

# 焊接缺陷的产生原因及防止对策

烟台首钢东星（集团）公司技术中心（山东 264006） 尹立辉

**【摘要】** 针对实际工作中经常出现的焊接缺陷，进行了比较详细的原因分析，并在此基础上提出了防止对策，为工程技术人员解决实际工作中的焊接质量问题提供了依据。

焊接工艺作为机械制造过程中的重要工艺之一，其质量的高低越来越受到客户的重视。为切实提高现场操作技能和焊接质量，降低制造成本，我们对常见的焊接缺陷形式、产生原因、危害以及防止对策进行了总结。

## 一、焊接缺陷的分类

焊接缺陷的分类如下表所示。

主要成因	缺陷种类
构造缺陷	构造不连续、缺口效应、焊缝布置不良引起的应力与变形
	错边
工艺缺陷	咬边、焊瘤、未熔合、未焊透、烧穿、未焊满、凹坑及夹渣
	电弧擦伤、余高过大、焊脚尺寸不合适
冶金缺陷	裂纹、气孔及夹杂物
	性能恶化

## 二、产生原因及防止对策

### 1. 咬边

咬边是指由于焊接参数选择不当，或操作方法不正确，沿焊趾的母材部位产生的沟槽或凹缺（见图1）。它是焊接时由于熔融金属未完全覆盖在母材的已熔化部分，在焊趾处产生的低于母材表面的沟槽。是焊接电弧把焊件边缘熔化后，没有得到焊条熔化金属的补充所留下的缺口。

(1) 危害 超出质量标准要求的咬边将削弱接头强度，导致结构件的破坏。

(2) 产生原因 电弧热量太高，即焊接电流太大以

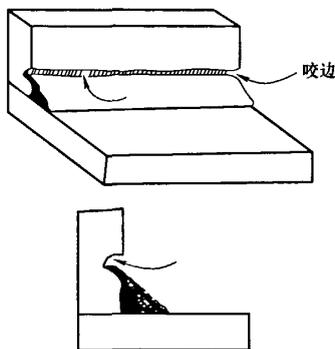


图 1

及运条速度不当。在角焊时，经常由于焊条角度或电弧长度不当而造成咬边。

(3) 防止措施 选择适当电流，保持运条均匀。角焊时，焊条采用合适的角度并保持一定的电弧长度（电弧过长易咬边）。

### 2. 气孔

气孔是指焊接时熔池中的气泡在凝固时未能及时逸出而残留下来所形成的空穴。即熔池在结晶过程中，由于某些气体来不及逸出而可能在焊缝中形成气孔。气孔是焊接接头中常见的缺陷。

(1) 危害 不仅削弱焊缝的有效工作断面，同时也会带来应力集中，从而显著降低焊缝金属在动载下的疲劳强度，使气孔与焊接裂纹连通造成穿透性破坏，使接头失效。形成气孔的气体有：①在高温时溶解在焊接熔池中的某些气体，在结晶和相变时由于气体溶解度突然下降而残留在焊缝中的气体，如氢、氮。②在焊接熔池冶金反应时产生的不溶于金属的气体，如：CO 和水

蒸汽。

因此,气孔的种类(见图2)主要有:①氢气孔:大多出现在焊缝表面,呈圆喇叭口形。原因是焊丝及母材坡口表面有锈、油、水,保护气不纯含水量高。②氮气孔:焊缝保护不好,空气通过电弧区。氮气孔多在焊缝表面,有时成堆出现,与蜂窝相似。一般在成熟焊接工艺下,焊缝保护正常就不会出现氮气孔。③CO气孔:特点是CO气孔在焊缝内沿结晶方向分布,如条虫状。

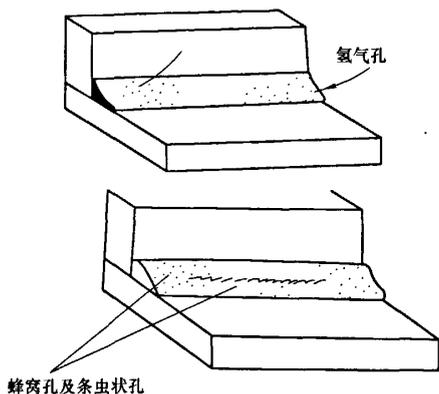


图 2

(2) 产生原因 主要是焊接参数、电流种类、电弧高低和操作技能。①焊接参数的因素:熔池存在时间(越短,气体越不易逸出)。当电弧功率不变,焊接速度增加,熔池存在时间变短,气孔就多。在实际生产中,增加电流时由于熔滴变细,表面积增大,熔滴吸氢多,反而气孔多。②电流种类:交流电源,焊缝易产生气孔。直流正接气孔倾向较小,反接倾向最小。③一般生产条件下,出现气孔较多的原因往往是操作工艺不当所致。

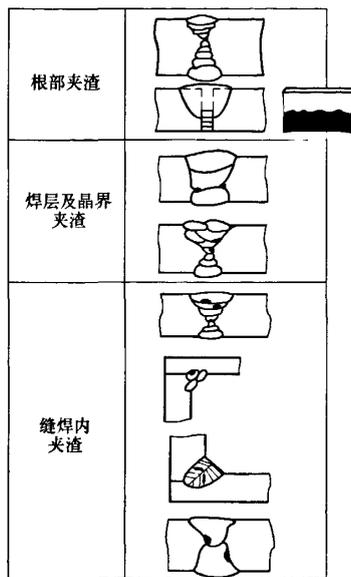
(3) 防止措施 ①对焊缝进行焊前处理(包括清理、除锈、除油和干燥)。②焊接参数要稳定。③操作手法(行走太慢、喷嘴阻塞、异物、干伸太长及焊条角度不正确等)。尽量采用短弧焊,操作时应适当摆动以利于气体逸出。

实践表明,在CO<sub>2</sub>保护焊中采用H08Mn2SiA等含有脱氧剂的焊丝焊接低碳钢、低合金钢时,如果焊前对焊丝和钢板表面的油污铁锈作适当清理,在CO<sub>2</sub>和水分也较少的情况下焊缝金属中产生的气孔主要是氮气孔,而氮主要来自于空气。因此,保护气层稳定可靠是防止

焊缝产生气孔的关键因素。

### 3. 夹渣

夹渣是指残留在焊缝金属中的熔渣,即由于焊接冶金过程中熔池中一些非金属夹杂物在结晶过程中来不及浮出而残存在焊缝内部(见图3)。药芯焊丝和埋弧焊容易产生夹渣。夹渣的产生与焊接方法、焊材(焊丝、焊剂)及被焊母材的成分纯度有关。



(a) 夹渣分类及示意图



(b) 20G 自动焊缝根部夹渣



(c) 10MnMoNb 多层自动焊熔合线处夹渣

图 3

(1) 危害 不仅降低力学性能,而且增加了产生热裂纹的倾向,诱发厚板的层状撕裂。

(2) 产生原因 ①焊接电流太小,液态金属和熔渣分不开。②焊接速度过快,熔渣来不及浮出来。③多层焊对工件边缘和焊缝清理不干净。④运条角度不正确。

(3) 防止措施 应正确选择焊接材料(焊剂、焊丝纯度),控制母材硫磷的含量,工艺上应选择适当的焊接参数,使熔池存在时间不要太短。多层焊时,注意清除前道焊层的焊渣,正确运条,以利于熔渣浮出。

#### 4. 未焊透及未熔合

未焊透是指在焊接时接头根部未完全熔透而留下的部分(见图4)。

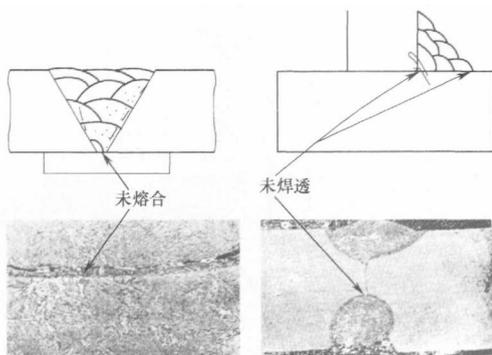


图 4

未熔合是一种常见缺陷,是指焊缝金属和母材或焊缝金属各焊层之间未熔合的部分,即在熔焊金属与基体母材或与相邻焊道间或焊缝层间的局部残留间隙。焊接时,母材与母材之间未完全熔化结合的部分也称之为未熔合。

(1) 危害 减少焊缝横断面积,显著降低接头力学性能,引起应力集中的危害更大。由未焊透扩展成裂纹引起焊缝整体开裂而导致的焊接结构破坏时有发生,尤其在动载下,对高温疲劳强度影响很大。

(2) 产生原因 手工运条不当是主要因素。另外,当焊接电流较低时,不管如何控制焊接速度都会产生未焊透。

(3) 防止措施 ①采取适当的电流、焊接速度和正确的坡口形式等措施可以预防。②对于操作焊工,技术水平低是导致未焊透的重要因素,即使是正确的电流,在焊接速度范围内也会由于个人技术水平低产生未焊透(在焊接电流一定的情况下,焊速仍然有一个范

围,掌握正确运条技术,控制最佳焊接速度才能达到充分熔透的焊缝。多层焊时,既要摆动使焊缝与母材熔透,又要使层间充分熔合才能避免未焊透的产生)。

(4) 检查方法 ①焊缝弯曲断面检查。当有未焊透时就能明显暴露出来,并能显示其真实大小。②焊接接头的横断面低倍分析,把焊接接头横断面磨制后再抛光,即可检查未焊透缺陷形态。③为更清楚地说明未焊透的位置与焊缝、焊接热影响区及坡口形式的关系等,可以浸蚀后作粗晶组织分析。

#### 5. 裂纹

焊接裂纹是指在焊接应力及其他致脆因素的共同作用下,焊接接头中局部地区的金属原子结合力遭到破坏而形成的新界面所产生的缝隙。它具有尖锐的缺口和大的长宽比特征,是焊接结构件最严重的工艺缺陷,直接影响产品质量,降低产品寿命,甚至引起恶性事故。

(1) 裂纹的分类 ①热裂纹,包括结晶裂纹、液化裂纹、高温低塑性裂纹、高温孔穴形开裂和再热裂纹。②冷裂纹,包括延迟裂纹、热应力裂纹和层状撕裂。

(2) 产生原因 产生裂纹的机理很复杂,不同裂纹形式其产生机理也不尽相同。由于操作不当而产生裂纹的原因主要有以下几种:①焊缝深宽比太大(即电弧电压较小,电流较大)。②焊道太小(特别是角焊缝和根部焊道)(主要是行走速度过快,送丝过慢)。③焊缝末端处的弧坑冷却快。

(3) 防止措施 针对以上原因可做以下调整:①增大电弧电压或减小焊接电流以加宽焊道而减小熔深。②减慢行走速度,增大送丝速度以加大焊道的横截面。③适当地填充弧坑。

#### 6. 层状撕裂

层状撕裂(见图5)是指焊接时,在焊接构件中沿钢板轧层形成的呈阶梯状的一种裂纹。尤其是厚板,拘束应力大,残余应力高,在焊接热影响区由于母材受厚

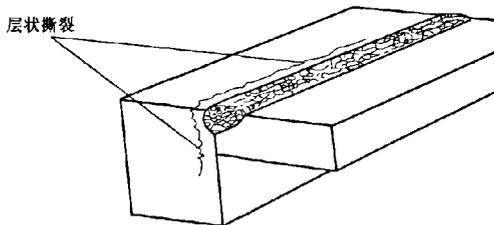


图 5

度方向应力，在平行轧制方向产生具有层状和台阶状形态的裂纹，称为层状撕裂。

(1) 产生原因 ①母材中有非金属夹杂物沿轧制方向分布。②焊接接头在板厚方向上存在巨大应力。

非金属夹杂物多为硫化物和复合硅酸盐，有些钢材是铝的氧化物。在轧制过程中被轧制成带状分布，脆性夹杂物呈片群分布，造成钢材厚度方向上力学性能的重大损害。在焊接冷却过程中，由于收缩应力在400~650℃的蓝脆温度，夹杂物开始孔穴成核。随温度下降到250℃，在夹杂物端部的应力集中出现应变时效，同时氢在热影响区的扩散，在应力集中处会引起金属脆化。引起层状撕裂的上述因素既可以单独作用，也可以共同起作用。

(2) 防止措施 重视母材质量和结构设计。

#### 7. 其他几种常见缺陷

(1) 弧坑 弧焊时，由于断弧或收弧不当，在焊道末端形成的低洼部分，即焊缝收尾处产生下陷现象。①危害：使焊缝断面减小，收尾处强度降低。②原因：熄弧过快。③防止措施：收弧过程中在收弧处点几下。

(2) 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，即在焊缝边缘上形成与母材未熔合的堆积金属。①危害：影响美观，焊瘤内部常未焊透。②原因：操作不熟练，运条不当，焊接

电流过大，焊接速度太慢，电弧过长等。③防止措施：提高焊接操作技能，选用适当的焊接电流进行短弧焊接。

(3) 尺寸不足 焊脚长度小于图样规定尺寸，或喉口尺寸小于焊脚长度的70%。过小则强度降低；过大则浪费，导致变形增加。

(4) 下塌 下塌指单面熔化焊时，由于焊接工艺不当，造成焊缝金属过量透过背面，而使焊缝产生正面塌陷、背面凸起的现象。①危害：强度降低。余高过高，应力集中。②原因：坡口不当、间隙不均；电流及焊速选择不当；运条手法不正确。

(5) 烧穿 烧穿是指焊接过程中，熔化金属自坡口背面流出，形成穿孔的缺陷。烧穿是在焊条电弧焊尤其是焊接薄板时的常见缺陷。烧穿是指在焊缝上形成穿透性孔洞，造成熔化金属往下流漏，因此使焊缝的连续性和致密性受到破坏，必须修补。①原因：热输入过大（一般是由于过快的送丝速度、不正确的焊枪操作及行走速度太慢造成的）和坡口加工不当。②改进措施：最好的改进方法是确保电压设定达到焊接工艺的要求。减小送丝速度和电弧电压，提高行走速度；减小过大的根部间隙，增大钝边高度。必要时可先沿接缝进行间距较密的点固焊，然后压短电弧进行快速焊接或背面加垫板，以避免焊缝烧穿。**MW**

(20080415)

(上接第61页)

用先进高效套料软件，这样才能够真正将高精细等离子的优势完全发挥和应用在切割上。

MTC套料软件不但输出切割程序，而且能够直接生成指令自动设置弧压、割炬高度控制、气流和气压等，达到全自动化等离子切割。不但省时，也能够保持一致的切割品质，减少切割过程中的人为错误，减少编程时间，降低编程错误，有效提高材料利用率。

#### 14. 功能和价格

软件的功能和自动化，将决定其价格。

选择软件时，要根据整个公司的运作、切割机类型、零件生产结构和数量以及材料的使用和价格，确保所选用的软件功能在现在和未来都有助于提高产品质量，减少编程时间，提高生产水平，实现整体信息化，控制成本，有效管理采购与库存，使生产力与利润最大

化，并能够对业务营运活动进行管理。

其实，软件价格在切割机设备的总售价中所占的比例是微不足道的，但高效的切割软件却能带来最大的效益。

油价飙升带动电费、交通运输费、原材料和劳动成本上涨，再加上人民币升值，退税调整，不管是内销或出口，中国切割制造业正面临重大考验。如果充分利用先进软件技术与先进管理法，就能够减少不必要的料、工、成本浪费，提升企业利润水平，有效控制费用，提升竞争力。

MTC软件在CAM套料软件方面拥有25年的经验，我们致力于为中国切割和制造企业提高切割技术，增加产品质量，节省原材料成本和增强出口优势。**MW**

(20080719)