

1.什么叫马氏体不锈钢？

常温下显微组织为马氏体组织

，通过热处理可以调整其力学性能的不锈钢。通俗地说，是一类可硬化的不锈钢。属于马氏体不锈钢的钢号有1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr13、3Cr13Mo、1Cr17Ni2、2Cr13Ni2、9Cr18、9Cr18MoV等。

2.常用焊接方法

焊接马氏体不

锈钢可以采用各种电弧焊方

法进行焊接。目前仍以焊条电弧焊为主，而采用二氧化碳气体保护焊或氩、二氧化碳混合气体保护焊

，可以大大降低焊缝中含氢量，从而降低焊缝冷裂的敏感性。

3.常用焊接材料

(1) Cr13 型马氏体不锈钢焊条和焊丝

通常在焊缝有较高的强度要求时，采用Cr13 型马氏体不锈钢焊条和焊丝，可使焊缝金属的化学成分与母材相近，但焊缝的冷裂倾向大。

注意事项：

a.要求焊前预热，预热温度不能超过450℃，以防止475℃脆化。焊后进行热处理，焊后热处理

是在冷至150-200℃时，保温2h，使奥氏体各部分转变为马氏体

，然后立即进行高温回火，加热到730-790℃，保温时间每1mm板厚为10min，但不小于2h，最后空冷。

b.为了防止裂纹，焊条和焊丝中 S、P 的含量应小于0.015%，Si 的含量应不大于0.3%。Si 含量增加，促使生成粗大的一次铁素体，导致接头的塑性降低。碳的含量一般应低于母材的含碳量，可以降低淬透性。

(2) Cr-Ni 奥氏体型不锈钢焊条与焊丝

Cr-Ni

奥氏体钢

型焊缝金属具有良好的塑性，可以缓和热影响区马氏体转变时产生的应力。此外，Cr-Ni

奥氏体不锈钢型焊缝对氢的溶解度

大，可以减少氢从

焊缝金属向热影响区的扩散，有效地

防止冷裂纹

，因此不需预热。但焊缝的强度较低，也不能通过焊后热处理来提高。

4.常见的焊接问题

(1) 焊接冷裂纹

马氏体不锈钢由于含铬量高，极大地提高其淬硬性，不论焊前的原始状态如何，焊接总会使其近缝区产生马氏体组织。随着淬硬倾向的增大，接头对冷裂也更加敏感，尤其在有氢存在时，马氏体不锈钢还会产生更危险的氢致延迟裂纹。

措施：

1) 采用大线能量 较大的焊接电流，可以减缓冷却速度；

2) 对于不同的钢种层间温度不同，一般不低于预热温度；

3) 焊后缓冷到150 ~ 200℃，并进行焊后热处理以消除焊接残余应力，去除接头中扩散氢，同时也可以改善接头的组织和性能。

(2) 热影响区脆化

马氏体

不锈钢尤其是

铁素体形成元素较高的马氏

体不锈钢，具有较大的晶粒

长大倾向。冷却速度较小时，焊接热影响区易产生粗大的铁素体和碳化物；冷却速度较大时，热影响区会产生硬化现象，形成粗大的马氏体。这些粗大的组织都使马氏体不锈钢焊接热影响区塑性和韧性降低而脆化。

措施：

1) 控制合理的冷却速度；

2) 合理选择预热温度，预热温度不应超过450℃，否则接头长时间处于高温下，可能产生475℃脆化；

3) 合理选择焊接材料调整焊缝的成分，尽可能避免焊缝中粗大铁素体的产生。

5. 焊接工艺

1) 焊前预热

焊前预热是防止产生冷裂纹的主要工艺措施。当C的质量分数为0.1% ~ 0.2%时，预热温度为200 ~ 260℃，对高刚性焊件可预热至400 ~ 450℃。

2) 焊后冷却

焊件焊后不应从焊接温度直接升温进行回火处理

，因为焊接过程中奥氏体可能未完全转变，如焊后立即升温回火，会出现碳化物沿奥氏体晶界沉淀和奥氏体向珠光体转变，产生晶粒粗大的组织，严重降低韧性。因此回火前应使焊件冷却，让焊缝和热影响区的奥氏体基本分解完了。对于刚性小的焊件，可以冷至室温再回火；对于大厚度的焊件，需采用较复杂的工艺；焊后冷至100~150℃，保温0.5~1h,然后加热至回火温度。

3) 焊后热处理

目的是降低焊缝和热影响区的硬度，改善塑性和韧性，同时减少焊接残余应力。焊后热处理分回火和完全退火两种。回火温度为650~750℃，保温1h，空冷；若焊件焊后需机加工的，为了得到最低硬度，可采用完全退火，退火温度为830~880℃，保温2h炉冷至595℃，然后空冷。

4) 焊条的选用

焊接马氏体不锈钢用焊条分为铬不锈钢焊条和铬镍奥氏体不锈钢焊条两大类。常用铬不锈钢焊条有E1-13-16 (G202)、E1-13-15 (G207)；常用铬镍奥氏体不锈钢焊条有E0-19-10-16 (A102)、E0-19-10-15 (A107)、E0-18-12Mo2-16 (A202)、E0-18-12Mo2-15 (A207)等

双相不锈钢的焊接

1.双相不锈钢的焊接性

双相不锈钢的焊接性兼有奥氏体钢和铁素体钢各自的优点，并减少了其各自的不足之处。

- (1) 热裂纹的敏感性比奥氏体钢小得多；
- (2) 冷裂纹的敏感性比一般低合金高强钢也小得多；
- (3) 热影响区冷却后，总是保留更多的铁素体，从而增大了腐蚀倾向和氢致

裂纹（脆化）的敏感性；

（4）双相不锈钢焊接接头

有析出 δ 相脆化的可能， δ 相是Cr和Fe的金属间化合物，它的形成温度范围600~1000℃，不同钢种形成 δ 相的温度不同；

（5）双

相不锈钢含有50

%的铁素体，同样也存在475℃脆性，但不如铁素体不锈钢那样敏感；

2.焊接方法的选用

双相钢

焊接方法首选TIG焊，然后是焊

条电弧焊，采用埋弧焊

时应严格控制热输入和层间温度，且应避免大的稀释率。

注意：

采用TIG焊时，宜在保护气体中加入1-2%的氮气

（若N超过2%就会增加气孔倾向，且电弧不稳定），以使焊缝金属吸氮（防止焊缝表面区域因扩散而损失氮），有利于稳定焊接接头中的奥氏体相。

3.焊材的选用

选用奥氏体形成元素（Ni、N等）较高的焊材，以促进焊缝中的铁素体向奥氏体转变。

2205钢多选用22.8.3L的焊条或焊丝，2507钢多选用25.10.4L的焊丝或25.10.4R的焊条。

4.焊接要点

(1) 焊接热过程的

控制焊接线能量、层间温度、预热及材料厚度

等都会影响焊接时的冷却速度，从而影响到焊缝和热影响区的组织和性能。为获得最佳的焊缝金属性能，建议最高层间温度控制在 100°C ，当焊后要求热处理时可以不限制层间温度。

(2)

焊后热处理双相不锈钢焊后最好不进行热处理。

焊后要求热处理时,所用的热处理方法是水淬

。热处理时加热应尽可能快，

在热处理温度下的保温时间为 $5 \sim 30\text{min}$

，应该足以恢复相的平衡。在热处理时金属的氧化非常严重，应考虑采用惰性气体保护。