

橡胶密封制品 模具设计

黄孝信 编著



中国石化出版社

橡胶密封制品模具设计

黄孝信 编著

中国石化出版社

(京) 新登字048号

内 容 提 要

本书是橡胶密封制品模具设计方面简明, 实用的参考书。书中从橡胶密封制品模具设计的基础知识入手, 在概述模具设计一般原则和要求的基础上, 分门别类地详细叙述了压模、压铸模和注射硫化模等橡胶密封制品模具的设计准则、设计方法、设计要素与工艺要求, 并列出了各种模具的具体设计方法及典型设计实例, 同时还针对某些橡胶密封制品模具的高精度特点, 专门介绍了复杂型腔的特殊制造新工艺及其相应的特种加工器具。

本书读者对象为从事橡胶制品加工及模具设计与制造的技术人员和操作工人。

本书特请中国橡胶工业协会机头与模具技术顾问、中国化工学会橡胶学会橡胶机械学科组组长程源教授审阅和校订。

橡胶密封制品模具设计

黄孝信 编著

中国石化出版社出版发行

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码: 100029)

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

787×1092毫米 32开本 3³/₄印张 75千字 印1—4000

1994年7月北京第1版 1994年7月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-516-4/TQ·343 定价: 3.30元

目 录

第一章 橡胶密封制品模具设计基础知识	1
一、设计依据	1
二、橡胶密封制品生产过程和工艺条件	1
三、橡胶的收缩率	3
四、橡胶密封制品模具分类	9
第二章 模具设计的一般原则和要求	11
一、基本要求	11
二、分型面的选择	13
三、镶块和镶件	16
四、模具材料	18
五、热处理和表面处理	20
六、模具设计中的其它一些要求	22
第三章 压模设计	25
一、压模结构和分类	25
二、压模定位	27
三、溢胶槽	35
四、排气孔	38
五、启模口	39
六、手柄	39
七、型腔数的确定	41
八、几种典型密封制品压模设计	43
第四章 压铸模设计	70

一、压铸法特点·····	70
二、压铸模分类·····	70
三、压铸模设计·····	72
第五章 注射硫化模设计·····	78
一、橡胶注射工艺过程、特点及应用·····	78
二、注射硫化模的结构组成及分类·····	79
三、注射硫化模的设计·····	82
第六章 橡胶密封制品模具型腔加工新工艺·····	92
一、模具型腔冷挤压加工·····	92
二、数控线切割电火花机床在模具型腔加工中的 应用·····	99

第一章 橡胶密封制品模具设计基础知识

一、设计依据

橡胶模具设计的依据是橡胶制件图或胶件样品，也可根据国家有关密封件的一些标准进行设计。

橡胶制件图必须尺寸清楚，技术要求明确、合理。设计者必须在充分读懂胶件图的基础上，才能开始模具结构的构思。否则设计出来的模具不是报废就是返修。

对有关部门提供的胶件样品，必须是未经使用的原件。因为橡胶本身是一个柔软体，各部尺寸本来就不太容易测量准确。如果是一个使用过的样件，有些部位已经产生磨损，尺寸已发生变化。大多数的密封件都是在某种液态或气态工作介质中工作，工作介质对胶件要产生不同程度的浸润，使胶件体积发生变化，尺寸就更不容易测准确了。

在这种情况下，使用部门最好提供胶件安装部位的有关尺寸，设计者根据密封性的要求来确定胶件尺寸，这样设计出来的模具更可靠。

二、橡胶密封制品生产过程和工艺条件

生产橡胶密封制品的原料是生胶加上各种不同的配合剂，在炼胶机上制成的混炼胶。混炼胶是生胶与各种配合剂的均匀混合体。一般是压成片状，再通过机器或者手工裁成

条状或块状，根据各种密封件用胶量的多少和不同的生产方法及模具结构，经过精确的称量，制成胶料半成品待用。

生产橡胶模压密封件的设备，目前国内用得最多的是水压的或油压的平板硫化机。平板硫化机一般有两层以上硫化空间，硫化工人可在一边或两边操作。

为了提高产品质量和改善工人劳动条件，目前，逐渐推广橡胶注压法生产。

密封制品的硫化过程，需要一定的温度，生胶分子链才能够进行交联，形成稳定的网状结构。硫化温度一般在 $143\sim 165^{\circ}\text{C}$ 之间，温度低了交联反应进行缓慢，不但生产效率低，产品质量也受影响；但硫化温度也不能太高，因为胶料是一种热的不良导体，温度过高，外层胶料已经过硫，内层胶料还没有达到硫化点。

硫化橡胶密封制品的热量，由硫化机提供。硫化机平板一般由蒸汽加热，或用电热棒加热。

以一般的生产方法而言，硫化工人在压制产品之前，先把模具推入平板硫化机的两层平板之间，打入低压水或低压油使平板合拢，模具在平板中预热。预热到要求的温度以后，取出模具，打开盖模，把称量好的半成品胶料加入模具型腔内，合上盖模，推入平板硫化机的平板之间。先送入低压水使模具合拢，然后再送入高压水，使模具中的胶料完全压实。一般制品，单位面积上的压力要在2.5兆帕以上。

根据各种不同的胶料配方和产品尺寸的大小，以及不同的生产方法，决定硫化的时间。时间够了以后，卸除硫化机中的压力，打开模具取出产品，又可进行下一个产品的硫化。

所以，橡胶制品生产需要压力、温度和时间，又称橡胶

硫化三要素。

三、橡胶的收缩率

橡胶密封制品精度要求较高，正确掌握胶料收缩率是模具设计的关键之一。

胶料在模具中受热硫化，硫化脱模以后，在室温下冷却，分子之间的距离要缩短，体积要收缩。收缩后的尺寸，就是我们所需要的制品尺寸。所以模具的尺寸一般要大于制品相应部位的尺寸。

1. 收缩率的定义

模具型腔的尺寸与胶件成品相应部位尺寸之差，与模具型腔尺寸之比，叫做这种制品胶料的收缩率。用公式表示：

$$K = \frac{D' - D}{D'}$$

式中 K ——胶料的收缩率；

D' ——型腔尺寸；

D ——胶件尺寸。

在设计过程中，因胶件尺寸是已知的，为了计算的方便，把收缩率公式改为：

$$K = \frac{D' - D}{D}$$

用胶件尺寸，近似地代替分母中型腔尺寸误差是很小的。这样，模具型腔尺寸为：

$$D' = D(1 + K)$$

这公式里的 K 值，叫做计算收缩率。

在模具设计时，大多数情况下，使用计算收缩率。

2. 影响胶料收缩的因素

影响胶料收缩率 K 值的因素很多。有热因素、硫化化学因素、工艺因素、形状结构因素等。

(1) 胶料的配方不同，如胶的类别，含胶率不同及硬度不同，收缩率不同。一般含胶率大，收缩率大；硬度越大，收缩率越小。但硬质胶例外，硬质胶由于含硫磺比例大，比某些软质胶的收缩还大。

按硬度计算，经验公式为：

$$K = 2.8 - (0.015 \sim 0.020) \text{邵尔硬度}$$

按含胶率计算，经验公式为：

$$K = 1.1 + 0.04 \text{含胶率}$$

综合硬度与含胶率，经验公式为：

$$K = 2.1 - 0.012 \text{邵尔硬度} + 0.9 \text{含胶率}$$

就胶种而言，其收缩率大小排列为：

天然橡胶 < 氯丁橡胶 < 丁腈橡胶 < 丁苯橡胶 < 乙丙橡胶 < 硅橡胶 < 氟橡胶。

(2) 工艺条件不同，胶料收缩率也不一样。硫化时间对一般胶料收缩率的影响不大，但对硅橡胶影响大，由于低分子组分挥发，其收缩率随着硫化时间的增加而加大。

(3) 有金属骨架的制品及夹布制品和纯胶制品的收缩率也不一样。

夹帆布制品， $K \approx 1\%$ ；

夹尼龙布等的“U”形橡胶密封圈， $K \approx 0.5\%$ 。

(4) 产品形状大小不同，其收缩率也不一样。以圆环形制品为例，外径比内直径的收缩大。这是因为内、外径收缩的绝对值是不一致的。外径收缩值大，内径收缩值小。总的收缩方向是向着制品断面中心的。

大部分中空形橡胶制品可以看作有两个方向的收缩：一

个方向的收缩向着整个制品的几何中心，这个方向的收缩大部分数值由胶料的弹性收缩引起。另一个方向的收缩为向着制品的实心断面中心。主要表现为体积收缩。

如图1所示的矩形橡胶密封圈。其几何中心为内、外径

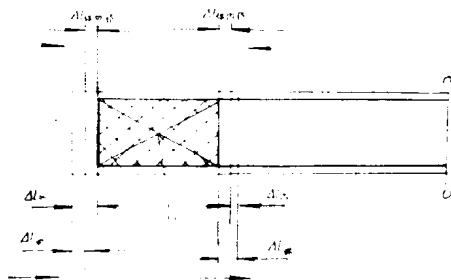


图 1 矩形橡胶密封圈收缩示意图

的圆心 $O-O$ 线；其体积收缩中心为矩形圈实心断面的 O' 点。

从图中可见，由于胶料的弹性，制品脱模以后，内径、外径都有一个向着圆心 $O-O$ 线的收缩量，我们称其为 $\Delta l_{弹}$ ；由于物体的热胀冷缩，矩形圈的实心断面，在脱出模具冷却以后，断面面积要缩小。我们称其为体积收缩。这个收缩向着矩形断面两对角线交点 O' 。外径方向的收缩为 $\Delta l_{体外径}$ ，内径方向的收缩为 $\Delta l_{体内径}$ 。由于矩形断面的对称性， O' 点为其对称点，所以 $\Delta l_{体外径} = \Delta l_{体内径}$ 。但是两者的收缩方向相反。

$\Delta l_{体外径}$ 的方向，向着矩形圈的几何中心线 $O-O$ 收缩； $\Delta l_{体内径}$ 的方向背着矩形圈的中心线 $O-O$ 收缩。

所以外径的收缩量 $\Delta l_{外} = \Delta l_{弹} + \Delta l_{体外径}$

内径的收缩量： $\Delta l_{内} = \Delta l_{弹} - \Delta l_{体内径}$

从式中可见：

$$\Delta l_{\text{外}} > \Delta l_{\text{内}}$$

即外径的收缩量要大于内径的收缩量。很多中空形橡胶密封制品都有类似的情况。

(5) 硫化温度、硫化压力对收缩率的影响。

橡胶制品是在一定的温度范围内进行硫化的。如果将硫化温度升高，则橡胶反应速度加快。因此，橡胶在一定的硫化温度内能得到其一定的机械物理性能。由于性能的变化自然要影响其收缩率。

图2说明了硫化温度对某种无填充剂天然胶料收缩率的影响关系。

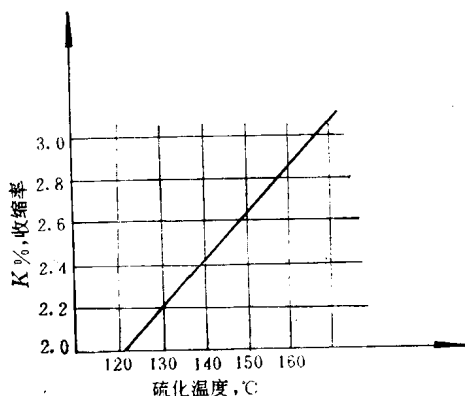


图 2 硫化温度对胶料收缩的影响

从图上可见，硫化温度愈高，则收缩率愈大。对于不同类别的胶料，其硫化温度不同，其对收缩率的影响也不一样。一般以正硫化点为界，硫化温度每升高 10°C ，其收缩率就增大 $0.1\sim 0.2\%$ 。

所以，在实践中必须严格控制硫化温度。这不仅是为了保证制品的内在质量，也是为了严格控制制品的外形尺寸。

硫化压力对橡胶的收缩率有一定的影响。硫化压力愈大，橡胶分子压得愈紧，分子间间隙也愈小，因此收缩率也愈小。但硫化压力的增加是有一定限度的，并不是压力愈大愈好。如果压力过大，反而会造成橡胶制件物理机械性能的降低。

(6) 装胶量和装胶法对收缩率的影响。一般地说，压入的胶料愈多，收缩率愈小，但压入的胶料受着硫化压力的限制，所以不能无限地增多。不同的装胶法对橡胶的收缩是有影响的，因为橡胶分子的收缩具有方向性。

3. 收缩率的测定方法

胶料的收缩率 K 值是用实验方法来测定的，测定的方法有3种：

①测定线性收缩率，用长方形试片。

②测定径向收缩率，用圆柱形试片。

③测定体积收缩率，用正方体试片。

以上的测定方法所得的 K 值，只能作为平均收缩率的参考值。实际应用中，还要结合具体制品的大小、形状、尺寸精度，参照以上介绍的影响因素，加以修正。

在模具设计过程中，为了不造成损失或少造成损失，对收缩率不清楚的胶料或产品结构形状较复杂的制品，应先设计单孔模。在收缩情况搞清楚以后，再设计多孔模。在一些尺寸要求严格的部位，在模具图上要留出修整的余地，即模型型腔的外尺寸，宜小不宜大，小了可以修大，大了无法改小。模型的型芯尺寸，宜大不宜小，大了可以改小，小了不能改大。每次新模具投产使用以后。都要适当考虑修改模具

主要尺寸，使以后加工新模具时，使型腔尺寸处在产品所要求公差的适当限度内，以使图纸更加准确适用。

4. 收缩率的计算

各种固体配合剂（包括碳黑和各种无机填料）的线胀系数与金属的线胀系数相差不大。而橡胶属液体，它的线胀系数与液体软化剂接近。硫化化学反应引起的体积变化一般不大，可以忽略不计，因而收缩率 K 可以用下列公式计算：

$$K = \Delta T(\alpha_1 - \alpha_2)R$$

式中 K ——计算线性收缩率，%；

ΔT ——硫化最高温度与室温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

α_1 ——橡胶的线胀系数， $1/^{\circ}\text{C}$ ，（30%的碳黑硫化胶， $\alpha_1 = 5.3 \times 10^{-4}$ ）

α_2 ——模具金属材料的线胀系数， $1/^{\circ}\text{C}$ ；（钢 $\alpha_2 = 3 \times 10^{-5}$ ）

R ——橡胶加软化剂所占体积百分数，%。

据报道，通过上式计算所得收缩率，可以得到相当满意的结果。虽然不能说十分精确，但非常接近实际，可以用于橡胶的模具设计计算。反之，如果模具已经开好，因某种原因，型腔尺寸不符合要求需要修改时，那么也可以利用上式，通过改变橡胶加液体软化剂所占的体积百分比 R 加以调整。应该指出，分子链的取向度对收缩有较大的影响，在计算中必须加以考虑。

表1列出了几种密封制品常用胶料径向平均收缩率的经验数据，可供设计时参考。

表1 几种常用胶料径向平均收缩率

%

胶 种	邵 尔 硬 度			
	45 ± 5	55 ± 5	65 ± 5	75 ± 5
天然橡胶	2~2.2	1.8~2	1.6~1.8	1.2~1.6
氯丁橡胶		1.9~2.1	1.7~1.9	1.5~1.7
丁腈橡胶	2.1~2.4	1.9~2.2	1.8~2	1.6~1.8
丁苯橡胶	—	2.1~2.3	1.9~2.1	1.7~1.8
乙丙橡胶	—	2.3~2.7	2.2~2.5	2~2.3
硅橡胶	—	2.4~3	2.2~2.8	2.1~2.4
氟橡胶	—	—	2.8~3.5	2.5~3.2

四、橡胶密封制品模具分类

橡胶密封制品硫化模具，根据加料方法的不同和硫化设备的不同，在模具结构上可分为3大类。

1. 压模

一般平板硫化机上使用的模具，简称压模，其特点是：把称量好的胶料半成品，直接加入打开的模具型腔，盖上盖模，送入平板硫化机中硫化。有些大型的压模，为了减轻工人的劳动强度，也把模具固定在硫化机平板上。

这种模具的优点是，结构简单，制造容易，适于生产各种结构的橡胶制品，是目前应用最广的一种橡胶密封制品模具。

缺点是：劳动强度较大，生产效率较低，对一些结构复杂的制品，质量较难保证，硫化废品率较高。

2. 压铸模

这种模具，比普通压模结构稍为复杂，在模具结构上多了一个加料室和柱塞。加料室与模具型腔相通。半成品胶料

先加入加料室。在加料室中预热软化以后，在柱塞的作用下，压入预先关闭的型腔中硫化。

压铸模可以在普通的平板硫化机上使用，也有在专用的压铸机上使用的压铸模。后者，在压铸机上注满胶料以后，再移至硫化机或硫化罐中硫化。

压铸模适合于生产结构较为复杂的制品，特别是带金属嵌件的橡胶制品，可较好地保证产品质量。

3. 注射模

注射模是目前生产橡胶密封制品比较先进的一种模具，在专用的注射硫化机上使用。模具结构较为复杂，一次性投资大。适于生产各种批量大的橡胶密封制品。机械化、自动化程度高，效率高，制品质量有保证。

第二章 模具设计的一般原则和要求

一、基 本 要 求

橡胶密封制品模具设计，和普通橡胶制品模具的设计一样，需要满足下面三个方面的要求。

1. 保证产品使用的基本要求，提高产品的质量

保证产品质量，包括外形尺寸、性能、外观等各项指标，均应符合产品设计和使用的要求。这是密封制品模具设计要考虑的最基本要求。因为模具设计的是否合理，将多方面影响产品的质量。例如，动密封用的丁腈橡胶“O”形密封圈，制品公差只要超过规定公差的一定数值时，使用寿命就会显著降低，甚至使用几分钟就会报废。这与模具的型腔尺寸和结构设计直接有关。

在具体设计一副模具时，应考虑的事项是多方面的，从收缩率引起的尺寸变化、排气、定位，到分型面的确定、型腔数的多少等等，各个方面都要认真加以考虑。

2. 操作方便

模具是一种制造密封制品的工具，这种工具是供硫化工人使用的。目前，我国硫化工人在大多数情况下，还是手工操作。模具的组装、拆卸、填料以及产品的取出，都要求尽量方便，不应卡住，不要损坏产品。

操作是否方便，不但影响生产效率，而且关系到劳动强度。一般模具很重，手工操作、劳动强度大，如果设计不合

理，开启不方便，脱模困难，就会进一步增加劳动强度。因此，在保证机械强度的前提下，力求减轻模具的重量，并且开设启模口，必要时安装手柄。此外，还应尽可能采用机械化和自动化的操作程序。现在很多模具设计成固定在硫化机平板上，实现了自动启模、顶出、闭模等动作。这种模具不用搬动，大大提高了生产效率，减轻了劳动强度。

3. 制造容易，成本低廉

模具加工是一件十分细致、复杂的工作。加工一副比较复杂的橡胶模具，在没有比较先进的加工设备的情况下，一般需要较长的时间。但是如果设计的较好，就可以简化制造工序，缩短制造周期，而且还可以提高模具质量。就拿普通的密封胶片压模来说，如图3所以。如果将它简单地设计成

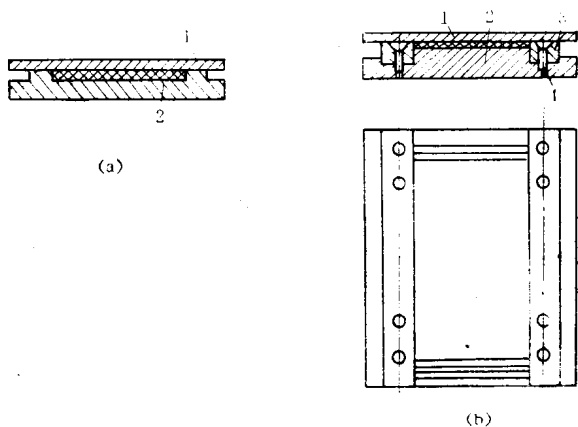


图 3 密封胶片压模

(a)的形式，分成两块来压，下模板的型腔部分就很难加工，光洁度也不容易保证。若改用(b)的结构，先把型腔铣一通槽，然后用两条镶条镶边，铆钉铆住就成。