

# 压砵结构形式变化对混炼过程影响的研究

汪传生<sup>1</sup>, 程 源<sup>2</sup>

(1. 青岛化工学院, 山东 青岛 266042; 2. 北京化工大学, 北京 100029)

**摘要:** 通过在 X(S)M-1.7 密炼机上进行的 3 种不同构型的压砵试验, 探讨了压砵结构形式变化对密炼机混炼过程产生的影响。根据消耗的最大功率、混炼时间和生产能力、单位能耗、排胶温度、炭黑分散度和物理性能, 找出适宜 X(S)M-1.7 密炼机最佳压砵结构形式是 e 型结构。

**关键词:** 密炼机; 压砵结构; 混炼; 物理性能

**中图分类号:** T Q330.4<sup>+</sup>3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-890X(2000)01-0028-05

压料机构是密炼机的重要部件之一, 主要由压力缸(气缸或油缸)和压砵等组成。它的主要作用就是给混炼中的胶料施加一定的压力, 加速炼胶过程, 提高炼胶效果。在早期的密炼机中是没有这一结构的, 它是在 1916 年本伯里发明的密炼机中才出现的<sup>[1]</sup>, 可以说压料机构是当时本伯里发明的密炼机的重要特征之一, 它区别于以前发明的各式各样的密炼机, 故后人把密炼机叫作本伯里密炼机。压力缸目前主要有两种形式: 一是气缸, 一是油缸。过去人们常用气缸, 因为气缸易控制, 其密封好坏不会对物料和环境造成污染, 但由于气源压力所限, 气缸对胶料产生的单位压力小, 且在混炼过程中容易波动; 对于大规格密炼机而言, 所需的气缸直径大, 给结构和加工都带来困难。而油缸正好能解决气缸所存在的问题, 但过去密封在结构和材料方面存在一些问题, 使油缸这一结构作为压力机构的压力缸用得较少, 我国只有上海橡胶机械厂和无锡轻工机械厂采用这一结构, 国外也用得较少。现在国外生产的大型密炼机(如 255 L 以上的 GK 系列)压力机构的压力缸基本上都采用油缸, 为了防止漏油对胶料产生污染, 有的采用双油缸扁担式结构。作为压料机构的关键部件——压砵也是随着密炼机

的发展而在不断的完善之中。压砵的作用主要是与混炼室的前后正面壁, 左、右边支架以及卸料门组成一个封闭的空间, 它与卸料门一起完成对胶料的混合、交换、分流和剪切作用, 具体来说就是将胶料保持在转子的工作区, 给胶料施加局部压力, 防止胶料在室壁和转子的界面上滑动, 也防止胶料重返加料斗和离开混炼区<sup>[2]</sup>。从压砵开始出现以来, 其结构形式也是多种多样的(见图 1)。由于结构形式不同, 它对胶料的混炼效果也就不同。本课题主要通过对在 X(S)M-1.7 密炼机上进行 3 种不同构型(图 1 中的 e、f 和 g 型)的压砵的试验, 分析探讨压砵结构形式变化对混炼过程所产生的影响, 并根据试验情况, 找出适宜该密炼机型的最佳压砵构型。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

NR, 门尼粘度 $[ML(1+4)100\ ^\circ C]$ 为 45~55, 马来西亚产品; SBR, 门尼粘度为 52, 齐鲁石化公司产品。

### 1.2 配方及试验条件

试验基本配方: NR 50, SBR 50, 中超耐磨炭黑 50, 硬脂酸 3, 氧化锌 3, 石蜡 1.5, 防老剂 RD 1.5, 防老剂 H 0.7, 促进剂 NOBS 0.7, 三线油 6, 硫黄 1.2。

试验条件: 压砵构型为图 1 所示的 e、f 和 g

作者简介: 汪传生(1960-) 男, 安徽潜山人, 副教授, 博士, 主要从事高分子材料加工机械方面的研究和教学工作。

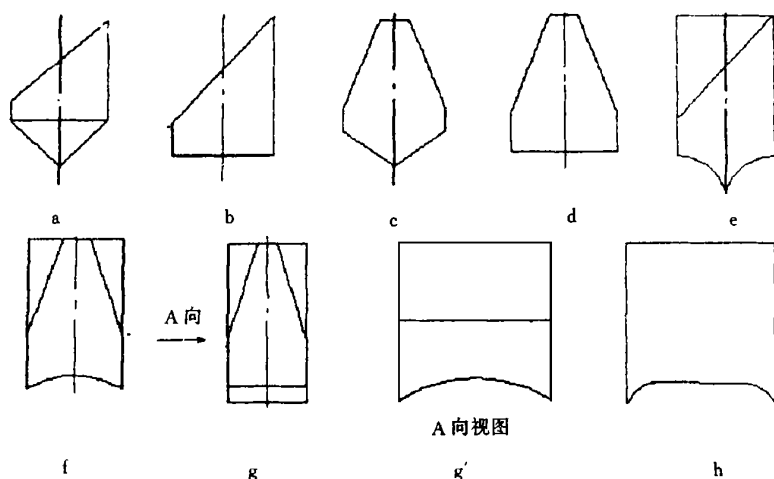


图 1 压砵的结构形式

三种;压砵压力分别取 0.4、0.5 和 0.6 MPa;胶料的填充因数分别取 0.55、0.60 和 0.65;冷却水温度分别取 20、35 和 50 °C;转子转速分别取 110、160 和 220  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

### 1.3 主要设备及仪器

X(S)M-1.7 同步转子密炼机, 青岛化工学院产品; X(S)K-160 型开炼机, 上海橡胶机械厂产品; XD-1 型电子显微镜, 江苏光学仪器厂产品; T-10 型电子拉力机, 孟山都公司产品。

### 1.4 排料控制方法

试验采用“时间+功率曲线”控制法排胶, 即分段加料采用时间控制, 最后排料采用功率曲线控制。所谓功率曲线控制法就是在加油后功率上升到最大值后下降并保持平稳一定时间后排料<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 压砵构型分析

从图 1 所示的压砵构型中, 单从与胶料接触的压砵的底部结构来看, a 和 c 型是相同的, b 和 d 型是相同的。如果从压砵的上部结构来看, a 和 b 型是一样的, c 和 d 型是一样的。其中 c 和 d 型压砵的上部结构有利于减少粉料堆积, 提高混炼胶的质量。根据英国法勒公司提供的资料, a、b、c 和 d 四种形式的压砵对于 F 系列密炼机, 只要用户需要均可采用。如果从有利于物料的混合、交换和剪切作用方面来考

虑, a 和 c 型是优于 b 和 d 型的。h 型压砵目前主要用在翻转式密炼机上, 因为翻转式密炼机混炼室开口大, 必须采用 h 型, 这种结构还可以起到瞬间存料作用, 它与 e 型结构相比, 两转子上的混合空间大约增加了  $0.107 \cdot 3D^2L$  (其中  $D$  为混炼室内直径,  $L$  为混炼室内壁长度, 二者单位均为 dm), 但从对胶料作用来看, 不如 e 型压砵, 没有剪切作用, 吃料能力较差。e ~ g 型为试验所采用的压砵构型。e 型压砵与物料接触面的形状类似于 a 和 c 型, 但 e 型是圆弧形形状, 而且圆弧半径和混炼室内半径相同。混炼过程中的胶料流向示意图见图 2。从图 2(a) 可以看出, 它有利于增强对物料的剪切作用, 强制转子吃料, 但交换和混合效果稍差些, 其交换和混合主要在转子之间进行。f 型所示的压砵底部形状类似于 h 型, 但 f 型是一段圆弧, 没有直线连接。从图 2(b) 可以看出, 从转子与室壁翻上来的胶料一部分随两转子的旋转进入两转子的间隙中, 另一部分则进入压砵弓形部分, 在转子上方进行交换、混合, 与图 2(a) 相比, 多了一个交换、混合的区域, 但不利于剪切作用和转子吃料, 胶料会浮在转子上部一段时间, 类似于开炼机混炼。g 型压砵底部形状与 b 和 d 型相似, 其底部弧形位置与 f 型压砵刚好相差 90°, 即其弧形与转子轴线一致。从图 2(c') 和 2(c'') 可以看出, 这种结构在转子两端是平面密封结构, 不利于胶料的流动, 易产生死角, 但由于转

子棱峰和压砣两端的配合作用, 胶料在两转子螺旋凸棱作用下, 增大了由两端向中间运动的空间, 因此除了具有图 2 (b) 所示的径向混合、

交换作用外, 还增加了轴向混合、交换作用, 因此其混合、交换作用优于 f 和 e 型压砣。

e, f 和 g 型压砣试验结果见表 1。

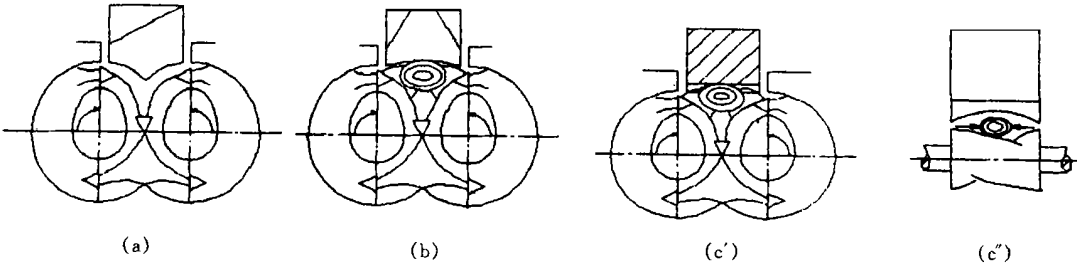


图 2 混炼过程中的胶料流向示意图

表 1 试验数据记录表

| 混炼<br>条件 | 压砣<br>构型 | 最大功<br>率/kW | 单位能耗/<br>[kWh·kg <sup>-1</sup> ] | 混炼时<br>间/s | 生产能力/<br>(kg·h <sup>-1</sup> ) | 排胶温<br>度/℃ | 300%定伸<br>应力/MPa | 拉伸强<br>度/MPa | 扯断伸<br>长率/% | 扯断永久<br>变形/% | 邵尔 A 型<br>硬度/度 | 分散<br>度/级 |
|----------|----------|-------------|----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|-----------|
| 1        | e        | 16.5        | 0.238                            | 120        | 31.53                          | 124.0      | 6.32             | 19.80        | 630         | 20           | 58             | 6.0       |
|          | f        | 16.0        | 0.238                            | 125        | 30.27                          | 120.0      | 5.28             | 19.08        | 650         | 25           | 56             | 5.0       |
|          | g        | 14.8        | 0.240                            | 130        | 29.10                          | 121.0      | 4.98             | 20.01        | 680         | 25           | 52             | 5.5       |
| 2        | e        | 17.8        | 0.230                            | 118        | 34.99                          | 130.0      | 6.53             | 20.12        | 650         | 25           | 60             | 6.5       |
|          | f        | 17.2        | 0.235                            | 124        | 33.30                          | 125.0      | 5.32             | 19.72        | 680         | 25           | 58             | 5.3       |
|          | g        | 15.5        | 0.238                            | 129        | 32.01                          | 125.0      | 5.18             | 19.51        | 650         | 25           | 54             | 5.8       |
| 3        | e        | 19.2        | 0.223                            | 117        | 38.25                          | 135.0      | 6.38             | 19.38        | 640         | 25           | 60             | 6.0       |
|          | f        | 19.1        | 0.230                            | 124        | 36.09                          | 130.0      | 4.98             | 21.00        | 690         | 25           | 55             | 5.1       |
|          | g        | 17.2        | 0.235                            | 128        | 34.96                          | 132.0      | 5.08             | 21.00        | 695         | 25           | 58             | 5.0       |
| 4        | e        | 16.6        | 0.237                            | 118        | 34.99                          | 125.0      | 6.20             | 19.51        | 630         | 25           | 58             | 6.0       |
|          | f        | 16.2        | 0.241                            | 124        | 33.30                          | 120.0      | 5.73             | 19.70        | 690         | 25           | 53             | 5.0       |
|          | g        | 15.1        | 0.242                            | 130        | 31.76                          | 121.0      | 5.32             | 19.53        | 700         | 25           | 54             | 5.5       |
| 5        | e        | 17.5        | 0.228                            | 118        | 37.92                          | 128.0      | 6.30             | 19.30        | 600         | 25           | 56             | 6.2       |
|          | f        | 17.0        | 0.235                            | 123        | 36.38                          | 120.0      | 5.98             | 19.60        | 720         | 25           | 51             | 5.2       |
|          | g        | 15.5        | 0.240                            | 128        | 34.96                          | 123.0      | 5.61             | 20.50        | 700         | 25           | 51             | 5.5       |
| 6        | e        | 18.1        | 0.239                            | 116        | 32.62                          | 130.0      | 6.38             | 20.50        | 695         | 25           | 57             | 6.5       |
|          | f        | 17.0        | 0.242                            | 122        | 31.01                          | 125.0      | 5.39             | 20.00        | 731         | 25           | 51             | 5.5       |
|          | g        | 16.2        | 0.245                            | 127        | 29.79                          | 128.0      | 5.61             | 20.70        | 720         | 25           | 54             | 5.5       |
| 7        | e        | 16.7        | 0.235                            | 118        | 37.92                          | 126.0      | 6.32             | 20.50        | 690         | 25           | 54             | 6.0       |
|          | f        | 16.4        | 0.240                            | 123        | 36.38                          | 121.0      | 6.03             | 20.50        | 700         | 25           | 54             | 5.8       |
|          | g        | 15.5        | 0.242                            | 126        | 35.51                          | 122.0      | 6.03             | 21.00        | 700         | 25           | 53             | 5.5       |
| 8        | e        | 16.9        | 0.236                            | 115        | 32.90                          | 130.0      | 6.12             | 21.00        | 705         | 20           | 54             | 6.3       |
|          | f        | 16.6        | 0.242                            | 123        | 30.76                          | 125.0      | 5.00             |              | 725         | 25           | 54             | 5.5       |
|          | g        | 15.6        | 0.243                            | 125        | 30.27                          | 125.0      | 5.81             | 20.50        | 720         | 25           | 57             | 5.5       |
| 9        | e        | 17.5        | 0.235                            | 114        | 36.22                          | 134.0      | 4.80             | 21.00        | 735         | 18           | 55             | 6.5       |
|          | f        | 16.8        | 0.241                            | 123        | 33.57                          | 129.0      | 4.80             | 21.00        | 725         | 25           | 54             | 5.5       |
|          | g        | 16.5        | 0.242                            | 123        | 33.57                          | 128.0      | 5.70             | 20.50        | 720         | 56           | 56             | 5.3       |

注: 混炼条件(冷却水温度、胶料的填充因数、转子转速和压砣压力): 1—50℃, 0.55, 110 r·min<sup>-1</sup>, 0.4 MPa; 2—20℃, 0.60, 160 r·min<sup>-1</sup>, 0.5 MPa; 3—20℃, 0.65, 220 r·min<sup>-1</sup>, 0.6 MPa; 4—35℃, 0.60, 110 r·min<sup>-1</sup>, 0.6 MPa; 5—35℃, 0.65, 160 r·min<sup>-1</sup>, 0.4 MPa; 6—35℃, 0.55, 220 r·min<sup>-1</sup>, 0.5 MPa; 7—50℃, 0.65, 110 r·min<sup>-1</sup>, 0.5 MPa; 8—50℃, 0.55, 160 r·min<sup>-1</sup>, 0.6 MPa; 9—50℃, 0.60, 220 r·min<sup>-1</sup>, 0.4 MPa。

## 2.2 消耗的最大功率

从表 1 数据可以看出, e 型结构的压砣消耗的最大功率在试验条件下均处于第 1 位, f 型处于第 2 位, g 型处于第 3 位。这个结果与前面的分析基本一致, 因 e 型压砣的底部具有两个  $1/4$  圆弧, 能与转子形成类似于转子与混炼室壁间的强剪切作用, 使其所具有的剪切、混合作用加强, 并有利于转子吃料, 而 f 和 g 型压砣则不能形成剪切作用, 虽然混合作用比 e 型好, 但不利于转子吃料。一般来讲, e 型结构的压砣消耗的最大功率比 f 型大  $1\% \sim 6\%$ , 比 g 型大  $6\% \sim 15\%$ 。

## 2.3 混炼时间和生产能力

由于压砣构型不同, 对胶料的剪切、混合作用以及协助转子吃料情况也有所不同, 从而导致了混炼时间不同。e 型结构的压砣剪切作用最强, 协助转子吃料能力最好, 故混炼时间最短, 生产效率最高; f 和 g 型结构的压砣都有存胶现象存在, 都不利于转子吃料, 但两者相比, f 型结构的压砣弧形处的浮胶有利于混合, g 型结构的压砣的弧形是与轴线一致的, 混合效果也很好, 但不利于胶料流动和转子吃料, 故 g 型结构的压砣混炼时间最长, 生产效率最低。三者相比, e 型结构的压砣的生产能力比 f 和 g 型分别大  $4\% \sim 7\%$  和  $6\% \sim 9\%$ 。

## 2.4 单位能耗

由表 1 数据可以看出, 无论何种试验条件, e 型结构压砣消耗的单位能耗最小, f 型居中, 而 g 型最大, 但三者差异很小。该差异主要是上述的混炼时间和剪切、混合效果不同所造成的。

## 2.5 排胶温度

由表 1 中数据可知, 无论是何种试验条件, f 型结构的压砣的排胶温度在三者中最低, 一般来讲, 比 e 型低  $3\% \sim 8\%$ , 比 g 型低  $1\% \sim 5\%$ 。这主要是因为 f 型压砣具有存料作用, 使物料在经过强烈剪切作用后又能很快松弛下来, 能够避免由于连续剪切作用所导致的过快升温。

需要注意的是, f 型结构的压砣的存胶作用不同于开炼机上方的堆积胶, 开炼机如果堆

积胶过多, 不但会使散热困难、胶温升高, 而且由于单位时间内胶料通过辊距的次数减少, 还会使生产效率下降。密炼机由于其特殊的工作环境, 温升快且散热困难, 堆积胶的存在则可使过快升温有所缓解。总之, e 型结构的压砣与 f 型和 g 型相比, 其排胶温度高主要是由于其强剪切作用使温升过快所致。

## 2.6 炭黑分散度

e 型结构的压砣有利于胶料分散, f 和 g 型压砣则有利于胶料分布, 各有特色。但总的来说, e 型结构的压砣优于 f 和 g 型。从表 1 中数据可以看出, 三者相差不大, 最多相差一级。

## 2.7 物理性能

从测得的物理性能来看, 拉伸强度三者相差甚小, 其中 g 型压砣稍微大一点。扯断伸长率、扯断永久变形和硬度三者都达到了生产要求, 其中扯断伸长率都比较大, 超过了  $600\%$ , 尤其是 g 型压砣, 其扯断伸长率平均在  $700\%$  左右, 但  $300\%$  定伸应力三者差异是比较大的, e 型压砣最高, f 型次之, g 型最差。

## 2.8 最佳压砣的选择

从试验数据和上面的分析可以看到, 压砣的结构形式对混炼效果有着一定的影响。选择合适的压砣结构可以增大对胶料的剪切、混合作用, 增强转子吃料能力、缩短混炼时间、提高生产效率和混炼胶的质量。从本次试验结果来看, e 型结构的压砣综合指标较好, 适应性较强, 可满足多种配方的加工工艺要求, 因此本次试验所用的 X(S)M-1.7 密炼机或下落式密炼机采用此种结构的压砣为好。

## 3 结论

(1) 压砣的构型对密炼机混炼的各种参数、硫化胶的物理性能、炭黑分散度等均有影响, 且压砣的构型不同对各参数及硫化胶物理性能的影响程度也不同。

(2) 比较 e, f 和 g 三种不同构型的压砣发现, e 型结构的压砣具有单位能耗低、混炼时间短、生产能力高的优点, 但其混炼过程中的最大功率和排胶温度均高于后两者; f 型结构压砣的各混炼参数居中, 但具有排胶温度低的优点;

g 型结构的压砣在三者中除了稍有改善端面密封和使混炼过程中消耗的最大功率值降低外,其余各测试参数和硫化胶的物理性能均不佳,但拉伸强度比较大。因此在实际生产中应根据不同的工艺要求选用最合适的压砣结构型式。

(3)对 X(S)M-1.7 密炼机而言,无论何种试验条件,选用 e 型结构的压砣较佳。

(4)对于下落式密炼机来讲,采用 e 型结构

的压砣有较强的适应性。

### 参考文献:

- [1] White J L. Development of internal mixer technology for the rubber industry[J]. Rubb. Chem. Tech., 1992, 65(3): 527.
- [2] 沃斯特罗克努托夫 È. Г. 生胶和混炼胶的加工[M]. 周彦豪译. 北京: 化学工业出版社, 1985. 188.
- [3] 汪传生. 用功率曲线控制密炼机排胶的实验分析[J]. 特种橡胶制品, 1995, 16(5): 46.

收稿日期: 1999-08-16

## Influence of ram configuration on mixing process

WANG Chuan-sheng<sup>1</sup>, CHENG Yuan<sup>2</sup>

(1. Qingdao Institute of Chemical Technology, Qingdao 266042; 2. Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029)

**Abstract:** The influence of the ram configuration on mixing process was investigated through the test on three different ram configurations of X(S)M-1.7 internal mixer. It was found through the analysis of maximum consumed power, mixing time, capacity, specific energy consumption, dumping temperature, carbon black dispersity and physical properties of compound that the optimum ram configuration suitable for X(S)M-1.7 internal mixer was “e” configuration.

**Keywords:** internal mixer; ram configuration; mixing

### 橡胶小辞典 6 条

**粉末橡胶** powdered rubber 系指粉末状天然橡胶和合成橡胶。粉末天然橡胶采用天然鲜胶乳以膏化剂膏化后得膏化浓缩胶乳,再经喷雾干燥塔分散成雾状,最终干燥成微小的胶粒。粉末橡胶有助于实现混炼工艺的自动化、连续化,特别适用于制作注射制品、挤出制品,还可用作树脂改性剂等。粉末天然橡胶尚无商品面世,商品粉末丁腈橡胶主要用作塑料的改性剂。

**絮凝橡胶粉** heveatax 在胶乳中加入硫酸铅作絮凝剂,絮凝成直径为 2~4 mm 的颗粒,经过滤、加隔离粉剂、干燥而得粉状橡胶。絮凝橡胶粉制胶工艺简单、节能,但因加有隔离剂而影响胶料性能,应用受到限制。

**轮胎橡胶** tyre rubber 使用胶乳、未烟胶片 and 杯凝胶各 30 份,加入 10 份软化油共同掺合制成的生胶。是专供轮胎加工使用的橡胶。具有价格便宜、结晶速率低和恒粘的特性。

**充油天然橡胶** oil-extended natural rubber; OENR 系采用湿法充填充油的天然橡胶。充油量为 25, 30, 40 份的充油天然橡胶分别为 OE75/25, OE70/30 和 OE60/40。充油天然橡胶加工性能好,具有良好抗湿滑性能,适于作防滑轮胎。

**热塑性天然橡胶** thermoplastic natural rubber; TPNR 天然橡胶与聚烯烃在高温下共混或以化学接枝法制成的具有热塑性塑料特性、在常温下则具有硫化胶性能的天然橡胶。热塑性天然橡胶具有高刚性、高冲击强度及低密度的特点,适用制作汽车安全板、车体嵌板和仪表盘等,特别适用于制造轻质橡胶制品。

**环氧化天然橡胶** epoxidized natural rubber; ENR 用过氧化有机酸或过氧化氢与有机酸处理,使天然橡胶形成环氧化基团结构的生胶。该胶具有抗湿滑性好、气密性优良、耐油性佳等诸多优点。按环氧化程度的高低一般有 ENR75, ENR50 和 ENR25 三个品种。