

不同硬度检测方法用于压力管道检验中的有效性对比探讨

刘 平 张毅印 (湖北特种设备检验检测研究院随州分院, 湖北 随州 441300)

摘 要: 在压力管道的检验中, 由于管道材料种类繁多、技术要求各不相同, 因此对管道材质进行检验是必不可少且重要的环节。通常情况下, 对于钢管和铸钢管道采用洛氏硬度试验 (HRB) 作为其硬度检测手段, 但在一些特殊场合也可选择布氏硬度试验 (HB) 作为硬度检测手段, 如对于某些薄壁管件等。此外还包括里氏硬度试验方法。本文就三种不同硬度试验方法的原理及优缺点进行对比分析, 并针对如何选用合适的硬度检测方法对管道材料进行有效检测进行探讨, 从而为在实际工作中应采用何种硬度检测方法提供一定的参考依据, 进而保证压力管道检验的准确性和有效性, 确保压力管道运行的安全。

关键词: 硬度检测方法; 压力管道检验; 有效性对比

0 引言

压力管道是指用于输送气体、液体或其他介质的管状设备, 其作为工业生产中不可或缺的安全装置之一, 在保障生产安全、提高产品质量方面发挥着重要作用。随着我国经济建设的不断发展和进步, 各类压力管道的应用也越来越广泛, 在此背景下, 对压力管道进行定期检验也显得尤为重要。由于压力管道材料的种类繁多且性能各不相同, 所以如何对压力管道材料进行正确的检验就成为了当前行业内关注的重点问题。

对于压力管道的检验工作来说, 其最重要的目的就在于对其进行检验后是否符合相关标准要求, 尤其是对管道内部及表面质量的检查与检测更是重中之重。其中, 硬度测试是目前最为常见的一种检测手段, 通过对压力管道材料进行硬度检测能够有效判断其所承受的压力以及是否存在腐蚀等情况, 进而为后续开展相关工作奠定基础。但是, 在压力管道检验中, 关于管道材料的硬度检测往往采用三种方法, 即洛氏硬度试验 (HRB) 和布氏硬度试验 (HB) 以及里氏硬度试验方法, 那么这几种检测方法又有何不同之处呢? 本文将对此进行对比探讨, 以便为实际工作提供参考。

1 不同硬度试验的概述

洛氏硬度试验是采用钢球或硬质合金球, 以一定的速度从一定高度自由下落打击到被测试样表面上所测得的单位面积上的压痕直径^[1]。它适用于测定淬火钢、退火钢和回火铸铁的硬度值, 还可用于测定高温合金、不锈钢耐酸钢、低温钢和焊接钢管的硬度值, 但是对未热处理或冷作硬化钢不宜使用。

布氏硬度试验是将硬度计压入待测工件表面, 直到压痕处产生一个稳定而清晰的凹坑, 然后卸载并读取压痕深度, 根据压痕深度计算硬度值。

通过以上两种方法检测出来的管道材料硬度值数值差别很大, 但为了便于分析比较, 可以通过硬度值换算公式进行计算。当钢管的实际硬度值与计算出的硬度值接近时, 则认为两者之间具有较好的一致性; 反之, 若两者之间相差过大, 则可能会导致管道发生质量问题。因此, 在管道检验中, 应首先选择与管道实际材质相一致的检测方法, 只有这样才能有效保证检验的有效性, 进而保证管道的安全运行。

在现场硬度检测过程中主要是利用便携式里氏硬度计, 里氏硬度试验方法具有动态化特点, 在弹簧力作用下, 利用一定速度将冲击体垂直冲击试样表面, 利用回弹速度和冲击速度的比值将材料的里氏硬度表示出来^[2]。随后转化测得的里氏硬度为布氏硬度。在检测过程中因为操作不合理或者试样厚度等因素将会引发误差, 因此可以在试板上利用压痕法获取布氏硬度, 再对比里氏硬度计测量值, 因此对二者适用性进行分析确定。

在正常使用压力管道的时候, 高温将会劣化管道材质, 引发严重的损失问题, 同时会降低材料力学性能。如果出现着火事故, 因为烧灼将会退化管道本体的材料性能。如果管道无法进行切割取样, 因此增加了力学性能测试的难度。而利用压痕法不仅可以确定材料布氏硬度, 还可以利用压痕测量和计算对其他力学性能进行分析。因此在硬度试验过程中可以利用基于压痕法的分析仪器检测材料, 并且可以对比分析检测数据和取样数据集。

2 不同硬度试验的主要用途

洛氏硬度试验主要适用于锅炉、压力管道和压力容器等材料的硬度检测, 是评定碳素钢及低合金钢的屈服强度最常用的方法。在管道焊接接头检验中, 可

表 1

试样编号	管件规格 /mm	材质
1	Φ25×2	20
2	Φ50×4	20
3	Φ100×6	20
4	Φ150×8	20
5	Φ250×8	20
6	Φ350×8	20
7	Φ350×12	20
8	Φ450×12	20
9	Φ450×26	

通过洛氏硬度测试来判断接头的内部质量是否符合标准要求，若硬度值小于相应钢号规定的许用应力时，则说明焊接接头强度不合格^[3]；反之，若接头内部质量合格，则接头强度满足设计要求。

布氏硬度试验主要适用于铸铁、铸钢件、铸铁管、球墨铸铁管以及球墨铸钢管等材料的硬度检测，由于其具有较高的准确性，因此被广泛应用于管道焊接接头的检验中。然而，由于布氏硬度数值与实际强度之间存在一定的差异，因此也常用于衡量焊接接头的塑性和韧性指标，即利用布氏硬度作为衡量焊接接头残余变形的依据。若接头的布氏硬度值大于相应钢号的规定许用应力时，则表明接头发生了脆性断裂，需进行补焊或更换；若接头的布氏硬度值小于相应钢号规定的许用应力时，则说明接头的塑性和韧性指标均已达到标准要求，可以正常使用。

总之，对于压力管道的材质检验而言，洛氏硬度试验和布氏硬度试验都具有各自独特的优势和局限性，只有充分了解两者的原理和特点，才能更好地选择合适的检测方法，以确保压力管道检验的准确性和有效性。

3 检测原理

基于压痕法在现场利用自动球压痕试验法。具体的检测过程如下所示：利用铰链固定仪器被测工件，随后操作仪器，在被测工件表面某个部位利用规定速度压入球压头，当载荷达到特定值之后，可以实现部分卸载，随后再次进行加载和卸载，经过多次操作^[4]。利用位移、载荷传感器对加载和卸载过程中的位移和载荷进行测量和记录，因此获得压痕试验的载荷-深度曲线。在这一阶段可以对压痕接触直径和压入深度进行测量，即可确定材料硬度。

可以利用压深试验载荷-深度曲线将材料，将材料变形行为表征出来。要得到压入实验中的力学性质，

就需要界定压入实验中的应力与变形。由于球压痕实验只有在很小的荷载作用下，才能产生弹性与弹塑性两种不同的形变，所以本文仅以塑性阶段来界定应力。采用所确定的表征应力和表征应变的表达式，由压入荷载-深度关系得出表征应力和表征应变值。通过对所测得的应力、特征应变值进行拟合，得到真应力-真应变曲线，从而可以计算出材料的屈服和拉伸强度。

4 检测试验

在试验过程过程中利用 JW-5A 实时压痕分析仪。在被检材料表面利用仪器压入碳化钨球形压头，再通过光学系统和载荷传感器将压入过程的接触直径和载荷以及压入深度等进行记录，完成测试之后对材料硬度和其他力学性能参数进行计算。试验采用的管道试样材质和规格如表 1 所示。

4.1 硬度检测数据分析

利用固定装置固定试样和实时压痕分析仪，因此开展现场检测工作。利用三台应对检测设备，在检验之前针对标准试块开展校验工作，并且选择同一个检测部位^[5]。针对壁厚较薄的管件，利用不同方法检测的硬度值具有较大的差异，这是因为加工因素导致不同规格的管道具有较大的差异。

4.2 力学性能数据分析

在检测硬度的同时，可以利用 JW-5A 实时压痕分析仪获取材料抗拉强度和屈服强度等。在试验阶段，可以利用仪器测试材料的力学性能。通过合理选择拉伸试样，利用万能力学测试仪进行拉伸，获得不同的数据。在对比实时压痕分析仪的数据，发现万能力学测试仪的数据较小，但是二者差值接近，因此可以参考这一数据，可以在后期使用评价中国利用，评价人员可以对附加安全系数进行综合分析。

5 不同材质管道选用硬度检测方法的选择

目前，压力管道所使用的材质有碳钢、低合金钢、

合金钢以及不锈钢等。根据相关规定,对于不同的管道材料和管径,应采取不同硬度检测方法。

对于碳钢及低合金钢管道,在《压力管道安全技术监察规程》中明确指出“对于公称压力小于或等于0.6MPa的碳钢和低合金钢,可采用布氏硬度检测。”因此,在进行此类管道的硬度检测时,可以选择布氏硬度试验来满足检验要求。但需要注意的是,对于管壁厚度大于32mm且焊缝处有母材的碳钢无缝管,不能采用布氏硬度试验,而只能采用洛氏硬度试验。

对于合金钢和不锈钢管道,由于其性能较为复杂,在选择硬度试验方法时应以实际情况为准。一般情况下,当管道外部形状呈现圆筒状时,应优先选择洛氏硬度试验;当管道外部形状呈现矩形时,则应优先选择布氏硬度试验^[6]。另外,对于非标件及薄壁管件,如弯头、三通等,也应优先考虑洛氏硬度试验。

对于高压聚乙烯管道,由于其具有较高的韧性和冲击强度,同时在低温下仍然保持很好的柔软性,所以在实际应用中,常将高压聚乙烯管作为承受内压的承压构件。对于这类管道,在选择硬度试验时,通常采用维氏硬度试验(HV)作为主要试验手段,同时结合洛氏硬度试验进行补充检验。

利用实时压痕分析仪和里氏硬度计的时候,需要保证温度在60℃以内,同时也不能低于-20℃。如果现场无法实现割管取样,但是需要明确材料力学性能,可以利用实时压痕分析仪,这种仪器可以获得准确的数据。

6 检验结论及分析

对管材进行硬度检测时,在不考虑壁厚变化的前提下,钢制管道一般均可采用洛氏硬度试验方法,其原因是对于管壁较薄、尺寸较小的管道,采用布氏硬度试验容易导致试验数据失真;而铸钢管道由于本身具有较高的硬度,且受试样厚度和形状的限制,无法使用洛氏硬度试验方法,因此也只能采用布氏硬度试验方法。

由于不锈钢材质具有良好的耐腐蚀性,在腐蚀介质环境下能够保持较好的力学性能,所以在实际生产中,也有许多不锈钢材质的压力管道。如我国石油化工企业中就有大量采用不锈钢作为管道材料的情况。此时如果再使用洛氏硬度试验方法来检测该材质管道的管壁硬度,不仅会造成大量的资源浪费,还会使检验工作效率降低,故不宜选用此种方法。而对于其他一些特殊材料的管道,如衬胶管道等,由于其硬度等

级不一致,且不同种类的衬胶层硬度也存在差异,很难通过单一硬度指标判断管道材质的优劣。因此在该类管道的检验中可以适当增加超声波检测项目,并根据现场具体情况确定是否需要使用X光探伤或渗透检测等其他无损检测方式。

对于球墨铸铁管道,由于其管壁较厚,在管道腐蚀等情况下发生脆化,所以在其检验中应选择洛氏硬度试验方法对其管壁硬度进行测量,以便于及时发现并采取有效措施加以解决。

7 结束语

通过上述案例分析,可看出由于管壁厚度的变化,对洛氏硬度检测结果影响较大。因此对于不同厚度的管道,在进行硬度测试时应选择合理的加载方式和加载速率,以保证试验结果的准确性。此外,在进行压力管道检验过程中,除了要分析管道材料的硬度值外,还要结合其他指标、工艺等方面信息来综合判断,不能仅凭硬度值就得出结论,还需要参考一些检验规则及标准。规范中的相关规定,从而确保检验的全面性和有效性。

同时,在实际操作中,也可以根据不同类型的材料,选择合适的检测方法,如热轧钢管一般采用洛氏硬度试验,而冷拔钢管则采用布氏硬度试验;对于薄壁管材或有涂层的管子,一般采用布氏硬度测定法;对于锻钢管件及焊接弯头,则推荐使用洛氏硬度测定法等。通过对不同硬度检测方法的比较,最终为检验人员提供更多的参考信息,从而提高压力管道检验的有效性。

参考文献:

- [1] 李少波. 锅炉和压力容器及压力管道检验中裂纹问题探讨[J]. 创意与创新, 2024, 8(1).
- [2] 程凯. 无损检测技术在压力管道检验中的运用研究[J]. 中国设备工程, 2024(08): 185-187.
- [3] 陈建勋, 庞慕妮, 杨新健, 等. 面向现场检验的压力管道轴测图测绘仪研发及检验系统应用[J]. 中国特种设备安全, 2024, 40(03): 4-11.
- [4] 宋伟斌. 压力容器压力管道检验中裂纹问题的解决措施[J]. 中国质量监管, 2024(02): 86-87.
- [5] 董樑. 人工智能在压力管道定期检验中的应用探讨[J]. 化工装备技术, 2024, 45(01): 1-4.
- [6] 黄彬. 锅炉压力容器压力管道安装监督检验问题及策略研究[J]. 中国设备工程, 2023(22): 156-158.