珠光体耐热钢顶杆焊接工艺研究*

罗玉章,刘 健

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 12CrMoV珠光体耐热钢顶杆在制作过程中,采用V型坡口焊条电弧焊、水平固定全位置对接接头焊接,焊接性差,焊接难度大,通过规范焊接工艺和焊接质量控制,有效避免了未焊透、夹渣、裂纹等缺陷,保证了焊接质量。

关键词: 珠光体耐热钢; 夹渣; 裂纹

中图分类号: TG457 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0020-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.006

Study on Welding Technology of Pearlitic Heat Resistant Steel Carrier Rod

Luo Yu-zhang, Liu Jian

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the production process of 12CrMoV pearlitic heat resistant steel carrier rod, there are such problems as poor weldability and great welding difficulty caused by using the v-groove electrode arc welding and horizontal fixed all position butt joint welding, such defects as incomplete penetration, slag inclusion and cracks are effectively avoided by standardizing the welding process and welding quality control to ensure the welding quality.

Key words: pearlitic heat resistant steel; slag inclusion; crack

12CrMoV顶杆是以Cr-Mo为基的低合金耐热钢,具有很好的抗氧化性和热强性,为轧制无缝钢管必备热工具,属于耐高温设备,工作温度可高达1 000 ℃,广泛应用于高温作业环境; 这类钢还具有良好的抗腐蚀能力,因此在钢管制造业也得到了广泛的应用。在无缝钢管的生产中,顶杆处于高温、高压的工作状态,由于顶杆为多段空心无缝管焊接而成,焊接工艺不合理,会造成顶杆内部存在焊接缺陷(裂纹、气孔、夹渣等)。轧制过程中冲击载荷大,振幅大,因此,对焊接接头质量要求很高,内表面要求成形良好,凸起适中,不内凹,焊后要求射线探伤(RT)检验。以往焊缝接头形式均采用V型坡口焊条电弧焊、大管水平固定全位置对接接头,焊接难度较大,易产生未焊透、夹渣、裂纹等缺陷,难以保证所要求的质量,且生产率低,为了保证质量,提高效率,采用插销一体式U型坡口手工电弧焊水平转动多层多道焊接,使质量、效率都得到保证。

1 顶杆简介和构造

顶杆是无缝管生产过程的重要变形工具之一,顶杆与轧辊共同作用,将穿孔后的管坯轧制成各种尺寸的无缝钢管。轧制过程中顶杆的服役条件十分恶劣,其表面承受着压应力、摩擦力和冷热交变应力等,如图1所示。顶杆质量的好坏,关系到轧制过程

* 收稿日期: 2021-05-06

作者简介: 罗玉章(1986-),男,内蒙古包头市人,工程师,现从事热工具技术管理工作。

能否顺利进行，所轧钢管质量能否满足标准要求，以及钢管制造成本的高低。顶杆是由杆体、顶杆头、尾座以及冷却水管等组装焊接而成，全长 17.520 m，其中顶杆体由多段材质为 12CrMoV 无缝钢管焊接而成，由于这种钢材的碳及合金元素含量较多，淬硬敏感性较大，易在焊缝及热影响区出现淬硬组织。在接头刚性及应力较大时，易产生冷裂纹，如图 2 所示。

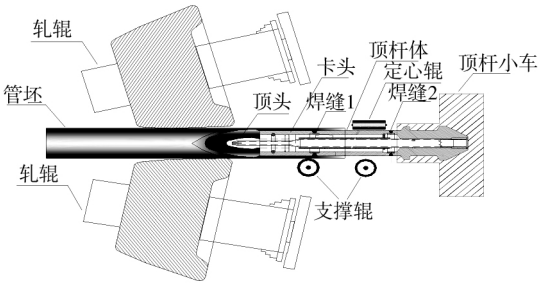


图 1　穿孔过程示意图

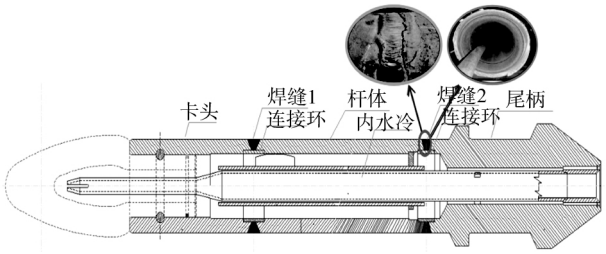


图 2　顶杆结构图

2　制定焊接工艺

12CrMoV 顶杆为高温高压设备，壁厚在 20 ~ 30 mm，管径在 141 ~ 238 mm，由于管径较小，无法内部施焊，焊缝不仅要求熔透、背面齐平，还要求焊缝有较好的力学性能，否则会影响设备的安全运行。

2.1　焊缝坡口形式选择

这种大壁厚钢管对接焊，过去采用常规的 V 型坡口加垫板形式，填充金属量大，焊接效率低，焊后工件容易发生变形，且根部间隙小，焊缝深而窄，易出现焊不透、夹渣、裂纹等缺陷。在参考国外管道敷设焊接接头形式的基础上，结合国内管道施工现状，一般情况下，手工电弧焊焊接 6 mm 以下的焊件时，采用 V 形坡口，V 形坡口加工较方便，但焊后工件容易发生变形；钢板厚度为 12 ~ 60 mm 时，可采用 X 形坡口，X 形坡口比 V 形坡口好，在同样厚度下，它能减少焊着金属量约 50%，另外，由于焊缝对称，焊件变形小，它主要用于厚板以及要求变形较小的结构中；U 形及双 U 形坡口的焊着金属量更少，焊接变形也小，但这种坡口加工较复杂，一般只在较重要的及厚度较大的结构中采用，如电站锅炉锅筒用电弧焊焊接的环缝常采用这种形式[1]。综上述分析，我们将原来带垫板 V 型坡口改为插销一体式 U 形坡口，可以使热源伸入根部，保证焊缝的透度，降低热规范，减少焊件的变形[2]。见图 3、图 4。

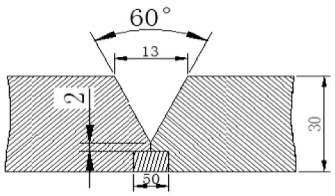


图 3　带垫板 V 型坡口

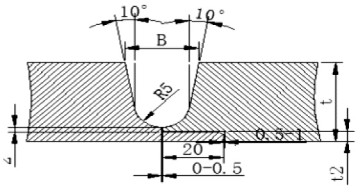


图 4　顶杆插销一体 U 型坡口

2.2　焊接材料选择

(1) 根据顶杆材质和焊接接头成分及性能分析，结合我国具体材质和技术要求选 E5015 焊条。

(2) 根据顶杆厚度和坡口形式确定焊条直径为 Φ2.5 mm、Φ3.2 mm、Φ4 mm。因焊条药皮涂料属低氢型，按使用要求焊前焊条应进行严格的烘干，并做到随用随取。

(3) 焊接电源选择为 AX - 500 型直流弧焊机，接线方式为直流反接。

2.3　焊前准备要求

(1) 焊前应把坡口两侧清理干净，确保无油渍、铁锈、水分、氧化物或其他有害的物质。

(2) 焊条表面不得有油脂、铁锈等污物。在焊前须经 350 ~ 400 ℃烘干 1 ~ 2 h，且在 120 ℃保温筒存放，随用随取。

(3) 顶杆对接时采用反变形方法并且在预热的

状态下进行定位焊。

(4) 组对尺寸要符合焊接工艺要求。

2.4 焊接参数选择

焊接12CrMoV钢时，应采用较小的焊接线能量，以减小焊接应力，减少焊接过热区宽度，细化晶粒，提高焊缝金属的抗裂性能。焊接参数见表1。

表1 焊接参数

焊接方法	层次	焊材牌号	焊条直径/mm	极性	电流 I/A	电压 U/V
SMAW	1	R207(E5515-B1)	2.5	直流反接	105~125	18~20
SMAW	2	R207(E5515-B1)	3.2	直流反接	110~130	20~22
SMAW	3~4	R207(E5515-B1)	4.0	直流反接	160~180	22~24

2.5 焊前预热

预热是珠光体耐热钢焊接的重要措施。预热可以减慢焊缝及热影响区的冷却速度，有利于避免产生淬硬组织，有助于焊接区氢的逸出，防止产生焊接裂纹。12CrMoV钢的碳含量及合金元素的含量较高，预热温度200~300 ℃为宜，预热区域以焊缝为中心，两侧至少为100 mm。在整个焊接过程中，应保持层间温度不低于预热温度。

2.6 焊接操作

12CrMoV钢的焊接，不但要严格控制焊接规范参数，而且焊接操作对焊接接头质量有着至关重要的影响。

(1) 焊条电弧焊打底焊时，将管件处于水平转动位焊接，焊接时为保证焊透采用直径Φ2.5 mm的焊条，采用直线运条可稍作横向摆动，保证坡口两侧熔透。同时，要控制好熔池温度防止产生焊穿和焊瘤缺陷。图5为焊接示意图。

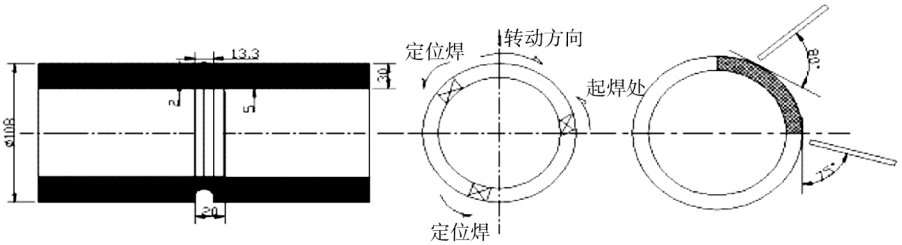


图5 焊接示意图

(2) 焊条电弧焊填充焊。应采用短弧焊接，且热输入量不宜过大。若采用长弧焊接，不仅会出现电弧燃烧不稳定、熔化金属飞溅大及合金元素烧损加剧等问题，而且容易产生咬边、未焊透等缺陷，同时空气中的N_2、O_2等有害气体易进入熔池，在焊缝中形成气孔缺陷。焊接时焊条可作小月牙形或锯齿形运条，在坡口两侧要停留0.5~1 s，焊条角度如图5所示，焊接层间必须彻底清理焊渣，发现有气孔等焊接缺陷时，用手提砂轮将焊接缺陷除掉再焊，各层间的接头应错开，不得有重叠。

(3) 焊条电弧焊盖面焊。焊接电流比填充层稍小些，焊条角度和运条方法和填充焊相同，注意均匀运条，防止在坡口边缘产生咬边缺陷。焊缝余高要控制在1~3 mm，避免焊接接头在使用中产生应力集中[3]。

2.7 焊后热处理

12CrMoV钢的焊接接头焊后需进行热处理，以消除或减少热影响区出现的淬硬组织，增加塑性和韧性，有效地减少焊接残余应力，同时有利于扩散氢的逸出，从而减少冷裂纹倾向。所以，焊接结束后，将焊缝区加热至720~760 ℃，恒温1~2 h后缓慢冷却。

3 焊接检验

依照上述焊接工艺进行试件焊接，试件经外观检查、磁粉探伤和X射线探伤合格后，在试件上截取力学性能试样、金相检验试样进行检验。检验结果见表2。

(下转第26页)

2008,7(9):1169 – 1174.
[6] 李攀. 商用车整体驱动桥壳成形工艺及关键技术研究[D]. 北京: 机械科学研究总院,2017.
[7] 胡铁牛. 轻型汽车驱动建模与模态分析[J]. 河北工业大学学报,2013,42(4):73 – 75.
[8] 姚哲皓,刘金,项海涛,等. 驱动桥壳优化设计与分析[J]. 汽车科技,2017,(2):23 – 27.
[9] 孙琦琳. 浅析合金元素在钢中的作用[J]. 河北煤炭,2010,(1):59 – 70.
[10] 智建国. 包钢稀土钢的进展及技术方向分析[J]. 包钢科技,2019,45(6):1 – 4.

(上接第22页)

表2 接头力学性能和金相组织

接头力学性能					金相组织		
σ_b/MPa	σ_s/MPa	断裂部位	90°面弯	90°背弯	焊缝	热影响区	母材
536	388	母材	完好	完好	铁素体+回火索氏体	少量魏氏体+铁素体+回火索氏体	铁素体+珠光体

焊后按JB 4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》[4]标准进行检验,结果表明焊缝全部合格,抗拉强度、弯曲试验合格,断口分析未见缺陷。

4 结论

(1) 12Cr1MoV珠光体耐热钢管焊接必须控制好焊前预热、焊接规范参数、焊后热处理等环节。

(2) 12Cr1MoV珠光体耐热钢顶杆采用手工电弧焊(SMAW)填充和盖面的焊接工艺是可行的,焊接接头能满足使用要求。

参 考 文 献

[1] 邹增大. 焊接材料、工艺及设备手册[M]. 北京: 化学工业出版社,2001.
[2] 陈祝年. 焊接设计简明手册[M]. 北京: 机械工业出版社,1997.
[3] 王云鹏. 焊接结构生产[M]. 北京: 机械工业出版社,2004.
[4] JB 4708—2000,钢制压力容器焊接工艺评定[S].