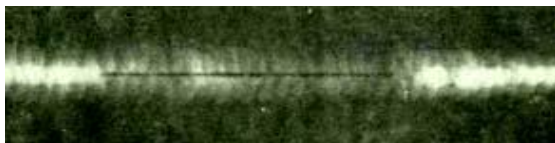
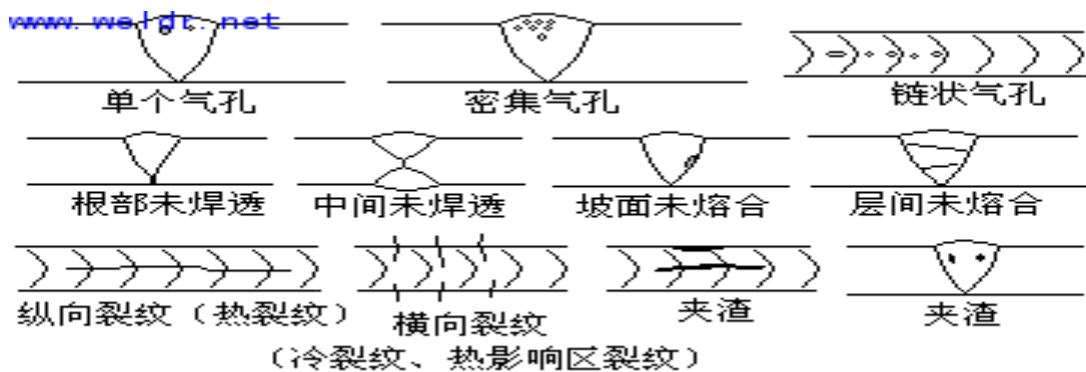


焊缝中常见的焊接缺陷

(1) 未焊透：母体金属接头处中间（X 坡口）或根部（V、U 坡口）的钝边未完全熔合在一起而留下的局部未熔合。未焊透降低了焊接接头的机械强度，在未焊透的缺口和端部会形成应力集中点，在焊接件承受载荷时容易导致开裂。

(2) 未熔合：固体金属与填充金属之间（焊道与母材之间），或者填充金属之间（多道焊时的焊道之间或焊层之间）局部未完全熔化结合，或者在点焊（电阻焊）时母材与母材之间未完全熔合在一起，有时也常伴有夹渣存在。

(3) 气孔：在熔化焊接过程中，焊缝金属内的气体或外界侵入的气体在熔池金属冷却凝固前未来得及逸出而残留在焊缝金属内部或表面形成的空穴或孔隙，视其形态可分为单个气孔、链状气孔、密集气孔（包括蜂窝状气孔）等，特别是在电弧焊中，由于冶金过程进行时间很短，熔池金属很快凝固，冶金过程中产生的气体、液态金属吸收的气体，或者焊条的焊剂受潮而在高温下分解产生气体，甚至是焊接环境中的湿度太大也会在高温下分解出气体等等，这些气体来不及析出时就会形成气孔缺陷。尽管气孔较之其它的缺陷其应力集中趋势没有那么大，但是它破坏了焊缝金属的致密性，减少了焊缝金属的有效截面积，从而导致焊缝的强度降低。



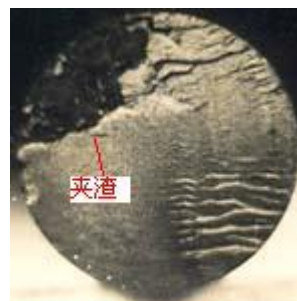
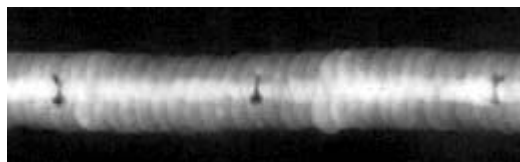
某钢板对接焊缝 X 射线照相底片
V 型坡口，手工电弧焊，未焊透



某钢板对接焊缝 X 射线照相底片
V 型坡口，手工电弧焊，密集气孔

(4) 夹渣与夹杂物：熔化焊接时的冶金反应产物，例如非金属杂质（氧化物、硫化物等）以及熔渣，由于焊接时未能逸出，或者多道焊接时清渣不干净，以至残留在焊缝金属内，称为夹渣或夹杂物。视其形态可分为点状和条状，其外形通常是不规则的，其位置可能在焊缝与母材交界处，也可能存在于焊缝内。另外，在采用钨极氩弧焊打底+手工电弧焊或者钨极氩弧焊时，钨极崩落的碎屑留在焊缝内则成为高密度夹杂物（俗称夹钨）。

W18Cr4V(高速工具钢)-45 钢棒对接电阻焊缝中的夹渣断口照片



钢板对接焊缝 X 射线照相底片 V 型坡口，手工电弧焊，局部夹渣 和两侧线状夹渣



钢板对接焊缝 X 射线照相底片 V 型坡口，钨极氩弧焊打底+手工电弧焊，夹钨



(5) 裂纹：焊缝裂纹是焊接过程中或焊接完成后在焊接区域中出现的金属局部破裂的表现。

焊缝金属从熔化状态到冷却凝固的过程经过热膨胀与冷收缩变化，有较大的冷收缩应力存在，而且显微组织也有从高温到低温的相变过程而产生组织应力，更加上母材非焊接部位处于冷固态状况，与焊接部位存在很大的温差，从而产生热应力等等，这些应力的共同作用一旦超过了材料的屈服极限，材料将发生塑性变形，超过材料的强度极限则导致开裂。裂纹的存在大大降低了焊接接头的强度，并且焊缝裂纹的尖端也成为承载后的应力集中点，成为结构断裂的起源。

裂纹可能发生在焊缝金属内部或外部，或者在焊缝附近的母材热影响区内，或者位于母材与焊缝交界处等等。根据焊接裂纹产生的时间和温度的不同，可以把裂纹分为以下几类：

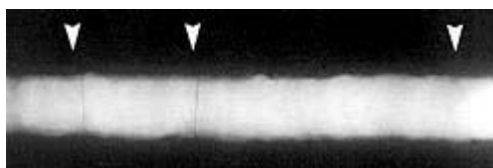
a. 热裂纹（又称结晶裂纹）：产生于焊缝形成后的冷却结晶过程中，主要发生在晶界上，金相学中称为沿晶裂纹，其位置多在焊缝金属的中心和电弧焊的起弧与熄弧的弧坑处，呈纵向或横向辐射状，严重时能贯穿到表面和热影响区。热裂纹的成因与焊接时产生的偏析、冷热不均以及焊条（填充金属）或母材中的硫含量过高有关。

b. 冷裂纹：焊接完成后冷却到低温或室温时出现的裂纹，或者焊接完成后经过一段时间才出现的裂纹（这种冷裂纹称为延迟裂纹，特别是诸如 14MnMoVg、18MnMoNbg、14MnMoNbB 等合金钢种容易产生此类延迟裂纹，也称之为延迟裂纹敏感性钢）。冷裂纹多出现在焊道与母材熔合线附近的热影响区中，其取向多与熔合线平行，但也有与焊道轴线呈纵向或横向的冷裂纹。冷裂纹多为穿晶裂纹（裂纹穿过晶界进入晶粒），其成因与焊道热影响区的低塑性组织承受不了冷却时体积变化及组织转变产生的应力而开裂，或者焊缝中的氢原子相互结合形成分子状态进入金属的细微孔隙中时将造成很大的压应力连同焊接应力的共同作用导致开裂（称为氢脆裂纹），以及焊条（填充金属）或母材中的磷含量过高等因素有关。

c. 再热裂纹：焊接完成后，如果在一定温度范围内对焊件再次加热（例如为消除焊接应力而采取的热处理或者其他加热过程，以及返修补焊等）时有可能产生的裂纹，多发生在焊结过热区，属于沿晶裂纹，其成因与显微组织变化产生的应变有关。



对接焊缝上的纵向表面裂纹与外咬边的荧光磁粉检测显示照片（照片来源：日本 EISHIN KAGAKU CO., LTD）



合金钢板对接焊缝 X 射线照相底片
V 型坡口，气体保护焊-钨极氩弧焊，横裂纹

厚度 14mm 低合金钢板对接焊缝 X 射线照相底片, X 型坡口, 自动焊, 纵向裂缝(照片来源: 《焊缝射线照相典型缺陷图谱》)



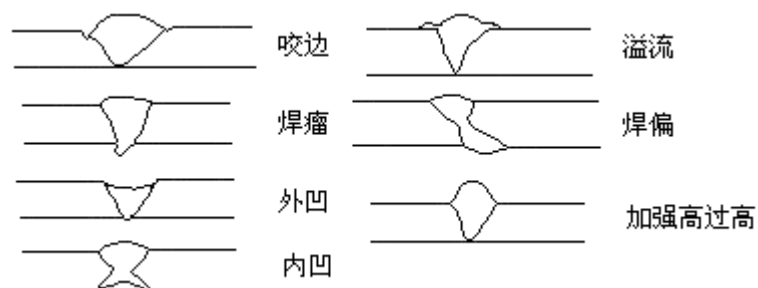
(6) 偏析: 在焊接时因金属熔化区域小、冷却快, 容易造成焊缝金属化学成分分布不均匀, 从而形成偏析缺陷, 多为条状或线状并沿焊缝轴向分布。

(7) 咬边与烧穿: 这类缺陷属于焊缝的外部缺陷。当母体金属熔化过度时造成的穿透(穿孔)即为烧穿。在母体与焊缝熔合线附近因为熔化过强也会造成熔敷金属与母体金属的过渡区形成凹陷, 即是咬边。

根据咬边处于焊缝的上下面, 可分为外咬边(在坡口开口大的一面)和内咬边(在坡口底部一面)。咬边也可以说是沿焊缝边缘低于母材表面的凹槽状缺陷。

其他的焊缝外部缺陷还有:

焊瘤: 焊缝根部的局部突出, 这是焊接时因液态金属下坠形成的金属瘤。焊瘤下常会有未焊透缺陷存在, 这是必须注意的。



内凹或下陷: 焊缝根部向上收缩低于母材下表面时称为内凹, 焊缝盖面低于母材上表面时称为下陷。

溢流: 焊缝的金属熔池过大, 或者熔池位置不正确, 使得熔化的金属外溢, 外溢的金属又与母材熔合。

弧坑: 电弧焊时在焊缝的末端(熄弧处)或焊条接续处(起弧处)低于焊道基体表面的凹坑, 在这种凹坑中很容易产生气孔和微裂纹。

焊偏: 在焊缝横截面上显示为焊道偏斜或扭曲。

加强高(也称为焊冠、盖面)过高: 焊道盖面层高出母材表面很多, 一般焊接工艺对于加强高的高度是有规定的, 高出规定值后, 加强高与母材的结合转角很容易成为应力集中处, 对结构承载不利。

以上的外部缺陷多容易使焊件承载后产生应力集中点,或者减小了焊缝的有效截面积而使得焊缝强度降低,因此在焊接工艺上一般都有明确的规定,并且常常采用目视检查即可发现这些外部缺陷。

焊接工艺实验室整理