



湖南石油化工职业技术学院

Hunan Petrochemical Vocational Technology College

学生毕业设计成果说明书

设计题目： 马氏体不锈钢的二氧化碳气体保
护焊工艺方案

专业名称： 焊接技术与自动化

班级名称： 焊接 3171

学生姓名： 胡铄

指导教师： 刘宝欣

责任领导： 蒋丹

二零一九年六月

学生毕业设计成果真实性承诺书

本人郑重承诺：我所递交的毕业设计材料，是本人在指导老师的指导下独立进行完成的；除文中已经注明引用的内容外，不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。对本设计的共同完成人所做出的贡献，在对应位置已以明确方式标明。若被查出有抄袭或剽窃行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切后果。

学生（确认签字）：胡钰

签字日期：2020.5

指导教师关于学生毕业设计成果真实性审核承诺书

本人郑重承诺：已对该生递交的毕业设计材料中所涉及的内容进行了仔细严格的审核，其成果是本人在的指导下独立进行完成的；对他人成果的引用和共同完成人所做出的贡献在对应位置已以明确方式标明。不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。若查出该生所递交的材料有学术不端的行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切责任。

指导教师（确认签字）：刘伟

签字日期：2020.5

目 录

一、 成果简介.....	2
二、 设计思路.....	2
三、 设计过程.....	5
3.1 焊前准备.....	5
3.2 焊接过程中的缺陷分析.....	5
3.3 焊后处理	6
四、 实例.....	7
五、 小结.....	7
参考文献.....	8

马氏体不锈钢的二氧化碳气体保护焊工艺方案

一、成果简介

根据金相组织的成分来分，不锈钢可分为以下几种：奥氏体不锈钢、马氏体不锈钢、铁素体不锈钢、奥氏体-铁素体双相不锈钢等，其中铁素体不锈钢兼具优秀的力学与工艺性能，其在现实中有着广泛的应用，相对而言马氏体不锈钢的应用范围远小于铁素体不锈钢。然而，在现代工业的高速发展下，马氏体不锈钢在工业制造领域的应用逐渐增多。一般经过淬火+低温回火处理后的不锈钢称为马氏体不锈钢，其具有比较高的脆性和较高的硬度，其一般没有力学性能和韧性的指标，通常以硬度与化学成分作为其性能表征，其在造船工业领域应用较为广泛。因此，本毕业设计所研究的马氏体不锈钢焊接工艺方案具有较高的实用意义。焊接的整个过程，其实就是对焊接材料进行一定程度的回火，因此马氏体不锈钢的性能必然会发生改变。在焊接区域高温的作用下，马氏体不锈钢的强度与韧性会有所下降，所以在焊接过程中要注意控制焊接热输入，而二氧化碳气体保护焊焊接马氏体不锈钢就是一个很好的解决办法。

二、设计思路

2.1 马氏体不锈钢的特征

马氏体不锈钢的含碳量是 0.1%到 1.2%，其是以铁素体不锈钢作为基体的不锈钢，通过高温加热和快速冷却的方式会得到马氏体组织。而马氏体不锈钢的塑性、耐腐蚀性和焊接性与铁素体不锈钢和奥氏体不锈钢相比，都要差一些。

热强马氏体不锈钢和普通 Cr13 马氏体不锈钢是马氏体不锈钢的两种常见形式。Cr13 马氏体不锈钢的常见形式主要有：1Cr13、2Cr13 和 3Cr13。其中，低碳含量的 1Cr13 和 2Cr13 用于制造机械性能和耐腐蚀性高的零件，如涡轮叶片和医疗器械。碳含量较高的 4Cr13、7Cr13 则多用于各种量具、医用手术器械等耐磨工件的制造。其基本不用于制造管道、容器等部件。

2.2 马氏体不锈钢的焊接性能分析

1 焊接接头裂纹

由于铬元素可以促进铁素体的生成，而马氏体不锈钢的铬含量都大于 12%。为了提高不锈钢的淬透性，同时在热处理后得到马氏体组织，一般钢中会含有较多的碳、镍等合金元素，从而造成其导热性比较差，造成焊接残余应力比较大。在氢的作用下，焊接过后的冷却过程易形成冷裂纹。此外，马氏体不锈钢的奥氏体温度高于 AC3 的临界温度，在焊接过后的快速冷却中，FCC 奥氏体会逐渐转变为 BCC 马氏体，造成其溶碳的能力急剧降低，从而造成其体积变化，产生应力的同时，塑性也会降低。就是这种原因造成焊后热影响区附近会出现裂纹。

2 焊接接头脆化

在高温下马氏体不锈钢的晶粒容易粗化。焊接后，在快速冷却的过程中，焊缝区域会形成硬而脆的马氏体组织，当冷却速度较慢时，碳化物组织与粗大的铁素体就会出现，从而造成接头的脆化。

3 热影响区软化

马氏体不锈钢是一种经过热处理的强化钢，所以软化层普遍存在于热影响区。而在高温下软化层的强度比较低，会严重影响马氏体不锈钢的热强度。

2.3 二氧化碳气保焊的特点分析

1、特点

(1) 成本低

二氧化碳气体来源非常广泛，价格相对其他保护其他而言非常的低廉，其综合成本大概是手工电弧焊的一半。

(2) 生产效率高

二氧化碳气体保护焊所使用的电流密度非常高，远高于焊条电弧焊。因此，其具有较大的熔深。在焊接薄板时，不需要开坡口。对于厚板的焊接，可以减少坡口的加工量。同时，其焊丝的熔化非常快、焊后无需清渣等特点。其焊接效率相较于焊条电弧焊要高很多。

(3) 焊后变形小

二氧化碳气体保护焊的电弧热量集中，所以其加热面很小，同时，二氧化碳气流有一定的冷却作用，因此焊件在焊接过后的变形就较小，特别是在焊接薄板的时候更为明显。

(4) 抗锈能力强

与埋弧焊相比，二氧化碳气体保护焊的抗锈蚀能力更好，因此对焊前表面清理要求较低，可以节约大量的辅助加工时间。

缺点：二氧化碳气体具有强氧化性，在焊接过程中因为高温的作用会造成不锈钢合金元素的烧损，同时也易产生气孔和飞溅等，在焊接过程中，飞溅问题显得尤为严重。

2、分类

根据操作方法的不同，可分为自动焊和半自动焊。

2.3 二氧化碳气体保护焊的冶金特点

1 在电弧区，大约 40%到 60%的二氧化碳气体被分解，原子氧具有强烈的氧化性。碳和其他合金元素如锰和硅被严重氧化，导致焊缝金属的机械性能大幅下降。CO₂ 气体保护焊常用的脱氧方法是在焊丝中加入脱氧剂。常用的脱氧剂是铝、钛、锰、硅，特别是锰和硅。在上述几种脱氧剂中，单独使用任何一种脱氧剂效果都不理想，因此通常采用硅、锰进行联合脱氧。

2、气孔 在二氧化碳气体保护焊中，如果使用化学成分不合格的焊丝、纯度不合格的二氧化碳气体和不正确的焊接工艺，由于二氧化碳气流的冷却作用，熔池迅速凝固，实践表明，用 ER50-6（原 H08Mn2SiA）焊丝焊接低碳钢和低合金钢进行二氧化碳气体保护焊时，焊丝和钢板表面的油污和铁锈，以及二氧化碳气体中的水分，在焊接前均应清除干净焊缝金属中的气孔主要是氮气孔。氮气来源于空气的侵入，因此在焊接过程中防止氮气孔的形成是保护气层稳定可靠的关键。

2.4 二氧化碳气体保护焊的工艺参数

由于熔滴过渡形式的不同，在进行二氧化碳气体保护焊时，要根据不同需要采用不同的焊接工艺参数。

1 常用的焊丝一般直径为 $\Phi 0.6$ 到1.2。当焊丝直径增加时，焊接产生的飞溅粒度也会不断增大。在短路过渡时，要注意调节的焊接参数主要包括：焊接电流、电弧电压、气体流量、焊接速度和气体纯度、焊丝长度等。

2 电弧电压和焊接电流。短路过渡时的关键参数是电弧电压，当电弧电压和焊接电流可以相互适配时，焊接过程较为稳定，焊接飞溅小，焊缝成形良好。

3 当焊接速度不断变大时，焊缝宽度和焊接熔深都会减小。焊接速度过快时，咬边、未焊透等缺陷经常出现。同时，气体的保护效果也会变差，容易造成气孔缺陷。而焊接速度如果太低，又容易造成烧穿、塌陷等缺陷，使焊件的形变增大。

4 当气体流量和纯度太小时，保护气体的挺度降低，容易造成气孔等缺陷；气体流量过大，造成浪费的同时，二氧化碳气体的氧化作用也会增强，从而使焊缝表面形成一层氧化皮，降低焊接质量。而为保证焊接区域不受空气污染，当焊接速度快、焊接电流大、干伸较长或室外焊接时，需要增加气体的流量。

5 由于短路过渡采用细导线，对导线延伸长度产生的电阻热影响很大。当干伸长度增加时，电阻热也会随之增加，从而造成焊丝熔化速度变快，提高了生产效率。但是，当干伸长度太大时，焊丝容易由于过热，造成熔合成团，造成较大的飞溅，使焊接过程不稳。同时，随着干伸长度的增加，焊接喷嘴与焊接工件的距离变大，导致保护效果不好。

三、设计过程

3.1 焊前准备

1 清除杂质：去除沟槽中的油和吸附的水，减少氢的来源。

2 焊丝应有足够的脱氧元素

① 含碳量 $WC \leq 0.11\%$ 可减少飞溅和气孔。

② 它应具有足够的机械性能和抗裂性。

3 焊前预热温度的正确选择：焊前预热温度应低于马氏体相变温度，一般为150-400 $^{\circ}\text{C}$ ，最高温度不超过450 $^{\circ}\text{C}$ 。碳含量是决定预热温度的最重要因素。影响预热温度选择的其他因素有材料厚度、填充金属类型、焊接方法和约束程度。当含碳量小于0.1%

时，可预热至 200℃或不预热；当含碳量为 0.1%-0.2%时，可预热 200-260℃。特别是可采用 400~450℃的预热温度。当碳含量大于 0.2%时，应保持层间温度

4 接头设计：焊接接头设计应避免刚性过大，在装配和焊接过程中避免强行装配

3.2 焊接过程中的缺陷分析

1 气孔：①焊接时吸入空气；②预热器不工作；③焊接区风大，气体保护不好；④喷嘴被飞溅物堵塞；⑤喷嘴与工件距离过大；⑥焊件表面油污；⑦锈蚀处理不彻底；⑧电弧过长；电弧电压过高；⑨焊丝硅锰含量不足

2 咬边：①电弧过长，电弧电压过高；②焊接速度过快；③焊接电流过大；④焊工摆动不当

3 焊缝成形不良：①工艺参数不当；②焊丝修正机构调整不当；③送丝轮中心偏差；④导电嘴松动

4 电弧不稳定：①外网电压影响；②焊接参数调整不当；③导电嘴松动；④送丝机构；导电嘴堵塞等

5②焊道长度不匹配；⑤焊道表面粗糙；③焊道参数不匹配

6 未焊透：①焊接电流过小，送丝不当；②焊接速度过快或过慢；③坡口角度过小，间隙过小；④焊丝位置不当；⑤中性差；⑥焊工技能水平

3.3 焊后处理

1 焊接缺陷处理

焊接后，如有焊接裂纹，可采取一些补救措施。一般有三种处理方法：研磨、补焊和换板。出现裂缝后，首先要考虑的是通过打磨去除裂缝。用砂轮打磨焊接裂纹时，用测厚仪测量焊接厚度。在允许的焊接厚度范围内，如果用研磨法不能消除焊接裂纹，则应考虑采用补焊方法消除焊接裂纹。修补焊缝时，应先钻孔，钻孔位置一般用染料或磁粉检测。补焊后应及时清理焊缝，补焊后应重新检查。以上两种方法局部不能使用时，可考虑换板法。换板处理主要是局部切断材料，保留结构和镶嵌，焊接对接焊缝。

2 焊后热处理

大多数马氏体不锈钢焊接后不允许直接冷却到室温，以防止冷裂纹。马氏体不锈钢焊接中断或结束后，应立即进行后热处理，使奥氏体在不太低的温度下完全转变为马氏体（有时是贝氏体）。后热时间非常重要。不能冷却到室温或高于 MS 点。如果能在焊接后立即进行热处理，则可以消除焊后热。

马氏体不锈钢焊后热处理的目的是：①消除焊接残余应力和接头中氢的扩散，防止延迟裂纹；②对接头进行回火，降低硬度，改善组织和力学性能。

焊后热处理有两种。一种是焊后调质处理，焊后立即进行，不需高温回火。二是焊前进行了调质处理（调质+回火），所以焊后只进行高温回火，回火温度应略低于调质温度，以免影响母材的原始组织。例如，cr12wmov 钢的回火温度为 740-780℃，焊后的高温回火温度应比其低 20-40℃。回火温度的选择应满足接头力学性能和耐腐蚀性的要求。回火温度一般选择在 650-750℃，保温至少 1h，风冷。回火温度不应高于 AC1 点，以防止再奥氏体转变。高温焊接结构常采用高温回火。高温回火过程中析出较多的碳化物，不利于耐蚀性。对于主要用于耐腐蚀的结构，应进行低温消除应力退火。

四、实例

母材厚度为 2.0mm 的 22si2mn2 不锈钢板对焊工艺如下：①坡口：开孔间隙 1.5mm，焊接坡口成 60 度角；②焊前处理：焊前用丙酮清理焊槽两侧 20mm 范围内的焊丝和焊槽；③焊接装配：在专用焊接平台上组装焊接，装配间隙不超过 1.0mm，可避免因熔敷金属过多、焊接间隙大而引起的焊接内应力和焊接变形；4) 焊接方法和设备的选择：CO₂ 气体保护焊和实芯焊丝焊接；5) 焊后处理：焊接后处理的主要工艺为：刷涂→酸洗→冷水冲洗→钝化→冷水冲洗→风干；6) 焊后检查：焊后，焊接接头的硬度应进行测试。

五、小结

对于马氏体不锈钢，不仅要考虑焊缝的外观，还要考虑焊接接头的变形。其中，应采用合理的焊接规范，保证产品具有良好的焊接外观，避免焊接裂纹等缺陷。

参考文献

- [1] 刘健华 . 二氧化碳气体保护焊技术及焊接质量控制 [J]. 科技创新导报, 2019, 16(8): 96-97.
- [2] 韩雪东 , 李佳. 二氧化碳气体保护焊焊接质量控制及应用[J]. 中国新技术新产品, 2018(14): 56-57.
- [3] 胡云 . 二氧化碳气体保护焊双面成型焊接技术简述 [J]. 中国高新技术企业, 2016(31): 51-52.
- [4] 李凡 . 简述二氧化碳气体保护焊双面成型焊接技术 [J]. 科技创新与应用, 2016(4): 75.
- [5] 王金舟. 浅析焊接工艺参数对焊接缺陷影响[J]. 南方农机 , 2019, 50(9): 135.