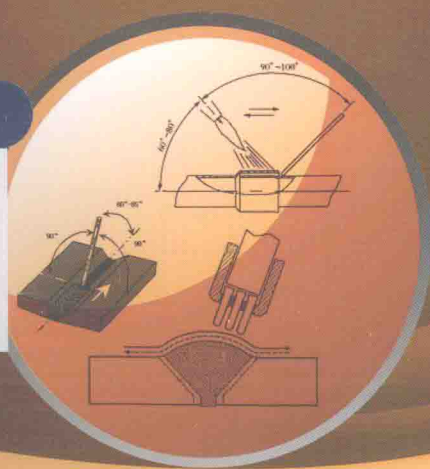


● 机械制造现场实用经验丛书

焊接技术经验

HANJIE JISHU JINGYAN

◎ 李淑华 郑鹏翱 编 著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

014060311

机械制造现场实用经验丛书

焊接技术经验

李淑华 郑鹏翔 编著

TG4
58



中国铁道出版社

2014年·北京



北航

C1747512

TG4
58

内 容 简 介

本书以问答的形式,针对焊接过程中的焊接操作技能、焊接方法与常用焊接结构焊接、典型材料焊接、焊接缺陷控制与防止、设备与构件的现场抢修和焊接应力变形控制等焊接施工现场中经常遇到的技术问题,介绍相应的焊接工艺措施与解决方案。本书图文并茂,简明实用,书中内容和施工焊接现场紧密结合,实践性和针对性强。

本书可供广大焊接技术工人和工艺人员学习与应用,也可供相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接技术经验/李淑华,郑鹏翱编著.—北京:中国铁道出版社,2014.6

(机械制造现场实用经验丛书)

ISBN 978-7-113-18462-9

I. ①焊… II. ①李… ②郑… III. ①焊接—问题解答 IV. ①TG4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 084568 号

书 名: 机械制造现场实用经验丛书
焊接技术经验
作 者: 李淑华 郑鹏翱

责任编辑:徐 艳 编辑部电话:010-51873193
编辑助理:袁希翀
封面设计:崔 欣
责任校对:龚长江
责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

版 次:2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

开 本:850mm×1168mm 1/32 印张:13.75 字数:329千

书 号:ISBN 978-7-113-18462-9

定 价:36.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前 言

焊接技术是现代制造业中较为重要的材料成型和加工方法之一,焊接技术的发展对我国制造技术的发展和成为制造强国有着极其重要的意义。

在各类材料和各种构件的焊接过程中,常常会遇到这样或那样的技术问题,只有解决了这些问题,才能多快好省地把各种材料和各种构件焊接成型。对于焊接技术工人和焊接工艺人员来说,只有充分认识和掌握了这些技术问题产生的原因、防止措施与解决方法,才能更好地解决焊接现场突发的各种难题,并不断提高其焊接技术水平。

焊接中经常遇到的难题有三大类:一是针对一些操作位置如何进行焊接;二是针对不同材料和典型工件怎么进行焊接;三是针对损坏后的设备与构件如何进行焊接才能使修复后的构件满足其使用性能要求并经久耐用。要解决好以上这三大类问题,只能从提高操作者技术水平、掌握材料的可焊接性、学会制备合理的焊接工艺、利用现场可连接构件的能源供给等方面入手,才能保证其材料或构件的有效连接与高强度连接。

本书是编者集多年的生产实践技术经验,并参考相关技术书籍和文献编写而成。全书汇集了焊接操作技能、常用焊接结构焊接、焊接缺陷控制与防止、设备与构件的焊接修复和焊接应力与变形等在焊接过程中经常遇

到的问题及其解决方法,并且针对个别问题,还提供了多个解决方案,供读者选择。

在本书的编写过程中,得到了军械工程学院和白城兵器试验中心的大力支持,并参考了其他作者的相关文献。在此,一并表示衷心的感谢!

由于作者技术水平和实践范围所限,书中所涉及的范围较窄,难免有错误之处,恳请读者批评指正。

编者

2014年3月

目 录

第一章 焊接操作技术与焊接缺陷的控制..... 1

第一节 焊接操作技术..... 1

1. 工件单面焊双面成型方法 1
2. 单面焊双面成型操作 5
3. 怎么焊接操作才能使平焊位置的单面焊双面成型的根部焊缝熔透? 10
4. 怎么才能掌握对接立焊单面焊双面成型技术? 11
5. 如何保证仰焊位置的单面焊双面成型根部焊缝熔透并成型良好? 15
6. 如何避免手工电弧焊单面焊双面成型焊缝背面接头处产生凹坑? 19
7. 如何避免手工电弧焊单面焊双面成型焊接时产生冷缩孔? 20
8. 如何避免单面焊双面成型过程中产生焊接缺陷? 20
9. 手工焊接单面焊双面成型掌握不好怎么办? 24
10. 如何使用衬垫焊接工艺实现单面焊双面成型? 29
11. 如何焊接观察受限位置的焊缝? 33
12. 如何在水下完成构件焊接? 35

第二节 焊接过程中如何防止与减少焊接缺陷 42

1. 如何防止焊接过程中产生气孔? 42
2. 如何避免焊接过程中产生夹渣? 43
3. 如何防止焊接过程中产生凹陷或咬边? 44
4. 如何防止焊接过程中产生未焊透与未熔合? 45
5. 如何防止焊接过程中产生焊缝尺寸不符合要求

现象?	46
6. 如何防止焊接裂纹的产生?	46
7. 如何防止焊接过程中产生焊瘤或弧坑未填满?	48
8. 控制哪些因素可以避免焊接缺陷的产生?	49
9. 补修焊接缺陷时应该注意哪些问题?	52
第二章 通用焊接结构焊接	53
第一节 极薄钢板的焊接	53
1. 极薄钢板焊接中容易产生哪些问题? 如何避免?	53
2. 哪些方法可以焊接极薄钢板?	55
3. 如何利用手工电弧焊焊接极薄钢板?	56
4. 如何采用二氧化碳气体保护焊焊接极薄钢板?	60
5. 如何采用钨极氩弧焊(TIG 焊接)焊接极薄钢板?	66
6. 如何采用高能量密度焊接方法焊接极薄钢板?	68
7. 如何采用搅拌摩擦焊焊接极薄钢板?	69
8. 如何进行不锈钢波纹管的焊接?	70
第二节 特厚钢板的焊接	77
1. 如何解决特厚钢板焊接过程中热影响区组织性能不均 匀、焊接应力与变形和层状撕裂等问题?	77
2. 采用哪种焊接方法焊接特厚钢板比较好?	81
3. 如何利用手工电弧焊焊接特厚钢板?	82
4. 如何采用混合气体保护焊焊接特厚钢板?	83
5. 如何采用二氧化碳气体保护焊焊接特厚钢板?	84
6. 如何采用氩弧焊焊接特厚钢板?	88
7. 如何采用埋弧焊焊接特厚钢板?	92
8. 如何进行特厚钢板的窄间隙焊接?	93
第三节 复合钢板与异种钢板焊接	95
1. 如何进行不锈钢复合钢板的焊接?	95
2. 如何进行钛复合钢板的焊接?	100
3. 如何进行镍基合金贴衬板的焊接?	102

第四节 镀锌钢板的焊接	106
1. 如何利用电阻焊焊接镀锌钢板?	106
2. 如何采用钎焊焊接镀锌钢板?	109
3. 如何利用脉冲电弧和变化气体焊接镀锌钢板?	109
第五节 梁、柱、钢架的焊接	111
1. 如何进行梁的焊接?	111
2. 如何进行十字型钢柱的焊接?	116
3. 如何进行工字钢拼焊柱的焊接?	117
4. 如何进行钢架的焊接?	117
第六节 管道的焊接	118
1. 如何进行转动管道的焊接?	118
2. 如何进行水平固定管道的焊接?	120
3. 如何进行垂直固定管道的焊接?	125
4. 如何进行倾斜固定管道的焊接?	128
5. 如何采用手工电弧焊焊接 45°固定管?	129
6. 如何进行热交换器的焊接?	138
7. 如何进行轧制管道的焊接?	138
8. 如何采用气焊焊接管道?	140
9. 如何采用钨极氩弧焊焊接管道?	143
10. 如何进行复合管的焊接?	148
第三章 现场焊接修复	152
第一节 现场焊接抢修	152
1. 如何在低温条件下对 ZG35SiMn 轮带裂纹进行现场修复?	152
2. 如何进行管道的带压补漏焊接?	157
3. 油水罐车的罐体渗漏如何进行焊接修复?	161
4. 如何进行 5CrMnMo 模具的焊接修复?	163
5. 如何对重要管道焊缝进行焊接返修?	164
6. 如何对 ASTM A487A 铸钢粉碎盘进行焊接修复?	172

7. 如何焊接修复槽形齿座?	174
8. 如何进行 20CrMnMo 转向辊裂纹的补焊修复?	177
9. 如何对大口径 X70 低碳微合金管线进行焊接 返修?	181
10. 如何焊接修补大面积损坏的球磨机筒体?	186
11. 如何采用气焊修复损坏的铝合金构件?	189
12. 如何焊接修复正在使用中的渗漏压力容器和 管道?	194
13. 如何防止淬火 T8 工具钢焊修后再次出现裂纹? ...	196
14. 如何在不加热条件下焊接修复 9Cr2Mo 钢构件? ...	197
15. 如何快速修复难以焊接补漏的压力容器和管道? ...	200
第二节 铸铁或铸钢的焊接与修补	202
1. 铸铁构件损坏了怎么办?	202
2. 如何采用电弧冷焊铸铁?	206
3. 冲床床身产生裂纹怎么焊接修复?	210
4. 如何进行大型耐热铸钢件冷补焊?	213
5. 如何焊接修复铸铁轴承座上的裂纹?	218
6. 如何焊接修复汽轮机高压缸缸体?	222
7. 如何采用结构钢电焊条冷焊法修复机床床身的铸造 裂纹?	227
8. 如何焊接修复铸铁柴油机机体裂纹?	232
9. 如何焊接断裂的铸造铝合金 ZL104 齿轮轴承 支架?	234
10. 如何对 ZG15Cr2Mo1 高压外缸裂纹进行焊接 修补?	237
11. 如何进行铸铁发动机缸体的焊接修复?	241
12. 如何解决铸铝汽车发动机缸体破损焊修成功率低 问题?	242
13. 如何焊接变质处理后的白口铸铁?	244
14. 如何焊接变质铸铁?	246

15. 如何焊接球墨铸铁?	250
16. 如何在不加热条件下补焊铸铁?	252
17. 如何采用冷焊工艺修补阀门密封面?	260
18. 如何补焊铸钢 C12A 高温再热蒸汽管道水压堵阀?	261
19. 如何用普通低碳钢焊条补焊灰口铸铁	265
第三节 冷焊与粘结技术	267
1. 如何采用冷焊技术修复损坏的零件?	267
2. 如何使用化学密封技术修理使用中的设备与零件? ...	269
3. 如何快速“冷焊”修复渗漏的油罐?	271
4. 如何利用“冷焊”技术修复渣浆泵?	274
5. 如何利用“冷焊”技术修复铸造缺陷?	277
6. 如何正确使用“冷焊”技术及粘结产品修复工程机械产品?	281
7. 如何进行复合材料的冷焊粘结?	284
8. 如何提高冷焊刀具和量具的精度和强度?	288
9. 如何采用冷焊技术对汽缸体进行修补?	290
10. 粘结修补精密件时如何准确定位?	291
11. 如何采用无机粘结技术进行机械设备或零件的修复?	294
12. 如何将小块的石墨粘结形成大尺寸的石墨?	301
13. 车辆传动系统中如何使用工程胶粘剂进行粘结与修复?	303
14. 如何采用粘结技术密封车身和玻璃?	308
15. 如何使用粘接技术对损坏的化工设备进行修复? ...	315
16. 如何进行破断管道的非焊接抢修?	318
17. 如何非焊接处理湿式螺旋煤气柜的泄漏?	322
第四节 应急焊接	324
1. 如何制备火药复合型焊条?	325
2. 如何使用火药复合型焊条快速抢修断裂或有缺陷	

的构件?	329
3. 如何在无电情况下修复断裂磨损的设备构件?	330
4. 如何控制燃烧性焊条的燃烧速度?	336
5. 如何采用自蔓延技术焊接具有一定倾角的焊缝或构件?	338

第四章 焊接中的应力变形控制与矫正焊接变形的的方法..... 340

第一节 焊接应力.....	340
1. 如何减小和控制结构中的焊接应力?	340
2. 构件焊接中采用什么方法能直接减小焊接残余应力?	345
3. 框架结构的焊接中如何利用“加热减应区法”减小和控制焊接残余应力?	345
4. 如何利用“加热减应区法”减小和控制轮缘在焊接中的残余应力?	346
5. 如何利用“加热减应区法”减小和控制轮辐在焊接中的残余应力?	346

第二节 焊接变形控制与矫正.....	347
1. 焊接过程中如何防止与控制储罐底板的变形?	347
2. 焊接中如何控制扶梯上下平台的焊接变形?	354
3. 焊接时如何防止与控制法兰的焊接变形?	362
4. 如何减小和避免钢结构焊接中的弯曲变形?	364
5. 如何计算与估计焊接角变形和波浪变形的大小? ...	369
6. 如何控制钢结构的焊接变形?	374

第三节 焊接变形的矫正.....	383
1. 矫正焊接变形的的方法有哪些?	383
2. 如何采用火焰矫正焊接后工字梁的上弯变形?	385
3. 如何采用火焰矫正法矫正工字梁的旁弯变形?	386
4. 如何利用火焰矫正工字梁的扭曲变形?	387
5. 如何采用火焰矫正箱形梁的角变形?	388

6. 如何采用火焰矫正钢结构构件的焊接变形?	389
------------------------------	-----

第五章 焊接安全..... 396

1. 如何防止和避免手工电弧焊焊接过程中发生触电? ...	396
2. 如何防止操作者换焊条的时候发生危险?	399
3. 操作者在高频感应焊接场所感到不适怎么办?	403
4. 如何减小焊接中烟尘对人体的危害?	408
5. 如何避免高空焊接作业带来的危险?	417
6. 操作者的眼部与面部应该如何防护?	420

参考文献..... 426

由于任意翻折,势必带来大量到底部折裂,这给该设备生产带来了一定的困难。单面焊双面成型是选择一种特殊的操作方法,在坡口背面不采取任何辅助装置的条件下进行焊接,并使背面焊成良好的成型。单面焊双面成型技术是卸车电弧焊中难度较大的一种操作技能。

(1) 焊前准备

单面焊双面成型的焊前准备要求较高,否则将影响焊缝的质量。对于单面焊双面成型的工件来说,无论采用什么材料都必须加工出“V”形(或“U”形)坡口,坡口将坡口及坡口边缘30 mm以内钝角用砂轮或机打磨干净,露出金属光泽,磨制钝边尺寸为1~2 mm。如图1-1所示。



图1-1 单面焊双面成型(示意图)

第一章 焊接操作技术与焊接缺陷的控制

第一节 焊接操作技术

1. 工件单面焊双面成型方法

为了保证焊缝根部焊透和获得正反两面均好的焊缝成型，一般焊件都需要进行双面焊，这样不但焊接工时较长，而且有的结构不能任意翻转，势必带来大量封底仰焊缝，这给焊接生产带来了一定的困难。单面焊双面成型是指焊工以特殊的操作方法，在坡口背面不采取任何辅助装置的条件下进行焊接，并使背面焊缝有良好的成型。单面焊双面成型技术是焊条电弧焊中难度较大的一种操作技能。

(1) 焊前准备

单面焊双面成型的焊前准备要求较高，否则将影响焊缝的质量。对于单面焊接双面成型的工件来讲，无论采用什么材料都必须加工出“V”形(或“U”形)坡口，然后将坡口及坡口边缘30 mm以内用角向磨光机打磨干净，露出金属光泽，磨削钝边尺寸为1~2 mm，如图1-1所示。

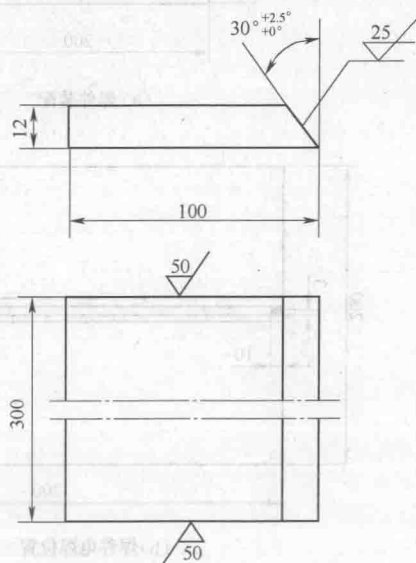
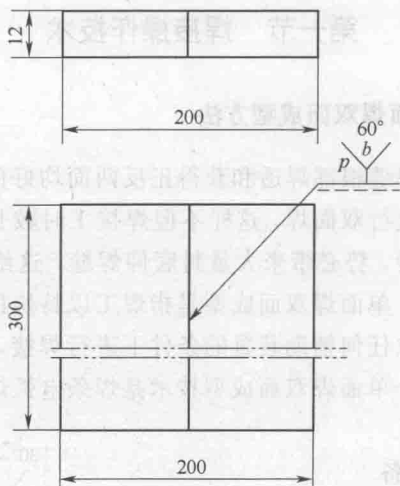


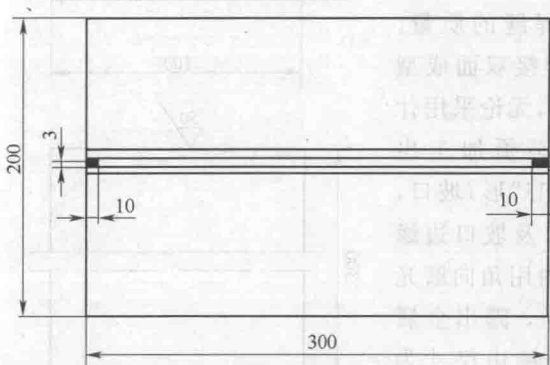
图1-1 焊件备料图(单位:mm)

(2) 装配定位

装配时焊口应预留钝边 p 和间隙 b 。钝边和间隙应视工件的大小,材料的薄厚而定。钝边一般为 $1.0 \sim 2.5 \text{ mm}$,间隙一般为 $3 \sim 5 \text{ mm}$,如图 1-2 所示。装配时考虑焊接整体收缩,焊接终端预



(a) 焊件装配



(b) 焊件电焊位置

图 1-2 焊件装配图(单位:mm)

留的间隙要大于焊接始端预留的间隙;同时,要考虑焊接变形趋势,预留反变形量为 3° 左右,如图1-3所示。定位焊时使用的焊条和正式焊接时所使用的焊条相同,定位焊的位置最好选择在焊件背面,每隔一定间距要进行一处固定点焊。焊点长度不能小于10 mm,终焊端定位焊缝不能小于15 mm,必须焊牢,以防止因焊接过程中的收缩,造成未焊段坡口间隙变小而影响焊接。

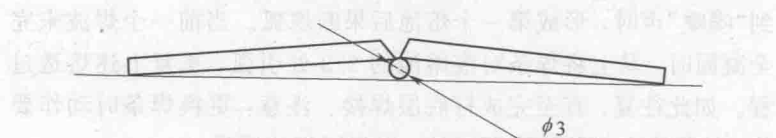


图1-3 对接焊缝的反变形方法

(3) 焊接工艺参数

中厚度板焊条电弧焊平焊位置单面焊双面成型的焊接工艺参数,见表1-1。

表1-1 平焊位置单面焊双面成型的焊接工艺参数

焊接层次	焊条直径(mm)	焊接电流(A)
定位焊	3.2	90~120
打底层	3.2	80~110
填充层	4	140~170
盖面层	4	140~160

(4) 焊接材料及辅助工具选择

焊条:可根据焊接材料等级选用焊条,焊条直径可选择 $\phi 3.2$ mm和 $\phi 4.0$ mm两种。

焊机:可根据焊条选用焊机类型。

辅助工具:角向磨光机、焊条保温筒、錾子、敲渣锤、钢丝刷、焊缝量尺等。

(5) 焊接操作

焊接操作可分为打底层操作、填充层操作、盖面层操作。单面焊双面成型的打底层焊接宜采用熔透焊道法。即从间隙较小的一端定位焊处起焊,焊条与焊件之间的前倾夹角(向焊接方向倾斜)

为 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$, 这个角度主要以腕关节为支点摆动焊钳来实现。打底层的焊接主要有连弧焊法和断弧焊法两种, 断弧焊法是靠调节电弧的燃灭时间来控制熔池的温度, 这种方法的优点是焊接参数选择范围较宽, 是目前生产中常见的打底层焊接方法。

运条过程中注意在坡口两侧根部均应做瞬间停顿, 使钝边每侧熔化 $1\sim 2\text{ mm}$, 当钝边的铁液与焊条金属熔滴熔在一起, 并听到“噗噗”声时, 形成第一个熔池后果断熄弧。当前一个焊波未完全凝固时, 马上将焊条对准熔池的 $2/3$ 处引弧, 重复上述熔透过程。如此往复, 直至完成打底层焊接。注意: 更换焊条时动作要快, 使焊道在炽热状态下连接, 以保证焊接质量。

填充层操作施焊前, 应将底层溶渣和飞溅清除干净, 并修正焊缝过高处与凹槽。焊接填充层时可根据焊件的厚薄和坡口的填充程度选用 $\phi 3.2\text{ mm}$ 或 $\phi 4.0\text{ mm}$ 焊条, 焊接电流根据焊条直径可选择 $105\sim 120\text{ A}$ 或 $120\sim 150\text{ A}$ 。运条方法为月牙形或锯齿形, 并在坡口两侧稍做停留, 焊接运条和焊条倾角如图 1-4 所示。这样能保证熔池及坡口两侧温度均衡并有利于良好熔合及排渣。在焊接第四道焊缝时应控制整个坡口内的焊缝比坡口边缘低 $0.5\sim 1.5\text{ mm}$, 最好呈凹形, 以便盖面时能看清坡口, 并不使焊缝超高。对于填充层具体需要焊接几层一般应可在焊接前规划好 (如图 1-5 所示), 以保证焊接后的焊缝高低合适。

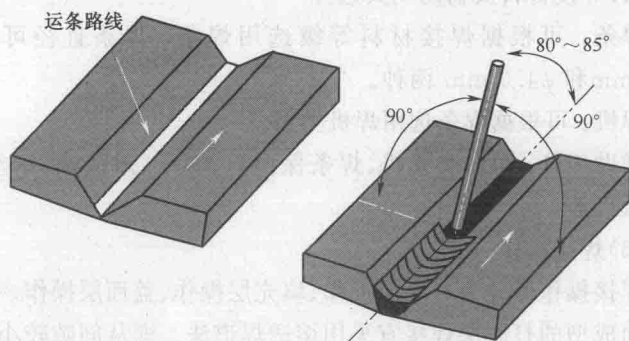


图 1-4 运条方法与焊条倾角示意图

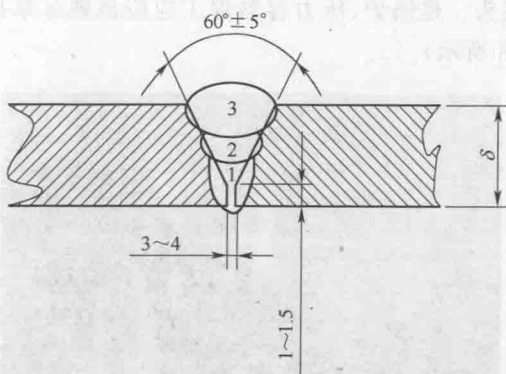


图 1-5 根据板厚规划焊缝层数(单位:mm)

盖面层焊接时宜选用 $\phi 4$ mm 直径焊条,运条时采用锯齿形横向摆动。焊条与焊接方向夹角为 75° 左右,摆动及坡口边缘应稍作停留,以防止咬边。焊接时注意熔池形状和大小保持均匀一致。盖面层焊接接头应在弧坑前 10 mm 引弧,然后将电弧退至弧坑的 $2/3$ 处,先左后右使焊缝与弧坑接上,防止接头脱节或过高,盖面层收弧可采用 3、4 次断弧引弧收尾,以填满弧坑,使焊缝平滑为准。

(6) 焊接检验

焊后待焊件冷却后,用錾子敲去焊缝表面的焊渣及焊缝两侧的飞溅物,用钢丝刷刷干净焊件表面。目测焊缝外观质量焊缝表面应圆滑过渡至母材金属,表面不得有裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤等缺陷。

2. 单面焊双面成型操作

单面焊双面成型技术是采用普通焊条,在不需要任何辅助措施条件下,按焊接操作者的不同操作手法只是坡口根部在进行组装定位焊时,留出不同的间隙,在坡口的正面进行焊接,在坡口的正、背两面都能得到均匀整齐、成型良好,符合质量要求的方法焊缝。这种焊接方法主要适用于板材对接接头、管状对接接头和骑