

Multi-faceted Analysis of Valve Materials Selection for Oxygen Service

Wei Li

Emerson Process Management (Tianjin) Valve Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract

With the development of Chinese industry, oxygen valve plays an important role in the current industrial production. The safety of the control valve directly determines whether to achieve safe production. The paper introduces the selection of various metal parts and non-metal parts materials in the process of valve design and oxygen condition. The sealing method of control valve under oxygen condition is introduced. It provides a multi-directional analysis reference for valve design and type selection.

Keywords

oxygen working condition; control valve; material selection

氧气工况阀门材料设计的多角度考虑

李玮

艾默生过程管理(天津)阀门有限公司, 中国·天津 300000

摘要

随着中国工业的发展, 氧气阀门在目前的工业生产中扮演着重要的角色。控制阀门的安全性直接决定了能否做到安全生产。论文介绍了在氧气工况中阀门设计过程中各种金属件、非金属件材料的选择, 以及各种材料的比对和禁用。同时介绍了氧气工况下的控制阀的密封方法。为阀门设计及选型提供了多方向的分析参考。

关键词

氧气工况; 控制阀; 材料选择

1 引言

氧气在工业中扮演着多种关键角色, 从燃烧到化学反应再到环境保护等方面都发挥着重要作用。在许多工业领域, 例如金属冶炼、玻璃制造和化工生产中, 氧气作为氧化剂用于燃烧过程。在废水处理过程中, 氧气通常被用于增加废水中微生物的氧化能力, 从而帮助降解有机废物。在火力发电厂中, 氧气能够用于锅炉燃烧系统, 以提高燃料的燃烧效率。在矿山工业中, 氧气也经常被用于提高金属冶炼的效率, 例如铜、铝和铁的生产过程。综上, 氧气的应用范围涵盖了从金属加工到化学生产等多个行业, 对工业生产过程的稳定性和效率的提升起着至关重要的作用。

在氧气工况中, 阀门扮演着至关重要的角色。考虑到氧气的易燃性, 阀门必须具备耐高温和防爆的特性, 这意味着阀门的设计和材料选择必须能够适应氧气环境下的高温 and 高压。阀门需提供对氧气流量和压力的精确控制, 以确保系统稳定运行和工艺参数达到要求。氧气的存在可能导致部

分金属的腐蚀, 因此阀门的材料选择需要考虑氧气对材料的影响, 以确保长期使用过程中不会出现腐蚀问题。同时, 氧气系统中的阀门必须具备良好的密封性能, 以防止氧气泄漏, 确保系统的稳定和安全^[1]。因此, 在氧气工况中, 阀门的设计、材料选择和维护尤为重要, 因为任何失误或故障都可能导致严重的安全问题。

2 氧气工况下阀门金属材料选择

氧气和富氧系统中使用的所有材料必须与在工艺系统设计中所使用的氧气的压力和温度下兼容。阀门材料的化学兼容性成为设计中最重要因素之一。选择合适的材料不仅可以延长阀门的使用寿命, 还能确保整个系统的安全性和稳定性。

2.1 材料兼容性

下面对不锈钢、铜合金等材料的特性分析:

首先, 阀门材料在氧气及富氧工况中不能燃烧并与其反应, 所以根据材料的阻燃性我们将常用的阀门金属材料进行排序(从最容易点燃到最难点燃), 得到的顺序如下: 铜、铜合金和镍铜合金, 如 M35-1 镍合金铸件, N04400 和 N05500 镍合金, 不锈钢-300 系列, 碳钢, 铝(最耐腐蚀)。它们的点火性质及熔点见表 1。

【作者简介】李玮(1984-), 女, 中国河北乐亭人, 本科, 工程师, 从事仪器、仪表研究。

表 1 金属点火性质及熔点

材料	点火温度	熔点 /°C
M35-1 镍合金铸件	高镍铜合金, 高温下非常稳定, 不会自燃或助燃, 因此没有明确的点火温度	1316~1343
N04400 和 N05500 镍合金	镍铜合金, 高温下非常稳定, 不会自燃或助燃, 因此没有明确的点火温度	1300~1350
不锈钢-300 系列	300 系列不锈钢 (如 304 和 316), 高温稳定, 不会自燃或助燃, 因此没有明确的点火温度	1398~1454
碳钢	碳钢在高温下也不会自燃。在极高温度下碳钢会氧化	1454~1504
铝	点火温度约为 590°C ~650°C	521~627

其次, 它们的燃烧反应速率 (按燃烧速度从慢到快顺序排列) 如下: 铜和铜合金; 镍铜合金, 如 M35-1 镍合金铸件和 N04400 及 N05500 镍合金; 碳钢; 不锈钢-300 系列; 铝 (燃烧得非常快)。不锈钢一旦被点燃, 燃烧的速度比碳钢快。但是, 考虑到奥氏体不锈钢的高耐燃性, 在氧气及富氧工况下奥氏体等级 (300 系列) 的不锈钢被认为比碳钢更适合。

最后, 氧气具有很强的氧化性, 会与许多金属材料发生化学反应, 导致材料腐蚀和性能下降。阀门材料必须具备优异的耐氧化性能。常见的阀门材料如碳钢在氧气环境中容易被氧化, 因此不适合作为氧气工况的阀门材料。相反, 不锈钢和铜合金由于其优异的耐腐蚀性能, 成为常用的选择。不锈钢含有铬和镍, 能够在表面形成一层致密的氧化铬薄膜, 防止进一步的氧化反应。而铜合金则因其自钝化性能和良好的机械性能, 也在氧气工况中表现出色。管材和管件的选择应光滑无锈, 微小的锈蚀会导致母材点蚀。材料选择没有内部漆, 油漆或涂层。由于氧气工况下的阀门需要对其脱脂清洗, 在清洗的过程中内部涂层油漆容易造成脱落因而通常避免使用。管材和管件通常选取铜基合金。阀体和阀盖铸件应符合目视检查标准按照规定铸造表面。

综上所述, 氧气工况阀门的设计必须重视材料的化学兼容性。选择合适的材料, 如镍铜合金和奥氏体不锈钢, 并结合有效的表面处理技术, 可以显著提升阀门在氧气环境中的性能和安全性。通过在设计阶段充分考虑材料的化学兼容性, 能够确保阀门在氧气工况下长时间稳定运行, 为工业生产提供可靠保障。

2.2 耐压耐温性

材料的选择还需要考虑其耐压和耐温性能。氧气在高压和高温下的反应活性更高, 氧气的高反应性和工艺条件下的高压高温环境对阀门材料和结构提出了严格要求。这要求阀门材料不仅要能承受高压高温, 还要在这些条件下保持化学稳定性。

首先, 阀门材料必须具备卓越的耐压性能。在工业应用中, 氧气通常以高压形式输送, 以提高传输效率和工艺效果。例如, 在钢铁冶炼和化学工业中, 高压氧气广泛用于助燃和氧化反应过程。高压环境下, 阀门材料需要承受巨大的内压力, 而不会发生变形或破裂。常用的不锈钢材料, 如 304L 和 316L 不锈钢, 因其优异的机械强度和韧性, 能够在高压下保持结构完整性。此外, 镍基合金如 Inconel (N06600)

也因其在高压环境下的出色表现, 成为氧气工况阀门的理想材料。

其次, 阀门材料还需具备良好的耐温性能。氧气工况常伴随高温操作, 特别是在冶金和化工过程中, 高温条件对阀门材料的热稳定性提出了严峻挑战。材料在高温下需要保持机械强度和化学稳定性, 避免因热膨胀或材料退化而导致的性能下降。316L 不锈钢不仅在高压环境中表现出色, 在高温条件下也能维持其机械性能和耐腐蚀性能。对于极端高温环境, 镍基合金如 Hastelloy 和 Inconel 系列材料, 因其优异的抗蠕变性能和抗氧化性能, 能够在高温下长期稳定运行。

最后, 阀门的结构设计也必须考虑耐压和耐温要求。阀门的壁厚、连接方式和密封结构都需要精心设计, 以应对高压高温工况。例如, 采用加厚的阀体壁厚设计, 能够有效分散内压, 减少材料应力集中。

综上所述, 氧气工况阀门设计中的耐压耐温性至关重要。例如, 在高压氧气环境中使用的阀门, 因其在高温高压下的优异性能通常选择镍基合金、316L 不锈钢, 这些种材料不仅具备良好的耐压性能, 还能在高温下保持稳定。通过选择上述合适的材料, 并优化阀门结构设计, 可以确保阀门在高压高温环境下的安全性和可靠性。注重耐压耐温性能的设计, 能够有效延长阀门使用寿命, 保证工业过程的连续性和安全性, 为高效生产提供坚实保障。

2.3 材料的机械性能

氧气工况阀门在工业应用中必须具备高可靠性和长寿命, 而材料的机械性能是实现这一目标的关键因素。由于氧气的高反应性和工艺条件下的高压、高温环境, 对阀门材料的强度、韧性和硬度等机械性能提出了严格要求。下面将从材料的机械性能角度探讨如何设计氧气工况阀门, 以确保其在复杂工况下的稳定性和安全性。

首先, 材料的强度是设计氧气工况阀门的首要考虑因素。强度高的材料能够承受氧气高压输送过程中的巨大内压, 而不会发生结构变形或破裂。常用的不锈钢材料, 如 304L 和 316L 不锈钢, 因其高抗拉强度和屈服强度, 能够在高压环境下保持结构完整性。此外, 镍基合金如 Inconel 和 Hastelloy C, 因其优异的机械强度, 在极端工况下表现出色, 是氧气工况阀门的理想材料选择。

其次, 材料的韧性也是设计中的关键。韧性好的材料能够吸收更多的能量而不发生脆性断裂, 特别是在低温环境

或突然受力情况下表现尤为重要。在氧气工况下,阀门可能会受到冲击载荷或振动,选择韧性高的材料如奥氏体不锈钢,可以有效提高阀门的抗冲击能力,减少因突然受力导致的断裂风险。

最后,硬度也是不可忽视的机械性能指标。高硬度材料在阀门设计中有助于提高耐磨性,减少长期使用过程中因摩擦导致的磨损。对于频繁开关操作的阀门,材料的高硬度可以显著延长其使用寿命。硬化处理技术,如表面渗氮、碳氮共渗等,可以在不锈钢和镍基合金表面形成硬化层,提高其表面硬度和耐磨性能。但是由于氧气工况的阀门需要脱脂清洗^[2],因此不建议使用任何涂层。必须要涂层的位置建议使用 Chrome Coating (镀铬)。化学镀镍(ENC)虽然具有良好的阻燃性,但易脱落,不能用于氧阀。电镀(Plating)镀层极易脱落,禁止用于氧气工况。

综上所述,氧气工况阀门的设计必须综合考虑材料的机械性能,包括强度、韧性和硬度等。通过选择合适的铜合金,镍基合金和不锈钢材料,并采用先进的表面处理和热处理技术,可以显著提升阀门在复杂工况下的可靠性和耐久性。关注材料的机械性能,是确保氧气工况阀门在工业应用中安全、高效运行的基础。

3 氧气工况下阀门非金属材料的选择

非金属主要用于阀盖的填料(Packing)部分,阀盖与阀体和阀体与阀座之间的垫片(Gasket)以及阀芯与阀笼之间的密封圈(Seal Ring)部分。

氧气工况对填料的选择,主要根据温度条件^[3]:设计温度范围在-25℃~200℃时,多采用PTFE(聚四氟乙烯)V型填料;设计温度范围在-25℃~400℃时,选用石墨 Inconel 填料;设计温度范围在-196℃~530℃时,选用纯石墨填料;设计温度范围在-196℃~200℃时,选用石墨 PTFE 填料。如阀后压力小于14.5 psi,则建议使用双层PTFE填料或石墨填料。垫片则使用适用于氧气工况的特殊垫片 N04400 & PTFE 或 Inconel & Graphite。而密封圈部分使用可用于脱脂清洗的聚四氟乙烯和氟橡胶。聚四氟乙烯(PTFE)因其优异的化学惰性和耐高温性能,成为氧气工况阀门中常用的密封材料。PTFE能够在高温高压环境下保持稳定,不与氧气发生反应,从而有效防止泄漏。此外,氟橡胶(FKM)和硅橡胶(VMQ)等高性能弹性体材料也因其优良的耐化学性和密封性能,在氧气工况中得到广泛应用。

综上所述,氧气工况阀门的设计必须高度重视材料的选择,这将决定阀门的密封性。通过选择优异的密封材料、精心设计密封结构、提高加工精度以及定期维护,可以确保阀门在复杂工况下的安全性和可靠性。关注材料密封性,是实现氧气工况阀门高性能和长寿命的关键。

4 密封结构设计

在工业应用中,氧气工况阀门的设计必须高度重视密封性^[4]。氧气的高反应性和助燃特性使得任何泄漏都可能带来严重的安全隐患。因此,确保阀门的良好密封性能是设计的关键。

密封结构设计是确保密封性的关键。阀门的密封结构应采用多重密封设计,以减少泄漏的可能性。常见的密封结构包括双重密封圈、唇形密封圈等。双重密封圈设计通过两层密封提供额外的安全保障,而唇形密封圈则通过其特殊的几何形状实现更好的借助压力辅助来提高密封效果。

此外,阀门的加工精度也是影响密封性能的重要因素。高精度的加工工艺能够确保阀门密封面之间的紧密配合,减少微小缝隙,防止氧气泄漏。精密加工^[5]和严格的质量控制能够保证阀门密封面的轮廓度和粗糙度,从而提高密封效果。为了进一步提高密封性能,阀门设计中可以采用自密封结构。在高压氧气工况下,自密封结构利用介质压力推动密封元件,使其更加紧密地贴合在密封面上,随着压力的增大,密封效果也随之增强。这种设计不仅能够显著提高密封性能,还能适应压力波动较大的工况。

5 结语

氧阀在工业流体控制系统中扮演着关键角色,其设计方法和控制技术的研究对于提升系统的可靠性和安全性至关重要。深入分析了氧阀材料的选择,为氧气工况下阀门的设计与选型提供了有价值的参考。

参考文献

- [1] 李伯文.氧气调节阀的研发[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2017.
- [2] 李颖.浅析降低氧阀潜在风险的措施[J].化工装备技术,2016(37):43.
- [3] 郑世成.浅析氧气调节阀的选型要点[J].化工管理,2014(14):161.
- [4] 苟蔚勇.浅析煤化工气化炉应用的氧气控制阀[J].控制阀信息,2013(71):53.
- [5] 李清蕾.液氧调节阀阀芯失效分析及解决方案[J].大氮肥,2014(37):398.