

基于定期检验中压力容器损伤机理研究

李忠 (济南市特种设备检验研究院, 山东 济南 250101)

摘要: 压力容器在使用过程中将会出现损伤, 为了降低容器的损伤, 需要对损伤机理进行分析, 提高容器的使用寿命。基于此, 本文将从宏观检查、磁性检测、焊缝金相、裂纹取样、表面硬度、表面开裂等方面对基于定期检验中压力容器损伤机理进行分析, 探究压力容器损伤的原因, 对各种损伤机理进行全面地掌握, 从而保障压力容器能够更好地投入使用。

关键词: 定期检验; 压力容器; 损伤机理; 磁性检测

0 引言

压力容器损伤是一种重要的安全隐患, 需要对其引起足够的重视, 对损伤机理进行全面地探究, 这样才能降低压力容器使用时造成损伤, 提高压力容器使用的安全性。造成压力容器损伤的原因较多, 如焊接、硬度、腐蚀等, 都会引起压力容器产生损伤。因此, 对压力容器损伤机理进行分析非常重要, 可以对损伤问题进行有效地控制, 使压力容器能够稳定地工作。

1 基于定期检验中压力容器损伤机理概述

压力容器一般处于高压、高温的条件下, 在长时间使用过程中, 损伤程度将会逐渐加剧。为了有效地阻止压力容器发生损伤, 需要对其损伤机理进行研究, 对容器损伤情况进行全面地了解, 进而制定行之有效的防损伤措施。压力容器损伤机理主要包含以下几个方面: 第一, 焊接缝损伤。压力容器不可避免会遇到焊接问题, 一旦焊接措施不当, 将会导致焊接处出现缝隙, 进而引起容器发生损伤。第二, 通常情况下, 硬度较高的容器材质不易受到损伤, 可以有效地延缓容器损伤的程度, 进而提高容器的使用寿命, 避免容器表面产生裂纹。第三, 腐蚀导致的损伤。压力容器不可避免需要存放腐蚀性物质, 如 Cl_2 、 SO_2 等, 极易对容器表面造成腐蚀, 再加上高压环境的影响下, 容器表面将会发生产生裂纹, 进而对容器造成损伤。第四, 制造过程造成的损伤。一旦钢坯轧制流程不当, 将会导致容器的强度受到影响, 进而对压力容器造成损伤。因此, 做好压力容器定期检查工作非常重要, 有利于对损伤机理进行研究, 并且降低压力容器的损伤^[1]。

2 基于定期检验中压力容器损伤机理分析

2.1 宏观检查分析

通过宏观检查分析可以对压力容器损伤形成初步的判断。通常情况下, 受到损伤的压力容器主要具有如下特征: 第一, 试件表面出现肉眼可见的裂纹, 裂纹长度一般在 10mm 以下, 并且数量较多。第二, 试件表面粗糙, 金属光泽下降, 说明压力容器发生损伤。一旦发生上述问题, 则说明压力容器损伤已经较为严重, 需要对损伤机理进行研究, 探究容器损伤的原因。例如: 在焊接过程中, 可能会出现焊接热损伤, 导致压力容器产生

裂纹。因此, 一旦发现容器出现裂纹, 则需要考虑焊接热的影响, 确定焊接热是否为引起裂纹的原因。为了进一步对压力容器外表面进行分析, 需要进行对其渗透检测, 对容器表面的渗透斑点进行分析。一旦发现渗透斑点存在, 则需要对该部位进行取样, 对损伤机理进行准确分析。

2.2 磁性检测分析

磁性对压力容器损伤机理具有一定的影响, 为此, 需要对压力容器的磁性进行探究, 分析压力容器的磁性变化。压力容器焊接过程中, 将会引入焊接金属, 焊接区将会呈现出磁性, 尤其是在热影响区范围内, 磁性将会明显高于其他区域, 导致容器表面磁性呈现一定的梯度变化, 再加上不同区域磁性相互作用, 将会导致容器表面出现裂纹, 进而导致压力容器出现损伤。而且, 压力容器多为金属材质, 会表现出一定的弱磁性, 导致容器自身具有一定的磁性。

另外, 容器机械加工过程中, 也会引入一定的磁性, 导致容器磁性进一步增强。因此, 对压力容器磁性分布进行研究非常重要, 可以了解磁性对容器的影响, 使容器损伤机理分析更加地全面, 进而使磁性对容器损伤的影响得到充分地控制。

2.3 焊缝金相分析

压力容器不可避免会出现焊接缝, 而焊接缝一旦出现裂隙, 将会导致压力容器出现损伤, 对容器的安全性造成影响。另外, 在焊缝附近极易出现裂纹, 主要是由于焊接热导致的。为了对焊接缝产生的裂纹进行分析, 首先, 需要对裂纹部位进行取样, 确定裂纹分析的范围, 将裂纹进行全面地覆盖, 提高金相分析结果的准确性。其次, 需要对取样区域进行打磨、浸蚀等, 使表面露出金属光泽, 为金相取样做好准备工作。最后, 对取样区域进行金相分析, 通过金相显微镜进行观察, 确定容器表面的纹路变化, 进而对容器损伤机理进行分析。通过金相分析发现, 取样区域形貌特征较差, 并且存在长条状裂纹, 最短裂纹可以达到 $60\mu\text{m}$, 最长可以达到 2.5mm, 由此可见, 焊接过程对压力容器的损伤较大, 对焊接损伤机理进行分析非常必要, 这样可以使焊接方式更加地合理, 进而防止焊接纹路的生成^[2]。

2.4 裂纹取样分析

在高温、高压的作用下,压力容器将会产生裂纹,需要对裂纹产生的机理进行分析,明确裂纹产生的原因。裂纹取样分析主要包含以下几个方面:第一,在生产工艺方面,压力容器内部存在较大的压强,并且有些容器需要在高温环境下工作,将会导致裂纹的产生进一步加剧,因而需要从生产工艺层面对压力容器进行改进。第二,在检验技术方面,可以采用金相复型技术对裂纹进行分析。一方面,需要合理地进行制样,对制样点进行打磨、浸蚀等,使制样点处于洁净状态;另一方面,使用复型材料对制样点进行覆盖,将裂纹复刻在复型材料上,通过金相显微镜对复型材料表面进行分析,这样就可以确定压力容器裂纹生成机理。第三,容器材质方面,需要对裂纹部分进行取样,确定裂纹金属元素组成,将检测结果与《承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带》(GB/T24511)标准进行对比,确保压力容器元素组成符合要求。

2.5 表面硬度分析

压力容器表面硬度对裂纹数量具有一定的影响,为此,需要对硬度与容器损伤之间的关系进行探究,确保容器的硬度符合要求。压力容器硬度检测主要包含以下内容:第一,需要对裂纹区域进行检测,发现表面硬度高于标准。第二,需要对截面进行检测,发现金属内部硬度高于标准。综上所述,裂纹区域硬度整体偏高,这主要是由于钢坯轧制工艺引起的,对压力容器硬度起到主要影响因素。钢坯轧制过程中,金属材料硬度将会增加,相对地,其韧性将会降低,导致金属材料更加地易于开裂。由此可见,生产工艺对压力容器易损程度具有较大影响,在钢坯轧制过程中,需要既要保障金属强度,又要使其具有足够的韧性,这样的金属才符合压力容器对硬度的要求,进而有效地容器硬度导致裂纹问题。

2.6 表面开裂分析

压力容器存在着表面开裂的问题,需要对开裂机理进行分析,了解容器开裂产生的原因,进而更好地回避容器开裂问题。容器表面开裂主要具有如下特点:第一,表面具有微裂纹,与压力容器介质无关。第二,裂纹方向同向,与容器受力有关。第三,封头和筒体存在裂纹,焊接缝处无裂纹。下面将围绕腐蚀开裂和制造开裂对表面开裂问题进行分析。

2.6.1 腐蚀开裂

在腐蚀物质的影响下,压力容器将会发生腐蚀开裂,使其表面产生大量的裂纹。腐蚀开裂主要分为以下两种:第一,应力腐蚀开裂。压力容器在腐蚀物质(Cl_2 、 SO_2 等)的影响下,表面的结构将会遭到一定程度的破坏,导致结构稳定程度降低,再加上容器压力的作用下,表面受到的拉应力将会增加。一旦拉应力达到一定程度,容器表面将会出现开裂,进而形成较多的裂纹。第二,晶间腐蚀开裂。在腐蚀物质作用下,金属晶粒间将会发生腐

蚀,导致金属结构遭到破坏。晶间腐蚀发生在高温环境下,以钢制容器为例,当容器温度在 $420\text{--}820\text{ }^\circ\text{C}$ 之间时,钢材将会发生敏化作用,导致金属晶粒对腐蚀较为敏感,进而导致局部出现腐蚀,引起腐蚀开裂。另外,焊接过程也会导致晶间腐蚀开裂,这是因为焊接温度满足金属敏化的条件,在焊接热的影响下,压力容器更容易开裂。由此可见,腐蚀开裂对压力容器的损伤较为严重,需要严格对腐蚀开裂问题进行控制。

2.6.2 制造开裂

压力容器制造过程将会引起开裂问题,钢坯轧制过程中,沿着某一方向进行轧制,虽然金属的硬度会提高,但其韧性会随之下降,将会导致压力容器沿着同一方向发生开裂,形成较多的裂纹。压力容器硬度检测表明,其硬度高于标准规定,这主要是受到轧制过程的影响。而且,在轧制过程中,Cr元素含量将会增加,对压力容器的强度造成影响。Cr元素存在形式为 Cr_{23}C_6 ,轧制过程中 Cr_{23}C_6 将会析出,导致金属间无法紧密地接触。在拉应力的影响下,金属表面将会开裂。在冷变形加工时,由于金属材料的硬度较大,加工时极易发生开裂,需要尽量减少冷变形加工过程。由此可见,压力容器表面裂纹受到制造工艺的影响,合理地使用制造工艺可以避免裂纹的产生。

2.7 其他原因分析

在压力容器裂纹区域,有时会发现过酸洗的痕迹,导致表面呈现粗糙的状态。过酸洗对压力容器具有一定的损伤,但过酸洗又是制造工艺的重要环节,为此,需要严格地对过酸洗的时间进行控制,避免压力容器表面遭到过度腐蚀。同时,还需要对酸洗液的浓度进行控制,可以有效地降低腐蚀作用。若是金属中掺杂非金属物质,会使金属结构的稳定性下降,进而导致压力容器产生裂纹。非金属杂质将会影响到压力容器的拉应力,使压力容器存在产生裂纹的风险,为此,需要对压力容器材质的纯度进行控制,提高容器的抗裂纹能力,保障压力容器能够正常投入使用。

3 结论

综上所述,压力容器损伤机理较多,需要全面地对其进行研究,这样可以对容器损伤问题进行有效地抑制,使压力容器的使用寿命得到延长。一旦压力容器出现损伤,将会引发使用安全问题,导致容器存在较大的安全隐患。因此,需要合理地对压力容器损伤机理进行分析,这样可以有效地解决容器损伤问题,保障压力容器能够处于稳定运行状态。

参考文献:

- [1] 宋利滨,李志峰,康昊源.氨制冷压力容器定期检验相关问题分析[J].中国特种设备安全,2021,37(01):19-20+38.
- [2] 黄建祥.基于定期检验中压力容器损伤机理的分析[J].中国设备工程,2020(12):155-157.