

运用唯物辩证法指导低温钢的焊接实践

清华大学机械系低温焊接毕业实践小组

北京石油化工总厂30万吨乙稀工程是遵照毛主席关于“独立自主、自力更生”和“洋为中用”的方针,从国外引进的一套大型成套装置.在工程建设中,有总长达十几万米的管道,采用了十几种不同金属材料.其中有一种要求在摄氏零下100度使用的钢号为3.5镍的薄壁管材(试验时所用管壁厚仅7.1毫米,管径200毫米).焊接这种特殊钢材的薄壁管水平位置固定焊口时,需要采取一些特殊的工艺措施.按国外提供的一般工艺规范,达不到低温工作性能的质量标准,而且焊接过程中底层有时出现裂纹.这项焊接工艺我们没有成熟经验,因此,能否及时地制定好我们自己的焊接工艺,成为能否继续施工的关键.1975年2月,我们小组八名学员在三名教师带领下,毫不犹豫地接受了这项任务.我们同北京化工建筑安装公司的工人师傅、技术人员一起,实行革命的三结合,决心尽快地制定出我们自己的焊接工艺,保证工程顺利完成,为毛主席革命路线争光.工地上,中国工人阶级大打“政治仗、志气仗、水平仗”的革命精神,教育着我们,鼓舞着我们.我们学习工人阶级无高不可攀的英雄气概,运用毛主席的光辉哲学思想,大破唯心主义、形而上学,打破洋框框,勇敢闯新路,终于在不到三个月的时间里,通过一系列的实验,使我们从理论和实践的结合上突破了一个关键,研究制定出了切实可行的焊接施工工艺方案.实验结果证明,我们制订的工艺规范,焊缝的质量要比国外所用的某种工艺要好得多.这是在毛主席教育革命路线指引下实行开门办学所取得的一项重要成果.

下面谈谈我们是怎样运用毛主席的哲学思想指导科学实验,制定出我们自己的焊接工艺规范的呢?

“线能量”究竟要多大?

对于3.5镍钢的焊接,国外提出的工艺是根据所谓1+301标准.在这个标准里,并无具体工艺条件,只笼统地说明应采用哪种焊机型号、焊条牌号,预热温度及后热温度等.他们推荐的参考资料单纯强调焊接使用的“线能量”要小.所谓“线能量”是指每一厘米长度的焊缝从电弧所吸收的热量,它取决于焊接时的电流、电压和焊接速度.

开始,采用国外这个很不具体的工艺进行实验时,

所得数据分散性很大,而且低温工作性能的指标——低温“冲击功”全部不合格,说明焊缝很脆,不能胜任摄氏零下100度的工作要求.原因在那里呢?是我们不掌握国外的工艺还是国外工艺本身就不合理呢?毛主席教导我们:“你对于那个问题不能解决么?那末,你就去调查那个问题的现状和它的历史吧!你完完全全调查明白了,你对那个问题就有解决的办法了.”¹⁾于是,我们查阅、分析了有关资料,并进行了深入的试验.首先,我们发现,国外提供的技术参考资料中的试验数据,一般都是在20毫米厚的钢板平板对接条件下得到的,而我们现场施工的条件却不同,是壁厚仅7.1毫米的薄壁管管口对接,并且管子固定不动,必须进行全位置焊接(即电弧从管子下部向上“兜焊”).两者的施工条件显然不一样.国外提供的一般焊接工艺和技术参考资料不符合实际施工的条件,岂有不碰壁之理!其次,关于“线能量”的控制,按国外提供的资料,不仅数值偏大时质量不合格,即使在相当大的范围内向小的方向变化,也达不到标准要求(见表1).

表1 多层单道焊时“线能量”变化对质量的影响*

预热温度 ℃	层 次	规 范			焊后热处 理温度℃	-100℃ 冲击功**	评 定
		电压	电流	线能量			
100—120	1	15	100	7960	570℃ 缓冷	0.5, 0.2	不合格
	2	25	85	10630			
	3	25	85	26650			
100	1	15	115	6600		1.4	不合格
	2	18	75	9600		1.3	
	3	18	78	14000		0.7	
150—200	1	14	130	8300	0.6	不合格	
	2	25	95	9100	0.6		
	3	25	95	6800	1.8		
	4	25	95	7000			

* 表中数据单位:电压——伏;电流——安培;线能量——焦耳/厘米;冲击功——公斤·米.

** 试验中采用了断面为10毫米×5毫米的V形缺口口贝试件(“口贝”是试件的一种名称).

1) 毛泽东,《反对本本主义》,《毛泽东著作选读》甲种本(上),人民出版社,(1964),17.

按标准要求, -100°C 冲击功试验时, 单个试样的最小数值不能小于 1.0 公斤·米, 三个试样冲击功数值的平均值不能小于 1.4 公斤·米。试验时是采用了钨极氩弧焊打底, 然后用手电弧焊采取“多层单道焊”(即每一层是一道焊缝)的方法继续焊接。看来, 仅仅着眼于“线能量”这一个工艺因素是不够的。出路何在呢? 事物的性质, 主要取决于事物的内部矛盾。从显微镜研究结果看, “线能量”的变化, 确实对焊缝金属的组织结构带来明显的影响。“线能量”偏大, 焊缝受热强烈, 焊缝金属呈现显著粗大的柱状晶粒, 特别是最后的一层焊道。由于焊缝金属在由液体向固体转化(结晶)过程中, 是由焊缝两侧向中心逐渐发展的, 粗大的柱状晶粒便成为“对生”形式, 如图 1 所示。实际上每一层焊缝都类似, 但因前一层总是受到后一层的再一次加热, 产生了自然的热处理, 对前一层的柱状晶粒有一次细化作用, 使“对生”不明显或消失。有了“对生”柱状晶粒的存在, 一些有害杂质将集中于柱状晶粒的“对生”会合面上, 这里就自然地成了薄弱环节(以下简称“对生弱面”), 成为脆断或裂纹的成因。为什么“线能量”减小时也不合格呢? 原来, 这时柱状晶粒固然不严重, 但仍不能消除“对生弱面”, 而且由于热作用弱, 焊缝冷却速度快, 反而又产生了一个新问题, 即这种钢在快冷时会出现“应变时效”而变脆。

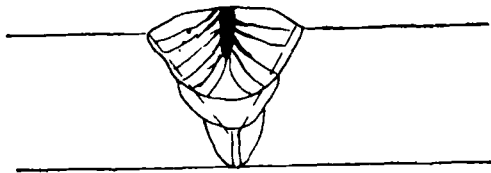


图 1 焊缝柱状晶粒的对生示意图

由此, 自然就提出一个问题: 既然“线能量”是其重要的因素, 其值偏大不行, 偏小也不行, 那总应该在中间存在一个最佳范围了。可是, 为什么在当前条件下, 找不到这样一个可控制的范围呢? 因此, 我们认为“线能量”的控制对于合格的焊缝可能是个必要条件, 但未必是充分条件。我们必须破除孤立地、静止地和片面地看待客观事物的形而上学观点, 认真分析, 认真实验, 找到不同于“多层单道焊”工艺的其它工艺方法。

“压道焊”的启示

毛主席说:“唯物辩证法的宇宙观主张从事物的内部、从一事物对他事物的关系去研究事物的发展, 即把事物的发展看做是事物内部的必然的自己的运动, 而每一事物的运动都和它的周围其他事物互相联系着和互相影响着”¹⁾。这就告诉我们, 必须结合具体条件进行具体的综合分析, 才能暴露过程中矛盾各方面的特

殊性, 从而暴露事物发展过程的本质。

在进一步试验研究中, 虽然多数焊工师傅所焊的试样仍不合格, 却有一位师傅的几个试样都达到了标准, 这是偶然的吗? 必然性寓于偶然性之中。这位师傅的工艺方法有一个突出的特点, 就是他采用了“压道焊”即“多层多道焊”, 也就是最后几层焊缝不是一道焊满, 而是分成几道焊满。这给我们启示很大。分析这种操作工艺, 发现它的优点是: 1. 每一道焊缝截面较小, 柱状晶粒来不及发展, 易于收到细化晶粒的效果。2. 即使在单个焊道上有“对生弱面”, 也避免了集

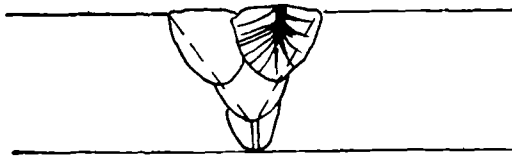


图 2 “压道焊”时“对生弱面”被分散示意图

于整个焊缝中心而成分散形式。金属组织照片也充分说明了这种效果, 已经看不到明显的柱状晶粒, 因而大大改善了焊缝的性能。

然而, 当其它焊工师傅都采用“压道焊”试验时, 却意外地没有取得应有效果。如果我们上面对“压道焊”工艺优点的分析是正确的话, 为什么这些师傅焊的试样仍然不合格呢? 经过认真的对比分析, 原来大家在

表 2 压道焊时“线能量”变化对质量的影响

预热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	层 次	规 范			焊后热处理 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	-100°C 冲击功 (公斤·米)	评 定
		电压 (伏)	电流 (安培)	线能量 (焦耳/ 厘米)			
100—120	1	15	100	6500	570 $^{\circ}\text{C}$ 缓冷	2.1	合格
	2	25	84	16400		1.2	
	3	25	84	14300		2.7	
	4	25	84	15500			
150—200	1	14	120	15300		5.4	合格
	2	25	95	9100		4.0	
	3	25	95	13000		3.2	
	4	25	95	13000			
125	1	14	105	13800		1.8	合格
	2	24	80	13000		5.2	
	3	24	80	13000		2.1	
150	1	15	125	14500		0.6	不合格
	2	18	85	7475	2.2		
	3	17	85	7900	3.2		
	4	17	85	7900			

1) 毛泽东,《矛盾论》,《毛泽东选集》一卷本,人民出版社,(1969),276。

操作工艺上虽然是相同了,但在“线能量”控制上却不一样,普遍用了偏小的“线能量”,最后两道焊缝均未超过 10,000 焦耳/厘米。这个现象看来与前面提到的这种钢在快冷时会出现“应变时效”而变脆的特点有着内在的联系。因此我们认识到,在多层单道焊时,仅靠控制“线能量”不能达到质量要求,并不意味着“线能量”不起作用,只是说,我们还没有注意到与“线能量”相互依存,相互联系的其他条件。当操作工艺由“单道焊”改变为“压道焊”后,“线能量”与合理的工艺方法适当配合,就创造了更有利的改善焊缝金属内部组织结构的条件。实验的数据证明,在“压道焊”时,“线能量”对低温冲击功的影响,的确是比较明显的。总结实验的结果,在我们的具体条件下,“线能量”在 12,000—15,000 焦耳/厘米的范围内比较合适。在这种条件下,终于使焊缝质量稳定地达到了施工要求(表 2)。

“退火焊道”工艺的应用

“根据于一定的思想、理论、计划、方案以从事于变革客观现实的实践,一次又一次地向前,人们对于客观现实的认识也就一次又一次地深化。”¹⁾通过一系列实验,采用“压道焊”并合理控制“线能量”,确实保证了施工的质量要求。但在实践中也发现,对于野外高空作业,特别是薄壁管的情况,“压道焊”还有操作不便的缺点,甚至还可能使焊道与焊道之间产生夹渣的缺陷,也会降低焊缝的质量。能不能在保留“压道焊”优点的基础上,研究制定一种更适合现场施工条件的更合理的工艺方案呢?

经过反复分析研究,我们认识到,“压道焊”只是一种工艺方式,它只能符合而绝不能违反“外因通过内因而起作用”²⁾的普遍规律。透过现象看本质,“压道焊”的特点,正是在“线能量”控制适当时,它的主要作用是改变了焊缝金属的内部组织结构,消除或减弱了粗大的柱状晶粒和“对生弱面”,使晶体细化,因而适应了低温工作条件对材料提出的要求。既然如此,我们能否通过别的途径,采取其它工艺方式而达到同样的改善焊缝金属的内部组织的目的呢?

前面已经提到,在多层单道焊时,后一层焊缝对前一层焊缝的再加热作用,实质上是一热处理过程,在一定程度上会使前一层焊缝的金属组织结构细化。问题是最后一层焊缝金属没有“再加热”的条件,因此,具有明显“对生弱面”的粗大柱状晶粒将一直保留到使用状态。那么,可否在多层单道焊时,对于最后一层焊缝金

属设法“再加热”一下呢?实验证明,用钨极氩弧焊在最后一层焊缝表面进行一次烧熔加热,是一种比较切实可行的方法。由于钨棒不熔化,在不加填充焊丝的情况下,只是起了“再加热”的作用,与一般热处理工艺中的“退火”作用相似。所不同的是,因为用电弧加热,所以表面有局部熔化,凝固后与原来焊缝有所区别,熔深较浅,“对立弱面”不显著,柱状晶粒较细,因此起到了改善焊缝性能的作用,这一道焊道一般称之为“退火焊道”。在一般常用的多层单道焊的基础上,采用“退火焊道”工艺后,果然达到了预期的设想,获得了满意的质量(见表 3)。试验时,我们是把“退火焊道”加在原焊缝的中心,如果加在原焊缝的一侧,类似于压道焊,效果会更好。

表 3 “退火焊道”工艺对低温冲击功的影响

预热温度 (°C)	层 次	规 范			后热温度 (°C)	-100°C 冲击功	评定
		电压 (伏)	电流 (安培)	线能量 (焦耳/ 厘米)			
100—110	1	14	120	11200	570°C 缓冷	1.7, 2.5,	合格
	2	17	90	11800			
	3	17	85	9000			
	4	13	110	10700			
100	1	12	95	6030	缓冷	2.6, 2.6,	合格
	2	17	93	10700			
	3	17	97	10300			
	4	14	130	6700			

就这样,经过我们和工人师傅、技术人员的共同努力,终于找到了焊接这种低温钢的比较切实可行的方法。当采用我们自己的工艺,把 3.5 镍钢的管线焊接完成后,经检查,质量全部达到了施工要求。工人师傅高兴地对我们工农兵学员说:“你们制定的这个工艺真好啊,大长了中国工人阶级的志气,你们是我们工人阶级欢迎的大学生。”我们深深感到,这个成绩的取得,靠的是毛主席教育革命路线的指引,靠的是工人阶级的领导。这些不容否定的教育革命的丰硕成果,是对于那些攻击工农兵学员“质量低”的奇谈怪论最好的驳斥。我们虽然毕业了,但我们决心永远投身到火热的三大革命运动中,坚持走与工农兵相结合的道路,为巩固无产阶级专政、建设社会主义,贡献我们的毕生力量。

1) 毛泽东,《实践论》,《毛泽东选集》一卷本,人民出版社,(1969), 272.

2) 毛泽东,《矛盾论》,《毛泽东选集》一卷本,人民出版社,(1969), 277.