

基于压力容器储罐设计制造中的热处理问题探析

汪志文（江西制氧机有限公司，江西 九江 332000）

摘要：压力容器储罐应用领域比较广泛，是化学工业发展中重要的承载容器。在压力容器生产与安装的过程中，焊接过程非常关键，会对容器的安全性有很大的影响。如果在比较苛刻的环境下使用压力容器，很有可能会造成焊缝受损，从而导致容器失效。本文针对压力容器储罐设计和制造过程中热处理问题进行分析，提出更有针对性的治理和解决办法。

关键词：压力容器；储罐设计制造；热处理；问题；对策

0 前言

压力容器储罐是化工、石油等行业中非常重要的密封储存装置，可以存储大量气体和液体，需承受一定压力，对于安全有着很高的要求。焊接是一种局部快速升温与降温加工技术，在短时温度变化大的条件下，焊缝极易发生应力与变形，对接头强、塑、韧等性能产生不利影响。对于不同焊接要求，其焊接技术也是不尽相同。而且焊缝材料、焊接环境、焊接结构等因素对焊接质量也有一定影响。为减少焊缝残余应力，需要采取适当的热处理措施，降低焊缝后冷却速率，从而改善焊缝质量。

1 热处理在压力容器设计和制造中的重要作用

石油化工领域存在着大量高温、高压反应过程，而压力容器储罐则是其中最常用一种装载容器。压力容器储罐是一种承压设备，其内部装载介质多为高压、低温、腐蚀性气体或流体。当压力容器发生故障或损坏时，其本身所具有的高压爆炸性和装载的有害介质泄露将会造成灾难性后果^[1]。压力容器储罐的可靠运行与其所使用钢材密切相关，在设计和选择压力容器材料时，除了要考虑材料强度、韧性、塑性及抗腐蚀能力外，还应该考虑其技术性和可焊性。选择合适材料，采取适当热处理方法，是确保压力容器安全运行的关键。

热处理是将金属材料在固相区域采用加热、保温、冷却等手段，使其内部结构发生变化，从而提高其性能的过程。大多数金属材料在受热、保温、冷却过程中内部结构都会发生改变，进而导致其性能改变。为了使金属材料具有优良工作性能，仅仅通过改变化学成分并不能满足实际要求。为了达到加工和使用需要，热处理必不可少。

压力容器处储罐工作环境相对复杂而又危险，因此必须对其安全稳定给予高度重视，不然很可能会导

致生产事故，从而导致经济和人员伤害。所以在设计时，必须对其性能和材质进行严格检查。压力容器热处理质量好坏，对其自身品质及工作效能有很大影响，所以设计者必须具备相关专业知识与技术，选择适当热处理方法，才能保证其服役性能。

2 压力容器在设计和生产时应注意的问题

按用途、加热温度及冷却方法的差异，可将其划分为三种类型：全过程（如退火、正火、淬火、调质）；表面处理（例如淬火、回火、化学气相淀积、等离子体化学汽相淀积）；化学热处理（例如：渗碳，碳氮共渗，熔渗）。大部分压力容器为钢板焊接结构，其热处理技术多为热成形（管形热轧、封头热冲压等）。但是，目前用于压力容器储罐的热处理方法并不多，常见的热处理方法有退火、正火和淬硬三种，而奥氏体不锈钢有固溶和稳定两种方法。

2.1 焊后热处理技术

金属复合板压力容器储罐在焊接后，存在着较为严重的安全隐患。由于是金属复合板，在机械强度和耐腐蚀性方面表现比较差，在实际生产中，外部环境温度改变会对复合板材热力特性产生较大影响，特别是在实际使用中极易发生碳化。只有对焊后热处理技术及其原材料有足够认识，才能更好地对其进行调整^[2]。

2.2 替代原料热处理技术

在实际压力容器储罐热处理过程中，要确保每种处理方法都符合热处理技术基本要求，从而为提高化学工业综合实力打下坚实基础。在选用替代材料时，若不能更好地确保其品质有效性，则会使其功能和价值得不到充分的发挥。在实际技术处理中，往往由于临时增加原材料供应不足，使得工作人员必须购买更厚的原料，从而最大程度地确保原材料合理性和有效性。如果替代材料选用不当，往往会使整个热处理技

术质量无法有效地发挥出来。在选用某些较厚材质替代较薄材质时,工作人员应更多地将压力容器储罐在设计和生产过程中各种实际状况都考虑进去,从而更细致地把握热处理过程中出现的问题。

2.3 满足液氨罐条件

液氨压力容器储罐受内应力作用,极易产生表面变形和裂纹,严重时还会出现较严重断裂。液氨泄漏事故一旦发生,将给工业生产带来巨大损失,这已经成为当前国内化学工业压力容器设计和生产过程中亟待解决的难题。一般情况下,工作人员在具体工作过程中要注意防止内应力作用太大,从而造成更大安全隐患。在实际生产过程中,若液氨水分含量不能占总水量 0.2%,则会对热处理过程顺利进行造成很大限制^[3]。

3 压力容器焊接技术要点

3.1 焊接方法

钢质压力容器储罐应用面广,因此焊接方式也比较成熟,有气焊、焊条电弧焊、埋弧焊、等离子焊等。目前,国内外普遍采用焊条电弧焊,钨极氩弧焊,埋弧焊等技术。在实际焊接时,也要结合被测零件结构形式、形状和焊接部位等情况,选用合适焊接方式。例如,一些换热器箱体和浮动盖板都是由复合材料构成,焊接面积很小,可以采用双面焊接。该技术具有技术简便、受焊缝形状和位置等因素影响小、焊接成本低、质量好等优点。在选择焊接方式时要有一定灵活性,要结合具体情况进行具体分析,从经济性、可行性、简便性等角度来考虑,但最根本因素还是要确保焊接质量。

3.2 焊条选用

由于钢压力容器储罐材质较为复杂,在选用焊接材料时应结合母材性质和焊接方式来确定。不锈钢复合钢板由不锈钢和碳钢或低合金钢构成,其中,不锈钢起到了防腐作用,而结构要求强度和刚度则由碳钢或低合金钢板来承担,不锈钢复合钢板物理性能及化学成分有较大差别。不锈钢复合板焊接选材应遵循底层等强度、多层保证耐腐蚀性原则^[4]。对于同种型号抗热低合金钢,焊接后,焊缝金属中铬、钼含量应与母材规范一致,或与设计文件中技术要求一致;对于同一牌号高合金钢,一般要考虑到焊缝抗腐蚀性能;当不同型号钢进行焊接时,由于两边母材拉伸强度存在差异,对焊接后焊缝金属拉伸强度值提出了特定要求,即在拉伸强度较低母材和拉伸强度较高母材上限之间,才

能保证焊接接头强度。

3.3 焊接坡口和接头组对

钢质压力容器储罐焊缝坡口制作中,可以采用冷作或热作,其标准抗拉强度下限不超过 540MPa 低合金钢;其抗拉强度下限在 540MPa 以上,均宜采用冷加工。为了防止错边太大,从而导致多层焊接质量下降,必须对多层错边进行严格控制。

3.4 焊机设备及使用条件

不锈钢复合板焊接可选用手工电弧焊,该焊机可用于基层、过渡层及多层三种焊缝,并可选用逆变电源。由于环境温度、湿度和风速等因素影响,焊接过程中必须对焊接环境进行严格控制。在进行焊接施工之前,要测试周围温度、湿度和风速,在不锈复合板表面 0.5~1m 范围内,当气温高于 0℃,风速小于 2m/s 时,才能进行焊接。若遇雨雪天气,则应先对焊点 100mm 范围进行预热,待到 15℃或更高时才可进行焊接。对于不同焊接方式,其速度要求也是不一样的。

4 在压力容器设计和生产过程中热处理缺陷的控制对策

4.1 强化工程建设质量管理

要想更好地推进压力容器储罐设计和制造中热处理战略,就必须主动地增强对作业次序把握,对施工过程中工作质量进行合理控制。因为在现代化发展过程中,压力容器是一种十分精细而又复杂的设备,相关工作人员应该通过对压力容器实际状况进行详细了解,从而更有针对性地解决可能存在问题,从而使热处理技术整体水平得到提高。

在具体压力容器储罐设计和使用过程中,必须对制造过程进行仔细了解和分析,才能确保数据信息准确和有效。在焊接完毕后,要对压力容器使用和管理状况进行全面了解。有了这些具体数据信息,工作人员就可以准确地将各种工作要求融合在一起,大大地提高焊接工作质量。在确保每一项工作质量都满足了基本标准要求后,还要对热处理技术进行进一步关注,最大程度地确保在生产过程中,共同参与工作人员可以严格遵循相应工作程序,为以后工作整体质量提高起到指导和帮助。

4.2 对应用材料进行适当区别

在对压力容器储罐具体情况有了详细认识后,我们才能根据实际使用条件,对它适用范围有一个具体认识。因为压力容器对生产材料有相当高需求,在很大程度上,可以将不同压力容器设计材料应用于该压

力容器中。在我国,随着现代社会的发展,越来越多现代企业都在积极地强化创新与管理工作,这在很大程度上促进了目前热处理工作高效发展。

为了确保压力容器储罐设计和制造过程中热处理工作成功,有关人员开始主动地强化对各种原材料掌控和控制,从而更好地对每种材料进行合理分类。在大部分压力容器生产中,热处理技术都可以被合理地运用,但是,在压力容器设计中,不锈钢材料有着自己特殊使用优点和特点,只有对各种原材料进行有效地区别,并且在设计过程中合理地运用它们,才能在很大程度上提高目前热处理技术水平。例如,在对碳钢材料进行合理建设和管理时,必须让工作人员对热处理实际使用状况有一个全面认识,从而选择更具针对性化工材料工作。

4.3 对不锈钢进行热处理

不锈钢是一种常用的承压容器材料,具有很强的抗腐蚀性能。直到现在,许多压力容器设计和制造人员,都已经主动地提高了对铬含量的关注,在不锈钢原料中含量大于 10.5% 时候,就可以充分地发挥出抗腐蚀和耐酸性,这是不锈钢热处理工作中一个基本部分^[5]。因为不锈钢等热处理工作技术具有比较多优点和使用方法,所以只有通过对其基础化学性质进行详细掌握和理解,工作人员才能对其进行更细致了解。

首先,作为压力容器储罐中最重要一种材料,铁素体不锈钢本身就含有大量高 Cr 和低碳元素,它塑性和强度都会随着时间推移而下降。铁素体不锈钢合理使用,可以让压力容器在较高温度下,发挥出最大的作用。而在此之后,铁素体不锈钢也开始在硝酸和氮肥行业中广泛使用,将自己的抗腐蚀性能发挥到了极致。其次是用奥氏体不锈钢制造。这是一种以低碳和高铬合金为主的不锈钢,如果碳含量低于 0.1%,就会形成一种叫做单相奥氏体结构。铁素体-奥氏体双相不锈钢,则是在一定条件下,将两种不同成分混合在一起,形成一种新组织,从而提高了 Cr 在铁素体中所占比例。这种不锈钢具有其特有优点,但是在以后工作中,由于其韧性和温度适应性都比较低,这就使得它在以后焊接工作中无法发挥出应有的作用。与常规奥氏体不锈钢相比,不同强度会对其工作效率产生不同影响。

4.4 焊接后压力容器处理

当压力容器储罐处于焊接作业环境中时,由于残余应力消除,极有可能产生焊后热处理工序。这些现

代焊接热处理方法,在实际运用和管理中,主要包括后整理、局部和分段三种形式。如果在合适大环境背景下,采用炉内整体加热方法,可以更好地提高压力容器焊接后处理效果。在外部条件较为苛刻情况下,则有可能造成分段热处理过程中非均匀推进,严重时还会影响多次加热时间提高,这对当前化工工业压力容器储罐热处理技术水平提高是不利。另外,有关人员还可以在局部热处理过程中,进一步强化各个阶段隔离控制,从而最大限度地降低外部因素所造成较大变形,最大限度地确保温度梯度合理性和有效性。

4.5 更好更安全有效地管理生产过程

压力容器储罐设计和制造本身就是一件比较复杂的事情,因为它很可能会被外部因素所左右,这就要求有关工作人员在工作中要具备规范化管理观念,尽可能地确保生产设计过程合理性和有效性。在具体压力容器设计中,要严格地遵循相应技术步骤,这样才能确保在焊接技术辅助下,使热处理技术工作效率得到有效提高。在日常工作中要树立起工作质量管理意识,严格依照有关工作标准,强化各个环节监督和管理,才能最大限度地防止不良因素发生。

5 结束语

压力容器储罐是一种重要工业装备,其安全稳定直接关系到整个产业生产效率,一旦发生事故,就会给企业带来巨大损失。为了实现更稳定、更高效率生产发展,需要对压力容器储罐进行热处理,有关人员要对金属材料特性进行认真区别,并要根据不同情况,制定出最优的处理方法,将各个阶段质量控制做好。焊接后热处理作为焊接技术一个关键步骤,是消除焊缝应力关键,必须正确地进行焊接后热处理,并对其进行质量控制。

参考文献:

- [1] 薛光磊. 压力容器设计阶段的热处理技术应用 [J]. 产业与科技论坛, 2023, 22(12): 46-48.
- [2] 任国松. 焊后热处理对核反应堆压力容器用 16MND5 钢组织和性能的影响 [J]. 上海金属, 2023, 10(13): 1-7.
- [3] 王志刚, 罗永智, 秦作伟. 压力容器现场焊后热处理技术应用现状及发展趋势 [J]. 金属热处理, 2022, 47(09): 281-285.
- [4] 郑顺城. 化工压力容器设计及不安全因素的研究 [J]. 化工管理, 2022(26): 138-140.
- [5] 张兆利. 压力容器不等厚管壁焊接工艺技术 [J]. 机械工程与自动化, 2022(04): 133-134.