

海底柔性管道安全评估及性能研究

周益天

舟山洋旺纳新科技有限公司 浙江舟山 316041

摘要: 机械零部件的构成材料的耐磨性对其使用的可靠性和寿命有显著的影响。材料的磨损(尤其是磨粒磨损)会造成巨大的经济损失。因此,在设计机械零件时必须考虑所选材料的磨粒磨损特性,这对材料的实际应用尤为关键。而低合金钢在工程中是一类重要的耐磨材料,耐磨料磨损性能属于中等。该研究以多向锻造及退火处理技术加工中碳低合金钢为例,探讨了合金的显微组织、硬度、强度、延伸率和磨粒磨损行为。研究表明,多向锻造加工使合金的硬度和强度显著提高,但不能增强耐磨性。多向锻造合金经退火处理,延伸率得到改善,耐磨性也获得提高。因此,本文主要对油气管道铺设管理系统构建进行相关分析,从而得出有建设性意义的观点。

关键词: 低合金钢; 多向锻造; 退火; 硬度; 磨粒磨损

Safety Evaluation and Performance Study of submarine flexible pipeline

Yitian Zhou

Zhoushan Yangwangna New Technology Co., Ltd. Zhejiang Zhoushan City 316041

Abstract: The wear resistance of the components has a significant effect on the reliability and service life of the components. Material wear (especially abrasive wear) will cause huge economic losses. Therefore, the abrasive wear characteristics of selected materials must be considered in the design of mechanical parts, which is particularly critical for the practical application of materials. Low alloy steel is an important wear-resistant material in engineering, and its wear resistance is medium. In this study, the microstructure, hardness, strength, elongation, and abrasive wear behavior of carbon low alloy steel processed by multi-directional forging and annealing were investigated. The results show that the hardness and strength of the alloy can be improved significantly by multi-directional forging, but the wear resistance can not be improved. The elongation and wear resistance of multidirectional forged alloy are improved by annealing treatment. Therefore, this paper mainly analyzes the construction of an oil and gas pipeline laying management system to get a constructive view.

Key words: low alloy steel; multi-directional forging; annealing; hardness; grinding grain wear

引言

海底管道分为底层水集输管、干线管道以及管线中与平台相连的立管和膨胀弯等主要组成部分。其功能是把海洋油气田开发中产生的原油或燃气水收集起来,输往停泊油船的简单停泊,或输往陆上收集加工终点。而随着大规模海洋油气田的发展,海底管道已变成世界最方便、最保险、经济可靠的媒介,运输工具也日渐变成了世界能源运送动脉的主要部分。随着中国海上工业的蓬勃发展,目前中国海底管线敷设水深变化已超过了1500m水深海域,输送介质也由一般介质逐步发展到含腐蚀性介质,同时由于敷设作业中水深变化的增多和输送介质的多样化,海底管线材料性质也变化,施工标准愈来愈高,海上敷设施工技术也越来越复杂,施工设备的高度复杂性和智能化程度也逐步提高,同时必须耗费大批的金属材料和装备品备件,该部分成本也已作为工程项目运行的一个关键因素。因此,本文将通过总结和

建立海底管线敷设施工工艺和消耗耗材的逻辑关系,构建历史数据统计模式,并编写施工耗费的统计程序。

一、油气管道铺设管理系统存在的主要的主要问题

1. 骨架层压溃失效

骨架层主要由不锈钢组成,骨架层压溃失效的主要失效机制是骨架层和压力护套之间层间压力或静水压力超过骨架层的极限承载力。柔性管道压溃失效机理主要包括:1)软管环空内高压导致的压溃:经常由于外护套穿孔与骨架层抗压溃能力降低结合导致。2)高降压速率(最可能的原因):主要与压力护套的数量有关,单层压力护套:只要在操作极限和允许的降压速率范围内操作就可以安全运行。双层压力护套:骨架层和第二层压力护套都与管道末端相连,第一层压力护套放置在骨架层和第二层压力护套之间,而它未与管道末端相连。因此,在柔性管道的运行过程中,随着时间输送流体将通过管道接头进入第一层和第二层压力护套之间的间隙,间隙中

的压力与管内压力大致相同,此时需要缓慢地降压来避免压力护套之间产生较大压差。由于管道柔性管道骨架层压溃失效机理和安全评价方法研究进展接头处通道很小,因此管内的一个快速降压将会导致骨架层坍塌。三层压力护套:管壁结构与两层结构类似,第三层压力护套在第二层压力护套外部,这一层护套与管道末端相连^[1]。对于一个在运行中的立管,气体可能渗透并积聚在第二层和第三层护套之间的间隙中,这将会导致在此间隙内压力上升。对于一个在压力为 20MPa 下工作的管道,据估计在泄压后,第二层和第三层压力护套之间的间隙将会产生超过 10MPa 的压力,需要通过缓慢的扩散过程和缓慢的降压来限制压力护套之间的压差。反之,管内的一个快速降压将导致骨架层压溃。

2. 压力护套内溶解气体的释放

这种失效机理适用于在高压条件下运行的具有多层压力护套的柔性管道。在聚合物中的溶解气体释放后进入第二和第三聚合物层将会导致压力上升,在管内降压后,最终导致骨架层和两层内衬层坍塌

3. 管道弯曲

在柔性管道发生弯曲时,骨架层抗压溃能力降低,降低的程度与弯曲半径相关。柔性管道特殊的互锁缠绕结构使其存在最小弯曲半径,当柔性管道出现接近最小弯曲半径的明显弯曲时,此时骨架层的抗压溃能力可能不足以抵抗静水压力而发生压溃失效。

4. 管壁上的水合物融化

水合物形成的成分可以通过内衬层扩散,在停输时,在一定条件下(高压和低温)水合物可能在间隙之间形成。之后,由于加热(例如:在生产中通过油流循环启动)导致水合物融化和气体释放,引发压力上升而导致骨架层坍塌。柔性管道将广泛应用于深水和超深水油气田开发中,骨架层作为主要承受静水压力的功能层,可靠又准确地预测骨架层压溃压力的方法至关重要,其压溃失效机理分析和压溃压力计算方法确定一直是研究热点问题。

二、油气管道铺设管理系统工艺分类及特点 - 以海底管道海上施工为例

1. 油气管道铺设管理系统工艺分类

1.1 碳钢管半自动焊工艺

碳钢管半自动工艺一般采取 STT 气保零点五自动根焊和气保零点五自动化焊缝 (FCAW-G) 填充盖面的焊缝工序,环保空气一般选用超临界二氧化碳气,选用在 30° 单 V 型的斜面处,主流焊缝机械为表面张力电焊机和二氧化碳气保电焊机,施工工序大致包括:斜面处理打磨去灰、焊口组向调整、焊口连接等工序,工艺适用性广泛,对铺设管作业船舶的需求较低,一般适用于中小型铺设管作业船舶单层管和大中型铺设管作业船舶的双管或外管施工^[2]。

1.2 碳钢管全自动焊工艺

碳钢全自动焊接技术是通过全手动熔化极气体保护焊接空气实现根焊、填充表面及盖面的焊接技术,保护空气为超临界二氧化碳与氩元素的混合物,选用较窄间距的 U 型斜坡,其连接装置一般使用全自动焊机,但因为全自动焊接技术对斜坡口的加工准确度、组向间距、组判断对错边的需求都很高,因此需要在车上使用坡口机完成斜坡口的加工、使用消磁机去除剩磁、使用带铜衬垫的内对口机完成组对、以及使用全自动焊机完成焊缝,工艺步骤大致包括:斜坡口加工、消磁、焊口分组处理、焊口安装。碳钢全自动技术虽然具备施工效率高、焊缝合格率较高优点,但由于技术上较为复杂、对铺设管的船需求较高,故一般适用于大型铺设管的船单层管及双管内管安装。

1.3 双金属复合管焊工艺

双金属复合管 TIP&TIG 焊接技术主要是采用全自动氩弧焊 TIP-TIG 的焊接方法,为了保护空气采用即氧,选用了窄间距的 U 型斜面处,主要焊接设备采用了全自动氩弧焊 TIP-TIG 的焊接,但因为金属复合管材料特殊,基管采用的 X 六十五而普通碳钢衬砌材料则采用了三百一十六 L,所用的全自动氩弧焊 TIP-TIG 焊接方法必须在焊道背部充氩以防止氧化,并且必须选用具有内部充氩能力的内对口器,而且斜面处理精度、组向间距、组判断对错边等方面要求都很高,通常斜面处理的作业在陆地进行,而海上施工作业则大致包括:清除防锈剂、除磁、调整焊口组向、充氩、焊口连接,因此双金属复合管 TIP&TIG 焊接技术的施工效率很高、对焊缝质量量好的优点,应用于复合管施工。

2. 油气管道铺设管理系统焊接工艺特点

2.1 焊接准备

铺管施工前的准备工作主要包括二个方面的内容。一个是前期的焊接准备,包括了焊接工艺技术考核、焊工考试,在施工之前形成了焊接工艺技术规范 and 焊接工艺技术证书文档,并获得了客户和监理单位认可;另一方面则是现场焊前的准备工作,主要有原材料清洗、去除管中的杂质和浮锈作业线,并去掉管端的浮锈、直缝的余高以及剩余的防腐涂料,目的一个是为焊缝处理作准备,还有一个为后期的 AUT 检验做好准备工作。接着在按需要的加工斜坡处,进行消磁和高温加热,然后进入生产流水线采用内对口器件进行组对。

2.2 焊接过程

流水作业一般实行分站焊缝,每一站焊缝操作的侧重点也有一定差异。在一分站开展斗门及电焊的操作,最重要的因素有错边、铜衬垫能否齐全、加热温度能否合格等。焊缝二站首先做好第一遍填充工作,焊前的互层温度符合设计要求,焊后斜坡位置过高,易出现侧墙咬边现象,应严密注意焊枪枪头的摆动方向和熔池温度,如侧墙咬边现象较重时,应予以研磨圆滑处置。焊缝三站首先做好盖前面的充填作业,焊缝四站首先做好盖面

焊前的焊道扫平和罩面焊接工作,并重点做好焊缝二侧的水溅落、余热的清理以及如出现咬边予以修整或研磨圆滑处置^[3]。

2.3 焊后检验

焊后的检查主要包括两个方面,一个为焊缝外观检查,焊缝外观检查由有经验的焊缝检测专家根据有关要求和标准完成,重点检测焊缝的余高是否符合设计要求,焊道表层是不是有气孔问题需解决,还有咬边深浅与直径能否一致。还有一种方法是焊接无损检验,项目手动焊缝应用 AUT 检查,返修式或半自动 FCAW 焊缝则应用手工 UT 检查。应用 AUT 检查时主要注意焊缝表面及二侧的外观情况是不是均匀光滑,是不是有污垢或者造成与探头耦合的原因。

三、油气管道铺设管理系统构建关键控制节点

1. 人员资格条件

员工资格是提高项目品质的关键条件。首先,焊工必须要按标准进行焊工考核,在考试通过后按通过项目持证上岗。焊缝质检员的工作能力对焊缝过程和焊后品质都能够产生有效的助益和把控效果,因此焊缝质检员都应该具有美国焊接学会的 CWI 或英国焊接研究所的 CSWIP3.1 合格证书。而 NDT 员工们也需要根据相关的标准,要求获得相关标准的二级或三级证书持证上岗。

2. 设备仪器状态

海底管线施工一般采用全流水式施工方式,其间一个环节的停顿就可能给全流水作业带来了很大的风险。所以在工程实施过程中,对每个步骤所用到的机械设备或仪表一定要做了一个备份。而对于测试、施工等流程中所用到的进行测量的仪器仪表等,还必须提供给第三方单位并按程序要求进行校准。包括焊缝测试中所用的各类仪器、量具和焊接测试表尺等,焊材库中的温度、湿度表,焊接流程中的气体流量计,以及焊缝技术数据上的安培计、电压表等,还有无损测试中所用到的相应仪器。坡口机、坡口机液压装置、内压口装置、自动焊接成套焊接设备等 AUT 的主要装置必须及时安装在各岗位上,并在投产前做好试运行检测,以保证投产后装置工作的准确性。

3. 焊接质量控制与管理

材料焊接方面的产品主要有材料、焊材和保护气体以及各类焊接用品。管材检查和验收的后进作业路线上必须记载管型和炉号,以确保海底管道焊缝的可追溯度。接着检验管端的圆度,检验有无变形、乱撞以及混凝土平衡物层上的回切问题,和影响组向、斜坡等的处理与连接的因素。然后深入工作线通过研磨清除管端上的铁锈和杂质,把纵缝中过多的地方余高去掉,并且防腐漆过长的地方打磨去掉,为焊接的 AUT 做好准备。处理完毕后开始检查坡口,对斜坡的设计也必须根据检验的规定予以抽检,以确保坡口形状尺寸都符合 WPS 的设计规定。斜坡点处理完成后,检测斜坡点周围的电磁能力,

通常对电磁能力大于 25Gs 的管端做消磁加工,以防止焊后电磁能力太高而造成的拱圈偏吹。对于不需要消磁的,也可以直接进行加热,在高温预热前最好把所设定的最高加热时间温度,比 WPS 所要求的最低加热时间温度提高二十℃以内,从而使得根焊点的最高加热时间温度都可以满足 WPS 的规定,并确保在接管端的五十 mm 范围内都可以满足此条件。焊板若有多个炉批号,就必须注意分组存储以防止混淆。海上施工时空气相对湿度控制得非常高,尽量用真空包装的焊接板材,就地随开随好,并在规定的日期内用完^[4]。

4. 工艺方法控制

焊缝工艺技术评定程序中,需要尽可能采用比较宽泛的焊缝工艺技术参数范围进行焊接,这样在设计 WPS 过程中才能在合理的前提下把焊缝工艺技术参考范围设定的很大,为现场调整参数留有很大的余地。此外,由于流水化的焊缝工艺作业不可停止,因此需要合理安排在焊接件上不同站立位的工作时间和职工休息时间,从而有利于焊工的劳动时间和轮换就餐。焊接一站的斗门风险和回料难度成本均较高,因此应该尽可能进行经验和较高的焊接件,以尽可能减少斗门焊产生问题的概率。而焊接四站则主要进行盖面,也可选择兼顾回料问题的持证上岗焊接件。外界环境影响对海底钢管焊缝质量的影响也相当大。一方面由于海上环境空气相对湿度比较高,因此在焊缝前端的高温加热和在焊缝处理过程中保证焊缝接头一定的高温都可以有效减少坡口周围的湿气,从而减少了水分含量。此外,由于海面上有时的风力也很大,天气保护焊缝对风力都比较敏感,要做好必要的防风保护措施以避免产生气孔。再者,因为在船上施工,船舶速度是否平稳也对焊缝特别是斗门焊缝影响较大,使用船内对口器组向的斜坡在焊缝前端,如果摇摆很可能会造成组对好的斜坡处形成微小的蹿动,而且由于自动焊接的枪头很难进行适当调节,容易造成摆动不到位而引发的问题。

5. 内部管理控制

当前,人力资源已成为管道企业有效实现经济管理创新的关键因素。因此,管道企业在进行经济管理创新时,必须以人为本,进行人文创新。通过以人为本的创新,实现人力资源的高效管理,进而作用于管道企业的经济管理。转变物化管理模式,实行以人为本的柔性管理,肯定员工自我价值,尊重知识、尊重人才、尊重创造,努力为员工创造舒适愉悦的工作环境。

四、结语

以多向锻造技术加工 45Mn2 钢,强度和硬度明显增加是由于细晶强化,但不能提高耐磨性。多向锻造合金经退火处理,延伸率得到明显改善,但强度和硬度较高,耐磨性也获得提高,较高的硬度和加工硬化使合金具有较高耐磨性。

参考文献:

[1] 汤明刚, 王野, 阎军. 海洋柔性管道骨架层压溃的有限元分析[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2013,34(9):1135-1136.

[2] 李伟民. 海上建筑非粘结柔性管骨架层径向压

溃数值模拟[J]. 菏泽学院学报, 2017, 39(2):65-69.

[3] 李清平. 我国海洋深水油气开发面临的挑战[J]. 中国海上油气, 2006,18(2):130-133.