

焊接电流小,熔深浅;坡口和间隙尺寸不合理,钝边太大;磁偏吹影响;焊条偏芯度太大;层间及焊根清理不良。

2. 未焊透的危害

未焊透减少了焊缝的有效截面积,使接头强度下降。未焊透引起的应力集中所造成的危害比强度下降的危害大得多。且未焊透严重降低焊缝的疲劳强度,可能成为裂纹源,是造成焊缝破坏的重要原因。

3. 未焊透的防止

使用较大电流来焊接是防止未焊透的基本方法。另外,焊角焊缝时,用交流电代替直流电以防止磁偏吹,合理设计坡口并加强清理,用短弧焊等措施也可有效防止未焊透的产生。

十一、未熔合

未熔合是指焊缝金属与母材金属,或焊缝金属之间未熔化结合在一起的缺陷。按其所在部位,未熔合可分为坡口未熔合、层间未熔合、根部未熔合三种。

1. 产生未熔合缺陷的原因

焊接电流过小;焊接速度过快;焊条角度不对;产生了弧偏吹现象;焊接处于下坡焊位置,母材未熔化时已被铁水覆盖;母材表面有污物或氧化物影响熔敷金属与母材间的熔化结合等。

2. 未熔合的危害

未熔合是一种面积型缺陷,坡口未熔合和根部未熔合对承载截面积的减小都非常明显,应力集中也比较严重,其危害性仅次于裂纹。

3. 未熔合的防止

采用较大的焊接电流,正确地进行施焊操作,注意坡口部位的清洁。

十二、其他焊接缺陷

1. 焊缝化学成分或组织成分不符合要求

焊材与母材匹配不当,或焊接过程中元素烧损等原因,容易使焊缝金属的化学成分发生变化,或造成焊缝组织不符合要求。这可能带来焊缝的力学性能下降,还会影响接头的耐蚀性能。

2. 过热和过烧

若焊接规范使用不当,热影响区长时间在高温下停留,会使晶粒变得粗大,即出现过热组

织。若温度进一步升高,停留时间加长,可能使晶界发生氧化或局部熔化,出现过烧组织。过热可通过热处理来消除,而过烧是不可逆转的缺陷。

3. 白点

白点在焊缝金属的纵断面上呈光滑的银白色斑点,在酸洗后的横断面上则呈较多的发丝状裂纹。白点是由于氢聚集而造成的,它会使钢的伸长率显著下降,尤其是断面收缩率和冲击韧性降低得更多,危害极大。