

文章编号: 1000-4882(2013)S1-0185-05

海洋平台大壁厚铜镍管线的焊接工艺

汪 彬, 靳伟亮, 沈楠楠, 刘书慧, 闵祥军

(海洋石油工程(青岛)有限公司, 青岛 266520)

摘 要

在南海深水天然气开发项目LW3-1上部模块中, 壁厚为13mm的铜镍管线首次在海洋平台上服役。大壁厚铜镍管线的焊接和小壁厚管线的焊接差别较大, 没有成熟的经验可以遵循, 焊接难度较大。试验采用钨极氩弧焊(GTAW)焊接工艺, 焊道背面采用氩气的保护, 在合适的电流、电压下最终获得了良好的焊缝接头, 各项性能指标符合标准和规格书要求。对大管径大壁厚铜镍管线的焊接工艺进行了研究和开发, 并对背面保护情况以及容易产生的缺陷进行分析。该工艺已在南海深水天然气LW3-1项目中得到应用。

关 键 词: 铜镍管线; 大壁厚; 背面保护; 南海深水

0 引 言

铜镍合金具备良好的耐腐蚀性, 尤其能耐高速流动的污染海水的腐蚀, 有良好的抗腐蚀能力。铜镍管线取代传统的镀锌钢管以后, 有效地减轻了管线质量, 提高了使用年限。在海洋平台的污水处理中, Cu-Ni 管线应用十分广泛^[1-2]。不过到目前为止, 在海洋工程中应用的铜镍管线大部分都是管径 2 英寸左右, 壁厚在 3~5mm 之间的小管。而在南海深水天然气开发项目 LW3-1 上部模块中, 首次涉及到了壁厚为 13mm、管径为 22 英寸的铜镍管线。

铜镍合金管焊接工艺难度较大, 焊接时易产生气孔、夹渣、氧化等缺陷^[3], 对焊接质量要求很高。本文结合海洋石油工程(青岛)公司管线焊接的施工特点, 对这种规格的铜镍管线的焊接性进行了研究, 采用壁厚 13mm、管径 10 英寸的铜镍管线进行了焊接工艺评定实验, 按照 ASME IX、以及 ASME B31.3 标准和业主规格书要求进行理化性能试验, 最终确定生产所采用的焊接工艺。

1 焊接性分析

项目中铜镍管线材质为 ASTM B466 C70600, 最大壁厚 13mm。试验采用的规格为 $\Phi 270\text{mm} \times 13\text{mm}$, 其化学成分如表 1 所示, 力学性能如表 2 所示。

表 1 C70600 化学成分 (%)

元素	Ni+Co	Fe	Mn	Pb	S	C	Zn	P	Cu
成分	9.72	1.72	0.835	<0.01	<0.005	<0.01	<0.02	<0.006	余量

表 2 C70600 力学性能

母材牌号	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa
ASTM B466 C70600	330	125

C70600与碳钢相比, 具有较大的线膨胀系数, 而热导率较小, 导热性较好。而且, 熔融状态下的

铜镍合金易被空气中的氧侵蚀,而焊缝中的一些杂质在熔池凝固的过程中和Ni形成低熔点共晶,容易产生热裂纹。另外,铜镍合金在高温液态时, O_2 、 CO_2 和 H_2 等气体的溶解度较大,冷却时溶解度又明显减少。而焊缝金属的冷却速度比较快,致使熔池中的气体来不及逸出,极易形成气孔。因此,从防止焊接热裂纹和气孔等方面入手是控制镍合金焊接质量的关键。

2 试验方法与焊接材料

由于该材料易被氧化,而且具有热裂纹敏感性,所以选择热输入相对较小的钨极氩弧焊(GTAW),保护气为Ar,纯度99.99%,为防止根部背面氧化,在焊接根部和热焊道的时候,采用同样纯度的氩气进行背面保护。焊丝选用林肯公司的LNT CuNi30,焊丝的化学成分见表3,该焊丝Ni含量较高,可以防止焊后焊缝金属强度较低,能有效强化焊缝金属,并且能提高焊缝的抗海水腐蚀性能。

表3 LNT CuNi30 化学成分

元素	Ni+Co	Ti	Mn	Pb	Si	C	Fe	P	S	Cu+Ag
成分	31.6	0.31	0.72	0.00	0.03	0.02	0.55	0.00	0.00	66.60

2.1 焊前准备

试验管采用机械方法加工坡口,坡口形式如图1所示。坡口表面要保证光滑、无毛刺、无油污,坡口间隙在2~4mm。

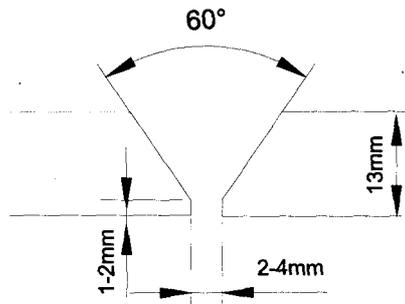


图1 坡口详图

试验管两端用密封胶带封堵,留有进气口,将进气管插入进气口,并将间隙密封。进气管深入管内的部分不易太长,50~80mm为宜。充气时要注意气流量不易太大,开始时以15L/min即可,以免在管内形成乱流。在另一端封堵开始胀鼓的时候,扎出几个出气孔,将管内的空气排出,逐渐增加气流量至25L/min。使用氧气测试仪检测管内氧气含量,低于70PPM时,才可以准备开始焊接。图2为充氩示意图。

2.2 焊接

铜镍管线焊接不需要预热,根据情况用烤把除去水汽即可开始焊接。由于试验管壁厚较大,而且铜镍合金的导热很快,比起小管径小壁厚的管线,需要更大的电流和电压才能保证形成稳定的熔池。本试验具体工艺参数见表4。

为避免焊缝金属氧化,控制粗晶形成,减少内应力变形和合金元素烧损,防止产生热裂纹,焊接过程中要严格控制层间温度,不要超过150℃,热输入要控制在1.0~2.0kJ/mm之间。

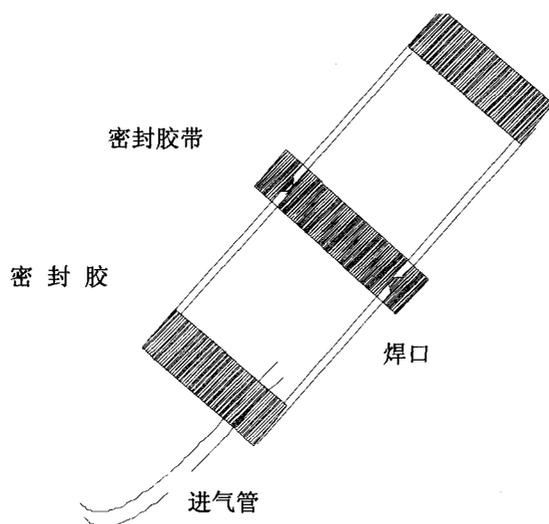


图2 背面氩气保护示意图

表4 工艺参数表

层数	焊接方法	焊丝牌号	极性	电流/A	电压/V	气体流速/(L/min)
打底	GTAW	LNT CuNi30	DCSP	110~160	11~14	15~20
填充/盖面	GTAW	LNT CuNi30	DCSP	120~180	11~14	15~20

2.3 试验结果

焊接完成24小时后,按照要求进行VI、PT、RT检测。焊缝成型美观,熔合良好,没有气孔、裂纹等缺陷。按照ASME IX、以及ASME B31.3标准和业主规格书要求进行理化性能试验,拉伸试件均断裂在母材部分,测得抗拉强度分别为350MPa和355MPa,高于母材强度(母材强度为330MPa,见表2)。侧弯试件采用38.1mm直径的压头,压弯180°没有缺陷,全部符合标准和规格书要求。

取焊缝横截面,用砂纸精磨、磨光,侵蚀剂侵蚀后呈现清晰横断面,填充金属与母材完全融合,无裂纹。硬度测试在距离上下表面各2mm以及中心线处取点,母材、热影响区、焊缝每区域各打三点,具体硬度值见表5。

表5 焊缝接头硬度值(HV10)

层面	母材			热影响区			焊缝			热影响区			母材		
	点1	点2	点3	点1	点2	点3	点1	点2	点3	点1	点2	点3	点1	点2	点3
上表面	122	125	124	109	118	113	127	128	122	112	111	114	115	120	117
中心面	126	124	126	117	120	114	148	134	133	119	120	123	126	123	124
下表面	143	148	133	131	125	148	140	140	143	125	128	123	125	127	130

3 应用

该工艺目前正在南海深水天然气开发项目荔湾LW3-1组块项目中应用,按照标准要求,该工艺可以支持5~26mm的铜镍管线的焊接。

3.1 坡口准备与背面保护

在实际工程应用中,首先要注意将坡口打磨干净,去除油污,必要时要用丙酮清洗。然后最重要的是要注意根部焊道的背面保护。工程应用不同于试验,为了节约成本,避免氩气的浪费,一般不会将整个管道都充满氩气,而是采用水溶性的塞堵或密封胶将焊道两边的管线各自堵住,焊道也用胶带封住,背面保护气体符合要求时才可以开始焊接,为防止氩气流失,焊接时边焊边揭胶带。背面充

氩示意图如图 3 所示。

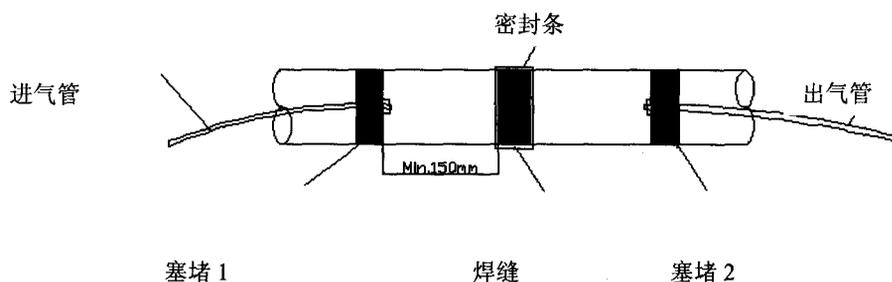


图 3 工程应用中背面充氩示意图

3.2 常见焊接缺陷产生及预防

在现场焊接过程中易出现以下缺陷。

(1) 根部焊道背面氧化。充足的背面保护气体可使根部焊道不受氧化，如呈亮褐色时，尚为合格。若气流量不充足会引起根部焊道表面氧化，并呈蓝色。焊前应尽量用氩气排走管内空气，用胶带密封好管上各处缝隙，避免出现氧化现象。

(2) 气孔、未焊透、未熔合。因为壁厚较大，传热较快，所以熔池形成困难并且流动性较差，容易造成未焊透、未熔合、气孔等缺陷。在操作上要注意调整适当的焊接电流和焊接速度，将焊接接头处磨成斜坡，从斜坡处引弧，待熔池宽度与前道焊缝宽度一致，再向前移动焊接区，可有效避免未焊透、未熔合。此外，焊接中断时，焊丝端头在室温时脱离氩气保护，在空气中被氧化，再次送丝时被氧化的焊丝端头进入焊缝熔池，易产生气孔、夹渣缺陷^[4]，因此焊前应注意去掉被氧化的焊丝端头。

(3) 内凹：在封底过程中，由于管内压力较高而容易出现根部焊道内部余高不足的现象、装配不好、电弧较长、两侧氩气保护不足或热量不集中都可能造成内凹。在施工过程中应适当增加送丝量并控制送丝力度来避免内凹。

4 结 论

(1) 选用低热输入的 GTAW 工艺，选取电流在 110~180A 之间，电压在 11~14V 之间，可以实现大壁厚铜镍管线的良好连接，表面成型美观光滑，焊缝性能优良。

(2) 焊前要做好焊道的清洁工作，要保证充分的背面保护以防止根部焊道背面氧化。焊前不需预热，但要控制层间温度在 150℃ 以内。

(3) 工程应用中，容易产生根部内凹、氧化以及气孔、未焊透、熔合不好等缺陷，应采取相应措施加以避免。

参 考 文 献

- [1] 樊铭林, 田玉吉, 程尚华, 李大吉. UNS C70600-O60 铜镍管的焊接工艺评定[J]. 现代焊接, 2010(6): 34-35.
- [2] 姜学栋. CuNi10Fe 合金管 TIG 焊焊接工艺分析[J]. 南通航运职业技术学院学报[J], 2010, 12, 9(4): 36-39.
- [3] 张永光, 张俊成, 刘传波. 铜镍合金管—板密封焊的气孔问题及解决措施[J]. 焊接, 1999(4): 20-22.
- [4] 邹玉杰, 船用镍铜铁合金管的焊接工艺[J]. 机械工程师, 2007(3): 125-126.

Welding Procedure for Piping of Copper-Nickel Alloys with High Thickness

WANG Bin, JIN Weiliang, SHEN Nannan, LIU Shuhui, MIN Xiangjun
(Offshore Oil Engineering (QING DAO) CO., Ltd., Qingdao 266520, China)

Abstract

At the project of NHDW (LW3-1), the copper-nickel piping with thickness of 13mm was served at the platform first time. With many differences from the welding of the thinner one, there is no experience for the welding of copper-nickel piping with high thickness. In the test, GTAW was used to join copper-nickel alloys piping with 13mm thickness, and with sufficient backing protect form Argon performed, high performance joint was attained, which was up to the requirement of both the standard and specification. Then welding procedure and weldability of this material was investigated, the back shielding and disfigurement easily to happen were analyzed. The procedure now is used in the NHDW (LW3-1) Offshore Oil Field development project.

Key words: copper-nickel piping; high thickness; backing shielding; NH deep water

作者简介

汪彬 男, 1986年生, 硕士, 助理工程师。从事海洋工程焊接工艺设计开发与研究工作。

靳伟亮 男, 1981年生, 学士, 工程师。从事海洋工程焊接工艺设计开发与研究工作。

沈楠楠 男, 1982年生, 学士, 工程师。从事海洋工程焊接工艺设计开发与研究工作。

刘书慧 男, 1986年生, 学士, 助理工程师。从事海洋工程焊接工艺设计开发与研究工作。

闵祥军 男, 1983年生, 硕士, 工程师。从事海洋工程焊接工艺设计开发与研究工作。