

压力管道的裂纹分析及控制

莫钦彦¹ 江国华²

1. 身份证号码: 420111197208155656

2. 身份证号码: 450923198805057471

摘要: 压力管道是一种危害很大的特殊设备, 它的应用领域广泛, 跨越空间大, 承载压力大, 输送介质多。裂纹是压力管道最易产生的, 但也是最危险的, 当裂纹在一定范围内蔓延时, 会引起材料的断裂, 进而引发安全事故。文章主要阐述了压力管道焊接裂纹、疲劳裂纹和应力腐蚀裂纹的成因, 并从原材料、原材料、焊接等方面提出了防止裂纹发生的一些措施, 最后介绍压力管道检验裂纹的内容与方法。

关键词: 压力管道; 裂纹; 控制

Crack analysis and control of pressure pipe

Qinyan Mo¹, Guohua Jiang²

1. ID No.: 420111197208155656

2. ID No.: 450923198805057471

Abstract: Pressure pipe is a kind of very harmful special equipment, it has a wide range of applications, spanning a large space, bearing pressure, more conveying medium. Crack is the most easy to produce the pressure pipe, but it is also the most dangerous, when the crack spread in a certain range, will cause material fracture, and then cause safety accidents. The article mainly expounds the causes of pressure pipe welding crack, fatigue crack and stress corrosion crack, and puts forward some measures to prevent crack from raw materials, raw materials, welding and other aspects, and finally introduces the content and method of pressure pipe crack inspection.

Keywords: Pressure pipe; Crack; Control

引言:

裂纹是压力管道最易产生的, 也是最危险的, 其出现会大大减小载荷的体积, 使裂纹末端形成一个锋利的凹槽, 使应力集中, 当裂纹蔓延到一定的范围时, 就会引起材料的断裂, 进而引发安全事故。因此, 对压力管道裂纹的形成机制进行深入的探讨, 并提出相应的防范措施, 对于保证压力管道射线的安全使用有着十分重要的意义。

一、压力管道裂纹形成原因的分析

1. 焊接裂纹

焊接裂纹主要发生在管道安装过程中, 由于焊缝中原子结合受到破坏, 形成了新的界面。焊接裂纹一般存在于焊缝热影响区、角焊缝表面缺陷区及残余应力较大的区域。根据裂纹形成条件, 可分为冷裂纹、热裂纹、层状裂纹和再热裂纹。

其中热裂纹一般发生在焊缝金属凝固末期, 又称结

晶裂纹。热裂纹通常沿晶界开裂, 裂纹表面呈现氧化色彩, 失去原有光泽。管道热裂纹一般发生于含杂质较多的碳钢、奥氏体不锈钢和低合金钢。冷裂纹是指焊缝冷却到马氏体转变温度以下所产生的裂纹。冷裂纹产生的原因有淬硬倾向、约束应力、扩散氢含量等。冷裂纹分为穿晶裂纹、沿晶裂纹和二者混合裂纹^[1]。

冷裂纹以热影响区为主, 焊接部位较少。在焊缝冷却后, 温度升高到500~650℃时, 再热开裂是再热开裂的主要原因。在加入Mo、Ti、Nb、Cr等金属元素的情况下, 出现了再热裂纹, 其再热裂纹的产生是由于加入了Mo、Ti、Nb和Cr等金属元素而产生的, 其再热裂纹通常是从热影响区的粗晶区延伸, 并表现出晶间开裂的特征。分层撕裂是一种在焊接过程中沿着钢板的轧制方向在焊缝中产生的明显的台阶裂纹。层状裂纹是一种常见的冷裂纹, 它是由钢的轧制过程中所形成的, 它是由Al₂O₃、

硅酸盐、硫化物等多种杂质形成的, 从而引起分层开裂。如图1。

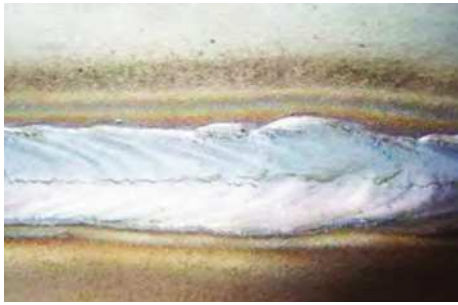


图1 焊接裂纹

2. 疲劳裂纹

疲劳裂纹是压力管道材料本身存在的缺陷, 或者组织的不合理, 在循环和温度的作用下, 引起的局部应力太大, 在一定的时间内, 会出现疲劳开裂。

疲劳裂纹的初始形态是细小的, 随着时间的推移, 裂纹会向更深的方向发展, 直至疲劳断裂, 疲劳裂纹是一种很难被发现的现象, 但是在表面的凹坑和表面缺陷(表面焊迹、波纹、电弧坑等)中都会出现疲劳裂纹, 或者是在有大量焊接残留应力的情况下。疲劳裂纹主要有热疲劳、腐蚀和机械疲劳三种类型等, 如图2。

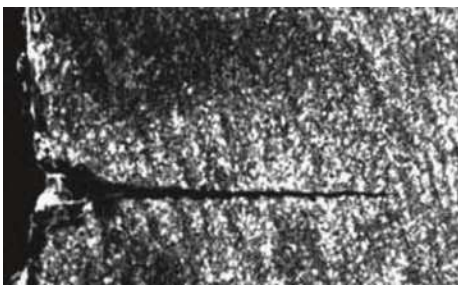


图2 疲劳裂纹

3. 应力腐蚀裂纹

应力腐蚀裂纹是由应力和腐蚀环境引起的。主要表现为碳钢在碱液中的断裂、奥氏体不锈钢在氯离子溶液中的断裂、在潮湿的硫化氢中的腐蚀开裂。

应力的产生可能是由外部应力引起的, 也可能是经过焊接和冷加工后的内壁残留应力^[2]。残余应力的产生可以归因于内部结构的变化, 也可以归因于加热后的冷却不均。

应力腐蚀断裂一般有一个孕育阶段, 有的在几天内断裂, 有的在几年后断裂。应力腐蚀裂纹一般出现在焊缝的焊波处、弧坑、咬边和孔蚀的凹坑等处, 所以, 在出现裂纹时, 往往不止一条裂纹, 而是多个来源裂纹。应力腐蚀裂纹的形式以持续扩展为主, 具有分叉、多源

和宏观方向基本垂直的特点, 如图3。

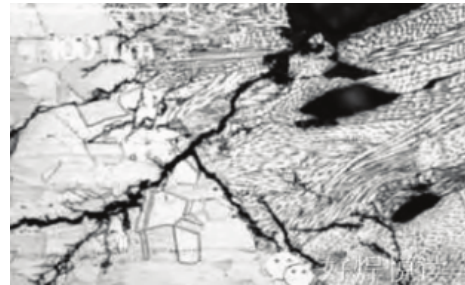


图3 应力腐蚀裂纹

二、预防裂纹形成的措施

1. 原材料质量控制

压力管道原材料的选用直接影响到压力管道的使用性能和使用寿命, 保证原材料的质量是保证工程质量的有效进行, 因此必须对原材料进行严格的控制, 原材料必须具有国家质检合格证。在进场之前, 必须进行质量检验, 包括外观检验和性能检测, 一旦发现不合格的物料, 必须及时退货, 并扩大检验的范围。

2. 原材料生产质量控制

压力管道原料的质量管理对防止裂纹的形成也起着至关重要的作用。在制作原材料前, 要仔细研究设计图, 确定产品的需求, 并根据需要, 确定零件的制造和加工工艺。在生产中, 员工要严格遵守工艺程序, 避免违章操作。生产中必须进行取样检测, 不合格的零件不能继续使用。

3. 焊接工艺的控制

压力管道装配中的焊接工艺对焊缝质量的影响很大, 其关键在于焊缝的质量。首先要做好焊接前的各项准备工作, 如钢管材质的检查、接头的选择、焊口的清洗、加热等, 均要严格遵守有关的有关标准和技术规范。在焊接工艺规范范围内, 采用更大的焊丝能量和其它降低焊缝冷却速率的措施, 有利于氢气的扩散, 避免氢气孔洞和氢致裂纹的产生。对每个焊缝都宜采用连续焊, 不得随意间断, 如果出现偶然的停顿, 则要严格按照技术规程采取预热措施, 以避免出现裂纹。

三、压力管道检验裂纹的内容与方法

对于工业压力管道裂纹等埋藏缺陷, 一般采用射线法和超声波法进行检测。其中射线检测应用最为广泛。当现场检测不能有效地实施射线检测和超声检测时, 可采用其它有效的检测方法。射线探测法的原理是: 当射线穿过压力管道射线时, 通过胶片感光, 由于管道中有裂纹和无裂纹处吸收光线的的能力不同, 从而产生黑度差异, 从而判断是否存在裂纹。射线检测方法采用底片作

为记录介质,可获得缺陷性图像,通过观察,可直观地判断缺陷的性质、位置及尺寸。射线检测方法适用于大多数材料,对钢,铜,钛,铝等材料均有较好的检测效果。射线检测后的胶片能保持较长的时间,能记录大量的数据,因此,射线探伤是最直观、最真实、最可追踪的一种方法。射线探测技术能够得到缺陷的投射影像,对缺陷的定性和较高的检出率。但射线检测方法不适用于壁厚厚的压力管道射线检测,其检测成本较高,检测速度较慢,且会对人体造成伤害。

在胶片上出现裂纹的典型影像是黑丝或黑线,如果仔细看,就会发现这种黑丝或黑线有很小的分岔,而黑丝或粗细也会随之改变。不同的裂纹图像会有差别,既与裂纹本身的形状有关,又与工件厚度、透光角、射线能量、底片质量等因素有关。在透射光束与裂纹深度平行的情况下,可以获得一条黑色的图像,随着透射角的增加,黑线的宽度会越来越大,而黑色的程度也会越来越低,最终只能看到一条宽幅的影子,而不会再有裂纹的图像。对薄板进行焊接时,焊缝的裂纹图像较为清楚,并能很好地反映出各种细节和特点,但随着透射厚度的增大,图像中的一些细节和特点将会消失,有的甚至完全消失。因此,在进行胶片图像分析时,必须考虑到各种因素对裂纹图像的影响。

第一次进行工业管道定期检查时,射线检查的抽查比例如表1所示,重点检查安装和使用中出现的焊缝处,焊缝的误差超出了相应的安装规范,检查时发现了焊缝

的表面裂纹,异种钢的焊接,泵和压缩机的进口和进口的焊缝,以及出现了大的变形。对于振动较大,压力、温度循环变化的管道和耐热钢管管道,射线检测的抽查比例应为表1的2倍,并对被抽查的焊缝进行100%的无损检测^[1]。当检查中发现有3级或4级的管道安全隐患时,应加大抽查比例。一般情况下,当管道再次定期检查时,一般不会再进行埋藏缺陷的检测,但如果在检查中发现管道有内伤或前一次的埋藏缺陷检查结果为隐患时,应按抽查比例不小于表1。

表1 管道焊接接头射线检测的抽查比例

管道级别	射线检测的抽查比例
GC1	焊接接头数量的15%并且不少于2个
GC2	焊接接头数量的10%并且不少于2个

四、结语

压力管道的应用非常广泛,并且越来越与人们的日常生活联系在一起。采取有效的预防措施和检查手段控制压力管道裂纹的发生,减少裂纹所造成的失效形式,确保压力管道安全运行具有重要意义。

参考文献:

- [1]徐明文.化工机械制造[M].北京:化学工业出版社,2020:125.
- [2]李红艳.锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题研究与处理[D].黑龙江科技信息,2019(14):32.
- [3]张英豪,张云忠,杨楠.锅炉压力管道裂纹检验分析[J].中国机械,2019(8):3-4.