

不同标准对焊接环境的规定与应用总结

杨璐铭

四川西岭石油科技有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i5.16872

[摘要] 在诸多的论著中,多数是在讨论焊接过程对环境的影响。譬如,焊接过程中产生的烟尘、气体、热量以及火花等对环境的影响,往往都是不利的、有害的。的确,焊接过程中产生的烟尘等这些有害物质如不加以控制,会对操作人员健康、周围环境乃至产品的质量产生负面影响。本文主要是与大家一起讨论周围环境对焊接质量的影响。文中的焊接环境要求包括温度和湿度、风速的限制、恶劣天气等。为此笔者查阅了国内外包括锅炉、压力容器、压力管道、钢结构等相关标准及资料,结合自己工作的实践,专门针对焊接环境进行收集整理并与大家一起讨论。涉及行业包括:核电、火电、石油、化工、汽车、船舶、建筑、能源等。

[关键词] 焊接环境; 环境温度; 相对湿度; 风速

中图分类号: TB857+.3 **文献标识码:** A

Summary of the regulations and applications of different standards for welding environments

Luming Yang

Sichuan Xiling Petroleum Technology Co., LTD

[Abstract] Among numerous academic works, the majority discuss the impact of the welding process on the environment. For instance, the smoke, gas, heat and sparks produced during the welding process often have adverse and harmful effects on the environment. Indeed, if the smoke and dust and other harmful substances produced during the welding process are not controlled, they will have a negative impact on the health of the operators, the surrounding environment and even the quality of the products. This article mainly aims to discuss with everyone the influence of the surrounding environment on the quality of welding. The welding environment requirements mentioned in the text include temperature and humidity, wind speed limitations, and adverse weather conditions, etc. For this purpose, the author has consulted relevant standards and materials both at home and abroad, including boilers, pressure vessels, pressure pipelines, steel structures, etc. Based on his own work experience, he has specially collected and sorted them out for the welding environment and discussed them with everyone. The industries involved include: nuclear power, thermal power, petroleum, chemical engineering, automobiles, ships, construction, energy, etc.

[Key words] Welding environment Ambient temperature; Relative humidity; Wind speed

引言

焊接是金属结构和部件制造与维修的一项关键工艺,它广泛应用于锅炉、压力容器、压力管道、船舶、车辆、航天、航空工程、建筑、桥梁、机床、核能设备、冶金矿山设备、轻工、医疗器械、家用电器、电子仪表以及食品、饮料加工设备等行业中。为确保其焊接接头的各项性能与母材金属基本相同,人们都非常重视焊件本身的焊接性、焊接材料的选择、焊接参数确定的合理性、必要时的预热和焊后热处理工艺以及焊工的技能等,这些在很大程度上起着决定性的作用。但是焊接环境因素也是影响焊接接头的关键因素,不容忽视。

焊接环境要求不外乎包括温度和湿度、风速的限制、恶劣天气等,因此在焊接前,需要检查焊件表面是否潮湿,避免在潮湿或雨雪天气下进行焊接操作。

1 环境温度

在没有采取有效措施的情况下,我们主要考虑的是焊接环境温度过低,是因为过低的焊接环境温度可能会导致焊缝成形不良,甚至还可能导致焊接接头性能降低,出现裂纹、未熔合、未焊透等严重缺陷。这些缺陷严重影响焊接结构的承载能力,在使用过程中很容易发生灾难性的事故。因此,保证适当的焊接温度对于确保焊接质量和安全性至关重要。低温环境下焊接,焊缝金

属和热影响区的冷却速度加快,易产生淬硬组织,增加冷裂纹的风险。同时,低温还会降低焊条和焊丝的效率,增加焊接成本。因此,在低温环境下进行焊接时,需要采取一系列措施来保证焊接质量。

笔者就此查阅了数十个相关标准和资料,不同行业的最低施焊温度是不一样的。通过查阅标准资料总结起来,大多数标准规定“当焊件温度高于最低禁止施焊温度时,应在始焊处100mm范围内预热到15℃以上”,同时需要采取加热或者保护措施。但是有部分标准就没这样规定,要求略微放宽了许多。

禁止施焊的最低温度有:-20℃、-18℃、-10℃、-5℃、0℃、5℃等。

1.1 -20℃的环境温度

在《GB/T150压力容器》、《GB/T 4732压力容器分析设计》、《NB/T 47015压力容器焊接规程》、《SY/T 0441油田注汽锅炉制造安装技术规范》、《SH 3526-2004石油化工异种钢焊接规程》等国内标准以及《AWS D1.1/D 1.1M-2010钢结构焊接规范》、《ASME VIII-1压力容器建造规则》和《ASME VIII-2压力容器建造另一规则》等美国标准规定,当焊件的温度低于-20℃时,禁止施焊。“当焊件温度为-20℃~0℃时,应在始焊处100mm范围内预热到15℃以上”就可以焊接。

而《SH/T 3533石油化工给水排水管道工程施工及验收规范》和《SH 3501石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》中规定,“环境温度低于-20℃,未采取有效防护措施不应施焊”。

从上述标准的规定来看,-20℃的环境温度禁止施焊已经是极限了,只有在采取有效措施的情况下,是可以进行焊接的。

1.2 -18℃的环境温度

在《SH/T 3611酸性环境可燃流体输送管道焊接规程》和《SH 3501石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》等标准中规定,焊件温度低于-18℃时禁止施焊。当“焊件温度为0℃~-18℃时,应在始焊处100mm范围内预热到15℃以上”就可以焊接。

注:2021版的《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》只提到了“环境温度低于-20℃”禁止施焊。

1.3 -10℃的环境温度

《GB 50755钢结构工程施工规范》中规定,作业环境温度不应低于-10℃,否则应编制专项方案。

在法国核电站设计和建造规则《RCCM 2000+2002第一次补遗压水堆核岛机械设备设计和建造规则第IV卷 焊接》和《EJ/T 1027.4压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范碳钢和低合金的焊接》规范中规定,环境温度低于-10℃或焊件温度低于+5℃,禁止施焊。

1.4 -5℃的环境温度

在《GB 50094球形储罐施工规范》中规定,焊接环境温度在-5℃及以下,需要采取有效的防护措施后再进行焊接。

1.5 0℃的环境温度

《TSG 11-2020锅炉安全技术规程》规定“当环境温度低于0℃时应当有预热措施”、《NB/T 47043锅炉钢结构制造技术规范》规定,环境温度低于0℃时无预热措施不应施焊。《GB/T 13147铜及铜合金复合钢板焊接技术要求》规定,当焊接温度低于0℃时,应在施焊处100mm范围内预热到手触感觉温暖的温度。《SH 3526-1992石油化工异种钢焊接规程》、《SY/T0448 油气田油气处理用钢制容器施工技术规范》规定,当焊件温度低于0℃时,应在始焊处100mm范围内预热至15℃以上。《SY/T 4117高含硫化氢气田集输管道焊接技术规范》和《SY4213高含硫化氢气田集输管道工程》表中均规定,环境温度低于0℃的极端条件,如无有效防护措施时,不应进行焊接作业。

1.6 5℃的环境温度

在《SH/T 3502 钛和锆管道施工及验收规范》和《SH/T 3513 石油化工铝制料仓施工质量验收规范》中规定:“焊件温度低于5℃禁止施焊”,如果的确要焊接,需满足“焊件表面温度低于5℃时,应在始焊处100mm范围内预热到15℃以上”。

《NB/T 47011 铝制压力容器》规定焊件温度低于5℃禁止施焊。《NB/T 20045 压水堆核电厂反应堆压力容器安装及验收技术规程》规定“施工地点环境温度,一般应在5℃以上”。

另外,以上标准对材料没有做规定。但是在《GB/T 32270 压力管道规范动力管道》和《DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程》、《NB/T 25085 核电厂常规岛焊接技术规程》等标准中则根据不同材料的焊接,提出了禁止施焊的最低焊接温度。

表1 对材料种类有要求的最低温度规定

最低温度	NB/T 25085-2018	DL/T 869-2021	GB/T 32270-2024
		核电厂常规岛焊接技术规程	火力发电厂焊接技术规程
-20℃	碳素钢	/	/
-10℃	低合金高强度钢、低合金耐热钢	A-I类	含碳量不大于0.35%的碳素钢
0℃	中、高合金耐热钢	A-II类、A-III类、B-I类	普通低合金钢和珠光体耐热钢
5℃	/	B-II、B-III类	贝氏体和马氏体耐热钢
不做规定	奥氏体不锈钢	C类	奥氏体不锈钢

1.7 特殊

在航空工业的《焊接工艺质量控制》标准中,规定“焊接车间(工段)的环境温度一般不低于16℃。焊接超高强度钢和特殊材料的焊接间(封闭式单间),温度不低于20℃。”

综上所述,不管是哪个标准,他们都规定了最低的禁止施焊温度。如果高于最低的温度进行焊接时都要采取预热措施,且预热温度必须达到15℃及以上。如果不采取预热措施,那么焊接环境都基本控制在5℃以上。另外对于有色金属的焊接,焊接环境温度要求,焊接合金钢的温度要求高于一般碳钢。

2 风速

在焊接过程中,风速是一个重要的环境因素,需要加以控

制。焊接环境风速过大,会对焊接过程产生不利影响。固然,一定风速可能会吹走焊接过程中产生的高温烟尘和有害气体,降低焊工的劳动强度和健康风险。但是,当焊接环境的风速超过一定范围时,就会导致以下几个问题:

- 引起焊接电弧的不稳定,产生偏弧现象,影响焊接质量;
- 会加速焊接区域的冷却,不利于焊缝金属的充分熔合,容易产生气孔等缺陷;
- 低温环境下,强风会加剧焊件的冷却速度,可能导致冷裂纹的产生。

因此,在焊接作业时,需要根据不同的焊接方法和焊接材料,结合实际情况,采取相应的防风措施,如搭建防风棚、使用挡风板等,或者选择在无风条件下进行焊接,以确保焊接质量和焊工的安全。

查阅相关标准资料,结合实际生产情况,不同的焊接方法,焊接环境的最高风速不一致。但是最高风速超过一定范围时,就必须有相应的防风措施,否则禁止施焊。

2.1 焊条电弧焊

露天在有风的焊接时,焊接电弧会因气流干扰、磁场作用或焊条偏心等影响,使电弧中心偏离电极轴线的现象,出现电弧偏吹现象。电弧偏吹破坏了电弧的稳定性,使电弧区保护不良,飞溅严重,可造成气孔、未焊透等焊接缺陷。所以焊接过程中,如果遇到气流引起的偏吹现象,要停止焊接,或采取遮挡措施。

对于焊条电弧焊来说,查阅相关标准资料,风速控制的范围有:5m/s、8m/s、10m/s三种。

锅壳锅炉、压力容器以及焊接规程规定的是:10m/s。

其他标准基本都是8m/s。

特殊的焊条,譬如:低氢焊条电弧焊,风速超过5m/s。

2.2 气体保护焊

气体保护焊一般是利用保护气(惰性的,活性的)保护熔池,防止熔融的焊缝金属被周围气氛污染和损害,实现对焊丝、电弧、熔滴、熔池和近缝区的保护^[1]。因为大多数金属在空气中加热到高温,直到熔点以上时,很容易被氧化和氮化,从而生成氧化物和氮化物,如氧与液态钢水中的碳进行反应生成一氧化碳和二氧化碳。这些不同的反应产物很容易引起焊接缺陷,如夹渣、气孔和焊缝金属脆化。

有资料^[2]显示,当喷嘴离焊件表面距离为5mm时,空气流速从1.0m/s提高到2.0m/s时,气体流量从18L/min增加到40L/min,即需增大1倍以上。喷嘴距离越大,空气流的影响越严重。

实际生产中,焊枪喷嘴前端保护气体流速一般为2m/s左右,风速如果超过此值,保护气流就不能稳定而成为紊流状态,失去保护作用。所以,在流动空气焊接环境中的焊接时,焊接作业区风速过大,保护气就达不到保护熔池的效果,因此需要焊接时加强焊接工作区域的防风保护。虽然当环境的风速增大可以通过增加保护气体流量,来达到保护熔池,但是气体流量过大,不仅增加了费用,而且可能破坏层状的保护气流,如果是在低电流焊接时,很容易造成电弧不稳定,严重时甚至会导致焊缝中气孔的

产生,所以我们就需要控制风速或者采用挡风装置。

MAG焊接时风速对气孔形成的影响见下图^[3]。

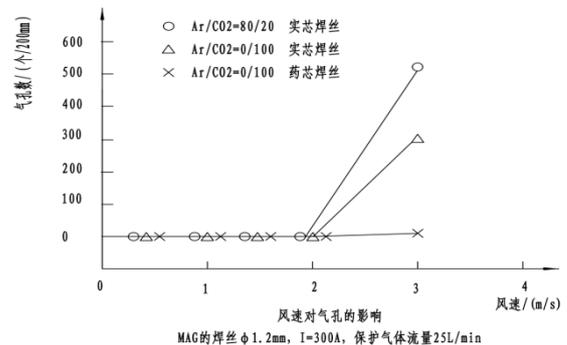


图1 MAG焊接时风速对气孔形成的影响

可见药芯焊丝CO2焊时受风速的影响较小。所以在《SY/T 0422油气田集输管道施工技术规范》和《SY/T 0401输油输气管道线路工程施工及验收规范》中规定“气体保护焊时,风速超过2.2m/s;药芯焊丝自保护焊,风速超过11m/s”以及《GB/T 20801.4压力管道规范工业管道》中规定,“自保护药芯焊丝电弧焊和气焊规定风速不超过8m/s”,就是明显的例子足以佐证。

查阅相关标准,对于气体保护焊(如:钨极惰性气体保护电弧焊、熔化极气体保护电弧焊和二氧化碳气体保护焊)来说,多数标准把焊接环境中的风速基本控制在2m/s以内。

特殊材料焊接时,如《SH/T 3502钛和锆管道施工及验收规范》中规定,风速只能小于1.5m/s。

当然,保护气体的流量也影响保护效果,保护气体的纯度也须严格控制。

对气体保护焊来说,除了上述的环境因素中的风速控制外,对保护气体的控制方式有:

- 增加保护气体流量,排除焊缝区的全部空气;
- 减小保护气体的流量,以防止卷入空气;
- 降低焊接速度;
- 减小喷嘴到工件的距离;
- 清除气体喷嘴内的飞溅;
- 焊接结束时应在熔池凝固之后再移开焊枪喷嘴。

3 相对湿度

空气相对湿度是指空气中所含水蒸气的含量与达到饱和状态的水蒸气含量的比值。

在焊接过程中,空气相对湿度对焊缝质量会产生很重要的影响。高湿度会导致焊接过程中的氧化反应加剧,同时也会增加氢裂纹的风险。因此,在焊接过程中,我们必须合理控制空气相对湿度,从而确保焊缝质量。

湿度超过一定范围后,焊缝的氧化速度显著增加,导致焊缝质量下降。是因为高湿度的环境中,焊接中的氧气与熔化的金属相互作用,形成氧化物,这些氧化物会降低焊缝的强度和可靠性。

同样,湿度较高的环境中,湿气会附着在焊缝表面和焊接材

料中,进而导致氢的浓度升高。氢在焊接时容易渗入焊缝中,与材料的脆性相互作用,导致裂纹的生成和扩展。这些裂纹大大的降低焊缝的强度和可靠性,因此氢裂纹风险陡增。

所以为了确保焊缝质量可靠,就需要合理控制焊接环境的相对湿度。

a. 干燥气体。焊接过程中使用干燥气体,降低湿度,减少湿气的含量从而抑制氧化反应和氢裂纹的风险;

b. 烘焙。提前对容易吸湿的焊接材料进行烘焙,除去焊接材料中的水分,焊接材料领出时装在相应的保温桶里进行保温。

c. 增加除湿器。调节焊接现场的环境湿度,保证焊接过程中的相对湿度控制在合理范围。

在相关标准规范中,多数规定“焊接电弧1m范围内环境的相对湿度不得大于90%”,也有一部分规定,“相对湿度不得大于80%”,否则禁止施焊,如:

《GB 50755钢结构工程施工规范》规定中,焊接作业区的相对湿度不应大于90%;

《GB/T 20801.4压力管道规范 工业管道》中只规定了铝及铝合金的焊接,相对湿度应不大于80%;

《SH/T 3502钛和锆管道施工及验收规范》中,其相对湿度不得大于80%;

《DL/T 869-2021》规定了“钢材施焊部位1m范围内的相对湿度不得大于90%”的要求。但是以前DL/T 869-2012版中没有提及,说明相对湿度的要求是必须的。

航空工业的《焊接工艺质量控制》中要求焊接车间(工段)相对湿度不大于60%。

在有些标准中规定“焊件表面有结露或有缝药芯焊丝气体保护焊相对湿度大于80%”内。

所以,对一般情况下,在相对湿度不得大于90%的规定是合理的,对于特殊需要另作规定即可。

4 天气状况

所有的标准规范对天气状况规定是,雨天或雪天环境中禁止施焊。这里雨天或雪天环境中主要是指露天施工环境。

对于露天施工环境中的要求,《NB/T 25085核电厂常规岛焊接技术规程》规定比较全面,“母材金属表面潮湿、覆盖有冰雪,或施焊区域有雨、雪、冰雹等直接侵袭时不得施焊”。其他标准或者文献仅仅是规定“雨、雪环境”或者“雨雪天气”。

5 总结

焊接环境要求不外乎就是包括温度和湿度、风速的限制、恶劣天气等,因此在焊接前,就需要检查焊件表面是否潮湿,避免

在潮湿或雨雪天气下进行焊接操作。

5.1 温度

焊接时要保持焊接表面的温度不低于5℃。必要时根据材料种类确定焊接环境温度。不作规定时一般控制在-20℃;

环境温度低于-20℃时,采取预热措施,将焊件的温度预热15℃以上可以进行焊接。如果不采取预热措施,那么焊接环境都基本控制在5℃以上。

有色金属的焊接,焊接环境温度另作要求。

5.2 风速控制

气体保护焊(熔化极气体保护焊、钨极氩弧焊等)控制不超过2m/s。

其他控制8m/s;

特殊材料焊接另作要求。

5.3 相对湿度

相对湿度不得大于80%。

的确无法避免的时候,焊接电弧1m范围内环境的相对湿度不得大于90%。

其他控制另作要求。

5.4 天气状况

所有的焊接“母材金属表面潮湿、覆盖有冰雪,或施焊区域有雨、雪、冰雹等直接侵袭时不得施焊”。

6 结束语

综上所述,在焊接过程中对焊接环境的控制是至关重要的。需要根据被焊件的材料种类合理控制最低的施焊环境温度,根据焊接方法的种类合理控制焊接周围的最大风速,同时控制好焊接周围的相对湿度,对于恶劣的天气状况不进行焊接。如果情况特殊不得已焊接时,根据情况采取必要的防护措施进行焊接。

【参考文献】

[1]陈裕川.焊接工艺评定手册[M].北京:机械工业出版社,2000.

[2]陈祝年.焊接工程师手册(第二版)[M].北京:机械工业出版社,2010.

[3]中国机械工程学会焊接学会编.焊接手册第2卷材料的焊接(第3版)[M].北京:机械工业出版社,2008.

作者简介:

杨璐铭(1976--),男,汉族,四川省广元市人,大学,单位:四川西岭石油科技有限公司,职称:焊接工程师,研究方向:从事锅炉、压力容器、核电及与核电相关产品的焊接以及焊接相关工作。