

B 型硫化机胶囊夹盘 O 形圈的设计体会

陈维民

(厦门海燕实业总公司 361004)

通过分析胶囊夹盘安装过程、硫化周期、橡胶耐热老化性能、O 形圈模具分型面、O 形圈断面形状对密封的影响,确定根据自行密封原理设计 O 形圈,并以胶囊胶配方、两件式和三件式结构模具制造 O 形圈,结果表明,密封效果良好。

B 型硫化机使用的胶囊是用一套胶囊夹盘固定之后,再安装到硫化机的中心机构上。在轮胎硫化过程中,硫化机胶囊内部要承受 3MPa 的过热水压力(过热水温度 170℃),因此在胶囊夹盘与中心机构的连接处设计安装 3 个 O 形圈(见图 1),以防止过热水渗漏引起内压和外温的波动,从而影响轮胎的内在质量。

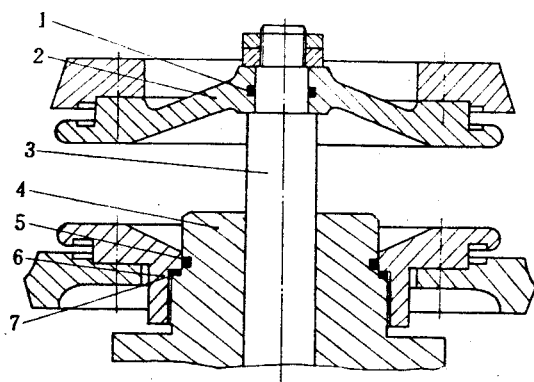


图 1 B 型硫化机中心机构与胶囊夹盘

配合图

1—A 处 O 形圈;2—上夹盘;3—中心柱;

4—环座;5—B 处 O 形圈;6—下夹盘;

7—C 处 O 形圈

1 O 形圈的密封原理

迄今,国内大多数 B 型硫化机都采用圆形横断面 O 形圈。由于安装时密封槽使橡胶产生一定收缩,在橡胶弹力的作用下,于接触面上形成一接触压力 P_0 ,此力是阻止介质通过而获得密封的重要因素。如果密封介质压力为 P ,介质传递到 O 形圈接触面上的压力为 P_h ,则 O 形圈的接触压力 P_m 为:

$$P_m = P_0 + P_h$$

随着介质压力的增大,O 形圈的接触压力也增大。当 $P_h \gg P_0$ 时, $P_m \approx P_h$, P_0 不再是密封的关键因素,密封面的接触压力主要是传递到 O 形圈上的接触压力。这种密封直接与介质压力有关的现象称为“自行密封”。O 形圈静态密封如图 2 所示。

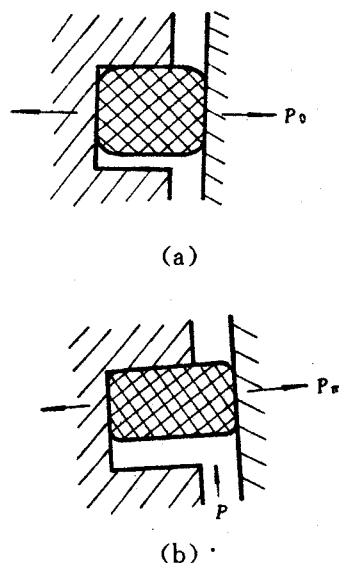


图 2 O 形圈静态密封示意图

(a) 环境压力等于介质压力时 O 形圈的密封状态;(b) 环境压力远远小于介质压力时 O 形圈的密封状态

2 圆形横断面 O 形圈渗漏原因分析

2.1 胶囊夹盘安装过程对密封的影响

在密封 A 处,安装时将 O 形圈放在上夹盘的密封槽中,然后随上夹盘一起向下移动,移动过程中 O 形圈与中心柱产生摩擦。当 O 形圈内径较小时,容易产生局部翻转,导致接触部位凹凸不平,从而影响密封效果;当 O 形圈内径较大时,虽然在移动过程中不会产生翻转现象,但由于有接触面间隙存在,也会

产生渗漏。

在密封B处,安装时将O形圈置于中心机构下环座的密封槽中,当下夹盘向下旋转时,O形圈受到向下旋转的周向力作用,摩擦力比A处更大,受力情况更复杂,产生的渗漏与A处类似。

在密封C处,O形圈首先安装在中心机构下环座的密封槽中,当下夹盘向下旋转时,O形圈受到周向剪切力的作用,下夹盘下降越深,O形圈的变形量越大,摩擦力也越大。由于摩擦力的作用,在O形圈与密封槽之间容易产生不规则接触面,不利于密封。

2.2 硫化周期对密封的影响

轮胎硫化是一个间歇式运转过程。一个硫化周期包括4部分:

(1)合模前状态(胶囊内介质压力不大于环境压力,温度不高于 100°C);

(2)合模硫化状态(胶囊内介质压力为 $2.8\sim 3.0\text{MPa}$,温度为 160°C);

(3)抽真空状态(胶囊内介质压力远远小于环境压力,温度约为 120°C);

(4)停机状态(胶囊内介质压力不大于环境压力,温度不低于环境温度)。

在一个硫化周期内,既有压力变化,又有温度变化,压力差约为 3MPa ,温差约为 150°C ,橡胶O形圈在此硫化周期中交替承受不同方向力的作用,不可避免地产生变形和位移,相应地产生了橡胶应力松弛和疲劳,从而形成二次密封接触面的间隙(刚安装时密封接触面的间隙称一次密封接触面的间隙),使密封失败。

2.3 橡胶热老化性能对密封的影响

B型硫化机胶囊夹盘O形圈的使用寿命必须比胶囊的使用寿命长,以保证在胶囊更换之前O形圈仍处于密封状态。目前国内的大胶囊(如用于硫化23.5—25工程轮胎的胶囊)最多可使用200次,即胶囊的耐热老化性能最好能达到 $170^{\circ}\text{C}\times 600\text{h}$ (3h硫化一次);如按胶囊的平均使用次数80次要求,则O形圈的耐热老化性能必须达到 $170^{\circ}\text{C}\times$

240h以上。然而,在市场上购买的O形圈使用20~30个硫化周期便出现较严重的渗透现象;大约在50个硫化周期之后更换下来的O形圈已经硬化和龟裂了。因此,必须提高胶囊夹盘O形圈的耐热老化性能以匹配胶囊的使用寿命。

2.4 O形圈模具分型面对密封的影响

制造O形圈的模具大多数为对称两半模结构,分型面设计在O形圈中截面上。以这种模具制造的O形圈在内外边缘上留有分型面的余胶。如图3所示。在胶囊夹盘密封C处使用,由于主要密封接触面是O形圈的上下两面,因此余胶不会对密封产生不利的影响;而在胶囊夹盘密封A,B处使用,由于主要密封接触面刚好位于O形圈的内外边缘处,因此分型面余胶的存在使O形圈与密封槽之间不能完全吻合,致使产生局部间隙而影响密封效果。

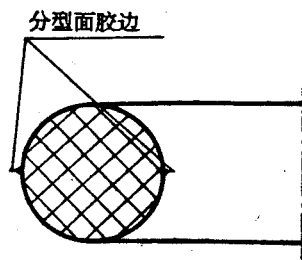


图3 圆形横断面O形圈

2.5 O形密封圈断面形状对密封的影响

常用的密封圈断面为圆形,而密封槽的横断面则为方形。一般情况下,O形圈与密封槽之间仅仅是局部接触,不可能完全吻合,此时密封关键取决于O形圈初始状态弹性变形的大小,变形越大,密封越好,因此这种类型的O形圈对尺寸的要求较高。其次,在安装胶囊夹盘的过程中,密封A,B两处的O形圈由于各部件之间产生相对运动,圆形横断面的O形圈因其自身稳定较差,易产生翻转。另外,圆形横断面的O形圈在介质压力的作用下,由于其表面曲率产生负作用,使密封接触压力减小,不利于自行密封,如图4所示。

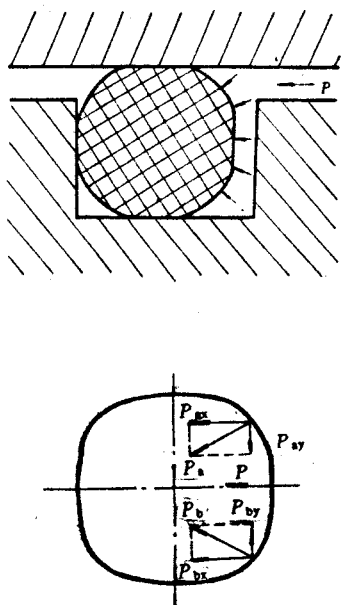


图4 圆形横断面O形圈的受力情况

介质作用在圆形横断面O形圈上的压力可分解为水平方向压力 P (等于介质压力)及上、下部压力 P_a 和 P_b , P_a 和 P_b 又可分解为水平方向和垂直方向的分力。由于 P_{ax} 和 P_{bx} 大小相等,方向相反,因此,介质传递到O形圈上的总压力为:

$$P_b = P + P_{ax} + P_{bx}$$

由于 P_b 的作用使O形圈发生变形而产生密封接触压力,因此 P_b 越大,O形圈变形越大,密封效果越好,反之越差。为保证密封而使O形圈有较大的变形,势必影响O形圈的使用寿命,因此,对O形圈的胶料性能应有更高的要求。

3 根据自行密封原理设计胶囊夹盘O形圈

3.1 A、B处O形圈的设计

A、B处O形圈的使用情况极为相似。以B处O形圈为例说明设计构想。

设计O形圈的横断面为梯形(见图5),主要密封接触面是以I-I直线绕中轴旋转一周所形成的圆柱面和以I-III直线绕中轴旋转一周所形成的圆环面,这两个接触面均与密封槽的形状吻合,与圆形横断面O形圈

相比,其接触面积较大。

为了提高O形圈的自行密封效果,将与介质直接接触的端面设计为以III-N直线绕中轴旋转一周所形成的圆锥面。介质传递到O形圈的压力为 P ,由于斜面的作用使 P 分解为 P_x 和 P_y , P_x 和 P_y 均能直接产生密封接触压力, P 增大, P_x 和 P_y 也增大,自行密封效果越显著。

为防止O形圈在安装过程中发生翻转,本设计采取了3个措施:(1)在I点位置设计一个圆弧,使O形圈在夹盘与中心机构的相对运动中产生的摩擦力减小;(2)在I-N位置设计一个小平台,提高I点的刚性;(3)增大O形圈的横断面面积,使之与密封槽的形状更吻合,提高稳定性(见图5)。

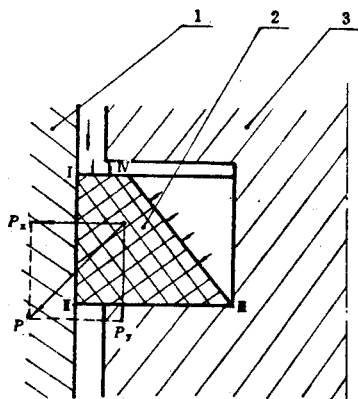


图5 B处O形圈受力情况

1—下夹盘;2—B处O形圈;3—环座

A处O形圈的设计形式与B处O形圈相同,只是方向与B处相反,见图6。

A、B两处O形圈密封的关键是O形圈与密封槽之间周向接触面的配合必须是过盈配合,以产生O形圈的初始接触压力。

3.2 C处O形圈的设计

C处O形圈的使用情况与普通家用压力锅用O形圈极为相似,因此,根据压力锅O形圈的使用原理设计C处O形圈(见图7)。

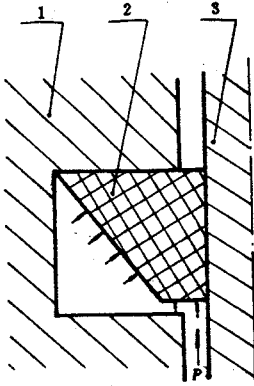


图6 A处O形圈受力情况
1—上夹盘;2—A处O形圈;3—中心柱

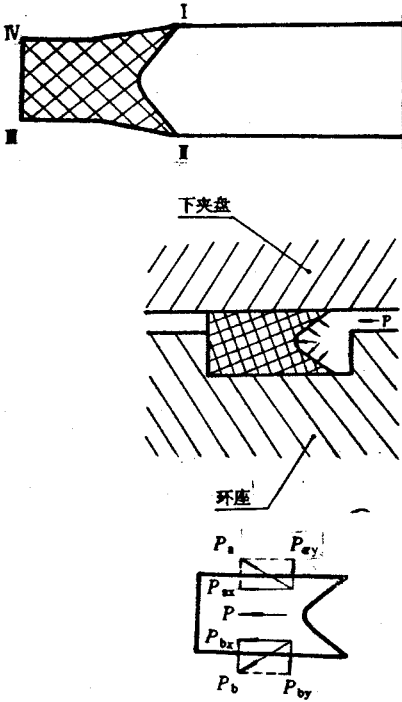


图7 C处O形圈及其受力情况

O形圈横断面Ⅲ-N边的高度略大于密封槽深度,Ⅰ-Ⅰ边的高度大于Ⅲ-N边的高度,这样安装时下夹盘向下旋转先与Ⅰ点接触,其次是N点。在下夹盘安装到位时,Ⅰ点因受力变形而紧贴在密封面上,从而产生初始接触压力;Ⅰ-Ⅰ边采用凹弧形,使介质压力作用在O形圈上,有利于增大接触压力。

当介质压力为 P 时,作用在O形圈凹弧上的压力可分解为 P_x 和 P_y , P_x 和 P_y 又可分解为 P_{ax} , P_{ay} , P_{bx} , P_{by} ,其中 P_{ay} 和 P_{by} 直接产生密封接触压力, P_x 和 P_y 作用在O形圈上使橡胶变形而产生接触压力,因此介质传递到O形圈上的总压力为:

$$P_b = P + P_{ax} + P_{bx} + P_{ay} + P_{by}$$

与圆形横断面O形圈相比,该O形圈的接触压力较大,而且凹弧结构可大大增大O形圈的初始接触压力,这对自行密封极为有利。

4 模具设计

4.1 A和B处O形圈的模具设计

A和B处的O形圈直径相差较大,但两者的使用条件相同,因此可设计在同一模具中(见图8),这样既保证了硫化条件相同,又提高了工效。

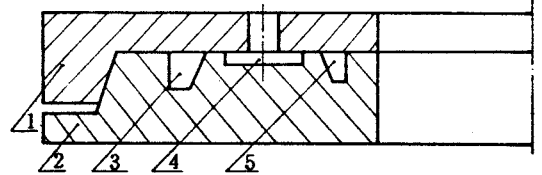


图8 A和B处O形圈模具图

1—上模;2—下模;3—B处O形圈;
4—排气孔;5—A处O形圈

然而,用这种两件式结构模具制造的O形圈会产生分型面胶边,其主要接触面位置上的胶边将对密封产生不利影响,因此在使用O形圈之前,必须将胶边修整干净;另一侧的胶边对密封无不利影响,稍微修整即可。

4.2 C处O形圈的模具设计

C处O形圈的结构比较复杂,故模具采用三件式结构,见图9。这种模具的排气效果非常好,硫化成品合格率高,而且三个分型面胶边均不影响密封效果,稍微修整便可使用。

5 配方设计

胶囊夹盘O形圈的使用条件非常苛刻,

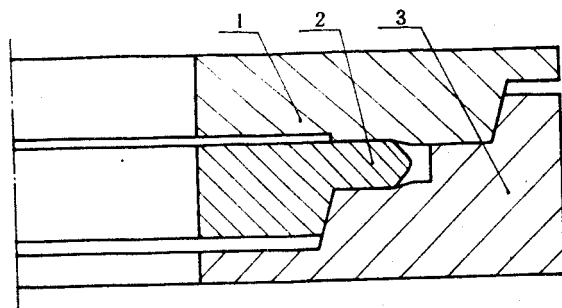


图9 C处O形圈模具图

1—上模;2—中模;3—下模

本设计采用胶囊胶配方制造O形圈。原因是:(1)胶囊胶的物理性能(强度、撕裂性、硬度和耐热老化性等)均能满足O形圈的使用要求;(2)在动态使用条件下,胶囊的受力,屈挠、伸张等情况较O形圈更复杂,使用寿命一般比O形圈短,在更换新胶囊之前,可确保O形圈仍具有良好的密封作用。

基本配方为:丁基橡胶 90;氯化丁基橡

胶 10;2402树脂 6;炭黑 50;其它助剂 14。硫化条件:180℃×90min。

6 结语

根据自行密封原理设计B型硫化机胶囊夹盘O形圈,可避免安装和硫化周期等因素对密封产生的不利影响,并能有效地增大密封接触压力;合理设计模具的分型面,可以减小胶边对密封的影响;选择适宜的配方,使O形圈与胶囊的使用寿命同步,从而有效地提高O形圈的密封性能,确保硫化过程中内压和外温的稳定性及产品硫化条件的均匀性,为提高产品质量水平创造必要的条件。

参考文献

- [1] 霍玉云,橡胶制品设计与制造,261~264,化学工业出版社,北京,1984。
- [2] 杨万怀、李海岗,轮胎工业,[1],26(1993)。

收稿日期 1993-09-11