对(凹面)承受内压的无折边球形封头计算方法的改进

尹华杰

(化工系化机教研室)

提　要

本文对文献〔3〕,〔4〕提出的(凹面)承受内压无折边球形封头的计算方法存在的问题进行了分析,得到了一个无需反复计算,一次计算就能确定最佳壁厚的方法。

关键词:　封头壁厚S_H、局部应力、一次应力、K曲线或K系数、最佳值。

本文采用的符号

S_H——封头壁厚(包括壁厚附加量)mm;

S——筒体壁厚(包括壁厚附加量)mm;

C——壁厚附加量mm;

D_i——筒体内直径mm;

R_i——部分球壳的内半径mm;

m——$m=(S_H-C)/(S-C)$;

m^*,S_H^*——垂直图1横轴的直线与K曲线交点处的m和S_H值;

K——系数;

P——设计压力kgf/cm^2;

σ——筒体与封头连接部位的局部应力,kgf/cm^2;

σ^{eq}——筒体或部分球壳的当量应力kgf/cm^2;

$[\sigma]^t$——材料在设计温度下的许用应力kgf/cm^2。

一、目前计算方法存在的问题

在文献〔1〕、〔2〕、〔3〕、〔4〕中,对凹面承受内压无折边球形封头的计算,采用的计算方法是:假设部分球壳封头壁厚S_H,通过验算封头与筒体连接部分的局部应力τ,并使$\sigma \leqslant 3[\sigma]^t$的方法确定封头壁厚$S_H$。这个方法存在着以下两个问题:

1、在无设计经验时,假定的S_H不可能一次就满足局部应力的限制条件$\sigma \leqslant 3[\sigma]^t$,需反复查图计算,计算工作量大;同样的设计条件下,得到的封头壁厚值S_H将不相同,易造成某些概念不清;对于一般工程设计人员来说,为满足无折边球形封头一次应力的强度条件,通常按$S_H=S$进行假设。但这样假设在许多情况下,得到的S_H往往也不可能满足$\sigma \leqslant 3[\sigma]^t$的限制条件,设计人员仍需反复查图计算。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2、当假设的S_H能满足 $\sigma \leqslant 3[\sigma]^t$的限制条件时，设计人员也不清楚这个$S_H$值是否最佳值。

本文旨在寻求一个比较简便的方法，并仅通过一次计算求得S_H的最佳值。

二、改进的计算方法

本文的方法是采用文献[4]，对$R_i = D_i$和$R_i = 0.9D_i$两种情况制成的图表（P46，图5—5，图5—6），并根据封头与筒体连接部分的局部应力σ的限制条件[3] [4]：

$$\sigma = KPD_i/2(S-C) \leqslant 3[\sigma]^t \quad (1)$$

为依据而导出的。

在（1）式中取等号得到σ的最大值，它满足强度条件的极限情况，经整理得：

$$K = 6[\sigma]^t(S-C)/PD_i \quad (2)$$

由（2）式得到的K值在文献[4]P46，图5—5，图5—6上，可找到相应的K曲线（遇到中间值用内插法绘出K曲线）。这条K曲线就是使封头与筒体连接部分局部应力达到了$[\sigma]^t$的K系数。根据已知的D_i、S和C，求出$D_i/(S-C)$值，在相应图的横轴上找到对应点，垂直向上与这条K曲线相交。通常有示意图1所示的三种情况之一出现：

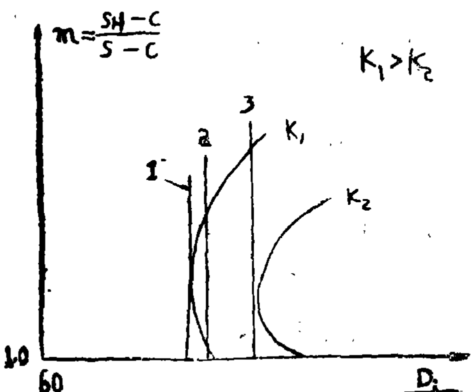

图 1

1、垂直横轴的直线1与K曲线相切；

2、垂直横轴的直线2与K曲线有两个交点

3、垂直横轴的直线3与K曲线只有一个交点。

对应以上三种情况，分别讨论如下：

（1）情况1。这时切点处对应的$m^* = (S_H^* - C)/(S-C)$值，确定的S_H^*值使得$\sigma = 3[\sigma]^t$。当$m > m^*$与$m \leqslant m^*$或$S_H > S_H^*$与$S_H \leqslant S_H^*$时，都使得$\sigma \leqslant 3[\sigma]^t$成立。因此$S_H > S_H^*$和$S_H \leqslant S_H^*$的许多值都可作为设计值，但$S_H \nless S$（$R_i = D_i$时），否则不能满足一次应力强度条件（$R_i = 0.9D_i$时，$S_H \nless 0.9S$）。而我们的目的是求最佳$S_H$值，也就是使设计出的$S_H$值能够是满足强度条件，同时耗用材料最少，且具有较好的焊接性能的情况下的封头。对$R_i = D_i$的情况，应该取m = 1的设计，即取$S_H = S$；同理对$R_i = 0.9D_i$的情况，应取$S_H = 0.9S$。

（2）情况2。在交点处对应的m^*值，满足$\sigma = 3[\sigma]^t$。在交点A以下和交点B以上的m或S_H值使$\sigma < 3[\sigma]^t$，A，B两点之间的m或S_H使$\sigma > 3[\sigma]^t$。与(1)同样的分析，对$R_i = D_i$，应取$S_H = S$，$R_i = 0.9D_i$取$S_H = 0.9S$。

（3）情况3。这种情况，在交点以下的m或S_H都使得$\sigma > 3[\sigma]^t$，交点以上的m或S_H使得$\sigma < 3[\sigma]^t$；交点处的m^*或S_H^*使得$\sigma = 3[\sigma]^t$。为了得到S_H的较小值应取交点处的S_H^*作为设计值。这时：

$$S_H^* = m(S-C) + C \quad (3)$$

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

以上三种情况，我们得到的S_H值都是最佳值。

三、结论

1、本文的方法，通过计算、查图，一次即可求得部分球壳壁厚S_H的最佳值。解决了文献〔1〕、〔2〕、〔3〕、〔4〕所存在的两个问题。

2、本文的设计方法只适用〔4〕中给出的$R_i = D_i$和$R_i = 0.9D_i$两种情况。其它情况须经应力分析解决。

3、本文对$R_i = 0.9D_i$的情况作了$m = (S_H - C)/(S - C)$小于1的外推。经应力分析，在直到$m = 0.8$时，各K曲线仍无拐点。对第二节中的情况1和情况2，在$R_i = 0.9D_i$时，取$S_H = 0.9S$既能满足筒体和部分球壳连接部位的局部应力$\sigma \leqslant 3[\sigma]^t$，又能满足部分球壳的一次应力控制条件：$\sigma^{eq} \leqslant [\sigma]^t$。当筒体壁厚S满足$\sigma^{eq} = [\sigma]^t$时，$S_H$使部分球壳满足：$\sigma^{eq} = [\sigma]^t$。筒体与部分球壳为等强度设计，这种情况也就是最佳设计情况。

本文承化工系董其武老师审阅，并提出宝贵意见，在此表示感谢。

参考文献

〔1〕余国琮主编：化工容器及设备，化学工业出版社，1980.

〔2〕吴泽炜主编，王仁东审阅：化工容器设计，华东化工学院、浙江大学合编，1983.

〔3〕中华人民共和国石油工业部、中华人民共和国化学工业部、中华人民共和国机械工业部：钢制石油化工压力容器设计规定，化学工业出版社，1982.

〔4〕中国石油化工总公司、中华人民共和国化学工业部、中华人民共和国机械工业部：钢制石油化工压力容器设计规定，全国压力容器标准化技术委员会，1985.

IMPROVEMENT OF CALCULATING METHOD FOR SPHERICAL CLOSER WITHOUT TURNING EDGE SUBJECTED TO INTERNAL PRESSURE INSIDE CONCAVE SURFACE

Yin Huajie

(Chemical engineering department)

Abstracs

In this paper, the calculating method of spherical closer without turning edge subjected to internal pressure inside concave surface, which is mentioned in reference 〔3〕、〔4〕, is discussed and some problems are found. A method of calculating the optimum thickness for spherical claser without turning edge is obtained by only one-time operation.

Key words: closer thickness S_H, local stress, first-order stress, K curve or K coefficient、optimum.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net