

# 合理选材是压力容器设计的关键

何敏

(广东省石油化工专用设备四会制造厂有限公司, 广东 四会 526200)

[摘要] 文章从钢材的化学成份、力学性能、使用条件、制造工艺性能方面分析压力容器钢材的选用。

[关键词] 压力容器; 设计; 钢材

[中图分类号] TH

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-1865(2010)11-0159-01

## Selecting of Material is the Key to Pressure Vessel Design

He Min

(Guangdong Petrochemical Exclusive Equipment Sihui Factory Co.,Ltd., Sihui 526200, China)

**Abstract:** The paper analyzes selection of pressure vessel steel from chemical composition, mechanical property, used condition and property of producing technology mainly.

**Keywords:** pressure vessel; design; steels

压力容器属特种设备,它的工作环境往往面临着高温、高压、易燃、易爆和有毒介质,它们的安全至关重要,材料性能对压力容器运行的安全性有显著的影响,选材不当,不仅会增加制造成本(压力容器材料费用占总成本的比例很大,一般超过30%),而且有可能导致压力容器破坏事故,故合理选用压力容器钢材是设计的关键之一。原则上,对压力容器钢材的基本要求是有较高的强度、良好的塑性、韧性、制造性能与介质相容性,下面从钢材的化学成分、力学性能、使用条件、制造工艺性能等方面作进一步的分析。

### 1 化学成分

材料的化学成份对机械性能和热处理有效大的影响,提高碳含量可能使强度增加,但可焊性及塑性变差,焊接时易在热影响区出现裂纹。硫与磷是钢中最主要的有害元素,硫能促进非金属夹杂物的形成,使塑性与韧性降低,磷能提高钢的强度,但会增加钢的脆性,特别是低温脆性。将磷和硫等有害元素含量降低,可提高钢材的韧性、抗回火脆化性能和耐腐蚀性能。所以用于焊接的碳素钢和低合金钢  $C \leq 0.25\%$ 、 $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.035\%$ ; 压力容器专用钢中的碳素钢和低合金钢(钢板、钢管和钢锻件),其磷、硫含量应当符合以下要求:

(1)碳素钢和低合金钢钢材基本要求,  $P \leq 0.030\%$ 、 $S \leq 0.020\%$ ;

(2)标准抗拉强度下限值大于或者等于540MPa的钢才,  $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.015\%$ ;

(3)用于设计温度低于-20℃并且标准抗拉强度下限小于540MPa的钢才,  $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.012\%$ ;

(4)用于设计温度低于-20℃并且标准抗拉强度下限大于或者等于540MPa的钢才,  $P \leq 0.020\%$ 、 $S \leq 0.010\%$ 。

另外,在钢中加入钒、钛、铌等元素可提高钢的强度和韧性,化学成分对热处理也有决定性的影响,如果对成分控制不严,就达不到预期的热处理效果。

为测定钢材的化学成分和金相组织,对比分析化学成分、金相组织和力学性能的关系,有时要进行化学分析和金相检验。

### 2 力学性能

金属力学性能是金属在力的作用下所显示与弹性和非弹性反应相关或涉及应力应变关系的性能,由于载荷和应力状态的不同,以及钢材在受力状态下所处的工作环境的不同,钢材受力后所表现出的不同行为称为材料的行为。钢材的力学行为,不仅与钢材的化学成分、组织结构有关,而且与材料所处的应力状态和环境有密切的关系。

金属力学性能是表征和判定金属强度、韧性和塑性变形能力的判据,其高低表征金属抵抗各种损伤作用能力的大小,是评定金属材料质量的主要依据,也是压力容器设计时选材和进行强度计算的主要依据。在压力容器设计中,常用钢材的强度

判据包括抗拉强度  $R_m$ (MPa)、屈服强度  $R_{eL}$ (MPa)、高温持久强度极限  $R_D$ (MPa)、高温蠕变极限  $R_c$ (MPa); 塑性判据包括断后伸长率  $A$ (%)、断面收缩率  $Z$ (%); 韧性判据包括 V 型冲击吸收能量  $KV_2$ (J)、韧脆转变温度、断裂韧性等。

在一般的压力容器设计中,材料的力学性能参数可从有关标准中查到,但这些数据仅为规定的必须保证值,实际使用的材料是否满足要求,除要查看质量证明书外,有时还要对材料进行复验;必要时,还应模拟使用环境进行测试拉伸试验和冲击试验,其目的是测量钢材的抗拉强度  $R_m$ 、屈服强度  $R_{eL}$ 、断后伸长率  $A$ 、断面收缩率  $Z$ ; 和 V 型冲击功  $KV$ 。

### 3 使用条件

压力容器的使用条件包括设计温度、设计压力、设计温度、介质特性、工艺操作和气候环境等。材料选择主要由使用条件决定。例如,钛和钛合金用于压力容器受压元件时,应当符合以下要求:

(1)钛和钛合金的设计温度不高于 315℃,钛-钢复合板的设计温度不高于 350℃;

(2)用于制造压力容器壳体的钛和钛合金在退火状态下使用。对于高温、高压、含氢压力容器,材料必须满足高温下的热强性、抗高温氧化性能、抗氢腐蚀及氢脆性能。

对于力学性能很高的材料,常选用高或超高强度钢,由于钢的韧性往往随着强度的提高而降低,此时应特别注意强度和韧性的搭配,在满足强度要求的前提下,尽量采用韧性和塑性好的钢材。因为韧性和塑性好的高强度钢能降低脆性破坏的概率,在承受交变载荷时,可将失效形式改变为未爆先漏,提高运行安全性。

介质有各种各样的特性,有的会使材料脆化,有的腐蚀性强,有的易燃易爆,有的具有毒性,有的易分解。压力容器选材必须考虑与介质的相容性,避免产生应力腐蚀破裂的材料-环境组合。

### 4 制造工艺性能

制造工艺性能包括材料的冷加工成型性能、可焊性、可铸性、可锻性及切削性。下面主要分析材料的冷加工成型性能和可焊性。

材料制造工艺性能的要求与压力容器的结构和使用条件紧密相关,制造过程中进行冷卷、冷冲压加工的零部件,要求钢材有良好的冷加工成型性能和塑性,其断后伸长率  $A$  应在 17%~23% 以上。为检验钢板承受弯曲变形能力,一般应根据钢板的厚度,选用合适的弯心直径,在常温下做弯曲角度为 180° 的弯曲试验。试样外表面无裂纹的钢材方可用于制造压力容器。

(下转第 134 页)

[收稿日期] 2010-08-15

[作者简介] 何敏(1956-),男,广东兴宁人,本科,化工机械工程师,主要研究方向为化工机械设计制造。

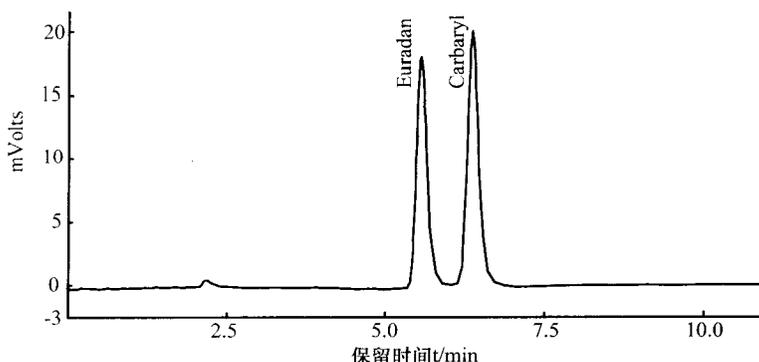


图1 甲萘威、呋喃丹标准色谱  
Fig.1 Standard chromatogram of carbaryl and furadan

表1 方法检出限  
Fig.1 The detection limits of the method

中文名 称	空白水样含 量(n=3)	加标量 ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	检测值 (n=7) ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	标准偏 差	检出限 ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )
甲萘威	未检出	3.0	2.9521	0.1015	0.32
呋喃丹	未检出	3.0	3.0367	0.1099	0.35

## 2.4 实际水样的回收率与精密度

对实际水样用标准加入法,按照上述方法进行定量分析,测定其回收率和相对标准偏差。

本实验在水样中加入 20.00  $\mu\text{g}/\text{L}$  甲萘威、呋喃丹混合标准液测定该检测方法的精密度和回收率,重复测定 5 次,平均值分别为 19.55  $\mu\text{g}/\text{L}$  和 19.62  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,回收率分别为 97.77 % 和 98.08 %,RSD 分别为 1.94 % 和 2.76 %,具体见表 2。数据结果表明此方法的精密度和准确度都很好。

表2 甲萘威、呋喃丹精密度和准确度试验  
Fig.2 Test on precision and accuracy of carbaryl and furadan

中文名 称	实际水样含 量(n=3)	加标量 ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	检测值 (n=5)( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	回收率 /%	RSD/%
甲萘威	未检出	20.00	19.55	97.77	1.940
呋喃丹	未检出	20.00	19.62	98.08	2.760

(上接第 159 页)

压力容器各零件间主要采用焊接连接,良好的可焊性是压力容器用钢的一项重要指标。可焊性是指在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。一种金属,如果能用最普通的焊接工艺获得优质焊接接头,则认为它具有较好的可焊性。反之,如果要用很复杂或特殊的工艺条件才能获得优质焊接接头,则认为它的可焊性差,可焊性很差的金属材料甚至不能用于焊接结构。通常根据金属焊接时产生裂纹的敏感性以及焊接接头机械性能的变化来判断材料的可焊性。试验结果显示钢材的可焊性主要取决于化学成份,低碳钢具有良好的可焊性,中碳钢的可焊性中等,高碳钢和高合金钢则较差,因为在焊接接头热影响区内,总有一个在焊接时接近熔化温度的区域,即相当于被加热到钢材淬火处理的温度区域,在焊后冷却时相当于进行了淬火处理,不但晶粒明显粗大,且易出现过热组织。

钢材含碳量较低时,焊后冷却时淬硬效应不明显,不会产生粗大的马氏体组织,焊接接头不会明显变脆变硬,不易产生裂纹,可焊性好,一般含碳量在 0.3 % 以下的低碳钢具有较好的可焊性。相反,当含碳量较高时,焊接冷却进程中易产生淬火效应,出现淬火组织明显脆化,容易出现焊接裂纹,可焊性明显变差。中碳钢的可焊性较差,高碳钢更差,无法进行焊接。

综上所述,作为压力容器设计者选用钢材时应该注意:压力容器用钢应符合相应国家标准和行业标准的规定,不应片面追求高强度材料,要做到强度与塑性及韧性的综合考虑、强度

## 2.5 实际样品测定

应用所建立的方法,分别对水源水和经过处理的生活饮用水等水样进行了呋喃丹和甲萘威测定,结果两种组分均未检出。

## 3 结论

直接进样高效液相色谱-柱后衍生法测定水中的甲萘威和呋喃丹,水样只经简单过滤则可进样检测,方法简便、快速、加标回收率和精密度良好,检出限符合《生活饮用水卫生标准(GB5749-2006)》要求。该法适用于饮用水和环境水体中甲萘威和呋喃丹的监测。

## 参考文献

- [1]中国标准出版社第一编辑室. 农药残留国家标准汇编[M]. 北京:出版社, 1999.
- [2]世界卫生组织. 饮用水水质准则—卫生标准及相关资料[M]. 北京:人民卫生出版社, 2003.
- [3]GB/T5750. 2006-9. 生活饮用水标准检验方法[S].
- [4]李丽萍, 张文海. 对呋喃丹和甲萘威标准检测方法的改进[J]. 中国给水排水, 2008, 4(20): 79-81.

(本文文献格式: 韩燕飞, 曾锦明, 汪琳, 等. 直接进样高效液相色谱-柱后衍生法测水中的甲萘威、呋喃丹[J]. 广东化工, 2010, 37(11): 133-134)

与可焊性的综合考虑; 应注意厚度与性能的关系, 厚度愈厚, 各项指标值均有所下降; 应注意介质的腐蚀性, 需要通过标准规范查阅、走访调查、以至试验研究才能做到选材合理。同时, 还应时刻关注压力容器钢材发展的变化和动向, 及时采用国家或行业推荐的新材料, 以生产出既安全性能高又满足节能降耗要求的压力容器。

## 参考文献

- [1]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局颁布. TSG R0004-2009《固定式压力容器安全技术监察规程. 新华出版社》, 2009.
- [2]潘家祯. 压力容器材料实用手册—碳钢及合金钢[M]. 化学工业出版社, 2000.

(本文文献格式: 何敏. 合理选材是压力容器设计的关键[J]. 广东化工, 2010, 37(11): 159)

《广东化工》 欢迎投稿 欢迎订阅  
在线投稿网址: www.gdchem.com