



全国中等职业技术学校机械类通用教材

电焊工技能训练

JIXIE

(第二版)



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校机械类通用教材

电焊工技能训练

(第二版)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电焊工技能训练/王长忠主编. —2版. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2005
全国中等职业技术学校机械类通用教材

ISBN 7-5045-2459-X

I. 电… II. 王… III. 电焊-焊接工艺 IV. TG443

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 054703 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 15印张 373千字

2005年6月第2版 2006年1月第3次印刷

印数: 15000册

定价: 19.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

劳动和社会保障部教材办公室组织编写的机械类专业 96 新版教材自出版以来，为满足中等职业技术学校教学及相关职业培训发挥了重要作用，受到了广大师生的好评。但是，随着改革开放的不断深入和社会主义市场经济的迅速发展，社会及企业对技能人才的知识与技能结构提出了更新、更高的要求，职业教育的理念、模式也在不断地改革与创新。

为适应培养 21 世纪技能人才的需要，满足全国中等职业技术学校机械类专业教学，我们组织有关专家对机械类专业 96 新版教材进行了全面修订，修订后的教材包括：《车工工艺学（第四版）》《车工技能训练（第四版）》《钳工工艺学（第四版）》《钳工技能训练（第四版）》《机修钳工工艺学（第二版）》《机修钳工技能训练（第二版）》《铣工工艺学（第三版）》《铣工技能训练（第三版）》《焊工工艺学（第三版）》《焊工技能训练（第三版）》《电焊工工艺学（第二版）》《电焊工技能训练（第二版）》《冷作工工艺学（第三版）》《冷作工技能训练（第三版）》。

在本套教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则：

以学生就业为导向，以企业用人标准为依据。在专业知识的安排上，紧密联系培养目标的特征，坚持够用、实用的原则，摒弃“繁难偏旧”的理论知识，同时，进一步加强技能训练的力度，特别是加强基本技能与核心技能的训练。

在考虑各地办学条件的前提下，力求反映机械行业发展的现状和趋势，尽可能多地引入新技术、新工艺、新方法、新材料，使教材富有时代感。同时，采用最新的国家技术标准，使教材更加科学和规范。

遵从中等职业技术学校学生的认知规律，力求教学内容为学生“乐学”和“能学”。在结构安排和表达方式上，强调由浅入深，循序渐进，强调师生互动和学生自主学习，并通过大量生产中的案例和图文并茂的表现形式，使学生能

够比较轻松地学习。

为了方便教学，工艺学教材还配有习题册及答案、教学参考书，有的教学参考书还配有机械教学多媒体素材（光盘）。

本套教材的编写工作得到了北京、山东、河南、陕西、辽宁、湖南、福建、四川等省劳动和社会保障厅及有关学校的支持和帮助，对此我们表示衷心的感谢。

《电焊工技能训练（第二版）》主要内容有：焊接常识、焊条电弧焊、手工钨极氩弧焊、CO₂气体保护焊、埋弧自动焊、等离子弧焊接与切割、电阻焊、气割、钳工基本操作、冷作工基本操作等。

《电焊工技能训练（第二版）》由王长忠主编，殷捷、王铁俊、邢伟、林东升参加编写。

劳动和社会保障部教材办公室
2005年6月

目 录

第一单元 焊接常识	(1)
课题一 焊接安全教育	(1)
课题二 焊接接头及坡口	(3)
课题三 常见焊接缺陷	(7)
第二单元 焊条电弧焊	(11)
基础知识	(11)
课题一 平敷焊	(21)
课题二 平对接焊	(26)
课题三 横角焊	(36)
课题四 对接立焊	(41)
课题五 立角焊	(48)
课题六 对接横焊	(50)
课题七 仰焊	(56)
课题八 管对接焊	(62)
课题九 管板固定焊 (插入式)	(70)
课题十 复合训练	(77)
第三单元 手工钨极氩弧焊	(83)
基础知识	(83)
课题一 铝合金薄板对接平焊	(89)
课题二 薄壁管固定焊	(94)
课题三 典型焊件 TIG 焊	(101)
第四单元 CO₂ 气体保护焊	(106)
基础知识	(106)
课题一 对接平焊	(115)
课题二 T形接头横角焊	(122)
课题三 对接立焊	(125)
课题四 中厚板 V形坡口对接横焊	(130)
课题五 大直径水平固定管焊接	(132)
课题六 高压蓄气瓶的 CO ₂ 焊	(135)

第五单元 埋弧自动焊	(138)
基础知识.....	(138)
课题一 中厚板对接平焊.....	(148)
课题二 厚板组合形坡口对接平焊.....	(153)
课题三 筒体环缝转动焊.....	(157)
课题四 马鞍形焊缝埋弧自动焊.....	(161)
第六单元 等离子弧焊接与切割	(164)
基础知识.....	(164)
课题一 薄板不锈钢等离子弧焊接.....	(171)
课题二 中厚板不锈钢等离子弧切割.....	(174)
第七单元 电阻焊	(178)
基础知识.....	(178)
课题一 薄板点焊.....	(183)
课题二 钢筋对焊.....	(186)
第八单元 气割	(189)
基础知识.....	(189)
课题一 中厚板的气割.....	(196)
课题二 法兰的气割.....	(198)
第九单元 钳工基本操作	(201)
基础知识.....	(201)
课题一 錾削.....	(203)
课题二 锯削.....	(206)
课题三 锉削.....	(209)
课题四 敲渣锤制作.....	(213)
第十单元 冷作工基本操作	(215)
课题一 矫正.....	(215)
课题二 展开放样.....	(222)
课题三 装配.....	(228)

第一单元

焊接常识

课题一 焊接安全教育

焊工在工作时，要与电、可燃及易爆气体、易燃液体、压力容器等接触，在焊接过程中还会产生一些有害气体、金属蒸气和烟尘；此外，还存在电弧光辐射、焊接热源（电弧、气体火焰）的高温等。因此，焊工在操作时，除加强个人防护外，还必须了解并掌握安全用电、防火、防爆的常识，严格执行焊接安全规程，预防事故。

一、预防触电

我国有关标准规定：干燥环境下的安全电压为 36 V，潮湿环境下的安全电压为 12 V。而焊接工作现场所用的网路电压为 380 V 或 220 V，焊机的空载电压一般都在 60 V 以上。因此，焊工在工作时必须注意防止触电。

1. 弧焊设备的外壳必须接地，与电源连接的导线要有可靠的绝缘。
2. 弧焊设备的一次侧接线、修理和检查应由电工进行操作，焊工不可私自拆修。二次侧接线焊工可以进行连接。
3. 推拉电源刀开关时，必须戴干燥的手套，面部要偏斜，以免推拉开关时，电弧火花灼伤脸部。
4. 焊工的工作服、手套、绝缘鞋应保持干燥。在潮湿的场地作业时，必须应用干燥的木板或橡胶板等绝缘物作垫板。雨天、雪天应避免在露天焊接。
5. 为了防止焊钳与焊件之间发生短路而烧坏焊机，焊接结束前，应将焊钳放置在可靠的部位，然后再切断电源。
6. 更换焊条必须戴好焊工手套，并且避免与焊件接触，尤其在夏季因身体出汗而衣服潮湿时，切勿靠在接有焊接电源的钢板上，以防触电。
7. 在容器或船舱内以及其他狭小的焊接构件内焊接时，必须两人轮换操作，其中一人在外面监护。同时，要采用橡胶垫类的绝缘物与焊件隔开，防止触电。
8. 在光线较暗的场地、容器内操作或夜间工作时，使用照明灯的电压应不大于 36 V。
9. 电缆必须有完整的绝缘，不可将电缆放在焊接电弧的附近或灼热的金属上，避免高温烧坏绝缘层；同时，也要避免碰撞磨损。焊接电缆如有破损应及时修理或调换。
10. 遇到焊工触电时，切不可赤手去拉触电者，应先迅速将电源切断，或用干木棍

等绝缘物将电线从触电者身上挑开。如果触电者呈昏迷状态，应立即进行人工呼吸，并尽快送医院抢救。

二、防火、防爆、防毒和防辐射

1. 预防火灾和爆炸

焊接时，由于电弧及气体火焰的温度较高，并且有大量的金属火花飞溅物，稍有疏忽就会引起火灾甚至爆炸。因此，焊工在工作时，必须注意以下问题：

(1) 对密封容器施焊前，应首先查明容器内是否有压力，当确认安全时，方可进行焊接。严禁在有压力的情况下进行焊接。

(2) 当补焊装过易燃、易爆物品的器具（如油桶、油箱等）时，焊前需用碱水仔细清洗，再用压缩空气吹干，并打开所有孔盖，确认安全后方能焊接，但不得站在打开的封口处焊接。

(3) 在存有易燃、易爆物品的车间或场地焊接时，必须取得消防部门的同意。操作时，采取严密的措施，防止火星飞溅引起火灾。

(4) 在高空作业时，应注意防止金属火星飞溅而引起火灾。

(5) 在容器内工作时，焊炬、割炬应随焊工同时进出，严禁将焊炬、割炬放在容器内而擅自离开，以防混合气体燃烧和爆炸。

(6) 焊条头及焊后的焊件不能随便乱扔，以免触及易燃、易爆物品，发生火灾甚至爆炸。

(7) 焊接工作间应备有消防器材，严禁堆放木材、油漆、油料及其他易燃、易爆物品。

(8) 每天工作结束后，应关闭气源、电源，并检查工作现场附近有无引起火灾的隐患，确认安全后才能离开。

2. 预防有害气体

焊接时，焊工周围的空气常被一些有害气体及粉尘所污染，如氧化锰、氧化锌、氯化氢、一氧化碳和金属蒸气等。焊工长期吸入这些烟尘和气体，对身体是不利的，因此应采取有效措施加以预防。

(1) 焊接现场必须通风良好。可在车间内安装轴流式风机；在焊接工位安装小型通风设施，充分利用自然通风，以获得良好的操作环境。

(2) 在容器内或双层底舱等狭小场地焊接时，应注意通风排气工作。可应用压缩空气，严禁使用氧气。

(3) 合理组织工作布局，避免多名焊工挤在一起操作。

(4) 若房间内（如某些试验室，但正规厂房除外）没有通风措施，绝对不允许进行氩弧焊操作。

3. 预防弧光辐射

弧光辐射对皮肤、眼睛有较大刺激，能引起皮肤发红、变黑、脱皮，引起电光性眼炎、畏光、疼痛、怕风吹、流泪等症状，但不会有任何后遗症。因此，焊工必须注意加以防护。

(1) 焊工工作时，应穿白色帆布工作服，防止弧光灼伤皮肤。

- (2) 焊工使用的电焊面罩应经常检查，不能漏光。
- (3) 焊接引弧时，要告知身边的工人，以免弧光灼伤他人的眼睛。
- (4) 当多名焊工操作时，要使用屏风板进行遮光，避免东张西望而造成不必要的伤害。
- (5) 装配定位焊和重力焊时，要特别注意弧光的伤害，必要时，应戴防光眼镜。
- (6) 氩弧焊、CO₂ 焊的明弧焊接，弧光辐射较强，衣服领口、袖口要系紧，选择稍暗些的护目玻璃。

三、现场安全作业

焊工除了进行金属构件的焊接外，往往经常要进行检修、抢修工作，由于检修和抢修工作现场具有一定的特殊性和复杂性，如果忽视现场安全作业，则容易出现安全事故。因此，焊工必须了解这方面的安全常识。

1. 需要焊接切割的构件处于禁火区，必须按禁火区的管理规定申请动火证。操作人员按动火证上规定的部位和时间动火，不准超越范围和时间，发现问题应停止操作并研究处理。

2. 严禁所检修的设备在未泄压的状况下进行焊接与切割。

3. 盛装可燃气体和有毒物质的各种容器，未经清洗，不能焊接与切割。

4. 有电流和压力的导管、设备、器具等，在未断电、泄压前不能焊接与切割。

5. 焊接电缆的接地不能随便乱接乱搭，以免错接在煤气管道或氧气管道等危险处，发生爆炸事故。

6. 雨天、雪天和刮大风（六级以上）时，禁止高空作业。

7. 高空作业遇到较高焊接处，而焊工够不到时，不要勉强操作，应重新搭设平台后进行操作。

8. 夏季使用的氧气瓶和乙炔瓶不能在烈日下暴晒，以免气体膨胀发生爆炸。冬季如遇瓶阀或减压器冻结时，应用热水解冻，严禁用火烤。

课题二 焊接接头及坡口

一、焊接接头形式

在机械制造中生产的金属构件如梁、柱、桁架和容器等焊接结构，均是由若干个焊接接头组成的。

焊接接头的主要形式如图 1—1 所示，其中应用最广的焊接接头有对接接头、T 形接头、角接接头和搭接接头四种。

1. 对接接头

两焊件端面相对平行的接头称为对接接头。对接接头从受力的角度看是比较理想的接头形式，在焊接结构中应用的最多。

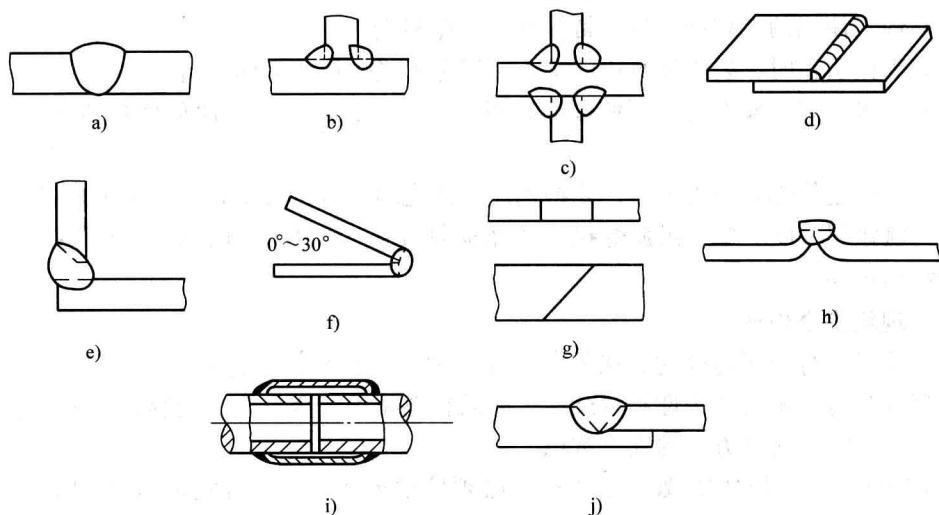


图 1—1 焊接接头的形式

- a) 对接接头 b) T形接头 c) 十字接头 d) 搭接接头 e) 角接头
f) 端接头 g) 套管接头 h) 斜对接接头 i) 卷边接头 j) 锁底对接接头

焊接不同板厚或壁厚的对接接头时，为了保证焊接质量，减少焊接变形和焊接材料消耗，往往需要把焊件的对接边缘加工成各种形式的坡口，再进行焊接。常见的坡口形式主要有 I 形、V (Y) 形、X (双 Y) 形和 U 形，如图 1—2 所示。

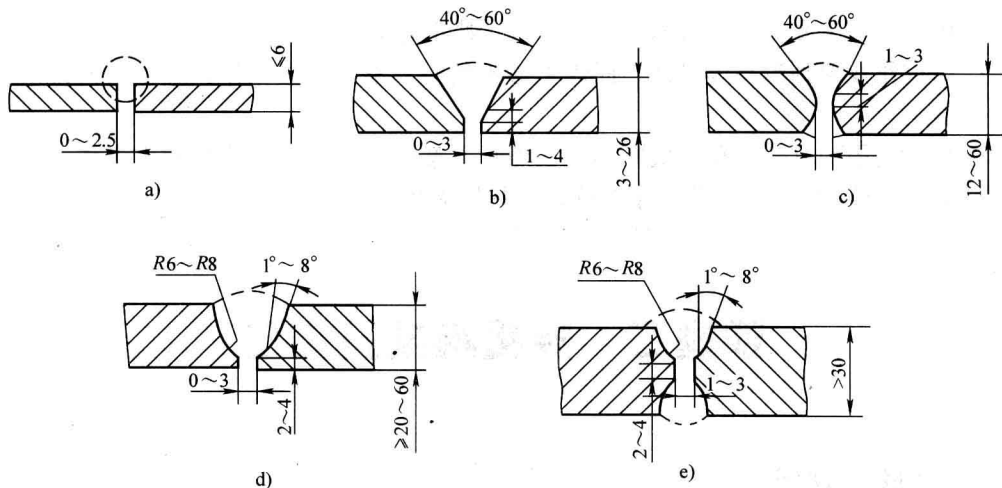


图 1—2 常见的坡口形式

- a) I 形坡口 b) Y 形坡口 c) X (双 Y) 形坡口 d) 带钝边单 U 形坡口 e) 带钝边双 U 形坡口

钢板厚度在 6 mm 以下，一般为 I 形坡口（即不开坡口），若产品不要求焊透，则可单面焊接，但焊缝的有效厚度（熔透深度）应达到 0.7δ （ δ 为板厚）。但重要结构的板厚为 3 mm，就应开坡口。

钢板厚度在 6~26 mm 时，采用 V 形或 Y 形坡口。

钢板厚度在 12~60 mm, 可开成双 Y 形或双 V 形坡口, 它比单 Y 形或单 V 形坡口减少填充金属量近一半, 焊后变形容容易控制。

U 形及双 U 形坡口的填充金属量更少, 焊后变形小, 但加工困难, 一般铸件焊补时采用这种坡口形式。

2. T 形接头

一焊件的端面与另一焊件的表面构成直角或近似直角的接头, 称为 T 形接头。这种接头的用途仅次于对接接头, 特别在船体中约 70% 的接头是这种形式。

T 形接头一般用作联系焊缝, 钢板厚度在 2~30 mm 时, 不开坡口, 若焊缝要求承受载荷, 可开成单边 V 形、带钝边双单边 V 形或带钝边双 J 形等坡口形式, 使接头焊透, 以提高接头强度。

3. 角接接头

两焊件端面间构成 30° ~ 135° 夹角的接头, 称为角接接头。角接接头一般用于不重要的焊接结构, 较少开坡口。

4. 搭接接头

两焊件重叠构成的接头称为搭接接头。搭接接头的重叠部分为板厚的 3~5 倍, 可采用双面焊接。这种接头的装配要求不高, 易于装配, 但承载能力低, 只用于不重要的结构。

二、焊件形式及焊接位置

技能训练是根据焊工技能等级要求, 选择相应的焊件及不同的焊接位置进行焊接操作, 其焊件的形式及焊接位置为:

1. 板 - 板对接

板 - 板对接接头可分为板 - 板对接平焊、板 - 板对接立焊、板 - 板对接横焊和板 - 板对接仰焊四种, 如图 1—3a 所示。

2. 管 - 管对接

管 - 管对接接头可分为水平转动管焊、垂直固定管焊、水平固定管焊、斜 45° 管固定焊、垂直固定管加障碍焊、水平固定管加障碍焊等, 如图 1—3b 所示。

3. 管 - 板角接

根据空间位置不同可分为垂直固定管板俯位焊、垂直固定管板仰位焊和水平固定管板全位置焊三种, 如图 1—3c 所示。

三、坡口

根据设计或工艺需要, 将焊件的待焊部位加工成一定几何形状的沟槽称为坡口。

坡口的几何尺寸如图 1—4 所示。

坡口的作用是保证焊缝根部焊透, 使焊缝能满足焊接接头的质量要求, 调节基体金属与填充金属的比例。

选择坡口一般遵循以下原则: 能够保证焊件焊透, 且便于焊接操作。如在容器内部不便焊接的情况下, 要采用单面坡口在容器的外面焊接; 坡口形状要便于加工; 尽可能提高焊接生产率和节约焊条; 焊件焊后变形应尽可能小。

同样厚度的焊件, 采用双面 V 形或 Y 形坡口比单面 V 形或 Y 形坡口可节省较多的焊接

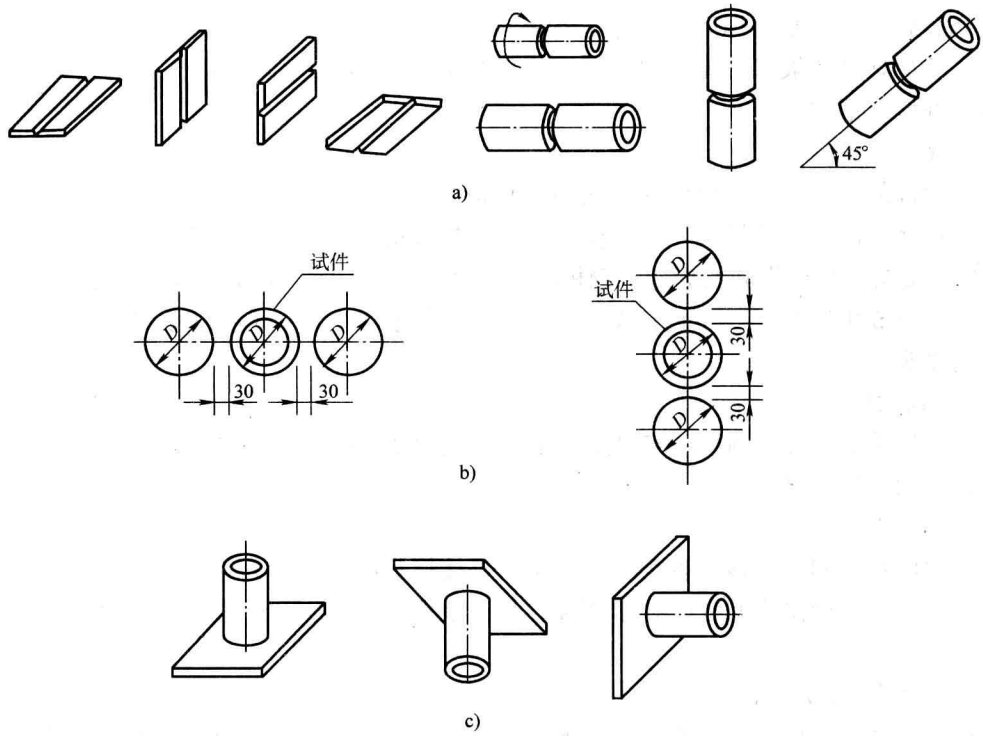


图 1—3 焊件形式及焊接位置

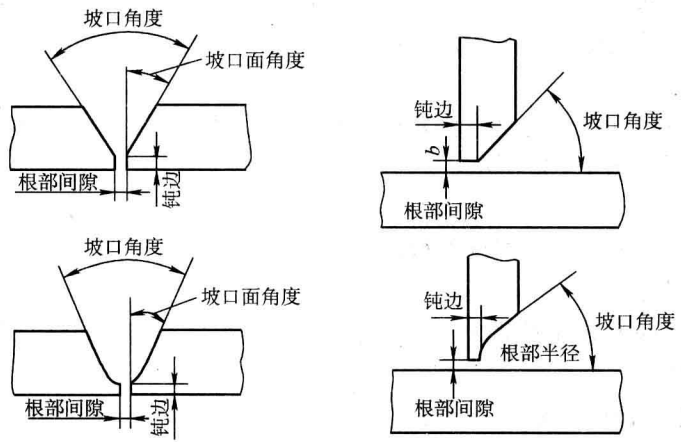


图 1—4 坡口的几何尺寸

材料和工时。但在进行单面焊双面成形技能训练时，一般采用单面 V 形或 Y 形坡口。

坡口的加工方法可根据焊件的尺寸、形状及加工条件来选择，一般有以下加工方法。

1. 剪切

不开坡口的薄件可用剪切机加工，加工方便，效率高，一般剪切后就可进行装配焊接。在以后的技能训练中，可采用剪切加工方法，将两块钢板所剪切的断面作为坡口面，保持一定角度装配成模拟 V 形坡口焊件，这样既解决了加工 V 形坡口难的问题，又达到了训练目的。

2. 刨削

用刨边机或刨床加工 V 形或 Y 形、双 Y 形坡口，加工后坡口较平直，适用于焊接试件或自动焊的焊件加工。

3. 车削

用车床或车管机可加工管类构件及圆形杆件的坡口。

4. 热切割

用氧 - 乙炔焰或等离子弧手工切割或用自动、半自动切割机加工坡口，可切割出 V 形或 Y 形、双 Y 形坡口。

5. 碳弧气刨

可以使用不同截面形状的碳棒加工出所需要的坡口形式，尤其用圆形碳棒加工 U 形坡口很便利。碳弧气刨还可以用于清理焊根，如压力容器的焊接。

6. 铲削或磨削

用手工、风动工具铲削坡口或使用角向砂轮机磨削坡口，效率较低，多用于缺陷返修时的坡口加工。

课题三 常见焊接缺陷

在焊接过程中，由于焊工操作技能、焊接工艺参数、焊接材料的选用等方面因素的影响，往往会在焊接接头区域内产生不符合设计要求的焊接缺陷。焊接缺陷的存在，会直接影响焊接产品的使用性能和安全程度。

下面对焊接缺陷进行简单介绍，其目的是使焊工对常见焊接缺陷有所了解，以便在技能训练中对其引起足够的重视，减少或避免焊接缺陷的产生，提高焊接质量。有关焊接缺陷产生的原因和防止措施，将在各个训练课题中有针对性地进行介绍。

焊接缺陷按其焊接接头中的位置不同，可分为内部缺陷和外部缺陷。

焊缝外部缺陷通常位于焊缝表面，用肉眼或低倍放大镜就可看到，主要包括焊缝尺寸不符合要求、咬边、焊瘤、根部未焊透、表面裂纹、弧坑和烧穿等。

焊缝内部缺陷主要包括气孔、夹渣、未熔合、未焊透和内部裂纹，其检验主要是通过无损探伤和破坏性检验的方法。

1. 焊缝尺寸不符合要求

焊缝尺寸不符合要求主要包括焊缝余高、焊缝宽度、焊缝余高差、焊缝宽度差、角焊

缝焊脚尺寸错边量等不符合标准规定的尺寸，如图 1—5 所示。

焊缝尺寸不符合要求不但直接影响焊缝的外观成形，而且会对焊接质量产生不良影响。焊缝宽度太窄，会使焊接接头强度降低；焊缝宽度过大，不仅浪费焊接材料，还会增加焊件的应力和变形；焊缝余高过大，会造成焊接接头的应力集中而降低结构的工作性能。

2. 咬边

由于焊接工艺参数选择不正确和操作不当，沿焊趾的母材部位烧熔形成的沟槽或凹陷称为咬边，如图 1—6 所示。

咬边主要发生在板对接立、横、仰焊以及角焊和管道焊接，它不仅减弱了母材的有效面积，使焊接接头强度降低，而且会在咬边处产生应力集中，容易引起裂纹。

3. 焊瘤

在焊接过程中，熔化金属流淌到焊缝之外未熔化的母材上所形成的金属瘤称为焊瘤，如图 1—7 所示。

焊瘤多发生在仰位、立位、横位焊缝表面及打底层背面焊缝表面。焊瘤不仅影响焊缝的成形，而且也容易导致裂纹的产生。

4. 未焊透

焊接时，焊接接头根部未完全熔透的现象称为未焊透，如图 1—8 所示。

单面焊双面成形时，未焊透一般产生在焊件的根部，双面焊时主要产生在焊件中部。未焊透处会造成应力集中，并容易引起裂纹，重要的焊接接头不允许有未焊透的缺陷存在。

5. 未熔合

熔焊时，焊道与母材之间或焊道与焊道之间，未完全熔化结合的现象称为未熔合，如图 1—9 所示。

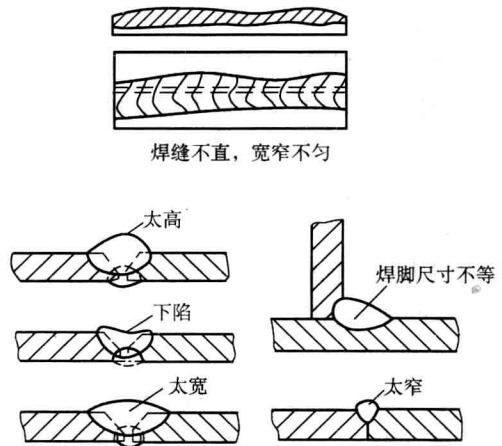


图 1—5 焊缝尺寸不符合要求

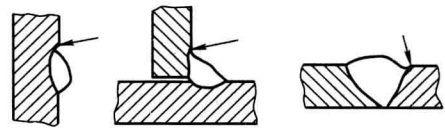


图 1—6 咬边

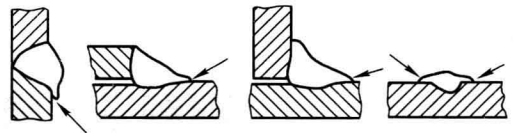


图 1—7 焊瘤

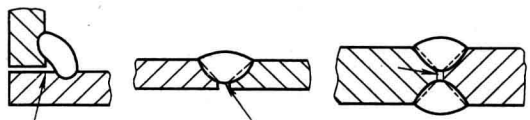


图 1—8 未焊透

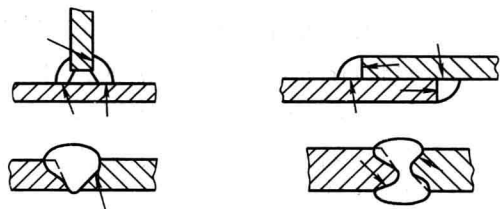


图 1—9 未熔合

未熔合可能发生在焊件根部，也可能发生在表面焊缝边缘或焊层间。未熔合的危害仅次于裂纹缺陷，是焊接接头中不允许存在的。

6. 烧穿

焊接过程中，熔化金属从坡口背面流出形成穿孔的缺陷称为烧穿，如图 1—10 所示。

烧穿使单面焊双面成形焊接中背面焊缝无法成形，是一种不允许存在的缺陷，应及时进行补焊。

7. 气孔

焊接时，熔池中的气体在凝固时未能逸出而残留下来所形成的空穴称为气孔，如图 1—11 所示。

气孔是一种常见的焊接缺陷，分为内部气孔和外部气孔。气孔的存在对焊缝质量影响很大，它使焊缝的有效工作截面减小，降低了焊缝的力学性能，特别是对塑性和冲击韧度影响很大，同时也破坏了焊缝的致密性。连续的气孔还会导致焊接结构的破坏。

8. 冷缩孔

冷缩孔是单面焊双面成形打底焊时常见的焊接缺陷之一，冷缩孔不仅影响焊缝的外观成形，而且降低了焊缝的强度，在一定程度上成为应力集中的根源。

9. 夹渣

焊后残留在焊缝中的熔渣称为夹渣，如图 1—12 所示。

夹渣的存在将减弱焊缝的有效截面，降低焊接接头的塑性和韧度。在夹渣的尖角处会造成应力集中，因而对淬硬倾向较大的焊缝金属，容易在此处扩展为裂纹。

10. 弧坑

焊缝收尾处产生的下陷部分称为弧坑。它不仅使该处焊缝的强度受到削弱，而且还会产生弧坑裂纹，如图 1—13 所示。

11. 焊接裂纹

在焊接应力及其他致脆因素的作用下，焊接接头中局部区域因开裂而产生的缝隙称为焊接裂纹，如图 1—14 所示。

裂纹是焊缝中最危险的缺陷，大部分焊接结构的破坏是由裂纹引起的。因此，裂纹在焊缝中是绝对不允许存在的。



图 1—10 烧穿

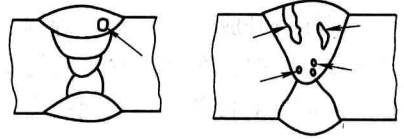


图 1—11 气孔

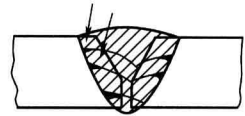


图 1—12 夹渣



图 1—13 弧坑

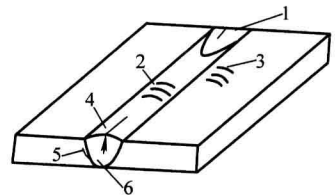


图 1—14 焊接裂纹

- 1—弧坑裂纹 2—横向裂纹
- 3—热影响区裂纹 4—纵向裂纹
- 5—熔合线裂纹 6—根部裂纹

12. 夹钨

在氩弧焊中，钨极的熔化使焊缝金属局部含钨量升高的现象称为夹钨。夹钨会使局部焊缝硬度提高而产生脆化，并成为产生裂纹的根源。因此，氩弧焊接时，应根据焊件的材质、厚度及坡口形式选择合适的焊接电流及钨极直径，并且在操作过程中，钨极不得触及焊丝和熔池，并经常修磨钨极端部，以避免夹钨缺陷的产生。

13. 角变形

焊后由于焊缝的横向收缩使得两连接件间相对角度发生变化的变形称为角变形。

焊件若开成 V 形坡口，焊缝在焊件一侧截面积较大，焊后焊件在坡口上部的收缩力相应增大，使钢板在厚度方向上收缩不均匀，从而产生角变形。在以后的技能训练中，板 - 板 V 形坡口对接单面焊双面成形时，就要考虑采用反变形法来预防角变形的产生。

反变形法是在变形方向相反的一侧预制一个变形，使之与焊后发生的变形相互抵消。