



镍合金复合管道熔化极（脉冲）MIG焊接操作工艺

张之万

【摘要】 本文根据2015年我公司参与普光气田镍合金复合管道焊接施工前期，焊接工艺评定报告及新工艺开发熔化极（脉冲）MIG。介绍镍基复合管道施焊过程中，通过改善坡口形式，控制碳含量熔入复层，保证复层耐腐蚀能力，以确保新工艺开发熔化极（脉冲）MIG及焊接工艺评定成功应用。

关键词： 复合管道坡口复层剥离；焊接；新工艺开发熔化极（脉冲）MIG

由于国内外易于开发的优质油气资源越来越少，伴随着高含硫油气的大量开采炼制，在石油化工装置中，传统的耐蚀材料性能已难以满足生产工艺的需要，而大量采用高耐蚀合金材料将会造成生产成本的加大和稀缺资源的浪费。因此，这种以采用衬里复合制造技术为代表的双金属复合管便应运而生。

1. 镍基合金复合材料管道的焊接性

本工艺使用大直径双金属复合管规格 $\phi 508\text{mm} \times (24+3)\text{mm}$ ，复层材料为N08825，厚度为3mm；基层材料为Q245R，厚度为24mm，这两种钢材的化学成分、金相组织、物理性能及力学性能都有较大的差别。由于碳含量大大降低了其焊接性能，增加了晶间腐蚀试验难度，所以在焊接过程中必须严格控制碳含量。我们在新工艺开发及焊接工艺评

定前进行了充分的试验，掌握了其焊接性能，制订了合理的复合层焊接工艺，从而获得合格的熔化极（脉冲）MIG焊接工艺及满足使用性能的焊接接头。化学成分如表1所示。

2. 焊接设备

手工氩弧焊机采用唐山松下生产的YC-400TX，如图1所示。熔化极（脉冲）MIG焊机，采用山东奥太生产的MIG-500及江苏昆山安意源生产的CH-500Pro，如图2所示。

3. 焊接工艺

（1）焊接工艺 打底焊接方法采用钨极氩弧焊，填充盖面采用熔化极（脉冲）MIG焊

接。焊接位置采用(5G)，焊接方向向上。电源种类(DC)、电源极性EN/EP。打底焊填充金属牌号INCONEL625($\phi 2.4\text{mm}$)，填充盖面焊丝牌号INCONEL625($\phi 1.14\text{mm}$)。气体保护采用(80%Ar+20%He)。混合气体配比如图3所示。

（2）坡口形式 采用分层式坡口，坡口采用机械加工，坡口角度为 $65^\circ \sim 70^\circ$ 。复层与基层之间剥离2~3mm坡口表面平滑。坡口加工后经机械打磨及丙酮清洗外观检查合格后方可组对机械铰刀打磨。组对之前用丙酮严格清洗表面污垢。坡口剥离如图4所示。

（3）组对及定位焊 组对时

表1 化学成分（质量分数） (%)

元素	Ni	Cr	Fe	M	C	Cu	Si	S	Al	Ti	Mo
UNS N08825	38.0	19.5	≥	≤1.0	≤	1.5	≤0.5	≤0.03	≤0.2	0.6	2.5
	~46.0	~23.5	22.0		0.05	~3.0				~1.2	~3.5
元素	C	M	Si	P	S	Ca		O2	CE		
Q245R	≤0.2	1.2~1.35	0.2~0.6	≤0.015	≤0.004	0.0015~0.003		≤0.0025	≤0.43		



图1 手工氩弧焊机



图2 熔化极(脉冲)MIG焊机



图3 混合气体配比

以管线内壁的复层镍合金钢板为基准对齐, 严禁强力组对和大锤敲击。定位焊使用正式焊接用焊丝牌号INCONEL625($\phi 2.4\text{mm}$)进行定位焊。焊缝长度20~30 mm, 间距400 mm, 正式焊接前将定位焊缝用机械打磨出斜坡, 以利于接头。

(4) 焊接 焊接前我们用海绵、钢丝等自制大口径管道充氩封堵装置, 充氩封堵装置具有易制作、效果好、可重复利用的优点。焊接过程中层道间温度采用红外线测温仪进行控制。

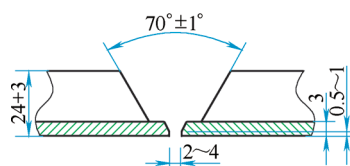


图4 坡口剥离

打底焊接工艺要点: 自管子坡口6点钟位置引燃电弧, 开始向前施焊, 焊接过程中要采用小热输入、快速焊, 摇把摆动。焊接时, 需先用电弧将接头处熔出熔孔, 再向熔池中送焊丝, 送焊丝时, 采用点送丝方式, 两侧一边一点, 均匀送进焊丝, 形成焊缝。手握焊枪摇把焊接时, 手拿焊枪缓慢左右摆动向前移动, 而不是用力握把全力向前移动, 用力握把全力向前移动反而会使焊枪溜至熔池以外, 造成熔池瞬间冷却, 引起热裂纹及熔池氧化等缺陷。焊缝打底正背面成形如图5、图6所示。

焊接6点钟位置点送丝时, 应将焊丝送至坡口里面, 以保证6点位置仰脸部位背面穿透没有

内凹焊接缺陷。4~5点钟位置焊接时, 如果操作不当容易造成整管下坠, 故应注意手腕与胳膊肘的配合运用。胳膊肘是向前送进, 手腕是左右摆动。焊接1点至3点钟位置时, 电弧和点送丝可以稍往坡口边缘移动, 防止焊缝背面穿透过高。

在打底最后接头收弧时, 应适当延长电弧燃烧时间, 保证背面充分熔合。在临熄弧前应将弧坑填满, 防止弧坑缺陷, 焊接弧坑裂纹如图7所示。

焊工在打底层施焊过程中, 焊缝厚度应严格控制在剥离坡口3mm范围以内, 控制复层焊缝碳含量的增加。焊接过程中应严格按焊接工艺指导书操作, 控制好焊接参数及相应要求。熄弧时尽量采用衰减功能熄弧, 尽量把熔池带到母材上去熄弧。防止产生焊接弧坑裂纹。焊接参数如表2所示。

填充、盖面焊接工艺要点: 熔化极脉冲MIG焊熔深较浅, 焊接过程中我们采用反月牙运弧

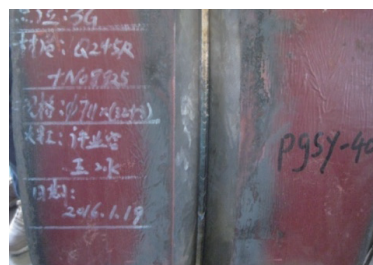


图5 焊缝打底正面成形



图6 焊缝打底背面成形



图7 焊接弧坑裂纹

法，反月牙运弧法时两边稍加停顿，保证两边夹角充分熔合。6点钟位置在保证两边充分熔合的情况下，尽量反月牙快速向前施焊。焊枪倾角 90° ，转角 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。由于熔化极MIG脉冲焊接本身熔敷系数高，所以应防止焊接速度过慢引起下坠。6点位置也是飞溅下坠最严重位置，注意观察导电嘴与喷嘴之间大颗粒飞溅，如有大颗粒飞溅，及时停弧处理，避免导电嘴联电烧损。4点、5点钟位置同氩弧焊一样手腕胳膊肘配合稳定的向前施焊，焊枪倾角 80° ，转角 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。4点、5点钟位置是全位置焊接中最为难掌握的位置，站位调整手腕和胳膊配合，稳定向前施焊。3点钟位置、焊枪倾角 85° ，转角 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ，注意焊缝与母材之间的夹角，焊枪摆到夹角处时稍加停留，以便于夹角充分熔合。1点钟位置由于熔化极MIG脉冲焊接熔深较浅，铁液容易浮在焊缝表面。（焊枪倾角 90° ，转角 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ）所以焊枪角度稍微顶着熔池向前施焊。填充时根据坡口的大小采用多层多道焊。焊枪角度如图8所示

熔化极脉冲MIG焊时，由于熔池温度过高，焊缝颜色容易变乌，所以应采取多层多道焊，采用小热输入，快速焊可以克服。熔化极脉冲MIG焊焊枪导电嘴比

较容易烧损，为避免焊枪导电嘴烧损，焊丝操作箱应放置平整，防止焊丝成圈状，烧损焊枪导电嘴。另外，注意平常焊枪飞溅清理，避免焊枪导电嘴烧损。由于采用熔化极脉冲MIG焊接镍基复合管道对坡口洁面有较高要求，所以每层都要用机械打磨光亮才能保证焊接工艺要求。

焊速应合适，不宜过慢，以每层 $\leq 4\text{ mm/min}$ 为宜，以避免高温停留时间增长，影响焊缝的力学性能；但焊速也不宜过快，以免造成未熔合。

焊丝伸出长度也是影响焊接稳定燃烧因素之一，伸出长度过大时，焊丝容易发生过热而成段熔断，飞溅严重，使气体保护效果变差，焊接过程不稳定，焊缝成形不良；反之伸出长度过小，势必缩短喷嘴与焊件间距离，电弧不仅易烧导电嘴，还会影响焊工视线，所以伸出长度应严格控制在 $10\sim 15\text{ mm}$ 。

盖面焊焊接时，焊前应前一层凸起不平的地方磨平。焊枪摆动的幅度比填充层要大一些，摆动时幅度应一致，速度要均

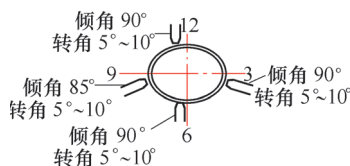


图8 焊枪角度

表2 焊接参数

序号	焊接方法	填充金属牌号	焊材直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹
1	GTAW	INCONEL625	2.4	80-130	8~14	4~10
2	GTAW	INCONEL625	2.4	130-160	8~14	5~12
3~8	GMAW	INCONEL625	1.14	100-150	18~26	10~20
9	GMAW	INCONEL625	1.14	100~130	18~26	10~20

匀，要特别注意坡口两侧熔化情况。保证熔池边缘超过坡口两侧棱边并 $\leq 2\text{ mm}$ ，以避免咬边。在焊接完每一层时使用红外线测温仪测定一下层间温度，每一层焊接完毕后，认真清理好焊缝两侧飞溅以及夹杂物。

为便于盖面，找平坡口余量 $1\sim 1.5\text{ mm}$ ，这样盖面可以看清坡口，为盖面创造良好的条件。焊缝原始宽度较宽，盖面采用多道焊，第一道坡口边缘至整体焊道的最高点，第三道熔合线压第二道最高点。分道焊热输入小，并排紧密焊道成形优良。在焊接过程中焊缝厚度不要太厚，太厚熔合性不好会导致温度过高影响焊缝质量，焊缝外观成形如图9所示。



图9 焊缝外观

4. 结语

熔化极脉冲MIG焊焊接效率高，成形良好。经验证的焊接工艺评定，使焊接质量得到保证，可以在项目施工中推广应用。

作者简介：张之万，中国石化集团第十建设有限公司。