

# Analysis of Material Quality Management in Pressure Vessel Manufacturing

Bin Wang Yuxin Cao Liming Wu

Sinopec Anqing Branch, Anqing, Anhui, 246002, China

## Abstract

As an important industrial equipment, pressure vessel plays a vital role in various fields. It carries a variety of gases or liquids, so the requirements for material quality are extremely strict. Ensuring the safety and reliability of pressure vessels is an important link that cannot be ignored in the manufacturing process. This paper aims to conduct an in-depth analysis of material quality management in pressure vessel manufacturing, focusing on the importance and methods of key links such as material selection and procurement, processing process control, and inspection and testing. Through the comprehensive analysis of material quality management work, a better understanding of how to ensure the excellent performance of pressure vessels, to ensure the safety of personnel and the environment, and promote the sustainable development of industrial manufacturing.

## Keywords

pressure vessel manufacturing; material; quality management

## 压力容器制造中的材料质量管理分析

王彬 曹育新 吴黎明

中国石化安庆分公司, 中国·安徽 安庆 246002

## 摘要

压力容器作为一种重要的工业设备, 在各个领域扮演着至关重要的角色。其承载着各种气体或液体, 因此对材料质量的要求极为严格。保障压力容器的安全性和可靠性是制造过程中不可忽视的重要环节。论文旨在对压力容器制造中的材料质量管理进行深入分析, 重点探讨材料选择和采购、加工过程控制以及检验和测试等关键环节的重要性的方法。通过全面分析材料质量管理工作, 更好地了解如何确保压力容器的优异性能, 以确保人员和环境的安全, 推动工业制造的可持续发展。

## 关键词

压力容器制造; 材料; 质量管理

## 1 引言

在现代工业中, 压力容器扮演着至关重要的角色, 广泛应用于石油化工、能源、制药、航空航天等领域。压力容器的安全性和可靠性直接关系到人员生命安全和财产的保障, 因此在其制造过程中对材料质量的管理显得尤为重要。论文旨在为压力容器制造企业、从业人员以及相关领域的研究者提供有益的参考和借鉴, 以期共同推动压力容器制造领域的技术进步和安全发展。

## 2 压力容器材料概述

### 2.1 常用金属材料

钢材是制造压力容器最常用的金属材料之一。其优点包括强度高、耐腐蚀性好、可塑性强以及成本相对较低。钢

材按其化学成分可以分为碳钢、合金钢和不锈钢等。碳钢是含有少量碳的钢材, 适用于一般性的低压容器; 而合金钢含有其他合金元素, 能够满足高温高压的工作环境。不锈钢由铁、铬、镍和其他合金元素组成, 具有优异的耐腐蚀性, 适用于一些对材料质量要求较高的特殊容器<sup>[1]</sup>。

铝合金材料由铝和其他合金元素组成, 其轻量化和优异的耐腐蚀性使其在航空航天和运输领域得到广泛应用。铝合金制造的压力容器重量较轻, 适用于要求重量限制的应用, 例如航空器和火箭。然而, 铝合金的强度相对较低, 不适用于高压和高温的工作环境。

### 2.2 非金属材料

玻璃钢, 也称为复合材料, 由玻璃纤维和树脂组成。它具有优异的耐腐蚀性、高强度和轻质化的特点, 适用于化工、食品、医药等领域的储罐和管道。玻璃钢材料的优点还包括不易受潮、耐老化和维护成本低等。

聚合物材料主要包括聚乙烯、聚丙烯、聚氨酯等, 具有轻质、耐腐蚀和良好的绝缘性能。聚合物材料在低压、低

【作者简介】王彬(1977-), 男, 中国河南洛阳人, 本科, 工程师, 从事石化行业设备、物资管理研究。

温的情况下被广泛应用，如石油和化工领域的一些储存和运输容器。

### 3 材料质量对压力容器安全性的影响

#### 3.1 材料缺陷对压力容器安全性的影响

内在缺陷是指材料在生产过程中产生的、不可避免的缺陷，如气孔、夹杂、夹渣等。这些缺陷会降低材料的强度和韧性，使其在高压和高温工况下易于发生裂纹和断裂。如果压力容器的材料中存在内在缺陷而未被发现或忽视，容器在使用过程中可能会发生安全事故，威胁人员和环境安全。

外在缺陷是指在运输、安装或使用过程中引入的缺陷，如划伤、挤压、腐蚀等。这些缺陷会导致材料表面损伤，减弱容器的耐腐蚀性和承压能力，增加了容器发生泄漏或爆炸的风险<sup>[2]</sup>。

材料缺陷会在容器使用过程中逐渐积累，并在特定条件下加速发展，导致容器失效。因此，压力容器的制造过程中需要严格控制材料质量，通过非破坏性检测和材料性能测试等手段及时发现和处理潜在的缺陷。

#### 3.2 材料疲劳问题对压力容器安全性的影响

在长期交替加载的情况下，材料可能出现疲劳破坏，即在应力远低于其屈服强度的情况下发生裂纹和断裂。

压力容器在使用过程中通常会受到循环载荷，即交替的压力变化。这种循环载荷容易导致材料的疲劳裂纹扩展，最终引发容器失效。因此，设计阶段需要充分考虑循环载荷对材料的影响，合理确定容器的工作压力和温度范围，以降低疲劳问题的风险。

在低温下，某些材料会发生低温脆化现象，其韧性急剧下降。压力容器在低温环境下运行时，特别容易发生脆性断裂，对材料的选择和控制非常关键。在设计和制造阶段，需要选用抗低温脆化的合金材料，并避免容器在低温下受到冲击或振动等外部影响。

环境腐蚀也是导致材料疲劳问题的重要原因。容器在一些特殊工作环境中，如高温、酸碱等腐蚀性介质中工作，容易出现腐蚀疲劳，即材料在受到腐蚀作用下疲劳破坏。在这种情况下，材料的抗腐蚀性成为保证容器安全的重要指标，需要选择具有良好耐蚀性的材料，并采取防腐措施<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 材料选择与容器设计的关联

材料选择是压力容器设计的重要一环，直接关系到容器的性能和安全性。在选择材料时，需要考虑以下几个方面：首先，容器的工作条件，包括容器的工作压力、温度范围，以及容器内介质的性质。不同的工作条件需要选用具有相应耐压和耐高温性能的材料。其次，抗腐蚀性，根据容器所处的工作环境和介质的腐蚀性质，需要选择具有优异耐腐蚀性的材料，以确保容器在腐蚀性介质中的稳定运行。最后，强度与韧性，容器需要具有足够的强度来承受内部的压力和外部的负载，同时还需要具备良好的韧性，以防止容器在受到冲

击或振动时发生破裂。因此，在选择材料时，需要综合考虑强度和韧性的平衡，确保容器在各种工作条件下都能保持稳定和安全的运行。

### 4 压力容器制造中的材料质量管理

#### 4.1 材料的选择和采购

材料选择的第一步是进行充分的工作条件分析。包括容器的工作压力、温度范围，容器内介质的性质，以及可能受到的冲击、振动等外力。根据工作条件的要求，确定材料的强度、耐腐蚀性、耐温性等性能指标。在工作条件分析的基础上，对各类材料进行性能评估。常见的金属材料包括碳钢、合金钢和不锈钢等。碳钢具有较高的强度和可塑性，适用于一般性的低压容器；合金钢含有其他合金元素，能够满足高温高压的工作环境；不锈钢由铁、铬、镍等合金元素组成，具有优异的耐腐蚀性，适用于对材料质量要求较高的特殊容器。

此外，还有铝合金、玻璃钢和聚合物材料等，根据不同的工作条件选择适合的材料。同时，在材料选择过程中，除了满足工作条件要求外，还需要考虑材料的经济性。不同材料的成本差异较大，因此需要进行经济性分析，权衡材料的性能和成本之间的关系，选择性价比最高的材料。在一些大型项目中，材料成本可能占据相当大的比例。在进行材料采购之前，需要对潜在的供应商进行评估和选择。供应商的质量管理体系、生产能力、产品质量以及信誉等都是需要考虑的因素。合格的供应商应该具有完善的质量管理体系，严格执行国际或行业标准，并且能够提供相关的质量证明和技术资料。在选择供应商后，可以要求供应商提供材料样品进行评估。通过对样品的物理性能、化学成分和微观结构进行测试和分析，验证其是否符合技术要求和标准规范。同时，还可以进行环境腐蚀试验等特殊测试，以确认材料的耐腐蚀性能。在收到供应商提供的材料后，需要进行严格的验收检验。验收检验的内容应包括物理性能测试、化学成分分析、外观检查以及非破坏性检测等。通过验收检验，确保采购的材料符合技术要求和质量标准，能够满足容器的设计和制造要求。在材料采购过程中，需要做好材料的追溯与记录工作。对每批采购的材料，应记录其生产厂家、批号、生产日期等信息，以便在后续的使用和维护过程中，能够对材料的来源和质量进行追溯和溯源。材料采购并不是一次性的过程，而是需要进行持续的质量监控。在供应商合作关系建立后，应建立长期稳定的供应关系，并定期对供应商进行评估和监督。在生产过程中，还应进行过程控制，确保生产过程中的材料质量符合要求。如发现材料质量问题，要及时与供应商沟通协商，并采取相应的纠正措施。

#### 4.2 材料的检验和测试

物理性能测试主要针对材料的力学性能、硬度和热处理状态进行评估，以确保材料在实际工作条件下能够承受相

应的载荷和温度。首先，强度是材料抵抗外部载荷的能力，对于压力容器而言，强度是至关重要的指标。常用的强度测试方法包括拉伸试验、屈服试验和冲击试验。拉伸试验用于测定材料的抗拉强度和屈服强度，屈服试验用于确定材料开始产生塑性变形的应力值，冲击试验用于评估材料在低温环境下的韧性。其次，硬度测试用于测定材料的硬度，即材料表面抵抗外界压力的能力。硬度测试常用的方法有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。通过硬度测试可以了解材料的强度和耐磨性能，为材料的选择和加工提供参考。最后，热处理是压力容器材料中重要的一环，它可以通过控制材料的加热和冷却过程来调整材料的结晶结构和性能。因此，需要对热处理状态进行评估，以确认材料是否符合要求的热处理状态。

化学成分分析是检验材料是否符合要求的重要手段，特别是对于合金材料和不锈钢等特殊材料。光谱分析是一种常用的快速化学成分分析方法，它可以通过测量材料中的元素谱线强度，来定量测定各种元素的含量。光谱分析适用于大批量材料的快速检测，对于常用的金属材料如碳钢、合金钢等可以获得较准确的结果。X射线荧光光谱法是一种非破坏性的化学成分分析方法，它通过测量材料在X射线激发下发射出的荧光，来定量测定材料中各种元素的含量，该方法适用于分析多种元素和特殊材料的化学成分。碳硫分析仪是一种常用的分析设备，主要用于测定材料中的碳和硫含量，对于一些特殊用途的材料如高强度低合金钢，碳硫含量的控制尤为重要。

### 4.3 成形加工过程控制

在压力容器的制造中，成形过程是最早的一个环节，它涉及材料的热处理、切割和成型等工艺。在成形过程中，需要严格控制以下几个方面：首先，对原材料进行预处理，这包括对金属材料进行除锈、除油和切割等工序，以确保材料表面的洁净和平整。对于塑料等非金属材料，预处理可能涉及去除杂质和加热软化等工艺。其次，成形过程中的切割精度控制，切割是成形的关键步骤，切割精度直接影响到后续工艺的质量。在切割过程中，需要确保切割的尺寸和形状与设计要求一致，避免出现偏差。最后，成型工艺控制，成

型工艺包括冷冲压、热冲压和热成型等方法。不同的成型工艺会对材料的微观结构和性能产生影响。因此，在成型过程中需要控制工艺参数，确保成型过程的稳定性和一致性。

焊接是压力容器制造中至关重要的一个环节，焊接质量直接影响到容器的强度和密封性。在焊接过程中，需要严格控制以下几个方面：首先，选择适合的焊接工艺，不同的焊接工艺对材料的影响不同，需要根据具体情况选择最合适的焊接方法，如手工电弧焊、气体保护焊和埋弧焊等。其次，焊接参数控制，焊接参数包括焊接电流、电压、速度和焊接角度等。在焊接过程中，需要根据焊接材料和焊接位置，选择合适的焊接参数，以确保焊缝的质量和强度。另外，对焊接接头的准备，在焊接之前需要对焊接接头进行准备，包括切割、倒角和清洁等工序。焊接接头的准备质量直接影响到焊接质量，因此需要保证焊接接头的平整和无杂质。最后，焊后处理，焊后处理包括焊缝清理和热处理等工艺，焊缝清理可以去除焊接过程中产生的氧化物和杂质，提高焊缝的质量。热处理是通过控制焊缝的加热和冷却过程，调整焊缝的组织 and 性能，提高焊接接头的强度和韧性。

## 5 结语

综上所述，压力容器制造中的材料质量管理是保障容器性能和安全性关键要素。论文深入探讨了材料选择和采购、加工过程控制以及检验和测试等方面的重要性的方法。只有在全体相关人员共同努力下，才能确保材料的质量和容器的安全性。随着科技的不断发展和工艺的创新，材料质量管理工作也在不断进步。通过引入新的检测技术和质量管理体系，将进一步提高容器制造的效率和质量水平，推动压力容器行业的持续发展。

## 参考文献

- [1] 李茹茹.浅析压力容器制造过程中的材料质量控制[J].化工管理,2020(8):52-53.
- [2] 张保杰.如何控制压力容器制造过程中的材料质量[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(5):61-62.
- [3] 毛海鹏.试论压力容器制造中的材料质量管理[J].石化技术,2018,25(11):244.