



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107941052 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711057162.9

(22)申请日 2017.11.01

(71)申请人 常州大学

地址 213164 江苏省常州市武进区滆湖路1号

(72)发明人 巢建伟 许进文 郑瑜 刘文明
刘雪东

(51)Int.Cl.

F28D 7/16(2006.01)

F28F 9/22(2006.01)

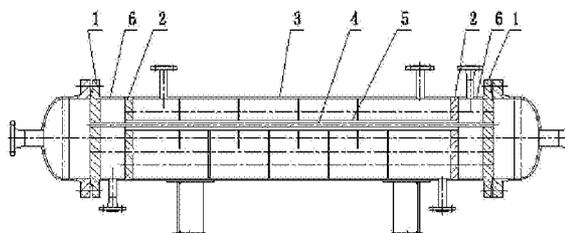
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种双管双管板换热器管板计算方法

(57)摘要

本发明提出了一种双管双管板换热器管板计算方法,属于换热器管板设计技术领域,主要步骤为:首先将双管双管板换热器拆解为两个普通固定管板式换热器:一个由外管板和内换热管组成的外换热器以及一个由内管板和外换热管组成的内换热器,然后按照相关国家标准的规定进行相关计算。计算中对于外换热器考虑内管板和外换热管对其筒体的约束作用,对于内换热器考虑外管板和内换热管对其筒体的约束作用。本发明提出的双管双管板换热器管板的设计计算方法,为该类型换热器的设计计算提供了一种全新的技术方案,解决了长期困扰相关领域技术人员的关键技术难题。



1. 一种双管双管板换热器管板计算方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤1,将双管双管板换热器拆解成两个普通固定管板式换热器:外换热器和内换热器,所述外换热器由内换热管和两块外管板组成,所述内换热器由外换热管和两块内管板组成;

步骤2,按照相关国家标准中规定的固定管板式热交换器管板计算方法进行计算。

2. 根据权利要求1所述的双管双管板换热器管板计算方法,其特征在于:对于拆解出的外换热器,计算筒体的轴向刚度时考虑外换热管和两个内管板对筒体的约束作用,对于拆解出的内换热器,计算筒体的轴向刚度时考虑内换热管和两个外管板对筒体的约束作用,步骤2中拆解出的外换热器换热管束与圆筒的刚度比 Q_1 以及拆解出的内换热器换热管束与圆筒的刚度比 Q_2 分别按下式进行计算:

$$Q_1 = \frac{E_{t1}na_1}{L} \left[\frac{2L_1}{E_1A_1} + \frac{L_2}{(E_{t2}na_2 + E_3A_3)} \right]$$

$$Q_2 = \frac{E_{t2}na_2}{E_3A_3} \cdot \frac{\left(\frac{L}{E_{t1}na_1} + \frac{2L_1}{E_1A_1} \right)}{\left(\frac{2L_1}{E_1A_1} + \frac{L}{E_{t1}na_1} + \frac{L_2}{E_3A_3} \right)}$$

其中,L为两个外管板之间的距离,

L_1 为内管板与外管板之间的距离,

L_2 为两个内管板之间的距离,

a_1 为内换热管单根换热管管壁金属的横截面积,

a_2 为外换热管单根换热管管壁金属的横截面积,

n 为换热管根数,

E_1 为内外管板之间隔离腔筒体弹性模量,

E_3 为换热器筒体的弹性模量,

E_{t1} 为内换热管材质的弹性模量,

E_{t2} 为外换热管材质的弹性模量,

A_1 为内外管板之间连接短节的横截面积,

A_3 为换热器筒体横截面积。

一种双管双管板换热器管板计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种换热器管板的设计计算方法,尤其涉及一种双管双管板换热器管板的设计计算方法。

背景技术

[0002] 管壳式换热器广泛应用于过程工业冷热介质之间的热交换过程,泄漏是换热设备常见的故障之一,对普通的换热器来说,一旦发生泄漏,会使得参与换热的两介质相互接触。在一般的化工工艺中,换热器发生少量泄漏通常是允许的,但在多晶硅、有机硅和氟化工等许多特殊场合中要求参与换热的两种介质绝对不能出现混合接触,否则将危害设备安全,甚至引发灾难性事故。因此相关领域技术人员研发了一种双管双管板的安全型换热器,该换热器的每个换热管是由两根管子套在一起组成,且内管和外管之间存有间隙;换热器前后两端各有两块管板,换热器的内换热管两端分别和两块外管板连接,外换热管两端分别与两块内管板连接;换热器两端的内、外管板之间分别存有间隙,该间隙通过内、外换热管之间的间隙相互贯通,构成了一个密闭的腔体。这样,当换热器内发生泄漏时,泄漏的介质会首先进入该密闭腔体,引起该密闭腔体的压力变化。通过监测密闭腔体的压力变化便可及时发现换热器发生泄漏并采取有效措施,可以有效避免换热器内冷热介质因泄漏而相互接触,保证设备安全。

[0003] 目前国内外对双管双管板换热器的研究主要集中在结构选择、双套管型式、传热分析以及泄漏监测等方面,在管板强度设计方面的研究还比较欠缺。目前,对双管双管板的强度设计目前还没有相关的标准,也没有相关的研究机构提出可靠的设计方法,很多设计主要依靠工程经验或实验方法,而这些设计方法或对设计部门要求较高,或经济投入较大,且设计周期长。设计出的换热器管板也常出现强度不足有安全隐患,或是材料选择太厚浪费现象非常严重等问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的是:提出一种双管双管板换热器管板计算方法,为该类型换热器的设计提供一种可靠的设计方法。

[0005] 本发明采取的技术方案是:一种双管双管板换热器管板的设计计算方法,其特征在于包括如下步骤:

[0006] 步骤1,将双管双管板换热器拆解成两个普通固定管板式换热器:外换热器和内换热器,所述外换热器由内换热管和两块外管板组成,所述内换热器由外换热管和两块内管板组成;

[0007] 步骤2,按照相关国家标准中规定的固定管板式热交换器管板计算方法进行计算。

[0008] 作为优选方案,对于拆解出的外换热器,计算筒体的轴向刚度时考虑外换热管和两个内管板对筒体的约束作用,对于拆解出的内换热器,计算筒体的轴向刚度时考虑内换热管和两个外管板对筒体的约束作用,步骤2中拆解出的外换热器换热管束与圆筒的刚度

比 Q_1 以及拆解出的内换热器换热管束与圆筒的刚度比 Q_2 分别按下式进行计算：

$$[0009] \quad Q_1 = \frac{E_{t1}na_1}{L} \left[\frac{2L_1}{E_1A_1} + \frac{L_2}{(E_{t2}na_2 + E_3A_3)} \right]$$

$$[0010] \quad Q_2 = \frac{E_{t2}na_2}{E_3A_3} \cdot \frac{\left(\frac{L}{E_{t1}na_1} + \frac{2L_1}{E_1A_1} \right)}{\left(\frac{2L_1}{E_1A_1} + \frac{L}{E_{t1}na_1} + \frac{L_2}{E_3A_3} \right)}$$

[0011] 其中,L为两个外管板之间的距离,

[0012] L_1 为内管板与外管板之间的距离,

[0013] L_2 为两个内管板之间的距离,

[0014] a_1 为内换热管单根换热管管壁金属的横截面积,

[0015] a_2 为外换热管单根换热管管壁金属的横截面积,

[0016] n 为换热管根数,

[0017] E_1 为内外管板之间隔离腔筒体弹性模量,

[0018] E_3 为换热器筒体的弹性模量,

[0019] E_{t1} 为内换热管材质的弹性模量,

[0020] E_{t2} 为外换热管材质的弹性模量,

[0021] A_1 为内外管板之间连接短节的横截面积,

[0022] A_3 为换热器筒体横截面积。

[0023] 相对于现有技术,本发明的有益效果是为提出了一种双管双管板换热器管板的设计计算方法,解决了长期困扰相关领域技术人员的该类型换热器设计的关键技术难题。

附图说明

[0024] 图1为双管双管板换热器结构示意图。

[0025] 图2为拆解得到的外换热器结构示意图。

[0026] 图3为拆解得到的内换热器结构示意图

[0027] 图4为外换热器当量筒体图

[0028] 图5为内换热器当量筒体图

具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明做进一步说明。

[0030] 双管双管板换热器结构如图1所示,其主体结构包括两个外管板1,两个内管板2,其换热管每组均有两个套在一起的管子组成,分别是内换热管4和外换热管5,其中内换热管4两端分别和两块外管板1连接,外换热管5两端分别和两块内管板2连接。内换热管4和外换热管5之间存在间隙,两者之间没有约束。换热器两端的外管板1和内管板2之间分别用短节6连接。将该换热器进行拆解可以得到一个由内换热管4和外管板1组成的管板兼做法兰的固定管板换热器—外换热器(如图2所示),以及一个由外换热管5和内管板2组成的管板不兼做法兰的固定管板换热器—内换热器(如图3所示)。

[0031] 对于拆解得到的外换热器,其筒体3-1实际还受到外换热管5和内管板2的约束作用,这有别于普通的固定管板换热器,需为其找到一合适的计算模型。为其假设一当量筒体,该当量筒体由两个圆筒7、两个假设刚体10,圆筒8、圆筒9组成,如图4所示。其中:圆筒7即为原双套管双管板换热器的短节6,其厚度 δ_{s1} 、长度 L_1 、截面积为 A_1 ,弹性模量为 E_1 ,假设其在单位轴向力作用下的轴向伸长量为 ΔL_1 ;圆筒8是由原双套管双管板换热器的外换热管束演变得到的当量筒体,与原换热管束应具有相同的刚度和相同的线膨胀系数,其弹性模量为 E_2 ,截面积为 A_2 ,假设在单位轴向力作用下,其所受的轴向力分力为 F_2 ,此时其轴向伸长量为 ΔL_2 ;圆筒9即为原双套管双管板换热器的筒体3,其厚度 δ_s 、长度 L_2 、截面积为 A_3 ,弹性模量为 E_3 ,假设在单位轴向力作用下,其所受的轴向力分力为 F_3 ,此时其轴向伸长量为 ΔL_3 ;假设刚体10由原双套管双管板换热器的内管板2近似得到,将其假设成一绝对刚体。

[0032] 在单位轴向力 F 作用下,各个部分的轴向伸长量如下:

$$[0033] \quad \Delta L_1 = \frac{FL_1}{E_1 A_1} \quad (1)$$

$$[0034] \quad \Delta L_2 = \frac{F_2 L_2}{E_2 A_2} = \frac{F_2 L_2}{E_{t2} n a_2} \quad (2)$$

$$[0035] \quad \Delta L_3 = \frac{F_3 L_2}{E_3 A_3} \quad (3)$$

[0036] 轴向力应满足以下平衡关系:

$$[0037] \quad F = F_2 + F_3 \quad (4)$$

[0038] 假设系统的轴向总伸长量为 ΔL ,则各轴向伸长量应满足以下变形协调关系:

$$[0039] \quad \Delta L_2 = \Delta L_3 \quad (5)$$

$$[0040] \quad \Delta L = 2 \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (6)$$

[0041] 综合式(1)至式(6),可得在单位轴向力 F 作用下系统在总伸长量:

$$[0042] \quad \Delta L = \frac{2L_1}{E_1 A_1} + \frac{L_2}{(E_{t2} n a_2 + E_3 A_3)} \quad (7)$$

[0043] 设外换热器当量筒体的轴向刚度为 K_{s1} ,可知其满足:

$$[0044] \quad \frac{1}{K_{s1}} = \Delta L = \frac{2L_1}{E_1 A_1} + \frac{L_2}{(E_{t2} n a_2 + E_3 A_3)} \quad (8)$$

[0045] 则,对外换热器,换热管束与当量壳体圆筒的刚度比 Q_1 应按下式计算:

$$[0046] \quad Q_1 = \frac{E_{t1} n a_1}{L} / K_{s1} \quad (9)$$

$$[0047] \quad Q_1 = \frac{E_{t1} n a_1}{L} \left[\frac{2L_1}{E_1 A_1} + \frac{L_2}{(E_{t2} n a_2 + E_3 A_3)} \right] \quad (10)$$

[0048] 式中未说明的符号表示如下:

[0049] a_1 :内换热管1根换热管管壁金属的横截面积, mm^2 ;

[0050] E_{t1} :内换热管材质的弹性模量,MPa;

[0051] a_2 :外换热管1根换热管管壁金属的横截面积, mm^2 ;

[0052] E_{t2} :外换热管材质的弹性模量,MPa;

[0053] n: 换热管根数。

[0054] 该拆解得到的外换热器管板的其他计算均可按照普通固定管板换热器进行。

[0055] 对于拆解得到的内换热器,其筒体3-2实际还受到内换热管4和外管板1的约束作用,同样为其假设一当量筒体,该当量筒体由两个筒体11、两个假设刚体14,圆筒12、圆筒13组成,如图5所示。其中:圆筒11和圆筒13与外换热器当量筒体相同,圆筒12是由原双套管双管板换热器的内换热管束演变得到的当量筒体,与原换热管束应具有相同的刚度和相同的线膨胀系数,其弹性模量为 E_2 ,截面积为 A_2 ,假设在单位轴向力作用下,其所受的轴向力分力为 F_2 ,此时其轴向伸长量为 ΔL_2 ;假设刚体14由原双套管双管板换热器的外管板1近似得到,将其假设成一绝对刚体。

[0056] 在单位轴向力 F 作用下,各个部分的轴向伸长量如下:

$$[0057] \quad \Delta L_1 = \frac{-F_1 L_1}{E_1 A_1} \quad (11)$$

$$[0058] \quad \Delta L_2 = \frac{F_2 L}{E_2 A_2} = \frac{F_2 L}{E_{d1} n a_1} \quad (12)$$

$$[0059] \quad \Delta L_3 = \frac{F_3 L_2}{E_3 A_3} \quad (13)$$

[0060] 轴向力应满足以下平衡关系:

$$[0061] \quad F = F_1 + F_3 \quad (14)$$

$$[0062] \quad F_1 = F_2 \quad (15)$$

[0063] 各轴向伸长量应满足以下变形协调关系:

$$[0064] \quad 2 \Delta L_1 + \Delta L_3 = \Delta L_2 \quad (16)$$

[0065] 综合式(11)至式(16),可得:

$$[0066] \quad F_3 = \frac{\left(\frac{L}{E_{d1} n a_1} + \frac{2L_1}{E_1 A_1} \right)}{\left(\frac{2L_1}{E_1 A_1} + \frac{L}{E_{d1} n a_1} + \frac{L_2}{E_3 A_3} \right)} F \quad (17)$$

[0067] 代入式(13),得在单位轴向力 F 作用下,内换热器筒体3的伸长量:

$$[0068] \quad \Delta L_3 = \frac{L_2}{E_3 A_3} \cdot \frac{\left(\frac{L}{E_{d1} n a_1} + \frac{2L_1}{E_1 A_1} \right)}{\left(\frac{2L_1}{E_1 A_1} + \frac{L}{E_{d1} n a_1} + \frac{L_2}{E_3 A_3} \right)} \quad (18)$$

[0069] 设内换热器当量筒体的轴向刚度为 K_{s2}' ,可知其满足:

$$[0070] \quad \frac{1}{K_{s2}'} = \Delta L_3 = \frac{L_2}{E_3 A_3} \cdot \frac{\left(\frac{L}{E_{d1} n a_1} + \frac{2L_1}{E_1 A_1} \right)}{\left(\frac{2L_1}{E_1 A_1} + \frac{L}{E_{d1} n a_1} + \frac{L_2}{E_3 A_3} \right)} \quad (19)$$

[0071] 则对内换热器,换热管束与当量壳体圆筒的刚度比 Q_2 应按下式计算:

$$[0072] \quad Q_2 = \frac{E_{t2}na_2}{L_2} / K_{s2}' \quad (20)$$

$$[0073] \quad Q_2 = \frac{E_{t2}na_2}{E_3A_3} \cdot \frac{\left(\frac{L}{E_{t1}na_1} + \frac{2L_1}{E_1A_1} \right)}{\left(\frac{2L_1}{E_1A_1} + \frac{L}{E_{t1}na_1} + \frac{L_2}{E_3A_3} \right)} \quad (21)$$

[0074] 该拆解得到的内换热器管板的其他计算均可按照普通固定管板换热器进行。

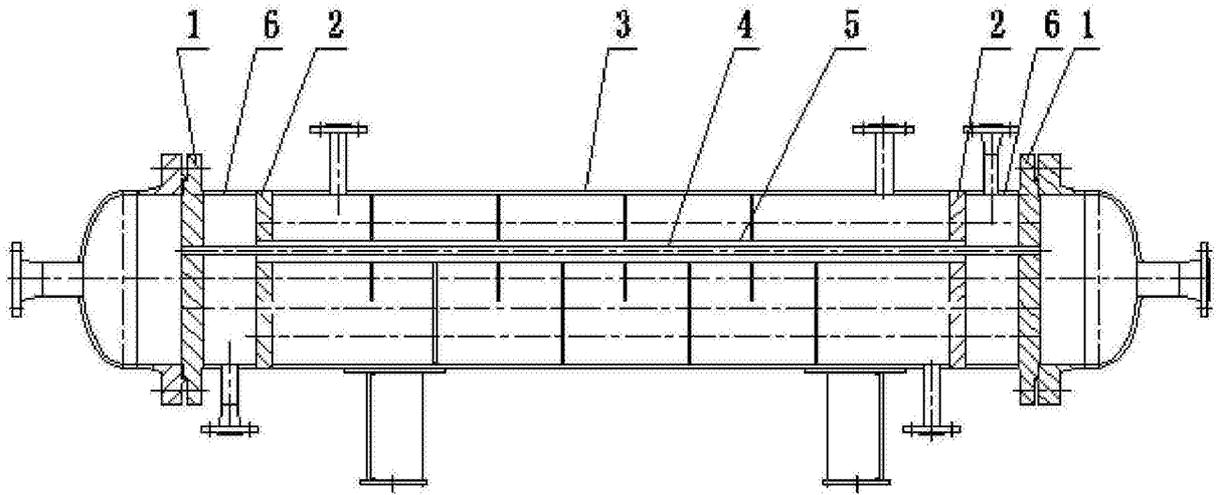


图1

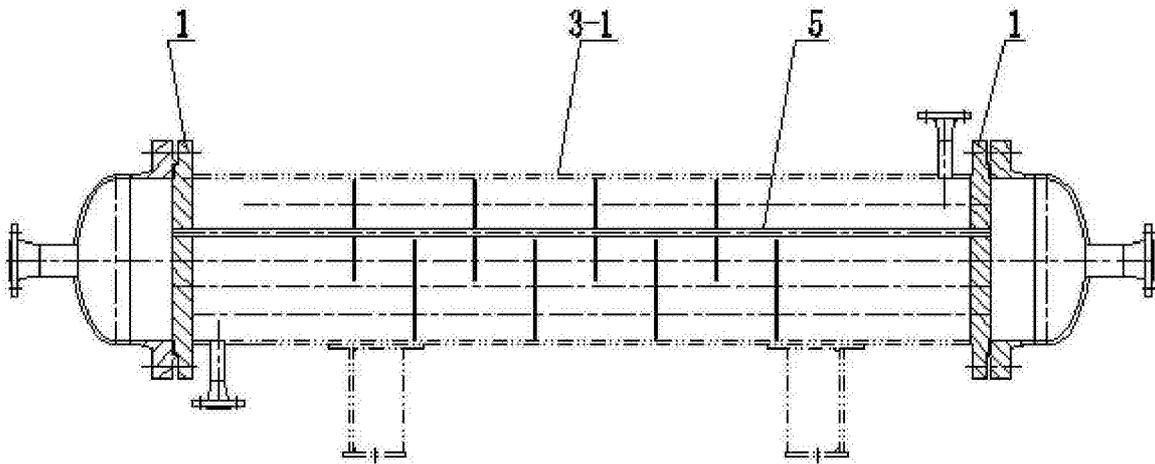


图2

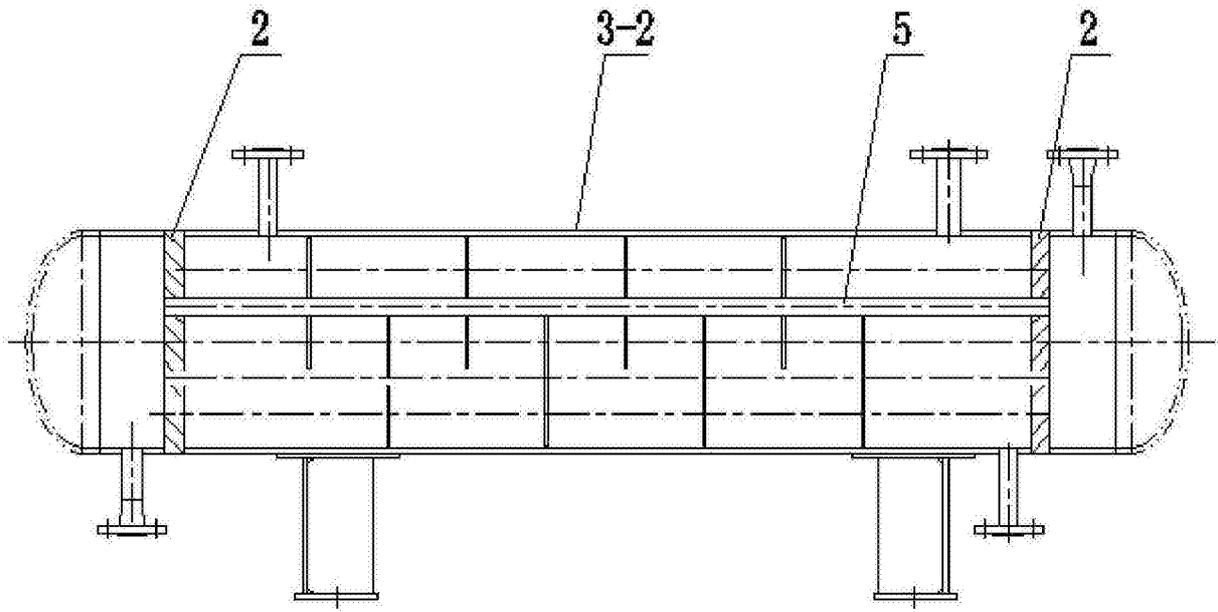


图3

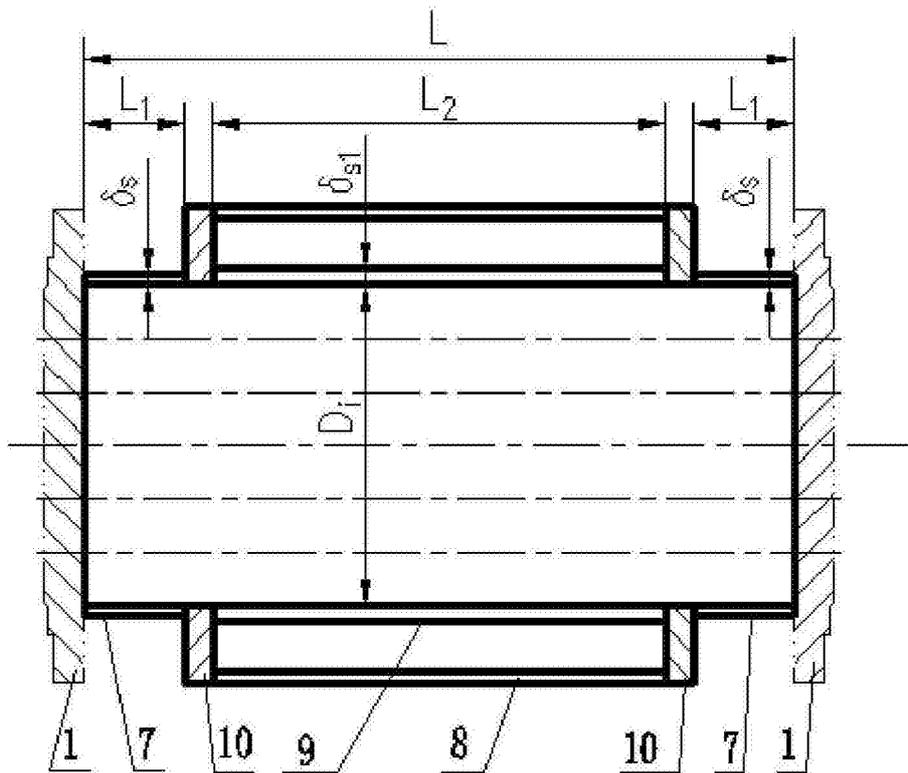


图4

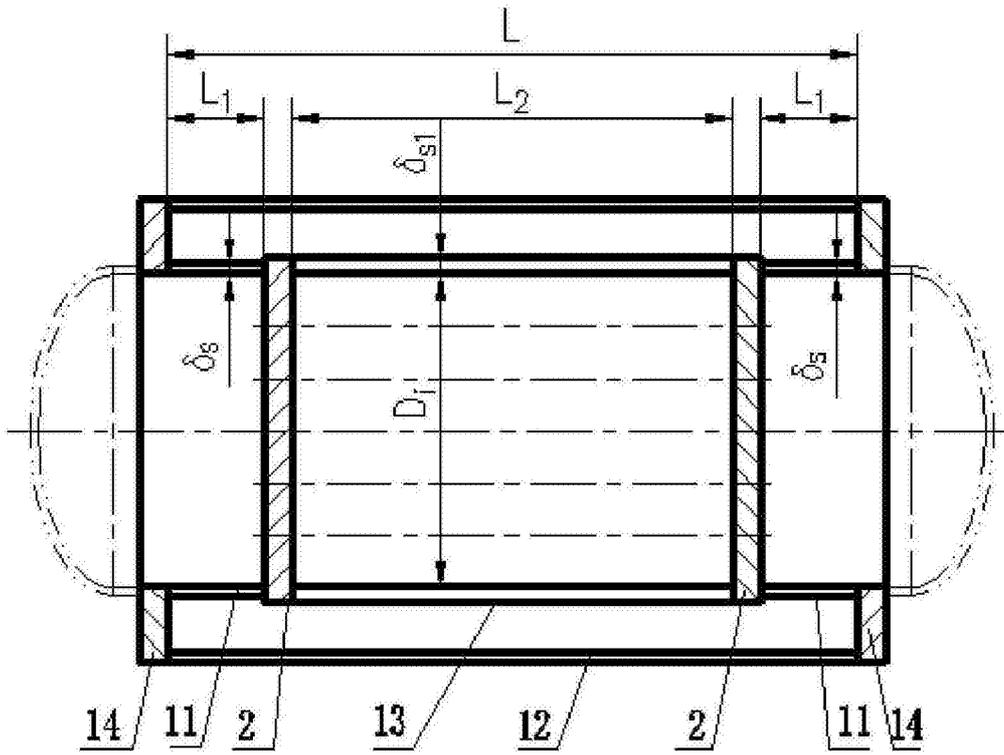


图5