

标准化

文章编号: 1000-7466(2002)06-0027-04

焊接工艺评定标准中焊接填充材料分类及控制

郭晶, 张淑媛, 车菊秋

(大连南海压力容器制造厂, 辽宁 大连 116031)

摘要: JB 4708 中关于焊接填充材料的分类及控制问题至今没有得到很好解决,通过对 ASME 规范中焊接填充材料分类及控制规定的诠释,提出了一些可供参考的建议。

关键词: 焊接材料;分类;控制;ASME 规范

中图分类号: TG 42

文献标识码: A

Grouping of and controlling of welding consumable in welding procedure qualification standard

GUO Jing, ZHANG Shu-yuan, CHE Ju-qiu

(Dalian Nanhai Pressure Vessel Factory, Dalian 116031, China)

Abstract: Up to now, the welding consumable grouping and controlling in JB 4708 has not been properly settled yet. It is intended that some recommendations drawn through the interpretation for this subject specified in ASME Code, Section IX may be of value to its settlement.

Key words: welding consumable; group; control; ASME code

在 1 份完整的焊接工艺评定标准中,不仅需要
对母材进行分类,还需要对焊接填充材料(简称焊
材)进行分类,以便有效控制质量,并最大限度减少
焊接工艺评定项目的数量。JB 4708《钢制压力容器
焊接工艺评定》中^[1],母材分类基本框架已经形成,
而焊材分类至今没有形成体系,对焊丝的控制过严,
对焊条的控制偏松,同一等级的焊条只按低氢型和
非低氢型划定是否需要重新评定是很不够的。对焊
丝钢号的每次变动都进行评定,就等于没有做任何
分类归纳工作。ASME 规范第 IX 卷是目前最完善,
已被世界大多数国家和地区接受及采纳的标准^[2],
JB 4708 也是主要参照它编制出来的。文中通过对
ASME 规范中该问题的分析,提出了一些建议。

1 ASME 规范中焊材控制

1.1 焊材分类

和对母材按 P 号分类一样,对于每 1 种标准焊

材,ASME 规范中都分配了 1 个 F 号。对于钢铁类
焊材,还另外分配了 1 个 A 号。也就是说,ASME 规
范是按 F 号和 A 号对钢铁类焊材进行分类和控
制的。F 号和 A 号都是重要变素,任何 1 个改变,焊
接工艺规程(WPS)都需要重新进行评定。

1.2 F 号和 A 号分配原则

A 号的划分依据是熔敷金属的化学成分,详见
文[2]第 QW-440 条。

F 号则是依据焊材的使用性能划分的,见文[2]
第 QW-430 条。划归为同一 F 号的焊材被认为具有
相同或相近的使用性能,使用其中 1 种焊材完成的
焊接工艺评定,当改用同一 F 号中的其他焊材时,无
须另行评定就能保证获得性能满意的焊缝。反之,
当改用其他 F 号的焊材时,由于使用性能有较大差
异,情况就未必是这样了。

对铁基焊材,ASME 规范共分配了 6 个 F 号。

收稿日期: 2002-05-22

作者简介: 郭晶(1937-),男(汉族),山西洪洞人,教授级高级工程师,1962年毕业于清华大学焊接工艺及设备专业,现从事压力容器焊接工艺工作。

其中 1~5 分配给了焊条,6 分配给了焊丝。通过焊材的 F 号控制焊接质量的意义或作用不象母材的 P 号那样直观明了。尤其对于焊丝,不论埋弧焊用焊丝,还是气体保护焊用焊丝,也不管是实芯焊丝,还是复合焊丝,都具有相同的 F 号,即 6。这样划分 F 号能达到控制焊接质量的目的吗?

对于母材,通过 P 号便可一次性最终完成对母材的控制。焊材则不同,焊缝质量除与焊材自身因素有关外,还受焊接方法的制约。反映在焊接工艺评定标准中,就是 F 号、A 号与焊接方法有关的一系列变素,这些变素之间都是逻辑“与”关系。所以 ASME 规范中焊材分类的效果只有通过有关变素的层层过滤才能看清楚。不妨把这些变素看做是分级筛中的一层层筛板,让全部焊材依次从中通过一遍,分析最后仍归属在一起的焊材,才能看清楚最终的

控制效果。

2 ASME 规范中对焊条的控制

2.1 F 号控制作用

焊接钢制压力容器的焊条总共分为碳钢焊条(SFA 5.1)、低合金钢焊条(SFA 5.5)和不锈钢焊条(SFA 5.4)3 大类。焊条的使用性能是指使用的电流种类和适用的焊接位置,都是由焊条的药皮类型决定的,对钢铁类焊条来说,就是按药皮类型划分 F 号。全部钢焊条按 F 号被分成了 5 组,见表 1。筛分后,焊条标准分类号中表示药皮类型的 2 个字母 XX 由 2 位数字取代,见文[2]第 QW-430 条。

2.2 A 号控制作用

经 F 号筛分后的每 1 组内都还混杂着不同标准中规定的许多种焊条,再把每 1 组中的焊条按 A 号进行筛分。F-No. 4 组焊条筛分结果见表 2。

表 1 F 号对钢焊条的筛分作用

筛分状态	焊 条 分 类 号							
筛分前	SFA 5.1 EXXXX		SFA 5.4 E(X) XXXX-X				SFA 5.5 E(X) XXX-XX	
筛分后	F-No. 1	F-No. 2	F-No. 3	F-No. 4	F-No. 4	F-No. 4	F-No. 5	
	SFA 5.1 EXX20 EXX22 EXX24 EXX27 EXX28	SFA 5.4 EXXX(X)-25 EXXX(X)-26	SFA 5.1 EXX12 EXX13	SFA 5.1 EXX10 EXX11	SFA 5.1 EXX15 EXX16 EXX18 EXX18M EXX48	SFA 5.4 ¹⁾ EXXX(X)-15 EXXX(X)-16 EXXX(X)-17	SFA 5.5 E(X) XX15-XX E(X) XX16-XX E(X) XX18-XX E(X) XX18M E(X) XX18MI	SFA 5.4 ²⁾ EXXX(X)-15 EXXX(X)-16 EXXX(X)-17
		SFA 5.5 EXX20-X EXX27-X	SFA 5.5 EXX14 EXX19	SFA 5.5 E(X) XX10-X E(X) XX11-X				
			SFA 5.5 E(X) XX13-X					

注: 1) 除奥氏体和双相钢以外的不锈钢焊条。

2) 奥氏体和双相钢不锈钢焊条。

表 2 F-No. 4 焊条按 A 号筛分后结果

序号	A 号	成分及范围	SFA 号	焊 条 分 类 号
01	A-1	C、Mn(1.6%)、Si(1.0%)	SFA 5.1	E7015、E7016、E7018、E7018M、E7048
02	A-2	C、Mn(0.4%~0.65%)	SFA 5.5	E7015-A1、E7016-A1、E7018-A1
03	A-3	Cr(0.4%~2%)、Mb	SFA 5.5	E8016-B1、E8018-B1、E8016-B2、E8018-B2、E7015-B2L、E7016-B2L、E7018-B2L
04	A-4	Cr(2%~6%)、Mb	SFA 5.5	E9015-B3、E9016-B3、E9018-B3、E8015-B3L、E8018-B3L、E8015-B5、E8016-B5、E8015-B6、E8016-B6、E8018-B6、E8015-B6L、E8016-B6L、E8018-B6L
05	A-5	Cr(6%~10.5%)、Mb	SFA 5.5	E8015-B7、E8016-B7、E8018-B7、E8015-B7L、E8016-B7L、E8018-B7L、E8015-B8、E8016-B8、E8018-B8、E8015-B8L、E8016-B8L、E8018-B8L、E9015-B9、E9016-B9、E9018-B9
06	A-10	Ni(4%)	SFA 5.5	E8016-C1、E8018-C1、E7015-C1L、E7016-C1L、E7018-C1L、E8016-C2、E8018-C2、E7015-C2L、E7016-C2L、E7018-C2L、E8016-C3、E8018-C3、E7018-C3L、E8016-C4、E8019-C4、E9018-M、E12018-M1、E7018-W1、E8018-W1
07	A-11	Mn(1.25%~2.25%)、Mb(0.25%~0.75%)	SFA 5.5	E8018-D1、E8015-D1、E9018-D1、E10015-D2、E10016-D2、E10018-D2、E8016-D3、E8018-D3、E9018-D3
08	A-6	Cr(11%~15%)、马氏体	SFA 5.4	E410NiMo-15、E410NiMo-16、E410NiMo-17
09	A-7	Cr(11%~30%)、铁素体	SFA 5.4	E410-15、E410-16、E410-17、E430-15、E430-16、E430-17

按 A 号再次筛分后,不仅把属于不同标准中的焊条区分开了,而且还把 SFA 5.4 中包括的高 Cr

钢焊条按成分分成了 2 组,把 SFA 5.5 中包括的低合金钢焊条分成了 6 组。对其他 F 号的焊条也可以

进行同样的再划分,至此焊条按自身特性进行的分类已经完成。对没有冲击韧性要求的产品,ASME规范中就是按F号和A号进行控制的。

2.3 文[2]第 QW-404.12 条的控制作用

对于焊条电弧焊(SMAW),文[2]第 QW-404.12 条是 1 项补加变素,也就是说对有冲击韧性要求的产品才起作用。该条规定,除公称化学成分和强度等级相同的低氢型药皮焊条外,焊条分类号的任何改变都需要重新评定。以 F 号为 4, A 号为 3 的焊条为例,经该变素筛分后每 1 组中包含的焊条种类又进一步减少了,见表 3。

表 3 按文[2] QW-404.12 条筛分后结果

组别	焊条分类号
1	E8016-B1、E8018-B1
2	E8016-B2、E8018-B2
3	E7015-B2L、E7016-B2L、E7018-B2L

3 ASME 规范中对钢焊丝的控制

ASME 第 II 卷, C 篇中包含的钢焊丝标准共计 12 项,各项标准中包含的钢焊丝 F 号都是 6。F 号仅是把焊丝与焊条区分开来,在钢焊丝内部 F 号不起分类作用。

3.1 焊接方法的筛分作用

焊接方法是重要变素。12 项标准中有的适用于 1 种焊接方法,有的适用于几种焊接方法。焊接方法客观上对焊丝起初步分类作用,见表 4。

表 4 焊接方法对钢焊丝的筛分结果

焊接方法	适用的焊丝标准
气焊(FOW)	SFA 5.2
埋弧焊(SAW)	SFA 5.9、SFA 5.17、SFA 5.23
钨极气体保护焊(GTAW)	SFA 5.9、SFA 5.18、SFA 5.22、SFA 5.28、SFA 5.30
熔化极气体保护焊(GMAW)	SFA 5.9、SFA 5.18、SFA 5.20、SFA 5.22、SFA 5.28、SFA 5.29
等离子焊(PAW)	SFA 5.9、SFA 5.18、SFA 5.28、SFA 5.30
电渣焊(ESW)	SFA 5.25
电气焊(EGW)	SFA 5.26

可以仿照和表 2 相同的办法,对表 4 中的焊丝按 A 号做进一步地区分。以 SFA 5.28 中规定的气体保护焊用低合金钢焊丝为例,假设使用 GTAW,这样首先排除了 9 种复合焊丝,剩余的 16 种实芯焊丝 ERXXS-XX(X) 便可直接使用标准规定的焊丝化学成分作为划分 A 号的依据,见文[2]第 QW-404.5(b) 条,这样按 A 号区分以后 16 种焊丝被分成了 7 组,见表 5。

表 5 A 号对 SFA 5.28 中低合金钢实芯焊丝的筛分作用

A 号	成分范围	焊丝标准分类号
A-2	C、Mn(0.4%~0.65%)	ER70S-A1
A-3	Cr(0.4%~2%)、Mn	ER80S-B2、ER70S-B2L
A-4	Cr(2%~6%)、Mn	ER90S-B3、ER80S-B3L、ER80S-B6
A-5	Cr(6%~10.5%)、Mn	ER80S-B8、ER90S-B9
A-10	Ni(4%)	ER80S-Ni1、ER80S-Ni2、ER80S-Ni3
A-11	Mn(1.25%~2.25%)、Mn(0.25%~0.75%)	ER80S-D2、ER90S-D2
A-12	Ni、Cr、Mn	ER100S-1、ER110S-1、ER120S-2

3.2 与焊接方法有关的重要变素

这些变素因焊接方法不同而异。对于 SAW,主要是焊剂类型,如中性焊剂、活性焊剂或合金焊剂;对于 GTAW 和 GMAW,主要是焊丝制品形式,如实芯焊丝、药芯焊丝或金属芯焊丝。

3.3 与焊接方法有关的补加变素

不论用哪种焊接方法,当有冲击韧性要求时,焊材分类号的改变都需要重新进行评定。这一点和 JB 4708 对焊丝的规定相同,不同的是 ASME 规范中这是补加变素,而 JB 4708 中是重要变素。表 5 中的 16 种焊丝受该补加变素(文[2]第 QW-404.12 条)控制后被分成了 16 组,每组仅有 1 种焊丝,见表 6。

表 6 经文[2]第 QW-404.12 条控制后低合金钢实芯焊丝分类

组号	焊丝分类号	组号	焊丝分类号
01	ER70S-A1	09	ER80S-Ni1
02	ER80S-B2	10	ER80S-Ni2
03	ER70S-B2L	11	ER80S-Ni3
04	ER90S-B3	12	ER80S-D2
05	ER80S-B3L	13	ER90S-D2
06	ER80S-6	14	ER100S-1
07	ER80S-B8	15	ER110S-1
08	ER90S-B9	16	ER120S-1

4 ASME 规范的控制效能

ASME 规范对焊材的控制是通过焊材自身特性和与焊接方法有关的变素实现的,控制目标分 2 个层次。对无冲击韧性要求的产品,通过各有关变素的层层区分后仍可归属在一类的焊材一般还有许多种,它们具有相同或相近的使用性能(F 号相同),熔敷金属化学成分范围一致(A 号相同),因此在其他变素不变的条件下,其中 1 种焊材的评定实验,适用于同一类中的其他焊材。对绝大多数不锈钢产品,至少 80% 的碳素钢和低合金钢产品都无冲击韧性要求,那么这样的规定就很有经济意义。对有冲击韧性要求的产品,除低氢型焊条外,焊材分类号的任何改变都需要另做评定。也就是说,ASME 规范对焊材的控制是依据产品安全性要求不同而分别对待

的,恰当地体现了经济性和质量的关系。

5 相关建议

(1)JB 4708 把焊材先区分为焊丝和焊条,继而又把焊条区分为低氢型药皮焊条和非低氢型药皮焊条。这样做已隐含着按使用性能,即 F 号分类的意思,只是 JB 4708 的编者似乎并没有意识到这一点,否则就不会使用类别号后头 2 位数字这样意义含糊的语词了,而这 2 位数字,对有些焊条代表熔敷金属强度等级,对另一些则代表化学成分类型和范围。另外 ASME 规范把焊条区分为 5 类,JB 4708 只区分为 2 类,显得过于粗糙,因为非低氢型药皮焊条间的差别比低氢型药皮焊条还要大。

(2)按熔敷金属化学成分,即 A 号分类是十分必要的。JB 4708 对焊丝的控制要求相当于 ASME 规范中补加变素起作用时的控制要求,即不分情况把控制目标一律定在了高要求的层位上,由此造成的经济损失不可忽视。例如焊接 JB 4708 第 VIF-1 类别中的 4 种不锈钢,至少有 H00Cr21Ni10 (ER308L)、H0Cr21Ni10 (ER308)、H0Cr20Ni10Ti (ER321) 和 H0Cr20Ni10Nb (ER347) 这 4 种焊丝可以使用,不锈钢又无冲击试验要求,即补加变素不起作用。按照 ASME 规范,用这 4 种母材和焊丝中的任何 1 种完成的焊接工艺评定,当母材和焊材改变时都毋须另行评定,而按 JB 4708 却不行。在 ASME 规范中,不仅对不锈钢产品,对大多数碳钢和低合金钢产品也没有冲击试验要求。又例如 GB/T 8110-95 中规定的 ER50-2 ~ ER50-7 这 6 种气体保护焊用碳钢焊丝,都是 C-Si-Mn 焊丝,保证的强度等级也均相同,如果无冲击韧性要求,无须对每 1 种都做评定。对于焊条,JB 4708 不引入 A 号,控制有疏漏。如 J506、J506RH 和 J506NiCu 等焊条, J 后面的 2 位数字没有变,按照 JB 4708 是可以互相代替的。但实际上绝对不可代替,因前者是碳钢焊条,后面几种都是低合金钢焊条,且成分性能完全不同,如引入 A 号就不会有这样的疏漏。JB 4708 不采用 A 号这一分类概念的理由是我国焊材的合金系统与美国的不同。其实各国焊材都不完全相同,但合金系统基本相同。差别表现在两方面,一是成分范围不完全重合,二是有一些其他国家没有的特殊焊材,但不会很多。A 号规定的是 1 个很宽的成分范围,如 ASME 规范中的 A-1 号指 C-Mn-Si 系熔敷金属,任何国家的碳钢焊材都可划归为这一类,至于哪个 A 号也套不上的 ASME 规范中也有,做特殊对待即可。我国的 3 个焊条标准已和美国标准接轨,今后凡不符合新标准的焊条

要么被淘汰,要么作为特殊焊条保留。但绝大部分焊条应按新标准生产,采用 A 号不应有什么问题。

(3)焊条的统一牌号是原机械工业部在没有国家标准之前为统一焊条质量而编制的,后来有了国家标准理当自行淘汰,标准型号才是焊材的法定标识。在 ASME 质量控制系统中,焊材包装及焊材自身的标识可以代替焊材质量证明书。JB 4708 不使用法定标识,而仍用过时的牌号不仅不妥,而且造成了进一步与国际标准接轨的障碍。

6 结语

如果把各控制因素构成的体系比喻成控制网,ASME 规范有两层网,一层疏,一层密,但每层的控制力度是一致的。而 JB 4708 构织的控制网是不均匀的,焊丝一侧为一层,控制强度大,牺牲了经济因素。焊条一侧尽管有 2 层,有时仍起不到有效控制作用。焊材控制的难点在 F 号的划分上,F 号划分的关键又在焊条上。我国 3 项焊条标准已与国际标准接轨,应采用 ASME 或类似 ASME 的办法进行焊材分类控制。

参考文献:

- [1] JB 4708-1998, 钢制压力容器焊接工艺评定[S].
- [2] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. IX[S]. 2001 Edit.

(张编)

加入世贸组织对国内石油企业炼油和销售影响巨大

中国加入世贸组织对国内石油企业炼油和销售的影响主要表现在:供大于求长期化,将成为市场的基本格局。

竞争主体多元化。随着外国公司的进入,以及中国加入世贸组织承诺的油品进口的进一步放开,中石油和中石化的竞争对手将增多。价格机制市场化。由于供需矛盾决定价格,在市场总体供大于求的情况下,中石油和中石化两大公司联手控价将越来越失去效力,由国家制定的成品油价格在市场上将难以到位。

(天木)

电厂锅炉烟气脱硫新技术通过鉴定

由清华大学研制成功并获国家发明专利的“干式脱硫剂床料内循环的烟气脱硫方法及装置”日前通过教育部的技术鉴定。这项技术及工程示范装置的运行试验成功,为我国实现烟气脱硫技术与设备国产化迈出了重要一步。

目前,全国各类火电厂的燃煤需求超过全国煤炭产量的 42%,燃煤烟气所含硫化物对大气的污染极其严重。采用循环流化床常温半干法烟气脱硫技术,可使电厂锅炉烟气脱硫效率达 96.5%。

(天木)