

编者按:JB4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》标准已实施三年多,各压力容器制造单位进行的焊接工艺评定是否已真正符合标准的规定?还有哪些事项值得注意?这仍是大家十分关心的问题。为此《压力容器》杂志编辑部特约该标准起草人之一——戈兆文教授级高工等专家,根据他们参与审查的十余家压力容器制造厂为某重大工程所进行的几百项焊接工艺评定中发现的若干带有普遍性的问题,撰写了《执行钢制压力容器焊接工艺评定标准时的若干问题》一文,以飨读者。

执行钢制压力容器焊接工艺评定标准时的若干问题(一)

戈兆文¹,康鸿雁²

(1. 合肥通用机械研究所,安徽 合肥 230031 2. 北京燕化建筑安装工程公司,北京 102502)

摘要 笔者为某工程审查了10余个制造厂家的300余份焊接工艺评定,发现在执行JB4708—2000标准过程中的问题。分别从标准适用范围、相关术语、试件与焊件、焊后热处理、焊接材料、预热与层间温度、焊接线能量、试件检验与结果评价和焊接工艺评定管理等方面,结合典型问题,用标准规定进行分析、解释。

关键词 压力容器;焊接工艺评定;标准

中图分类号:IT652.2;TH49 文献标识码:B 文章编号:1001-4837(2004)06-0001-05

Problem of Executing Criteria for Qualification of Pressure Vessel Welding Procedure(1)

GE Zhao-wen¹,KANG Hong-yan²

(1. Hefei General Machinery Research Institute, Hefei 230031, China 2. Beijing Yanshan Petrochemical Corporation Construction and Installation Engineering Company, Beijing 102502, China)

Abstract More than 300 qualification of welding procedure in about 10 manufacturers were audited, same problems were found when executed the JB4708—2000 standard. The typical problems were analyzed and explained by using standard code. The relevant range includes applicability of the standard, related nomenclature, sample & weldment, postweld heat treatment, welding materials, preheating & interpass temperature, weld heat input, sample inspection & resulting evaluation and manage about qualification of welding procedure, et al.

Key words pressure vessel; qualification of welding procedure; standard

1 JB4708—2000 适用范围

1.1 适用于压力容器的温度范围

某厂用09MnNiDR钢焊制低温压力容器,评定焊接工艺时称“依据JB4708标准”,这是不正确的。JB4708标准是针对常温压力容器而编制的,并不适用于低温压力容器。GB150—1998《钢制压力容器》

附录 C 低温压力容器中指出“低温容器施焊前,应按 JB4708 进行焊接工艺评定试验”,但“冲击试验温度应低于或等于壳体或其受压元件的最低设计温度”,冲击功指标应满足表 C2 的规定,正确的应该是:低温压力容器的焊接工艺评定按 GB150 附录 C 的规定进行。

1.2 适用于受压焊缝还是受力焊缝

在 JB/T4709 中指出“施焊‘受压元件焊缝’‘与受压元件相焊的焊缝’必须按 JB4708 标准评定合格。其实受压元件焊缝与受压元件相焊的焊缝,不是受压焊缝,就是受力焊缝。受压焊缝也是一种受力焊缝,是经受压力的焊缝,而受力焊缝则是指受重力、机械作用力的焊缝,如焊在容器壁上的吊耳、支撑腿焊缝。

按照 JB4708 的规定,对接焊缝试件评定合格的焊接工艺,既适用于受压焊缝,也适用于受力焊缝(包括对接焊缝和角焊缝),评定受力角焊缝焊接工艺时,可仅采用角焊缝试件。

1.3 焊缝金属抗拉强度低于母材时

JB4708 规定焊接工艺评定试件拉伸试样的抗拉强度应不低于母材标准规定的下限值。但某些设计图样规定,拉伸试样的抗拉强度不低于焊缝金属规定的最小抗拉强度(此时,允许使用室温强度低于母材的焊缝金属)。美国 ASME 锅炉压力容器规范第九篇焊接与钎焊评定中也有类似规定。

JB4708 中母材与焊材分类分组都是按其强度级别下限值划分的,并且规定了评定规则和替代范围。因此这种抗拉强度合格标准的规定,不符合 JB4708,而只符合设计要求的评定项目,只适用于该设计图样,而不适用于其它产品,也不能放在按 JB4708 规定评定合格的项目中,按照 JB4708 的评定规则互相替代。

2 相关术语

正确的术语可以确切表达所述的内容,在信息交流中不会引起误解,因此,正确使用焊接术语,是理解执行焊接工艺评定标准的前提。JB4708 中术语基本上是符合标准规定的,在第三章中自编了十四条术语,这些术语在 JB4708 中都有确定含义。

2.1 焊接工艺规程和焊接工艺指导书

不少工厂将焊接工艺规程与焊接工艺指导书,这两个安全不同的概念混淆起来。按自己理解,将焊接工艺指导书当作焊接工艺规程,在现场焊接产

品时,让工人执行焊接工艺指导书,从而使产品焊接质量得不到保证。

虽然焊接工艺规程和焊接工艺指导书的英文缩写都是 WPS,但他们两者的确切含义完全不同。焊接工艺指导书是指“为验证性试验所拟定的,经评定合格的,用于指导生产的焊接工艺文件”,而焊接工艺规程则指“制造焊件有关的加工和实践要求的细则文件,可保证由熟练焊工或操作工操作时质量的再现性”。

按照 JB4708 标准评定合格的焊接工艺指导书,只保证焊接接头的力学性能和弯曲性能符合 JB4708 规定,焊接接头的力学性能和弯曲性能只是焊接质量的一个方面,此外尚还有诸如焊缝外观、焊缝内外缺陷、应力与应变,施工方便、合理性、经济性等一系列涉及到焊接生产、管理质量众多方面问题,这显然是焊接工艺指导书所不具备的,这只有待于焊接工艺规程来完成。编制焊接工艺规程主要依据之一,便是评定合格的焊接工艺指导书。

在为数不少的制造厂里,却不再编制焊接工艺规程了,而将评定合格的焊接工艺指导书下发车间,用于焊制压力容器,这应当引起各方面的注意。

JB/T4709—2000 附录 B 焊接工艺规程推荐表格是典型的焊接工艺规程。

2.2 手工电弧焊与焊条电弧焊

焊条电弧焊是指用手工操纵焊条进行焊接的电弧焊方法,在压力容器行业广泛使用这种焊接方法。不少工厂将这种焊接方法称之为手工电弧焊,这是不妥当的。手工电弧焊没有专门术语,各人有不同理解,只要是手工操作完成焊接的电弧焊都可以称之为手工电弧焊,那么焊条电弧焊、手工钨极气体保护电弧焊、半自动熔化极气体保护电弧焊也可以称为手工电弧焊。由此可见,手工电弧焊只是泛称,并不专指某种焊接方法。

2.3 焊接位置与试件位置

焊缝所处的空间位置称之为焊缝位置,焊接位置则指施焊焊缝的位置,而试件位置则是试件所处的空间位置,焊缝离不开试件母材,因此焊接位置与试件位置关系十分密切,也容易搞错。在有些焊接工艺评定文件中“焊接位置”一栏中填写“垂直俯焊”、“水平转动”,这就将“焊接位置”与“试件位置”两个概念混淆了。在焊接工艺评定文件中,只要求填写焊接位置,而不必填写试件位置。

不管是对接焊缝,还是角焊缝,他们的焊接位置

只有四种：平焊、立焊、横焊和仰焊。其中立焊分为向上立焊和向下立焊。试件上的焊接位置与试件位置有关，如平板试件，其焊接位置为平焊；管材水平固定试件，其焊缝焊接位置为平焊、立焊和仰焊三种；管材水平转动试件上的焊接位置只有平焊。

图 1 所示角焊缝焊接位置为横焊，而不是平焊。

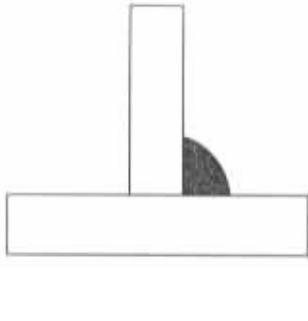


图 1 横焊角焊缝

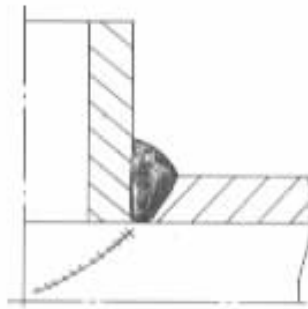


图 2 角接头组合焊缝的焊接位置

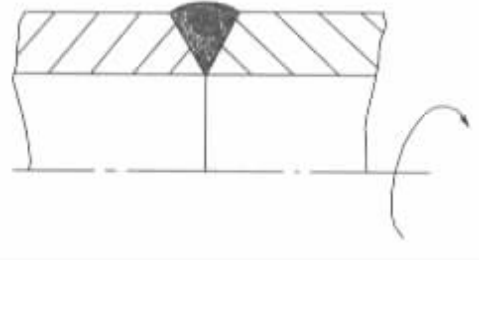


图 3 管子水平转动时的焊接位置

2.4 焊缝、焊层、焊道

当有冲击试验要求时，多道焊、单道焊是补加因素，那么了解焊缝、焊层、焊道三个术语含义及相互关系就十分必要了。

焊缝是指焊件经焊接后所形成的结合部分。焊道是每一次熔敷所形成的一条单道焊缝，见图 4。而焊层则是多层焊时的每一个分层，每个焊层可由一条焊道或几条并排相搭的焊道所组成，见图 4 所示，图中左侧焊缝有 8 层，19 条焊道；而右侧焊缝则有 7 层，每层一道，共 7 条焊道。

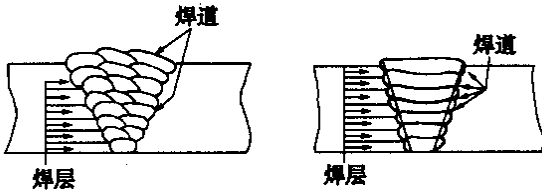


图 4 焊层与焊道

图 5 所示焊缝正面为二层二道，背面为单层单道。在焊接工艺评定标准中，单道焊与多道焊是补加因素，通常认为，二道焊便可称为多道焊，在焊接工艺评定文件中，当有冲击试验要求时，应分清焊层与焊道，不要填写焊层数，而是要填写焊道数。

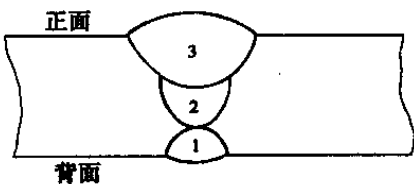


图 5 焊缝两面的焊层焊道

2.5 纵向试样和横向试样

在焊接工艺评定范围内不称“角平焊”也不是“垂直俯位”。图 2 的焊缝为组合焊缝，其中对接焊缝的焊接为平焊，而角焊缝的焊接称为横焊。该组合焊缝的焊接，既不能称为角焊也不能称为垂直固定。图 3 焊缝的焊接位置为平焊，而不能称为水平转动。

焊接接头的纵向试样和横向试样是以试样轴线与试件焊缝轴线的相对位置来划分的，当焊缝轴线与试样轴线垂直时，称为横向试样，如横向弯曲试样；当焊缝轴线与试样轴线平行时，称为纵向试样，如纵向弯曲试样。

焊接接头冲击试样都取横向试样，分别制取焊缝区、熔合区和热影响区冲击试样，在各国标准中从未有规定制取纵向冲击试样的，事实上，也得不到纵向熔合区、纵向热影响区冲击试样。因此，焊接工艺评定报告中，不能出现“纵向冲击试样”的错误。

3 试件与焊件

3.1 Q235 - A 的评定能不能用于 20 号钢焊件

GB150—1998 第 1 号修改单，从 GB150 中删除了 Q235 - A 钢，不能用于制造压力容器。但用 Q235 - A 作试件所评定合格的焊接工艺，仍可在 JB4708 规定的范围内使用，按照评定规则，Q235 - A 评定合格的焊接工艺可以用于同一组内的 20 号钢，可以保证 20 号钢焊接接头力学性能符合标准规定。

3.2 异种钢的冲击试验

某厂用 16MnR + Q235 - A 作试件评定焊接工艺，在焊接工艺评定报告中对 Q235 - A 热影响区进行了冲击试验，对 Q235 - A 这一类钢材标准规定不考核冲击韧性，因此对于 Q235 - A 这一类焊接工艺评定试件热影响区也没有必要进行冲击试验。

3.3 低温容器的温度范围

某厂制造 09MnNiDR 钢质低温压力容器（-50℃），所提供审查的焊接工艺评定报告中有一份试件

母材为 09MnNiDR + 16MnR, 冲击试验温度 -20℃。笔者认为这份焊接工艺评定只能用于设计温度 ≥ -20℃ 的低温压力容器壳体或其受压元件焊接。按 GB150 附录 C 规定, -20℃ 作为低温压力容器, 大于 -20℃ 为常温压力容器。09MnNiDR + 16MnR 试件评定合格的焊接工艺不能用于设计温度小于 -20℃ 压力容器。

3.4 试件厚度、焊件厚度与冲击试验容器的关系

试件厚度适用于焊件厚度与有无冲击试验要求有着十分密切的关系。不少厂家焊接工艺指导书都填错了厚度适用范围, 不分有无冲击试验要求, 全都按 JB4708 中表 3 至表 6 规定填写, 扩大了厚度适用范围。按 JB4708 中 5.3.4.1 条规定“当焊件规定进行冲击试验时, 试件评定合格后, 当 $T \geq 8$ mm 时适用于焊件母材厚度的有效范围最小值一律为 $0.75T$ (即按表 5、6 执行时的最小值要按 $0.75T$)。如试件经高于上转变温度的焊后热处理(如热冲压封头、搪瓷过程)或奥氏体母材焊后经固溶处理时, 仍按原规定执行(即按表 5、6 中最小值 1.5 或 5 mm)。

3.5 不等厚试件厚度覆盖范围

如图 6 所示焊件, 可用不等厚试件进行评定, 如图 7 所示。母材和焊缝金属厚度适用范围, 见表 1。不等厚试件经评定合格的焊接工艺, 适用于不等厚焊件母材厚度范围, 应按厚边对厚边, 薄边对薄边分别计算。某厂对图 6 所示焊件进行的焊接工艺评定, 采用了如图 7 所示不等厚试件, 确定适用于焊件母材厚度范围最小值为 7.5 mm, 最大值不限, 适用于焊件焊缝金属厚度范围最小值不限, 最大值为 200 mm, 这个结论是错误的。

表 1 不等厚试件适用于焊件厚度 (mm)

试件	焊件母材		焊件焊缝金属	
	最小值	最大值	最小值	最大值
厚边 ($T_1 = 40$)	30	不限	不限	200
薄边 ($T_2 = 10$)	7.5	20	不限	20

表 2 适用于焊件母材厚度有效范围 (mm)

焊接方式	错误		正确	
	最小值	最大值	最小值	最大值
埋弧焊	15	20	15	40
焊条电弧焊	1.5	16	15	40
氩弧焊	1.5	8	15	40

3.6 焊接返修时的厚度计算

如图 8 所示, 其中阴影部分为焊接返修示意。返修焊缝深度为 12 mm(余高不计)。某厂选用的焊接工艺评定试件母材厚度为 12 mm, 焊缝金属厚度也为 12 mm, 笔者认为该试件不能用于图 8 所示焊件焊接返修, 因为试件母材厚度只有 12 mm, 所覆盖焊件母材厚度上限不能包括 80 mm。如果选用试件母材厚度为 ≥ 38 mm, 而相同焊接方法的焊缝金属厚度只要覆盖 12 mm 即可。

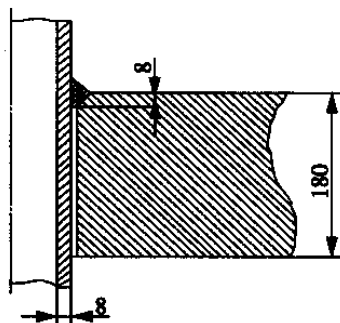


图 6 接管接头图



图 7 评定用试件示意图

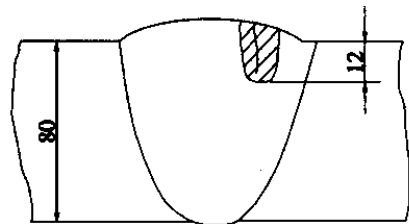


图 8 焊件焊接返修示意图

3.7 组合评定时厚度覆盖范围

如图 9 所示的试件是三种焊接方法的组合评定。在确定氩弧焊、焊条电弧焊、埋弧焊适用于焊件母材厚度适用范围时, 正确与错误结果见表 2。因为对三种焊接方法的焊缝金属起作用的是试件母材总厚度 20 mm, 而不是各种焊接方法的焊缝金属所对应的母材分厚度, 应当以总厚度作为各种焊接方法适用于焊件母材厚度依据。

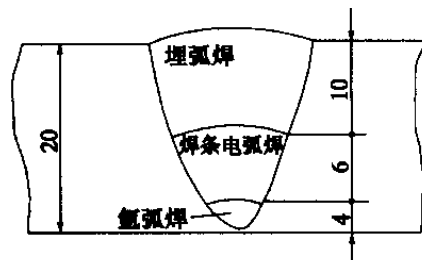


图 9 组合评定试件示意图

4 焊后热处理

4.1 拼焊钢板热冲压成形封头

不少制造厂对拼焊钢板热冲压成形封头的焊接工艺评定,都没有考虑热冲压的热过程,认为热冲压是热加工而不是焊后热处理,这样理解是不正确的。封头热冲压过程类似于正火过程,影响焊接接头力学性能与弯曲性能,实际就是一次焊后热处理。

拼焊钢板热冲压封头成形,要注意的问题如下:

(1)拼焊钢板热冲压后,如果是使用的正火状态钢板,冲压封头要重新正火,并提交母材试板。

(2)如果在专业封头厂进行热冲压,那么应当由委托单位按评定合格的焊接工艺施焊封头拼缝,如果专业封头厂出售带拼缝的热冲压封头,购买方应当掌握封头拼焊焊接接头的力学性能,并由封头厂提供封头拼焊接头的产品试板。

(3)热冲压温度、搪瓷温度都高于钢材上转变温度,适用于焊件的最大厚度为试件厚度的 1.1 倍,而适用于焊件的最小厚度按 JB4708 中表 5、6 规定。

4.2 焊后热处理温度

某厂焊接工艺评定中 16MnR 和 13MnNiMoNbR 钢试件焊后热处理温度为 670 ± 15 °C,显然偏高,因为钢厂提供 13MnNiMoNbR 回火温度为 660 ~ 670 °C,焊后热处理温度与钢板回火温度相等,会破坏钢板原始状态,焊后热处理温度应低于钢板出厂回火温度 20 ~ 30 °C。

该厂认为 16MnR 与 13MnNiMoNbR 钢制产品规定硬度 $HB \leq 225$,想用提高焊后热处理温度方法来降低焊接接头硬度,这是不妥当的。670 °C 焊后热处理,有可能使钢板回火状态的综合性能遭到破坏。调整焊接接头硬度的方法很多,适当增加预热温度是其中之一。

4.3 焊接工艺评定温度与产品焊后热处理温度

某厂产品焊后热处理温度为 570 ± 20 °C,查看焊接工艺评定报告焊后热处理温度为 560 ± 20 °C,笔者认为焊接工艺评定中焊后热处理温度是编制产品焊后热处理工艺文件的依据,不应随意修改。焊后热处理规范中保温温度作用远远高于保温时间的作用,在 JB/T4709—2000 中焊后热处理保温温度表达方式为一个范围,如 600 ~ 640 °C,它的含义是在 620 °C 保温温度时允许有 ± 20 °C 偏差。有人理解成 600 ~ 640 °C 范围内,600 与 640 °C 均允许有 ± 20 °C

偏差,这是不对的。

4.4 型式试验件经受焊后热处理

有些厂对型式试验件按产品规定经受了焊后热处理,这是没有必要的。型式试验件的目的是确保焊透。已经焊成的型式试验件,经受或不经受焊后热处理对焊透没有影响,所以型式试验件不需要进行焊后热处理。

5 焊接材料

5.1 焊接材料选用

(1)某厂制造低温容器,设计温度为 -50 °C,选用焊丝 H10Mn2 加烧结焊剂。当 H10Mn2 中含锰量高于一定数值后,可以提高低温冲击韧性。根据笔者调研,-40 °C 冲击吸收功与合格指标 27 J 很近,没有裕度,这种焊材难以适应工业化生产的要求。

(2)CO₂ 气体保护焊焊接低碳钢时,选用 H08Mn2SiA 焊丝,其后果便是焊缝金属强度超过母材较多,接头横向弯曲试验难以通过。实际上选用 H08MnSi(GB/T4958—1994)就可以了。

(3)某厂选用厚度 $\delta = 36$ mm 的 16MnR 制造容器,埋弧焊焊丝为 H08MnA。焊剂 HJ431,实践证明,H08MnA + HJ431 焊接 16MnR 薄板,不开坡口,不进行焊后热处理是可行的,但当用于 36 mm 厚板且要进行焊后热处理,焊缝金属强度不能满足要求,故需要合金含量较高的 H10Mn2 焊丝。

(4)低碳钢用氩弧焊时,若填充金属选用 H08Mn2SiA,同样使焊缝金属强度过高。

5.2 使用非低氢型药皮焊条焊接 Q235 - B

使用 J422 焊条焊接 Q235 - B,经焊接工艺评定合格,能不能用于产品。

J422 焊条符合 GB/T5117—1995 碳钢焊条标准中 E4303,标准规定焊缝金属 0 °C 时冲击吸收功 ≥ 27 J;“焊接材料产品样本”中 J422 保证 0 °C ≥ 27 J,一般结果 -20 °C ≥ 47 J。焊接接头力学性能和弯曲性能完全满足标准规定,虽然焊接工艺评定合格,仍建议该项评定不用于焊接 Q235 - B 钢制产品。评定合格的焊接工艺评定能否用于产品还要考虑其它因素,J422 焊条为钛钙型药皮焊条,焊缝金属中扩散氢含量高,抗裂性差,不宜用于受压设备焊接。(待续)

收稿日期 2004 - 05 - 07

作者简介 戈兆文(1940 -),男,1964 年清华大学焊接专业毕业,教授级高工,通讯地址 安徽省合肥市长江西路 888 号。

编者按:JB4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》标准已实施三年多,各压力容器制造单位进行的焊接工艺评定是否已真正符合标准的规定?还有哪些事项值得注意?这仍是大家十分关心的问题。为此《压力容器》杂志编辑部特约该标准起草人之一——戈兆文教授级高工等专家,根据他们参与审查的十余家压力容器制造厂为某重大工程所进行的几百项焊接工艺评定中发现的若干带有普遍性的问题,撰写了《执行钢制压力容器焊接工艺评定标准时的若干问题》一文,以飨读者。

执行钢制压力容器焊接工艺评定标准时的若干问题(二)

戈兆文¹,康鸿雁²

(1. 合肥通用机械研究所,安徽 合肥 230031 2. 北京燕化建筑安装工程公司,北京 102502)

摘要 笔者为某工程审查了10余个制造厂家的300余份焊接工艺评定,发现在执行JB4708—2000标准过程中的问题。分别从标准适用范围、相关术语、试件与焊件、焊后热处理、焊接材料、预热与层间温度、焊接线能量、试件检验与结果评价和焊接工艺评定管理等方面,结合典型问题,用标准规定进行分析、解释。

关键词 压力容器;焊接工艺评定;标准

中图分类号:T652.2;TH49 文献标识码:B 文章编号:1001-4837(2004)07-0001-05

Problem of Executing Criteria for Qualification of Pressure Vessel Welding Procedure(2)

GE Zhao-wen¹, KANG Hong-yan²

(1. Hefei General Machinery Research Institute, Hefei 230031, China 2. Beijing Yanshan Petrochemical Corporation Construction and Installation Engineering Company, Beijing 102502, China)

Abstract More than 300 qualification of welding procedure in about 10 manufacturers were audited, same problems were found when executed the JB4708—2000 standard. The typical problems were analyzed and explained by using standard code. The relevant range includes applicability of the standard, related nomenclature, sample & weldment, postweld heat treatment, welding materials, preheating & interpass temperature, weld heat input, sample inspection & resulting evaluation and manage about qualification of welding procedure, etc.

Key words pressure vessel; qualification of welding procedure; standard

5.3 焊丝 ER50-6 与 H08Mn2SiA 之间的关系

ER50-6 是 GB/T8110—1995《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》中的型号,在《焊接材料产品样本》中,焊丝牌号为 MG50-6 符合 ER50-6 的要

求,而 H08Mn2SiA 是 GB/T14958—94《气体保护焊用钢丝》中的牌号。ER50-6、MG50-6 和 H08Mn2SiA 三种焊丝的化学成分和 CO₂ 气体保护焊熔敷金属力学性能对比见表 3、4。从表 3、4 可见, MG50-6 与

H08Mn2SiA 是两种不同牌号,按 JB4708 表 2 的规定,改变焊丝牌号应当重新评定焊接工艺。MG50-6 与 ER50-6 是牌号与型号关系,ER50-6 只是标

准规定代号,而 MG50-6 是符合 ER50-6 的具体产品,它们之间没有评定替代关系。

表 3 三种焊丝化学成分对比

(%)

焊丝型号或钢号	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
ER50-6	0.06~0.15	1.40~1.85	0.80~1.15	≤0.025	≤0.035	—	—	≤0.50
MG50-6	0.06~0.15	1.40~1.85	0.80~1.15	≤0.025	≤0.035	—	—	≤0.50
H08Mn2SiA	≤0.11	1.80~2.10	0.65~0.95	≤0.030	≤0.030	≤0.20	≤0.30	≤0.20

表 4 三种焊丝熔敷金属力学性能规定值

焊丝型号或钢号	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	V 型缺口 冲击吸收 功(J)
ER50-6	≥500	≥420	≥22	-29℃ ≥27
MG50-6	≥500	≥420	≥22	-30℃ ≥27
H08Mn2SiA	≥500	≥400	≥22	室温 ≥47

从表 3、4 对比及 JB4708 中表 2 规定可见, MG50-6 与 H08Mn2SiA 是不同牌号应重新评定, MG50-6 与 ER50-6 是牌号与型号关系,它们之间不存在替代关系。

5.4 焊材的牌号

JB4708 表 1 中焊材牌号或钢号都是按标准或《焊接材料产品样本》中规定方法命名的统一钢号或牌号。有不少焊材厂对本厂出品的焊条、焊丝和焊剂产品,规定了本厂牌号表示方法,与焊材标准及《焊接材料产品样本》中表示方法不尽相同。压力容器制造厂在焊接工艺评定中,对焊材厂自定牌号的焊材与统一牌号焊材之间相互替代,笔者的意见是请焊材厂出具书面证明,说明焊接材料的自定牌号与统一牌号之间关系,而后再依据 JB4708 表 1 中规定,确定是否可以替代。

5.5 增加补加因素

应补充进行焊接接头冲击试验时,使用的焊丝钢号(或焊条牌号)与原焊接工艺评定所用焊丝钢号(或焊条牌号)不同。按 JB4708 表 1 中规定是不允许的,应重新评定焊接工艺,拉伸试验、弯曲试验都要重新进行。

5.6 用 SJ605 焊剂焊接奥氏体不锈钢

SJ605 符合 GB12470—90《低合金钢埋弧焊用焊剂》中 F6126-H10MnNiMoA 型号规定,是一种高碱度烧结型焊剂,不适用于焊接奥氏体不锈钢,所以这项焊接工艺评定应判废。

5.7 有关焊材标准的几个问题

(1)牌号为 J507 的焊条对应型号为 E5015 是属

于碳钢焊条标准 GB/T5117,不属于 GB/T5118 低合金钢焊条。

(2)牌号为 HJ350 的焊剂是符合 GB/T5293—1999《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》中型号为 HJ402—H10Mn2 的焊剂,而不是属于 GB/T12470—1990 的焊剂。

(3)W707Ni 是符合 GB/T5118—1995《低合金钢焊条》中型号 E5515—C1,而不是符合 JB2835—1979《低温钢焊条》标准。

(4)GB1300—1977《焊接用钢丝》早已作废,碳钢、低合金钢焊丝标准已由 GB/T14957—1995《熔化焊用钢丝》、GB/T14958—1995《气体保护焊用钢丝》两个标准代替。

不锈钢焊丝标准有 YB/T5091—1993《惰性气体保护焊用不锈钢棒及钢丝》、YB/T5092—1996《焊用不锈钢丝》。

(5)焊材新品种为代号产品,国外焊材牌号进行焊接工艺评定时,按 JB4708 表 1 中规定,改变焊丝钢号(或焊条牌号)要重新评定焊接工艺。

6 预热和层间温度

不少单位对焊接工艺评定报告中的预热温度和层间温度不够重视,有的干脆不填写,有的随意填写数字,如预热温度 100~250℃,层间温度 100~250℃,这种填法是错误的。JB4708 表 1 中规定,预热温度比已评定合格值降低 50℃以下,则作为重要因素。若焊接工艺评定报告中填写预热温度为 100~250℃,那么预热温度是 100℃还是 250℃呢?从 250℃降低到 100℃要经历三个 50℃台阶。同样按 JB4708 标准规定,最高层间温度比已评定合格值高 50℃以上,则作为补加因素,若层间温度填写 150~250℃,从 150℃增加到 250℃,要经历两个 50℃台阶。

根据焊接工艺评定规则,预热温度应填写试件

施焊时预热温度最低值,而层间温度则填写试件施焊时最高值,才是正确的填写方法。

层间温度实际在施焊过程中起到预热作用,因此层间温度应控制在预热温度范围内。有一份 09MnNiDR 钢制低温容器的焊接工艺评定报告中,层间温度为 450 ℃,则太高了,过高的层间温度与过高的预热温度一样,会降低接头的冲击韧性值。

7 焊接线能量

焊接线能量是焊接工艺评定中存在问题最多的。在 JB4708 焊接工艺评定规则中,单一焊接电流值、单一电弧电压值或单一焊接速度值都是次要因素,他们单独变更,不要重新评定焊接工艺。而增加线能量则为补加因素。焊接线能量是将焊接电流(I)、电弧电压(V)和焊接速度(U)有机地连系在一起,焊接线能量(q)的计算公式为:

$$q = \frac{I \times V}{U} (\text{kJ/cm})$$

焊接工艺评定中焊接线能量有关问题:

7.1 焊接工艺指导书与焊接工艺评定报告中线能量的填写

焊接工艺指导书中应填写设定的焊接电流范围、电弧电压范围和焊接速度范围。焊接线能量最大值计算方法是选择焊接电流、电弧电压的最大值,而焊接速度则选择最小值,在施焊试件时,按照最大焊接线能量。

焊接工艺评定报告中的焊接电流、电弧电压和焊接速度则应是施焊试件时的焊接电流、电弧电压和焊接速度的实际测量值。基本上是一个定值,而不是一个范围。有些单位的焊接工艺评定报告上的焊接电流、电弧电压和焊接速度都只写一个范围,这是错误的。

即使同一焊接方法施焊试件,由于打底焊、填充焊和盖面层所用焊条(丝)直径不同,而线能量有所区别,只要冲击试样缺口通过最大线能量焊制焊缝金属部位,则焊接工艺评定报告中就填写焊制这个部位的焊接电流、电弧电压和焊接速度。

7.2 手工焊(包括半自动焊)如何控制焊接线能量

JB4708 中表 1 规定“增加线能量或单位长度焊道的熔敷金属体积超过已评定合格值”是补加因素。因此,必需严格控制现场施焊线能量,对于手工焊,在同一时间内,记录焊接电流值、电弧电压值和焊接速度是十分困难的事情,因而对线能量监督也难以

完成,在现场控制手工焊焊接线能量最有效、而且简便的方法是测量焊道长度。其原理是:在一定线能量时,当焊条头长度相同,单根焊条所焊的焊道长度变化不大。在试验室,用焊接工艺评定报告中最大线能量焊出几条焊道,测量各条焊道长度,求出平均值,得到相应于该线能量的焊道长度,以后在施焊产品时,控制焊道长度不短于规定长度,则也控制了线能量的增加。

7.3 控制每条焊道的线能量

控制施焊产品的焊接线能量不超过评定合格值是指控制每条焊道的线能量,而不是平均线能量,在编制产品焊接工艺规程时,特别要注重这一点,在同一焊接方法条件下,每条焊道的线能量都不允许超过评定合格值。

8 试件检验与结果评价

焊接工艺评定试件检验与结果评价,应与焊接工艺评定目的紧密相连。JB4708 中有三类焊接工艺评定,目的也各不相同:

- (1) 对接焊缝试件评定的目的是为了得到焊接接头力学性能和弯曲性能符合标准的焊接工艺;
- (2) 型式试验件的评定目的是为了得到接头焊透的焊接工艺;
- (3) 堆焊层评定的目的是为了得到堆焊层化学成分符合标准的焊接工艺。

8.1 试件外观检验、无损检测

JB4708 对外观检验与无损检测只规定不得有裂纹,没有其它方面要求。不少工厂自编的焊接工艺评定报告中,详细列出检验试件外观尺寸、内外缺陷、无损检测级别等结果,这些都是没有必要的,焊接工艺评定的目的,不是要评定出无损检测要达到几级,外观尺寸与缺陷要达到什么要求的焊接工艺。

8.2 力学性能与弯曲性能试验取样

(1) JB4708 规定与美国、日本标准相同。冲击试验取二区(焊缝区、热影响区)试样,有少数单位在焊接工艺评定报告中却取三区(焊缝区、热影响区、熔合区)试样。熔合区的冲击试样实际上只是名义熔合区或者是定义熔合区不是真正的熔合区。在三个区中,焊接接头的热影响区最为薄弱,难以调整性能,而热影响区中的粗晶区更加薄弱,冲击韧性下降的趋向最大,JB4708 中规定取二区冲击试验,已经充分考虑到焊接接头性能分布特点,不必要再增加试验要求。

(2)有些单位在焊接工艺评定报告中增加了对接焊缝试件金相检验、硬度检验、晶间腐蚀检验,这都不是JB4708标准规定的内容。JB4708标准中没有金相、硬度、腐蚀方面的评定规则,也没有对这些增加检验内容的检验方法、合格指标及适用范围作出规定。焊接工艺评定的基础是钢材的焊接性能,微观金相的裂纹、腐蚀性能等都是焊接性能试验范围,不必再列入焊接工艺评定中。

(3)增加全焊缝金属拉伸试验

全焊缝拉伸试验,可以帮助选用焊材,判定焊接工艺正确性,但不是焊接工艺评定内容,在JB4708中对全焊缝的拉伸试验,既没有规定试验方法,也没有规定合格指标。JB4708考核的是焊接接头拉伸性能,全焊缝拉伸试验合格与否,不能表达焊接接头拉伸试验结果。

(4)临氢设备的焊接工艺评定

JB4708是压力容器通用焊接工艺评定标准,是压力容器焊接工艺评定基本要求,2.25Cr-1Mo高温抗氢钢制压力容器最大焊后热处理(最高保温温度和最长保温时间)与最小焊后热处理(最低保温温度和最短保温时间)对焊接接头的拉伸强度、弯曲性能和冲击韧性分别有不同影响,因而图样要求进行最大与最小焊后热处理的焊接工艺评定,并规定出检验要求,试验方法与合格指标。笔者认为JB4708对增加检验要求的焊接工艺评定,不完全适用,JB4708中评定规则也不能随意搬到增加检验要求的焊接工艺评定中。

(5)组合评定试件取冲击试样

某厂试件母材厚度为18mm,用焊条电弧焊打底,埋弧焊填充、盖面,只在试件埋弧焊焊缝金属中制取了冲击试样,就认为组合评定合格,笔者认为,焊条电弧焊焊缝金属没有得到冲击试验检验,试件检验并没有完成。当焊条电弧焊焊缝金属厚度小于冲击试样厚度时,可以与埋弧焊焊缝金属联合取样,当冲击试验合格后,也认为焊条电弧焊焊缝金属的冲击韧性得到检验。

8.3 力学性能试样加工

错误加工表现如下:

- (1)冲击试样:棱角上加工成圆角。
- (2)拉伸试样:棱角上加工成圆角。
- (3)弯曲试样:受拉面棱角没有加工成圆角。
- (4)侧弯试样厚度为20mm、14mm,而不是JB4708规定的10mm。

8.4 焊接工艺评定结果评价

(1)拉伸试样的断裂位置

从拉伸试样的断裂位置可以判断焊材选用、焊接工艺的正确性,写明断裂位置有助于分析焊接工艺评定结果,拉伸试样为紧凑型拉伸试样,试样设计就是强迫试样断于焊接接头(包括焊缝区、热影响区、熔合区),如果试样被看成断于母材上,则必须仔细观察起裂点在什么位置,断裂位置应当写明起裂位置。

(2)小尺寸冲击试样的合格指标

JB4708规定的冲击试验合格指标是指使用标准冲击试样(10mm×10mm×55mm)的结果,由于试件厚度原因,常使用非标准的小尺寸冲击试样(7.5mm×10mm×55mm和5mm×10mm×55mm),在JB4708中没有规定小尺寸试样的合格指标,有人引用JB4744中的规定,这是不适合的,JB4744中对小尺寸冲击试样合格指标只能用于JB4744范围内,不能扩大。据悉,全国锅炉压力容器标准化技术委员会秘书处正在积累数据,制订这方面规定。

如果在焊接工艺评定中遇到小尺寸冲击试样时,其合格指标要请图样设计人员确定。

(3)冲击试验合格指标

有些焊接工艺评定报告中,特别是低温钢焊接工艺评定,冲击试验结果约为29J,从标准角度来看,冲击试验合格,从工程角度来看,这种焊接工艺冲击试验结果的富裕量太小,在工业化生产焊制设备时,很难保证完全按工艺规程操作,而使产品冲击韧性得不到保证,从工程来看,起码要求焊接工艺评定冲击试验结果,超过合格指标1~2倍的焊接工艺,才是适应大生产的正确工艺。

(4)焊接工艺评定试验结果复验问题

JB4708和国外同类标准中都没有规定焊接工艺评定力学性能试验结果不合格项目可以复验,这是因为焊接工艺评定在严格要求的前提下操作,以验证所拟定焊接工艺的正确性,如果允许复验,则有可能放松试验要求,得不到正确的焊接工艺。

如果试验结果不合格(那怕只有一项指标)也应分析原因,重新拟定焊接工艺进行评定。

(5)堆焊试件没有化学成分分析结果,便提出了评定最小厚度,堆焊评定目的是保证堆焊层化学成分符合规定,从而达到堆焊层耐腐蚀性能有所保证,不了解堆焊层的化学成分,在堆焊层厚度方向上就

得不到评定的最小厚度。

9 焊接工艺评定管理存在的问题

9.1 焊接工艺评定文件无人签字

焊接工艺指导书和焊接工艺评定报告无人签字,说明无人对这两份文件负责,则无法使用这份评定去指导生产。

焊接工艺评定文件签字栏中:编制人为焊接工艺人员,审核人为焊接责任工程师,批准人为质保工程师。

9.2 焊接工艺指导书、施焊记录、焊接工艺评定报告和焊接工艺规程四份文件中的时间关系及电参数之间关系混乱

上述四份文件中的电参数关系及时间关系存在着前因后果的联系和内在逻辑关系,其正确性反应了焊接工艺评定标准的正确性及焊接工艺评定过程的真实性,笔者看到,不少焊接工艺评定文件资料中都有错误。

尚未评定的焊接工艺指导书中的焊接电流、电弧电压、焊接速度三个参数都是个范围,根据 JB4708 评定规则,选用最大线能量进行评定,因此施焊记录只是三个参数的实测值,而焊接工艺评定报告上三个参数值应与施焊记录一致,在焊接工艺规程上的三个参数计算出来的最大线能量,不能超过评定合格值,三个参数各都可以是一个范围,而常见的错误则是:

(1)焊接工艺评定报告中这三个参数各是一个范围;

(2)焊接工艺评定报告中三个参数表明,没有按最大线能量进行评定;

(3)焊接工艺规程、焊接工艺评定报告、焊接工艺指导书三份文件中,这三个参数相同;

(4)施焊记录中,这三个参数是一个范围。

四份焊接工艺评定文件中的时间顺序应当按下列序号排列:

(1)拟定的“焊接工艺指导书”上的时间(JB4708 表 B1 结束处时间)在最前;

(2)施焊记录“表格上时间次之;

(3)紧接着是“焊接工艺评定报告”时间(JB4708 表 B2 结束处时间);

(4)被评定合格的“焊接工艺指导书”上时间(JB4708 表 B1 头部),此时间不能超过“焊接工艺评

定报告”上的时间;

(5)焊接工艺规程”上时间不能超过“焊接工艺指导书”表 B2 头部时间;

(6)若按“焊接工艺评定报告”编制“焊接工艺指导书”,则也是“焊接工艺指导书”上表头部位时间在“焊接工艺评定报告”之后。

9.3 焊接工艺评定报告与施焊记录内容混淆

焊接工艺评定报告内容就是重要因素、补加因素及各项检验结果,但不要填写次要因素,而施焊记录则纯粹是记录试验过程,包括重要因素、补加因素和次要因素,以及施焊过程中出现问题,但不写检验结果。

9.4 没有充分发挥焊接工艺评定报告作用

(1)利用现成的焊接工艺评定报告,当重要因素、补加因素不变时,可以编制若干份焊接工艺指导书。那么这些焊接工艺指导书则认为是经评定合格的,他们的力学性能由现成的焊接工艺评定报告保证。扩大焊接工艺评定报告运用范围,尽量减少评定施焊数量。

(2)当要进行组合评定时,先从现成的评定合格项目中挑选。

(3)母材厚度 $\delta \geq 13$ mm 的焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、等离子弧焊评定合格的焊接工艺,可以适用于所有母材厚度焊件打底焊。

9.5 关于执行 JB4708—2000 标准意见中“转化”含义

国家质检总局 2001 年 003 号文“关于执行 JB4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》的标准的意见中,继续有效的焊接工艺评定项目,其焊接工艺指导书和焊接工艺评定报告应按 2000 版焊接工艺评定标准规定进行转化,其含义是:

(1)将继续有效的焊接工艺评定项目的覆盖范围(如厚度、热处理等)按 2000 版焊接工艺评定标准执行;

(2)原焊接工艺指导书、焊接工艺评定报告要附在“转化”后文件的后面;

(3)“转化”后,评定文件表格中各责任人员均按当前质保体系人员签字认可。

(完)

收稿日期 2004-05-07

作者简介:戈兆文(1940-),男,1964 年清华大学焊接专业毕业,教授级高工,通讯地址:安徽省合肥市长江西路 888 号。