

真空容器壁厚的合理设计

28-30

黄玉才

TQ 053, 202

(牡丹江制药厂玉米全糖分厂, 牡丹江市 157011)

摘要 按 GB150—89 对真空容器壁厚的设计进行了两种设计思路的对比, 说明了减薄壁厚, 设置加强圈是真空容器设计的优选方案。

关键词 真空容器 加强圈 刚度 稳定性 经济 化工, 优选设计, 壁厚

ABSTRACT According to GB 150—89, a comparison of two designing thoughts was made for the design of the wall thickness of the vacuum container. It specified that on the one hand decreasing the wall thickness and on the other hand set up a strengthening ring was the optimum selected project for the design of vacuum container.

KEY WORDS Vacuum container Strengthening ring Strength Rigidity Stability Economy

1 两种方案的设计

真空容器在化工生产中占有相当大的比例, 如减压蒸发设备, 减压蒸馏设备等, 这些设备的设计中, 如果设计不合理, 就要浪费大量的材料, 增加成本, 更不经济。笔者在多次设计中认为, 对真空容器壁厚的设计中以刚度为基准, 进行强度校核和以强度设计为基础, 进行刚度校核, 应优先选用后者。

现以实例计算加以说明。

1.1 以刚度为基础校核其强度

如图 1 所示, 为一蒸发器壳体, 材质为 1Cr18Ni9Ti, 设计温度为 100℃, 由于是真空容器, 无泄放装置, 取 $P=0.1 \text{ MPa}$ 。

假设 $S=6 \text{ mm}$,

根据 $L_{cr}=1.17D\sqrt{D_0/S}$

式中: L_{cr} ——临界长度, mm

D_0 ——筒体外径, mm

S ——筒体壁厚, mm

所以 $L_{cr}=1080 \text{ cm} > 5000 \text{ mm}$ 属短圆筒

因 $L/D_0=6.5$, $D_0/S=133.3$

可查得 $A=0.00013$

$E=1.87 \text{ MPa}$

应用 $[P]=\frac{2AE}{3D_0/S}$

式中: A ——系数

E ——弹性模量

$[P]$ ——许用应力

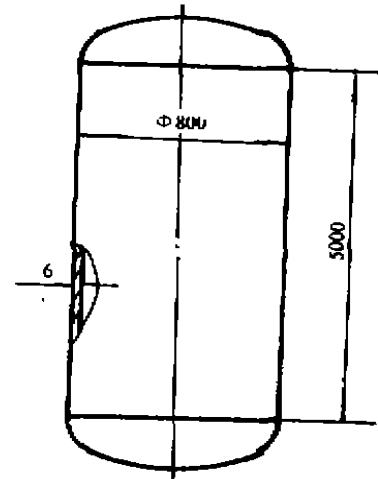


图 1 蒸发器壳体

得 $[P] = \frac{2AE}{3D_0/S} = 0.125 \text{ MPa}$

即 $[P] > P$, 壁厚为 6 mm 能满足刚度要求。

强度校核:

应用 $\sigma = P(D_i + S) / 2S < [\sigma] \Phi$

式中: σ ——操作时的许用应力

$[\sigma] \Phi$ ——材料许用应力

$[\sigma] = 113.0 \text{ MPa}$

Φ ——焊缝系数, 取 $\Phi = 0.85$

所以 $\sigma = 6.7 \text{ MPa}$

$[\sigma] \Phi = 96 \text{ MPa}$

即 $\sigma < [\sigma] \Phi$, 满足强度要求, 且相差很大。

根据以上计算, 取壁厚为 6 mm, 两项要求都能满足。

1.2 以强度计算为基础校核其刚度, 若失稳增设加强圈

1.2.1 计算壁厚

根据 $S = PD_i / (2[\sigma] \Phi - P)$

式中: P ——设计压力 0.1 MPa

D_i ——设备内径, mm

得 $S = 0.4 \text{ mm}$

由最小条件 $S_{\min} \geq 2 \text{ mm}$

现取 $S = 3 \text{ mm}$

1.2.2 稳定性校核

因为 $L/D_0 = 6.5$ $D_0/S = 126.7$

查得 $A = 0.000045$, $E = 1.87 \text{ MPa}$

应用 $[P] = \frac{2AE}{3D_0/S} = 0.02 \text{ MPa} < P$

刚度达不到要求, 应设置加强圈。

1.2.3 加强圈的设计

a. 加强圈设置 4 圈, $\delta = 4 \text{ mm}$, 宽度 60 mm, 材料与母体相同, 结构如图 2。

所以 $l_s = 104 \text{ cm}$, $D_0/S = 267$

由 $L/D_0 = 1.3$

查得 $A = 0.00022$

$[P] = \frac{2AE}{3D_0/S} = 0.106 \text{ MPa} > P$

设置 4 圈加强圈满足刚度要求。

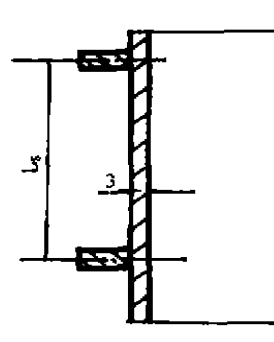


图 2 加强圈设置图

b. 加强圈尺寸的计算:

如图 3 中标注的尺寸

有效宽度 $b = 0.55 \sqrt{D_0 S} = 2.69 \text{ cm}$

加强圈横截面积 $A_s = 6 \times 0.4$

$= 0.24 \text{ cm}^2$

加强圈的惯性矩 $J_1 = 7.2 \text{ cm}^4$

有效段的面积 $A = 2bs = 1.61 \text{ cm}^2$

有效段的惯性矩 $J = 0.012 \text{ cm}^4$

距 X-X 轴形心距 $a = 0.4 \text{ cm}$

组合惯性矩 $J's = 9.27 \text{ cm}^4$

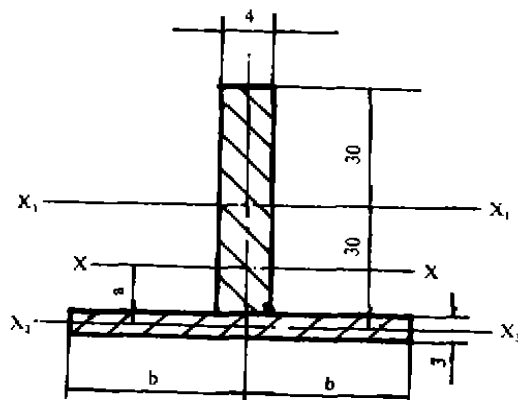


图 3 加强圈尺寸

由 $B = \frac{PD_0}{S + \frac{A_s}{l_s}}$ 得 $B = 265$

查得 $A = 0.0002$

$$\text{据 } J_s = \frac{D_0^2 \cdot L_s \left(\delta + \frac{A_s}{L_s} \right) \cdot A}{10.9}$$

$$\text{得 } J_s = 5.9 \text{ cm}$$

$J_s < J'_s$ 所选尺寸合理

2 两种设计思路的经济性比较

以刚度计算为基准进行强度校核和以强度计算为基准进行稳定性校核, 所选的壁厚相差很大, 后者成本降低很多, 见附表。

附表 两种设计方案比较

方 案	壳体壁厚 (mm)	材料重量 (kg)	加强圈重量 (kg)	成本 (元)
I	6	590	—	11800
II	3	295	20	6300

3 结 论

对以上两种情况进行计算分析, 第一种情况完全能满足要求, 但这样设计浪费了很多材料, 增加了成本, 故不经济; 第二种情况不但能满足要求, 更主要是节省了材料, 降低了成本, 从重量上减轻大约 50%, 从经济上大约可节约成本 40%~45%, 设计中是优先可取的方案, 所以, 在设计中优先选用后者进行设计是非常必要的。

参 考 文 献

- 1 华东化工学院, 浙江大学合编. 化工容器设计. 湖北科学技术出版社, 1985
- 2 全国压力容器标准化技术委员会合编. 钢制压力容器. GB150-89. 学苑出版社, 1989
- 3 天津大学等院校合编. 余国宗主编. 化工容器及设备. 化学工业出版社, 1980

(上接第 17 页)

表 4 异构糖的分离结果

实验次数	项 目	组分混合号	混合液浓度 (%)	混合液中葡萄糖, 甘露糖	混合液体积 (ml)	分离因子 R
实验一	前组分	1~10	12.58	84.6:15.4	100	1.326
	后组分	11~17	16.00	39.0:61.0	70	
实验二	前组分	1~9	11.62	83.1:16.9	90	1.244
	后组分	10~21	21.56	49.6:50.4	120	
实验三	前组分	1~12	14.90	81.0:19.0	120	1.080
	后组分	13~20	25.30	44.1:55.9	80	

3 结果与讨论

①C型阴离子树脂可适用作异构树脂柱, 葡萄糖通过该异构柱进行差向异构, 甘露糖的转化率可达 30%, 且异构液中的钼离子含量较低, 故柱异构比液相异构有较大的优势。

②Kys型阳离子树脂转钙和铅型, 均能较好地分离葡萄糖和甘露糖, 其分离因子 R

为 1.30 左右。但因为铅型树脂使馏分液带浅红色, 故选用钙型树脂较好。

③采用循环异构分离技术, 可使葡萄糖转化为甘露糖的转化率提高到 50%左右, 经氢化后甘露醇的转化率同样提高, 比葡萄糖液相异构工艺提高了 66%, 该工艺是提高甘露醇转化率的较好途径之一。

④本试验尚处于小试研究阶段, 有待进一步进行扩大试验, 为工业化生产提供依据。