

Welding Procedure Qualification Skills

Xiaodan Tian

Kunshan Branch of Jiangsu Special Equipment Safety Supervision and Inspection Institute, Kunshan, Jiangsu, 215316, China

Abstract

Welding quality is the core of special equipment fabrication. Pressure equipment has strict and clear control over the welding process. Welding procedure qualification must meet the requirements of NB/T47014 *Welding Procedure Qualification for Pressure Equipment*. In this paper, according to the general evaluation rules stipulated in the standard, introduce the rules of welding procedure qualification how to qualifying production welding, from the aspects of base metal, filler metal, post weld heat treatment, specimen thickness and building requirement etc. So that the manufacturer can meet the actual production purpose with less welding procedure qualification quantity.

Keywords

special equipment; welding procedure qualification; heat treatment; test specimens

焊接工艺评定技巧

田小丹

江苏省特种设备安全监督检验研究院昆山分院, 中国·江苏 昆山 215316

摘要

焊接质量是特种设备制造的核心, 承压设备对焊接过程有严格、明确的控制, 焊接工艺评定必须符合 NB/T47014《承压设备焊接工艺评定》要求。论文根据标准规定的通用评定规则, 从母材、填充金属、焊后热处理、试件厚度和产品要求等几个方面, 介绍焊接工艺评定覆盖焊件的规则, 使制造单位达到用较少的焊评数量满足实际生产目的。

关键词

特种设备; 焊接工艺评定; 热处理; 试件

1 引言

焊接在特种设备制造中是关键环节, 每道焊缝必须由持证焊工按既定的焊接工艺文件中的工艺参数施焊, 而编制焊接工艺规程的依据则是合格的焊接工艺评定。焊接工艺评定是一个特种设备制造单位的焊接支撑, 体现了焊接责任人的素质。焊接工艺评定并不是数量越多越好, 焊接工艺评定的原则应该用尽量少的评定数量覆盖尽量多的焊件, 对接焊缝在已定焊接方法的前提下制作焊接工艺评定有以下技巧。

2 母材的选择

特种设备制造中常用的焊接方法有钨极气体保护焊、手工电弧焊、埋弧焊、等离子焊和熔化极气体保护焊。对这几种种焊接方法, NB/T47014《承压设备焊接工艺评定》规定 Fe-1~Fe-5A 类别的母材进行焊接工艺评定时, 高类别号的母材

相焊的焊评能覆盖该类别与低类别母材异种钢相焊的焊接^[1]。将母材进行分类的目的是减少焊接工艺评定的数量, 分类分组的准则是当重要因素不变时, 焊接接头力学性能相同。所以 JB4708-2000《钢制压力容器焊接工艺评定》就依据焊接工艺评定标准原理, 从母材的化学成分、使用性能和焊接性能出发, 将母材分类分组, 并规定了替代规则, NB/T47014《承压设备焊接工艺评定》延续并做了部分调整^[2]。同种钢相焊的焊接工艺评定, 选择类别号高的母材做评定优于类别号低的, 所谓评高不评低原则。同类别号时, 高组别号母材合格的焊评, 适用于该组别号与低组别号母材相焊。类似的, 同类别号同种钢相焊, 选高组别号母材做评定, 覆盖范围更大。在焊接能力许可的条件下, 制造单位应尽量选用高类别、高组别号的母材做焊接工艺评定。例如, 有耐热合金钢产品的单位, 常用的材料有 15CrMo、15CrMoR、14Cr1Mo (三种都是 Fe-

4-1 钢号)和 12CrMoV、12CrMoVR(两种都是 Fe-4-2 钢号)。做焊接工艺评定选择 12CrMoV(Fe-4-2)母材,则该焊评适用于 Fe-4-2 材料相焊,也适合 Fe-4-2 与 Fe-4-1 异种钢相焊的焊缝。

两类(组)别号母材之间相焊,焊接工艺评定合格,也适用于这两类(组)别母材各自相焊。所以选用不同类别、高组别号的两种母材,相焊做焊接工艺评定,可以覆盖更多的焊件母材,如 12CrMoV(Fe-4-2)与 20MnNiMo(Fe-3-3)相焊的焊评。不仅适用于 Fe-4-2 与 Fe-3-3 类别号母材之间相焊的焊件,还可以覆盖 Fe-4-2、Fe-3-3 类别的母材各自相焊。

多腔容器各腔介质不同,材质也不同,如夹套反应釜,内筒有防腐要求用奥氏体不锈钢板 S30408(Fe-8-1),夹套介质水蒸汽用 Q345R(Fe-1-2)板材,两腔连接处是常见的异种钢焊接接头。采用手工电弧焊;S30408 与 Q345R 相焊;焊条牌号 A312 的焊接工艺评定编制焊卡。按 NB/T47014 母材的评定原则,这个焊评不仅适用 S30408 与 Q345R 相焊的焊件,也适用于 S30408 与 S30408, Q345R 与 Q345R 相焊的焊缝,前提是不变更填充金属。但 A312 焊条的价格是 J507(Q345R 常用焊条)的 3.3 倍、是 A102(S30408 常用焊条)的 1.1 倍,此设备容积超过四十立方。焊接工艺评定规则虽然允许覆盖,但基于焊接工艺性和成本考虑,这台夹套反应釜的焊接工艺指导书还是选择了三个焊接工艺评定做支撑。实际应用中应该结合具体产品从经济性、实用性出发,衡量焊接工艺评定的指导生产作用。

3 填充金属的选择

填充金属的评定规则允许抗拉强度级别高的填充金属替代低的填充金属施焊 Fe-1、Fe-3 类母材。一方面,强度高的材料通常塑性指标会差,实际中焊接接头致损大多不是由于强度不足,而是韧性不够。选择填充金属应是强度略低于母材、韧性相近。在满足使用要求的条件下,尽量选用工艺性能好、成本低、效率高的焊接材料。另一方面,焊接工艺评定是特种设备制造方,由本公司焊接人员,用本公司设备和常用材料施焊并制取试样以验证本公司常用制造工艺性能的评价。特定焊接方法下,每种母材对应的焊接填充金属对于本公司已是习惯性选择,这样的固定搭配有利于焊接人员作业和也

有利于物资部门采购。因此,实际生产中较少有焊接工艺指导书会变更工艺评定中的填充金属,所以研究填充金属变更覆盖范围实用意义不大。

4 焊后热处理

NB/T47014 规定:低于下转变温度的焊后热处理,试件保温时间不得少于制造过程中焊件累计保温时间的 80%。低于下转变温度的焊后热处理保温超过一定时间后,焊缝的焊接残余应力并不随着保温时间延长而降低^[3],而且保温时间的增加,焊接接头的抗拉强度反而降低^[4]。所以进行退火热处理的焊评试件,保温时间应尽量长,至少要两倍于今后实际生产的预计热处理时间。这是因为生产制造过程中有些特殊情况:①可能产生热处理后返修;②可能有整体热处理要求的设备进行分段热处理,搭接处则是经过了两次热处理。这样的焊缝累计保温都是两倍热处理时间。如果焊接工艺评定时热处理保温时间不够长,就失去了实用价值。并且焊后热处理时间长的试件检验合格,力学性能较高的实际焊接工艺施焊的接头质量更有保障。

某公司生产一台液化石油气储罐,要求焊后整体热处理。制作单位因为无热处理炉,分包给有资质热处理公司,热处理工艺也由分包方提供。分包方根据此储罐 Q345R 材质,壳体厚度 14mm,按 NB/T47015《压力容器焊接规程》推荐规范热处理时间约 36 分钟^[5]。再考虑到组合焊缝连接的接头中,热处理厚度应为角焊缝厚度和对接焊缝厚度中的较大值,热处理时间应适当增加。而且分包公司的热处理炉非常大,还有另外两台容器同炉热处理,所以决定做温度 $600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$,保温时间 1 小时的退火热处理。制造单位热处理责任人在未于焊接责任人员沟通的情况下同意了该工艺,等设备做完热处理拉回制造单位做水压试验时检验责任人才发现问题:此台设备引用的焊接工艺评定热处理时间只有 40 分钟,不能覆盖产品焊缝。查找该公司所有焊评,热处理保温时间最长只有 40 分钟,焊接责任人在制作工艺评定时对热处理时间未保留余量。最终只能将此台设备焊接所涉及的工艺评定增加热处理时间再重新做一遍。

5 试件厚度

焊接作业指导书引用焊评一定要能覆盖产品母材厚度,

否则易引发质量事故。常规对接焊缝只要注意到有无冲击试验要求,焊件母材厚度适用范围会有变化,一般就不会发生错误。只要母材的材料标准有冲击试验指标,焊接工艺评定就应该做冲击试验,在随后制定的焊接工艺规程里再区分有无冲击试验要求的母材适用厚度。做焊评尽量选评定规则的上下限母材厚度,如6mm,10mm,20mm,38mm,可实现最大产品厚度覆盖,焊评可以做的少而精。

实际生产中经常有不等厚对接焊缝,如将接管插入筒体的D类焊缝,接管与法兰连接的C类焊缝等,如图1所示。

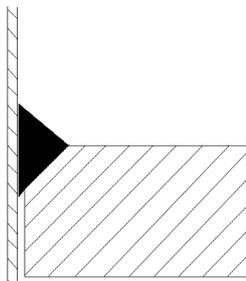


图1 不等厚对接焊缝示意图

此类焊缝母材有接管、筒体和锻件,厚度范围大而且不同厚度组合众多。如果模拟不等厚焊接接头做工艺评定,数量很多。NB/T47014第6.1.5.3条,表9中第4项用等厚对接焊缝试件来评定不等厚对接焊缝焊件,就是在保障安全的基础上对该类焊缝规定进行了放宽。这类焊件选择焊接工艺评定时关注的重点不是焊缝金属厚度,而应是使用母材厚度的有效范围。用等厚对接焊缝试件评定简洁经济。

对于不锈钢、Ti、Ni等有色金属,没有冲击试验要求。试件母材厚度6mm就可以覆盖1.5mm以上的不等厚对接焊缝焊件,也就是说只要这一个焊接工艺评定就可以满足绝大部分焊接生产。

对于类别号为Fe-8Ti-1Ti-2Ni-1Ni-2Ni-3Ni-4Ni-5以外的材料,做试件母材厚度38mm的评定。有冲击试验要求的材料,能覆盖16mm~200mm焊件母材;无冲击试验要求的,可覆盖5mm~200mm焊件母材,不等厚接头厚侧母材厚度基本位于此范围。再选择一个5mm厚度母材做焊评,有冲击试验要求材料适用2.5mm~10mm厚度焊件;无冲击试验要求的材料适用1.5mm~10mm厚度焊件。两个焊接工艺评定即可满足不等厚对接焊接生产需要。

一些特殊条件,如焊后热处理超过上转变温度的,试件焊道厚度超过13mm的,短路过渡的CO₂气体保护焊等,

NB/T47014表10对焊评适用焊件的最大厚度增加了约束,编制焊接工艺规程时应加以注意,防止违规。

6 产品要求

虽然NB/T47014标准明文规定:某一母材评定合格后,同类别同组别的母材不需要再做焊接工艺评定,但是有些情况即使母材同类别同组别也不能自动覆盖,应加以重视。曾有一家压力容器制造单位,打算生产一台符合GB/T150-2011《压力容器》标准要求的设备,壳体材料16MnDR(Fe-1-2),厚度16mm,设计温度-40℃。做焊接作业指导文件时,准备引用同类别同组别的母材为Q345R,厚度同样是16mm的评定。但监检人员提出异议:该焊接工艺评定只做了0℃的冲击试验,依据母材钢板Q345R的制造标准GB713-2014《锅炉和压力容器用钢板》要求^[6]和焊接工艺评定冲击试验温度应不高于钢材标准规定冲击试验温度^[7],冲击试验温度0℃没问题。但计划生产的设备属于低合金钢低温容器,建造标准GB/T150-2011对低温容器焊接工艺有规定:冲击试验温度应不高于图样要求的试验温度。现有的0℃冲击试验温度显然不能满足设计-40℃的要求。而且对于低温容器需要逐台制备A类焊接接头的产品试板,并按设计文件要求的温度做冲击试验^[8],用只做了0℃冲击试验的Q345R焊接工艺评定指导焊接操作,一旦产品试件不合格,设备只能降级使用,风险较大。所以焊接工艺的选择,即使完全符合NB/T47014标准条款要求,也要留心产品建造标准有无附加规定,否则会影响生产、造成损失。

参考文献

- [1] NB/T47014《承压设备焊接工艺评定》[S].
- [2] 全国压力容器标准化技术委员会.JB4708-2000《钢制压力容器焊接工艺评定》标准释义[M].云南:云南科技出版社,2000:19.
- [3] 吴新丽,邹杰,李恩,等.热处理保温时间对焊接残余应力影响的模拟分析[J].电焊机,2019(06):20-25.
- [4] 王飞.热处理保温时间对焊接接头性能的影响[J].锅炉制造,2014(05):50-51.
- [5] NB/T47015《压力容器焊接规程》[S].
- [6] GB713-2014《锅炉和压力容器用钢板》[S].
- [7] GB/T150-2011《压力容器》[S].
- [8] NB/T47016-2011《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》[S].