

7.4 再热裂纹

主要特征

- 1. 敏感钢种 = 常用的Cr-Mo 系耐热钢有一定的再热裂纹倾向，而一般的低碳钢和固溶强化类的低合金高强度钢，均无再热裂纹倾向。
- 2. 敏感温度区间 = 再热裂纹与再热温度、再热时间有关，再热裂纹存在一个敏感温度区间。
- 3. 产生在热影响区的粗晶区 = 焊趾和焊根处的裂纹都始于熔合线附近的粗晶区，基本沿熔合线方向发展，止于细晶区。
- 4. 对应力条件有要求 = 在进行消除应力处理之前，焊接区存在较大的残余应力，并有不同程度的应力集中，两者同时存在时才会产生再热裂纹，否则不会产生再热裂纹
应力集中系数越大，产生再热裂纹所需的临界应力越小。

形成机理

- 1. 晶间杂质析集对晶界弱化的作用 =
- 2. 晶内沉淀强化作用 = 沉淀强化元素（如Cr1100℃），在焊后冷却时尚来不及充分析出，在二次再热时，这些元素的碳化物、氮化物在晶内沉淀析出，使晶内强化。由于晶内强度提高，变形困难，使应力松弛的塑性变形更集中到晶界，当晶界的塑性储备不足时就产生了再热裂纹。

在焊后并未发现裂纹，而在热处理过程中出现了裂纹（这种裂纹称为消除应力处理裂纹（Stress Relief Cracking），简称SR 裂纹。或焊接结构在一定温度条件下工作的，即使在焊后消除应力处理过程中不产生裂纹，而在高温长期工作时也会产生裂纹。因此，在工程上常把上述两种情况下产生的裂纹（消除应力过程和服役过程），统称为再热裂纹（Reheat Cracking）。

7.4.3 影响再热裂纹的因素及防止措施

1. 冶金因素

- 1) 随着钢中沉淀强化元素Cr、Mo、Cu、V、Nb、Ti 等的增加，钢种的再热裂纹倾向增加（见图7-46 ~ 图7-48）。
- 2) 铬与其他沉淀强化元素相比，影响规律更复杂，当铬含量超过一定值后，再热裂纹率反而下降（见图7-46）。
- 在几种沉淀强化元素中钒对再热裂纹倾向的影响最大见图
- 4) 各沉淀强化元素之间有交互作用，如图7-46所示，钢中的含钼量越多，则铬对再热裂纹倾向的影响也越大。
- 5) 碳对再热裂纹倾向影响很大，随着含碳量的上升，再热裂纹率迅速上升，当达到一定数量后，其作用趋于饱和，即使再进一步增加含碳量，再热裂纹率也不会再增加（见图7-49）。

（4）残余应力和应力集中的影响 残余应力本来可以通过对SR 裂纹消除应力时消除，然而对再热裂纹敏感的钢种却可能在消除应力过程中产生再热裂纹。因此，设法降低残余应力和局部应力集中十分重要。为此可采取以下措施：

- 1) 改进结构设计。例如锅炉锅筒与水冷壁管的接头采用“内伸式”结构时，接头的刚性很大，会产生很大的应力集中，增加了再热裂纹的敏感性。当把接口改为与锅炉 锅筒内壁平齐时，就会大大减少局部应力，改善再热裂纹倾向。
- 2) 提高焊接质量，减少焊接缺欠，防止咬边、未焊透，减小焊缝的余高。
- 3) 合理地安排焊接顺序，以减小焊接接头的刚度。
- 4) 焊缝表面重熔。图 7-55 所示为采用

2. 工艺因素

- （1）预热和后热的影响 预热和后热对于防止产生再热裂纹具有显著的效果，也是防止再热裂纹最常用的办法。预热和后热可以防止再热裂纹，可能是因为以下几方面的作用：
- （2）焊接热输入的影响 从防止热影响区淬硬考虑，提高热输入有利；从防止过热粗晶区脆化考虑，适当减小热输入有利。不同钢种的淬硬和过热倾向不同，不同的焊接方法热输入的范围也不一样，因此很难找到一个确定合适热输入的一般原则。由图 7-52 可以看出，由于钢种不同，焊接热输入的影响可以得到完全相反的结果。对 SCM4 钢，在小热输入时具有高碳马氏体组织，比大热输入时形成的贝氏体组织还要有利于减小再热裂纹敏感性。对于HT80 钢恰恰相反，增大热输入可获得贝氏体组织，使再热裂纹敏感性减小。因此，对具体钢种应通过实践确定合适的热输入。
- （3）焊接材料的影响 选用低强度匹配的焊接材料有利于减小近缝区的应力集中，因此有利于防止再热裂纹。如图7-53 和图7-54 所示，在焊接HT80 钢和A514 钢时，再热裂纹