35钢焊接新工艺

秦红英　刘宏亮　杨艳　徐斌荣

【摘要】本文通过对部件的结构形式、钢材的焊接性进行分析，选择合适的焊接方法、焊接材料、合理的焊接工艺及焊后热处理措施进行焊接评定试验。试验结果显示，采用埋弧焊可以保证产品质量，降低了生产成本及工人的劳动强度，改善了工作环境。

关键词：35钢；埋弧焊；试验

我公司所生产的一种套筒式部件，因径高比小而无法锻造，必须分段锻造后再采用焊接的方法连接。部件材质为35钢，尺寸为ϕ560mm×40mm、ϕ430mm×40mm，焊接结构如图1所示。

此部件要求焊缝100%超声波探伤，同时还须对内孔及外表面进行机械加工，因此不仅要避免在焊接过程中产生缺陷，同时还要保证焊件焊后的机械加工性能。

过去生产中一直采用焊条电弧焊，生产效率极低，并且一次探伤合格率不足20%，返修工作量大。为了克服这些缺点，改用埋弧焊，将部件放在滚轮架上进行焊接，可大大改善焊接质量，降低焊接成本。因此，我们对35钢的埋弧焊工艺进行了研究。

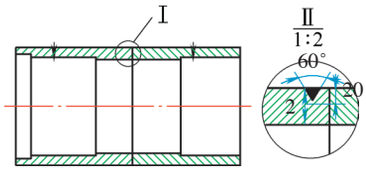

图1　焊接结构

1. 焊接性分析

35钢是一种中碳钢，具有一定的强度，良好的塑性，冷变形塑性高，并具有良好的切削加工性能。焊接时，当含碳量为规定含碳量的下限时，焊接性良好；反之，当含碳量为规定含碳量的上限时，焊接性不好。其化学成分和力学性能如表1所示。

基于上述焊接性分析，选择焊材时，既要满足接头的强度和使用条件，又要保证避免产生裂纹。焊接时还必须采取焊前预热措施，焊接过程中要合理控制道间温度，以降低接头的冷却速度，焊后需消除焊接残余应力，改善接头的组织和性能。

2. 焊接试验

（1）焊接设备及材料　埋弧焊是最常用的优质、高效的焊接方法之一。

本试验是将工件夹持在KTS—10t型滚筒体专用滚轮架上，采用环焊缝焊接专机ESAB LAF 1000 DC+A2—A6焊接过程控制器在1G位置上进行焊接。

采用的焊丝/焊剂为H10Mn2—F5A2/ϕ4mm。焊丝的化学成分及力学性能如表2所示。

（2）坡口形式及尺寸　试验时采用埋弧焊的工艺方案对规格为ϕ430mm×30mm×220mm的35钢钢管进行焊接。接头与坡口形式如图2所示，焊接层道数如图3所示。

表1　35钢的化学成分和力学性能

项目	化学成分（质量分数，%）								力学性能	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa
理论值	0.32～0.39	0.17～0.37	0.50～0.80	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.30	≤0.25	530	315
实测值	0.35	0.22	0.58	0.017	0.003	0.04	0.02	0.02	—	—

（3）焊接工艺　焊前需清除铁锈、油污及水分等杂质，并采用氧乙炔焰对焊缝及两侧75mm范围内预热150～200℃，焊接过程中层间温度≤260℃。

焊接过程采用多层多道、连续施焊，单层熔敷金属厚度不超过6mm，除第一层和盖面层外，其余各层焊后均用小锤锤击焊道，以降低残余应力。

焊后立即用氧乙炔中性火焰将焊缝处及两侧75mm范围内加热到200℃，用石棉带包住让其缓冷。并且将试件1在焊后进行调质处理（淬火：850℃×1.5h水冷；回火520℃×3h空冷）。

焊接参数如表3所示。

3. 试验结果

（1）探伤检测　按AWS D1.1第六节C部分对两个试件焊缝进行100%超声波检测，均合格。

（2）力学性能试验　焊缝的力学性能试验结果如表4所示。

力学性能试验显示：试件1和试件2拉伸试验、冲击试验均符合母材要求；侧弯完好，宏观腐蚀未发现裂纹等缺陷，焊缝金属与母材熔合良好。

试验结果表明，采用埋弧焊焊接，选用H10Mn2—F5A2/ϕ4mm的焊丝/焊剂，焊接电流在600A以下，热输入≤27kJ/cm，预热温度在150～200℃之间，可有效避免产生焊接裂纹，焊后调质处理均能获得性能较优的焊接接头。

4. 结语

（1）采用埋弧焊后，所焊接的部件一次探伤合格率为100%，无返修，确保了产品质量。

（2）所选用的焊接材料和焊接参数合理可行，获得了良好的接头性能。

（3）以自动焊接代替手工焊接，极大地提高了工作效率，焊接速度提高较原来提高了8倍。不仅降低了工人的劳动强度及生产成本，而且大大改善了工作环境。

表2　焊丝的化学成分和力学性能

化学成分（质量分数，%）								力学性能	
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa
≤0.12	1.50～1.90	≤0.070	≤0.035	≤0.035	≤0.20	≤0.30	≤0.35	490～650	≥400

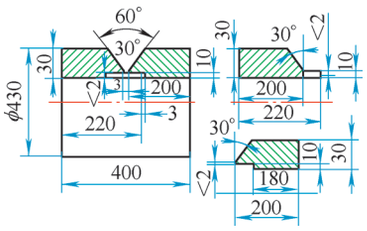

图2　接头与坡口形式

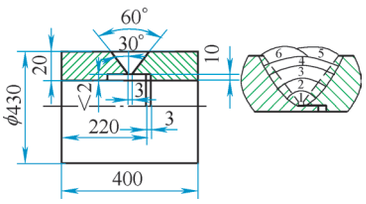

图3　焊接层道数

表3　焊接参数

编号	焊道或焊层	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}	热输入/J·cm^{-1}
试件1（焊后调质）	1～5	589	30	40	26.5
	6、7	580	30	39	26.8
试件2	1～4	590	30	40	26.5
	5、6	585	30	40	26.3

表4　力学性能试验结果

试验项目 \ 试件编号		试件1(焊后调质)	试件2
拉伸试验	抗拉强度/MPa	555、570	540、560
	断裂位置	各试样均断于母材，属于韧断	
弯曲(180°)		侧弯试验（4个试样），合格	
冲击试验/J（试验温度：20℃）	焊缝	161、159、158	145、160、147
	熔合线+1mm	127、136、130	118、138、128
	熔合线+5mm	68、79、156	99、92、90
宏观腐蚀试验		酸蚀检测未发现裂纹、焊缝金属相邻层之间以及焊缝金属与母材之间完全熔合 焊缝轮廓形状符合要求	

参考文献：

[1] 张文钺. 焊接冶金学（基本原理）[M]. 北京：机械工业出版社，2010.

作者简介：秦红英等，宝鸡石油机械有限责任公司。刘宏亮，国家油气钻井装备工程技术研究中心、宝鸡石油机械有限责任公司。

MW 20170709