

新型大电流空冷 MAG 焊枪研制

杨战利，张善保，杨永波，唐麒龙，赵德民

(机械科学研究院哈尔滨焊接研究所, 哈尔滨 150080)

摘 要：对螺旋埋弧焊管预精焊生产中 MAG 预焊时飞溅易粘附喷嘴和焊枪以及焊枪清理困难的现象进行了分析。介绍了集防粘渣功能和自身旋转清枪功能于一体的新型大电流空冷 MAG 焊枪的研制，新型 MAG 焊枪喷嘴采用陶瓷外壁复合导热性良好的铜合金材料，这种复合喷嘴不仅可以减少飞溅在喷嘴上的粘附量，而且使陶瓷内芯的抗冲击性能大幅度提高，延长了喷嘴的使用寿命。金属陶瓷复合喷嘴的采用，使新型 MAG 焊枪在 600~1 500 A 大电流条件下连续工作而不用水冷系统。同时，在焊枪结构设计中引入了环形清渣刀和旋转过渡套，解决了连续生产中喷嘴粘渣和清渣问题。新型大电流空冷 MAG 焊枪经现场使用证明，螺旋埋弧焊管生产效率提高了 30% 以上。

关键词：焊枪；飞溅；螺旋焊管；MAG 焊

中图分类号 :TG435.91

文献标志码 :B

文章编号 :1001-3938(2012)02-0027-03

Development of New Type High-current Air Cooling MAG Welding Torch

YANG Zhan-li, ZHANG Shan-bao, YANG Yong-bo, TANG Qi-long, ZHAO De-min

(Harbin Welding Institute of China Academy of Machinery Science & Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: In this article, it analyzed some phenomena in MAG welding of SAWH pipe two-step welding, such as the spatter easily adhere to the nozzle, and it is difficult to clean the welding torch. It also introduced the development of a new type high-current air cooling MAG welding torch, which can prevent spatter adhering and be cleaned by itself rotating. The new type MAG welding torch has a nozzle made by copper alloyed material with ceramic outer wall that shows good thermal conductivity performance, it not only decrease spatter adhesion, but also greatly increase impact resistance performance, and prolong useful life of nozzle. Site service proved that this kind of MAG welding torch can run continuously at 600~1 500 A current without water cooling system, the production efficiency of SAWH pipe is increased by above 30%.

Key words: welding torch; SAWH pipe; MAG welding

0 前 言

随着油气产业的迅猛发展，油气需求呈高速增长态势。为了提高螺旋埋弧焊管的生产效率及质量，中石油、中石化下属的一些大型的钢管公司开始兴建螺旋埋弧焊管预精焊（二步法）生产线。2008年10月30日，国内首条螺旋埋弧钢管预精焊生产线建成投产，填补了国内没有预精焊工艺的空白。

螺旋埋弧焊管预精焊生产中的预焊采用连续、粗丝、大电流的高速 MAG 焊方式。在焊接过程中，会产生大量飞溅，容易粘附在喷嘴内部。

一次持续时间稍长的连续焊接，就会造成喷嘴堵塞，轻则因保护气体对焊接区域保护不良产生气孔，重则会使电弧失稳，迫使焊接过程中断，严重影响螺旋焊管的焊接生产效率。因此，设计一种飞溅粘附量少、清渣（飞溅）容易的焊枪对螺旋焊管生产效率的提高具有十分重要的意义。

1 常规焊枪存在问题分析

1.1 喷嘴容易粘渣（飞溅）

笔者认为炙热的液态金属飞溅粘附喷嘴在原

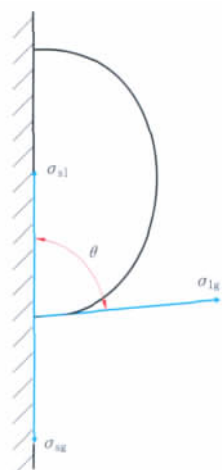


图1 飞溅粘附喷嘴原理示意图

理上相当于变相的钎焊。图1所示为飞溅粘附喷嘴原理示意图,图中 σ_{sg} 为固相-气相界面能, σ_{sl} 为固相-液相界面能, σ_{lg} 为液相-气相界面能, θ 为润湿角。根据杨氏方程:

$$\cos\theta = (\sigma_{sg} - \sigma_{sl}) / \sigma_{lg} \quad (1)$$

可知飞溅在喷嘴上的附着力大小取决于飞溅和喷嘴的接触面积大小,接触面积与润湿角 θ 有关。润湿角 θ 越小,促进飞溅液态金属在喷嘴上铺展的力就越大,因而单位体积飞溅颗粒与喷嘴达到分子间结合程度的接触面积就越大,飞溅在喷嘴上的附着力就越大,飞溅也就越容易粘附在喷嘴。

目前,大电流MAG焊枪多采用水冷铜质喷嘴。由于不同金属之间部分微观晶格结构具有相似性,使得飞溅与喷嘴材料之间的润湿角较小,液态飞溅容易在喷嘴上铺展,两者之间产生的结合力能够克服飞溅自身重力的影响而粘附在喷嘴,这就是喷嘴容易粘渣(飞溅)的最重要原因。

此外,在电弧力等一系列力的作用下,飞溅飞向喷嘴时保持了较高的速度。在飞溅和喷嘴接触的瞬间,会对喷嘴产生一个相当大的冲击力,在此冲击力的影响下,飞溅更容易在喷嘴上铺展,进而粘附在喷嘴。

因此,笔者认为飞溅之所以容易粘附在喷嘴,主要是由于飞溅与喷嘴材料之间润湿角较小,容易在喷嘴内壁铺展,从而使飞溅和喷嘴之间产生的结合力克服了飞溅自身重力的影响,造成飞溅在喷嘴上的粘附。

1.2 焊枪清理困难

MAG焊在焊接领域中应用越来越广泛,但

是由于焊接过程中产生的飞溅容易粘附在喷嘴上,清理非常不便。

以下列举了几种不同焊接场合焊枪的清理方法。

(1) 机器人焊接。采用专用的外部清枪器进行清理。机器人焊接工作台上,一般配备一台专用清枪器,焊接一定时间后,机器人将焊枪伸到清枪器内,清枪器的专用刀具将焊枪内部飞溅物清除干净。这种清枪方式方便,省时,而且又实现了自动化,是理想的焊枪清理方法,但它仅适用于机器人焊接,使用场合限制非常大。

(2) 手工半自动焊接。采用人工清理。由于所用焊枪为空冷焊枪,焊接一定时间后,喷嘴很热,焊工采用自制工具对内部进行刮渣,或等焊枪冷却后把喷嘴卸下,并通过敲打喷嘴来清理焊枪喷嘴内的飞溅物,清理过程费时费力,影响工作效率,也容易使喷嘴变形而损坏。

(3) 专机自动焊接。同样采用人工清理。专机自动焊接多为长时间连续焊接,飞溅粘附量加大,清理十分困难。在螺旋钢管预焊工序上,采用MAG焊连续不间断生产,喷嘴粘渣严重。工人通常利用自制工具进行刮渣处理,操作非常不便。而且飞溅渣环上部较薄下部较厚,难以清理干净。当通过敲打喷嘴和刮渣方式不凑效时,必须将焊枪整体拆下,或将冷却水管拆掉后将喷嘴拆下进行清理,严重影响焊接生产效率。

通过对不同焊接场合下的清枪方法对比可以看出,除机器人焊接场合焊枪能够得到良好的清理外,清枪困难是常规焊枪存在的一个共性难题,严重影响焊接生产效率。

2 新型焊枪设计

为了解决常规焊枪存在的上述问题,设计了一种新型大电流空冷MAG焊枪以替代常规的水冷MAG焊枪,新型焊枪结构如图2所示。

为了减少单位时间内飞溅在喷嘴上的粘附量,笔者选择与飞溅液态金属难润湿的材料,即陶瓷材料来替代常规焊枪的水冷紫铜喷嘴,使焊枪一次连续工作时间得到了很大的延长。但是由于陶瓷材料脆性非常大,而韧性几乎为零,使其抗冲击性能很差,这些属性严重制约着陶瓷材料

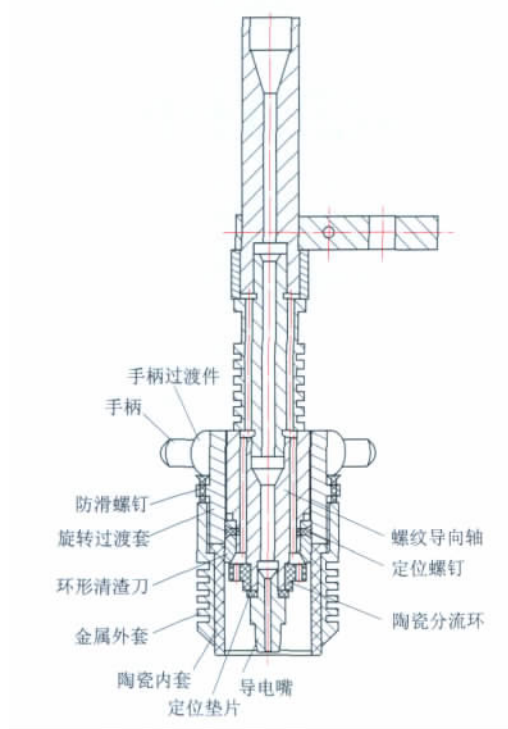


图2 新型大电流空冷 MAG 焊枪

在焊枪喷嘴设计中的应用。

为了防止陶瓷喷嘴受到不均匀热冲击或人为碰撞而损坏，通过过盈方式在陶瓷喷嘴外壁上增加一个金属复合层，使陶瓷喷嘴始终受到一个由外向内的均匀压应力。因陶瓷抵抗压应力的能力远远大于其抵抗拉应力的能力，这种结构的复合喷嘴可以大幅度提高陶瓷内芯的抗冲击性能，延长喷嘴的使用寿命。此外，为了将陶瓷内芯上积存的热量散发出去，选择导热性良好的铜合金材料为过盈金属层的材料。同时为了增加散热面积，过盈金属层设计成环形散热片形式。金属陶瓷复合喷嘴的采用使新型 MAG 焊枪可以在 600~1 500 A 这样的大电流条件下连续工作而不用水冷系统。由于陶瓷材料防粘渣效果显著，使焊枪的一次连续焊接生产时间大幅度延长。

为了解决焊枪清理困难问题，在焊枪结构设计中引入了环形清渣刀和旋转过渡套 2 个重要结构，如图 2 所示。当焊枪喷嘴处粘附很多飞溅需要进行清理时，只需旋转手柄，旋转过渡套就会带着复合喷嘴沿着枪体的导向螺纹作螺旋上升运动，此时环形清渣刀会对粘附在喷嘴上的飞溅施加向下的旋转推力，将焊枪清理干净。清枪完成后，旋转手柄使喷嘴至焊接位置即可。

3 焊枪的试用

为了考察改进后焊枪的使用性能，笔者将新型大电流空冷 MAG 焊枪和原有的常规水冷 MAG 焊枪在中油宝世顺(秦皇岛)钢管有限公司螺旋钢管预焊工序中进行了生产试用对比试验。试验过程采用连续不间断焊接方式，试验过程中采用的焊接材料和焊接工艺参数见表 1。试验结果见表 2，焊枪生产试用对比试验所焊钢管为西气东输二线主干线用管，管径规格 $\phi 1219\text{ mm}\times 18.4\text{ mm}$ ，钢级 X80。

表1 焊接工艺参数

焊接 电流/A	焊接 电压/V	焊接速度/ (m/min)	焊丝直 径/mm	焊丝干 伸长/mm	气体 比例/%	气体 流量/ (L/min)
600~720	21~23	3.5	3.2	30	Ar:80 CO ₂ :20	70~90

表2 焊枪使用结果

焊枪类型	连续工作 时间/min	粘渣距焊缝 高度/mm	清渣时 间/min	钢管产量 (8 h)/根
水冷全铜 焊枪	36~40	0~1	15~20	36~40
空冷复合 焊枪	80~120	10~15	0.42~0.58	45~49

常规 MAG 焊枪为全铜质一级水冷焊枪。从表 2 中可以看出，常规水冷 MAG 焊枪一次连续焊接生产时间不足 40 min，飞溅渣环就与焊缝接触，严重影响实际焊接生产过程稳定性和焊缝成形，必须停车清理焊枪上的粘渣(飞溅)。而平均清渣时间为 15~20 min，2~3 天必须卸枪清理一次，卸枪清理时间会更长。而使用新型焊枪一次连续焊接生产时间达到 120 min，飞溅粘渣距焊缝的高度为 10~15 mm，不会与钢带或焊接熔池接触而产生短路现象。同时，其清渣时间仅为 30 s 左右，连续使用半个月甚至更长时间不用卸枪清理。

在钢管生产效率方面，采用常规焊枪一班(8 h)钢管产量为 36~40 根，而新型焊枪一班钢管产量达到了 49 根左右，生产效率提高 20%左右。

4 结 语

目前新型焊枪也已经在螺旋管预焊工序中推广应用，使钢管生产效率得到很大提高。实际生

(下转第 33 页)

从表 2 可以看出,焊缝夹杂物为氧化铁。图 6 为焊缝流线照片,从图 6 也能看到由于焊缝夹杂物被腐蚀掉以后焊缝留下的裂纹,a 处为融合线,b 处为流线。

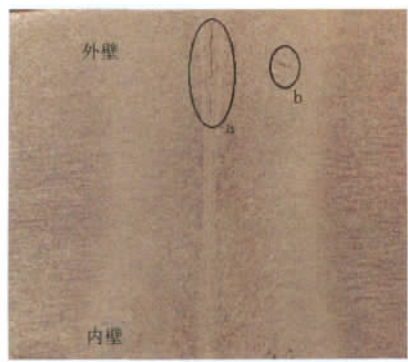


图 6 焊缝流线照片

由流线分析得到内外壁的流线夹角相差近 30° ,中心距达到 1.5 mm,显然由于挤压力的严重不平衡,内壁偏大而外壁偏小,外壁挤压力不足使一些氧化铁的熔融物没有完全挤出,滞留在焊缝中,严重时会从壁厚方向断开造成内壁或外壁出现裂纹。

3.4 焊接速度对焊接质量的影响

焊接速度提高时,可以减少氧化物夹杂的生成,缩短热影响区,有利于从熔融坡口挤出氧化层;反之,当焊接速度很低时,热影响区变宽,会产生较大的焊接毛刺,氧化层增厚,焊缝质量变差。一般来说,对于 HFW 焊管焊接速度越高焊接质量越好,可以减少焊接滴瘤产生,但是对于厚壁管生产应适当控制焊接速度,以增加加热

时间,保证焊接熔融热量。

4 结 语

影响 HFW 焊管焊接质量的因素是多方面的,根据材质和壁厚等因素,在生产中不断总结、改进、优化焊接工艺参数,从而改善焊接质量。HFW 焊管生产过程必须做到人、机、料、法、测全面和持续受控,产品质量才能得到保障。

致 谢

感谢实验室袁大伟同志在金相试验分析方面给予的大力支持。

参考文献:

- [1] 铃木春义.钢材的焊接裂纹[M].梁桂芳,译.北京:机械工业出版社,1981.
- [2] 黄友阳.高频焊管金属流线的形成形态与分析[J].钢管,2000(06):31-36,42-45.
- [3] 李景学.HFW 焊管焊接质量的影响因素分析及应对措施[J].钢管,2011(02):54-57.
- [4] 张益和.高频焊管生产中操作对焊接质量的影响[J].山东冶金,2000(01):17-20.
- [5] 毕洪运,陆明和. ERW 直缝焊管焊缝形态与金相检验评价[J].宝钢技术,2006(03):15-19.

作者简介:冯大奎(1977—),助理工程师,主要从事焊管生产工艺研究和现场生产工艺指导,以及轧辊管理工作。

收稿日期:2011-06-27

编辑:刘志军

(上接第 29 页)

产中新型焊枪对钢管生产效率的促进作用更为明显,与常规水冷 MAG 焊枪相比,采用新型大电流 MAG 焊枪,螺旋焊管生产效率提高了 30%以上,这比试验中得到的结果更加理想。同时,该大电流 MAG 焊枪已经成功申报国家发明专利,申请号:201010186709.7。

参考文献:

- [1] 陈庆勋.中国油气管道建设现状与发展趋势[C]//中国国际管道合作与发展论坛大会论文集,2008.

- [2] 李鹤林.中国焊管 50 年[M].西安:陕西科学技术出版社,2008.
- [3] 崔正波,兰强,刘艳红.空冷式 CO_2 焊枪的设计和应用[J].电焊机,2005,35(11):65-66.
- [4] ESSERS W G, 王小宝. P-M 焊新焊枪和起弧方法[J].电焊机,1982,12(01):45-47.
- [5] 卫志孝.能够自动清除焊枪喷嘴飞溅物的装置[J].焊接技术,1990,18(06):34-36.

作者简介:杨战利(1987—),男,硕士,主要从事钢管精焊工艺和熔化极气保焊枪研究,发表学术论文 2 篇,申报国家发明专利 1 项。

收稿日期:2011-07-06

编辑:张 歌