

第三章
压力容器用材以及环境和时间
对其材料性能的影响

**MATERIALS FOR PRESSURE VESSELS
AND INFLUENCES OF ENVIRONMENT AND
TIME ON PROPERTIES OF THESE MATERIALS**

第四节 压力容器材料选择

3.4 压力容器材料选择

3.4.1 压力容器用钢的基本要求

3.4.2 压力容器钢材的选择

3.4 压力容器材料选择

教学重点：

压力容器钢材的选择。

教学难点：

压力容器钢材的选择。

压力容器材料多种多样

钢——用的最多

有色金属

非金属

复合材料等

3.4.1 压力容器用钢的基本要求

压力容器用钢
的基本要求

较高的强度

良好的塑性、韧性、制造性能和与介质相容性

改善钢材性能的途径

化学成分的设计

组织结构的改

零件表面改性

本节对压力容器用钢的基本要求作进一步分析。

一、化学成分

钢材化学成分对其性能和热处理有较大的影响。

1、碳

碳含量↑ → 强度增加↑

可焊性↓

焊接时易在热影响区出现裂纹

压力容器用钢的含碳量一般不应大于0.25%。

2、钒、钛、铌等

在钢中加入钒、钛、铌等元素，可提高钢的强度和韧性。

3、S、P是钢中最主要的有害元素

硫——能促进非金属夹杂物的形成，使塑性和韧性降低。

磷——能提高钢的强度，但会增加钢的脆性，特别是低温脆性。

将硫和磷等有害元素含量控制在很低水平，即大大提高钢材的纯净度



可提高钢材的韧性、抗应变时效性能、抗回火脆化性能、抗中子辐照脆化能力和耐腐蚀性能。

因此，与一般结构钢相比，压力容器用钢对硫、磷、氢等有害杂质元素含量的控制更加严格。

例如，中国压力容器用钢的硫和磷含量分别应低于**0.020%**和**0.030%**。随着冶炼水平的提高，目前已可将硫的含量控制在**0.002%**以内。

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。

二、力学性能

材料的力学行为—— 由于载荷（如载荷种类、作用方式等）和应力状态的不同，以及钢材在受力状态下它所处的工作环境的不同，钢材受力后所表现出的不同行为，称为材料的力学行为。

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。

力学性能决定力学行为。

钢材的**力学性能**主要是表征强度、韧性和塑性变形能力的判据，是机械设计时选材和强度计算的主要依据。

a、压力容器设计中，常用的强度判据

包括抗拉强度 σ_b
屈服点 σ_s
持久极限
蠕变极限
疲劳极限 σ_{-1}

b、压力容器设计中，常用的塑性判据

断后伸长率 δ_5
断面收缩率

c、压力容器设计中，常用的韧性判据

冲击吸收功 A_{kv}
韧脆转变温度
断裂韧性

韧性

临界裂纹尺寸的大小主要取决于钢的韧性。

如果钢的韧性好，压力容器所允许的临界裂纹尺寸就越大，安全性也越高。

为防止发生脆性断裂和裂纹快速扩展，压力容器常选用韧性好的钢材。

A_{kv}

夏比V型缺口冲击吸收功 A_{kv} ，能较好地反映材料的韧性，与断裂韧性有较好的数值联系，世界各国压力容器规范标准都对 A_{kv} 提出了要求。

如16MnR钢板，要求在0°C时的横向（指冲击试件的取样方向） A_{kv} 不小于31J。当使用温度低于或等于-20°C时，需要考虑低温冲击韧性，并根据应力水平、设计温度和厚度，确定夏比V型缺口冲击试验温度和 A_{kv} 的指标。

三、制造工艺性能

◇冷加工的要求

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 δ_5 应在 **15~20%** 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°** 的弯曲实验。试样外表面无裂纹的钢材方可用于压力容器制造。

◇焊接的要求

可焊性是指在一定焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度。钢材的可焊性主要取决于它的化学成份。

碳——其中影响最大的是含碳量。含碳量愈低，愈不易产生裂纹，可焊性愈好。

合金元素——影响通常是用碳当量 C_{eq} 来表示。

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni + Cu}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{5}$$

式中的元素符号表示该元素在钢中的百分含量

一般认为， C_{eq} 小于**0.4%**时，可焊性优良； C_{eq} 大于**0.6%**时，可焊性差。中国目前对压力容器用钢尚未规定碳当量要求，但上述计算碳当量的公式对分析焊接裂缝的敏感性具有一定的参考价值。

3.4.2 压力容器钢材的选择

压力容器零件材料选择综合考虑

压力容器的使用条件
零件的功能和制造工艺
材料性能
材料使用经验（历史）
材料价格
规范标准