

# 用 MCT冷喂料挤出机连续制备混炼胶工艺分析

巫静安

(青岛化工学院 266046)

**摘要** 实例分析采用多流道传递式 (MCT)混炼冷喂料挤出机连续制备混炼胶的工艺条件及特性,指出低置螺杆传递混合区的温度,提高背压及提高螺杆转速时,机器工艺性能优良,产量大,混炼塑化效果好。

**关键词** MCT冷喂料挤出机,连续混炼

多流道传递式 (Multi-Cut-Transfermix, 简称 MCT)混炼冷喂料螺杆挤出机以其混炼、塑化能力强,料温低,产量高及对不同配方具有广泛的适应性而受到人们重视。其结构特点是在螺杆和机筒中部设置了多流道的传递混合区 (见图 1),加强对物料的分流、转移、剪切及再合流作用,实现高效的塑化和混

炼<sup>[1-3]</sup>。一般 MCT机有两种用途:一是对从密炼机中排下来的物料进行连续性补充混炼,以提高料质的均匀性;二是以其实现连续性一步法混炼工艺,使混炼工艺向深加工方向发展。本文以实例介绍说明使用 MCT机连续制备混炼胶的方法及工艺特性

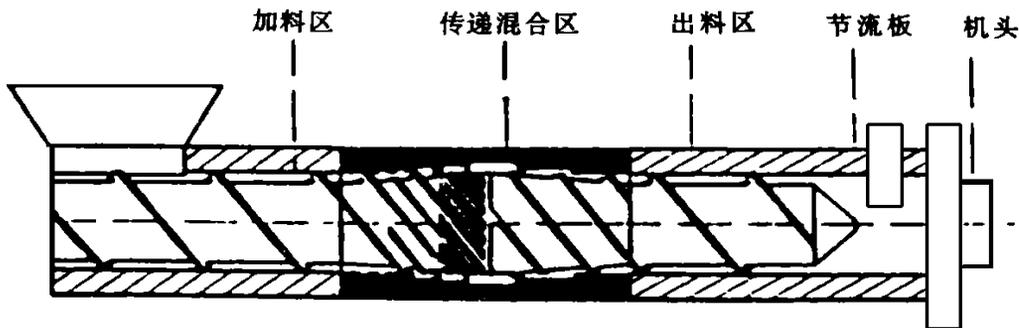


图 1 MCT冷喂料螺杆挤出机结构示意图

## 1 实验用原材料及设备参数

### 1.1 原材料

试验配方采用轮胎胎面胶配方。配方如下:炭黑母炼胶: SBR(苯乙烯含量为 23.5%)

**作者简介** 巫静安,女,1945年出生,副教授。1966年毕业于山东化工学院橡胶机械专业。现任高分子机械研究所副所长兼高分子机械教研室主任。“改革教学手段,开发计算机软件”获优秀教学成果省级三等奖。已发表论文及论著 20余篇(部)。

100,炭黑 N234 50,油 (HAO) 14,硫化体系: 氧化锌 3.38,硬脂酸 1.50,硫黄 1.75,促进剂 NS 1.25,油 (HAO) 2.00  
炭黑母炼胶中的炭黑是在胶料聚合过程中加入的,母料再用造粒机制成粒径不一的各种粒料。文中所用两种粒料的直径分别为 8 和 12mm

交联剂呈粉状,粘合剂采用油料,以浆叶式搅拌机通过预混将粉状交联剂涂覆于粒料表面。由于不同粒径的粒料具有不同的比表

面积,因此预混的结果使得交联剂有了不同的预分布

## 1.2 设备参数

实验时可调整的机器参数主要有 3 个: 螺杆转速  $n$ , 节流量(即背压)  $D_r$  和传递混合区的温度  $T_{if}$ 。它们的调整范围为:

$$n \quad 20 \sim 80 \text{ r/min}$$

$$D_r \quad 0 \sim 97\%$$

$$T_{if} \quad 40, 60^\circ\text{C}$$

机器的其它参数为常数,其中螺杆温度为  $80^\circ\text{C}$ ,节流板和机头温度为  $90^\circ\text{C}$ ,加料段采用  $15^\circ\text{C}$ 水冷却<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与讨论

一个优良的混炼过程,至少应满足以下工艺要求:

- (1) 有效地控制温度,避免物料预交联;
- (2) 有效地塑化物料,满足成型工艺的需要;
- (3) 各种配合剂在胶体内均匀分散;
- (4) 混炼设备具有较高的生产能力。

下面就按这些要求讨论采用 MCT 机连续制备混炼胶的实验结果

### 2.1 产量表征

图 2 示出了当机头节流器全部打开 ( $D_r = 0$ ), 传递混合区的温度分别为  $40$  和  $60^\circ\text{C}$

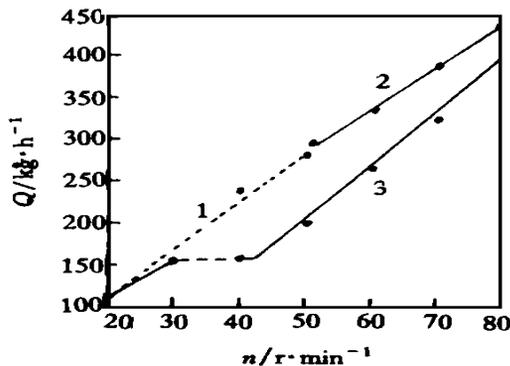


图 2 挤出产量与螺杆转速的关系

- 1—8mm 粒料,  $T_{if} = 40^\circ\text{C}$ ; 2—8mm 粒料,  $T_{if} = 60^\circ\text{C}$ ;  
3—12mm 粒料,  $T_{if} = 60^\circ\text{C}$

时,两种规格粒料挤出产量与转速的关系。从图中可以看出,在较大的范围内,挤出产量与螺杆转速符合常规的线性关系,而在螺杆转速  $n > 40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  后,相同转速下,粒径为 8mm 的粒料挤出产量大于粒径 12mm 物料的挤出产量

当背压增大时,挤出产量与转速仍维持正比关系,且背压的升高,对挤出产量影响不大。由图 3 可见,直径为 8mm 的粒料,背压升高时,产量略有下降,背压升高 3MPa,挤出产量下降不超过 10%,而直径为 12mm 的粒料,背压升高后,挤出产量几乎不变。

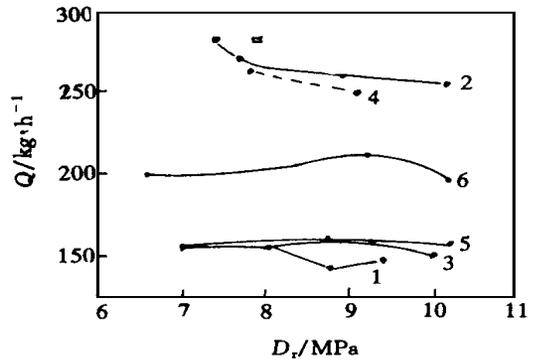


图 3 背压对挤出产量的影响

- 1—8mm 粒料,  $T_{if} = 40^\circ\text{C}$ ,  $n = 30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 2—8mm 粒料,  $T_{if} = 40^\circ\text{C}$ ,  $n = 50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 3—12mm 粒料,  $T_{if} = 40^\circ\text{C}$ ,  $n = 30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 4—12mm 粒料,  $T_{if} = 40^\circ\text{C}$ ,  $n = 50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 5—12mm 粒料,  $T_{if} = 60^\circ\text{C}$ ,  $n = 30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 6—12mm 粒料,  $T_{if} = 60^\circ\text{C}$ ,  $n = 50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  
□—8mm 粒料,  $T_{if} = 60^\circ\text{C}$ ,  $n = 50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$

图 3 中横于中间的一条曲线较为特殊。它是在转速为  $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  的条件下,挤出粒径为 12mm 的粒料时的挤出产量与背压的关系曲线。通过比较可以看出,当传递混合区温度为  $40^\circ\text{C}$  时,产量约  $250 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ,但温度升至  $60^\circ\text{C}$  时,挤出产量跌落到  $200 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 。产生这一现象的主要原因是挤出机内部各区压力的分布不同。

图 4 示出了在 MCT 机不同部位测得的机筒内的压力  $P$  分布。当传递混合区温度为

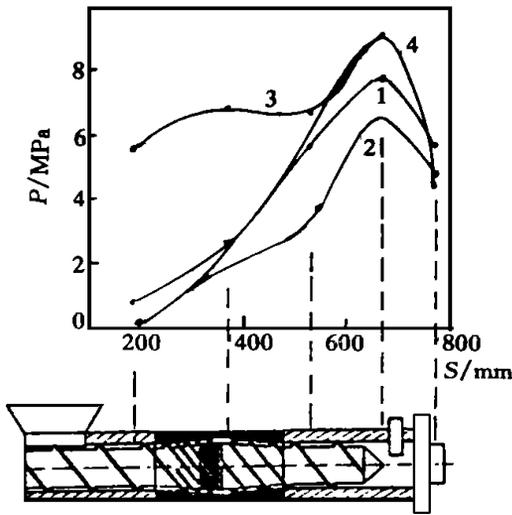


图 4 机筒内不同位置 ( $S$ ) 截面上的压力

12mm 粒料,  $n = 50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$

1-  $T_{\text{if}} = 40^\circ\text{C}$ ,  $D_r = 0$ ; 2-  $T_{\text{if}} = 60^\circ\text{C}$ ,  $D_r =$

0; 3-  $T_{\text{if}} = 40^\circ\text{C}$ ,  $D_r = 89\%$ ;

4-  $T_{\text{if}} = 60^\circ\text{C}$ ,  $D_r = 89\%$

$40^\circ\text{C}$  时, 机筒内 3 个区域内压力分布正常, 挤出产量也正常。机头节流后, 背压升高, 3 个区域的压力都提高, 挤出产量略有下降。尤其是在加料区和传递混合区, 节流后压力超比例地升高, 说明在此工艺条件下, 传递混合区本身也起到节流的作用, 使塑化混合效果增强<sup>[5]</sup>。但当传递混合区的温度为  $60^\circ\text{C}$  时, 机筒内压力分布出现反常, 无论是否节流, 加料区的压力始终为零。说明在此工艺条件下, 加料区的螺槽内始终未被物料填满, 不能形成压力, 挤出产量也一直不高。由此可见, 在高速挤出时, 提高挤出产量的一个前提条件是在加料区内形成较高的压力, 而降低传递混合区的温度对加料区形成高压有利。

## 2.2 温度控制

为了防止胶料交联, 混炼中严格控制胶料温度十分重要。实验中, 熔体温度可在螺杆前方及机筒壁附近直接测得。实验表明, 混炼后熔料的温度与螺杆转速、机头节流量及传递混合区的温度密切相关。

混炼胶料温度  $T_j$  与螺杆转速的关系如

图 5 所示。由图 5 可见, 胶料温度随螺杆转速线性升高。由于 MCT 机的螺杆较短, 胶料在机筒内逗留时间短, 因此胶料温度的上升有限。就本试验配方而言, 螺杆转速每提高  $10 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 胶料温度约上升  $5 \sim 7^\circ\text{C}$ 。其中粒径为 8mm 小粒料的熔体温升幅度略大些。由图 5 还可以看出, 传递混合区设置的温度低 ( $40^\circ\text{C}$ ), 混炼胶最终温度也低。结合上面对挤出产量的分析讨论, 可以看出, 将传递混合区的温度控制在较低温度状态, 是实现理想混炼的重要工艺条件之一。

另外, 背压提高时, 混炼胶最终温度也随之提高。这显然是由于背压升高, 使机筒内总压力升高, 胶料塑化、混炼效果增强的结果。

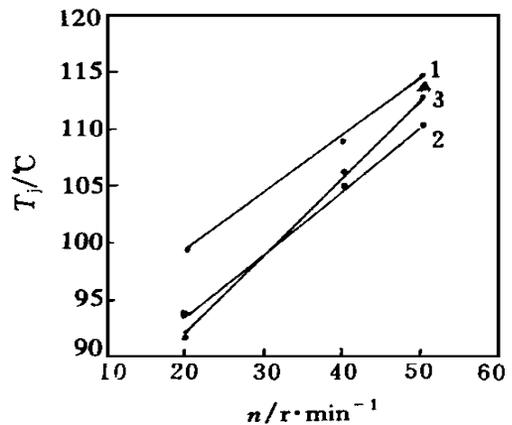


图 5 螺杆转速对胶料温度的影响

$D_r = 0$

1- 12mm 粒料,  $T_{\text{if}} = 60^\circ\text{C}$ ; 2- 12mm 粒料,  $T_{\text{if}} =$

$40^\circ\text{C}$ ; 3- 8mm 粒料,  $T_{\text{if}} = 40^\circ\text{C}$ ;

$\Delta$ - 8mm 粒料,  $T_{\text{if}} = 60^\circ\text{C}$

## 2.3 门尼粘度的变化

门尼粘度表征了未硫化胶的流动性。它主要取决于胶料分子链的长度和加入填料的分散质量。由于实验用 SBR 母料中的炭黑是聚合时加入的, 其原始分布就很好, 通过混炼挤出后分布变化不大, 因此门尼粘度的变化主要反映了链状分子的降解, 即塑化的效果。

图 6 示出了不同实验的测量结果。从图 6 可以看出, 粒径为 8mm 粒料的门尼粘度值明

显低于 12mm 粒料的门尼粘度值 另外,螺杆转速高 ( $n = 50 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) 时胶料受剪切作用明显,其门尼粘度值低于螺杆转速低 ( $n = 30 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) 时的值。从图 6 还可以看出,传递混合区的温度影响也很明显。温度较低 ( $40^\circ\text{C}$ ) 时,混炼胶门尼粘度值较低,说明物料大分子降解突出。这是由于低温时熔体粘度较大,熔体流在传递混合区中受到强烈的分割、剪切、传递作用所致。背压的升高也导致了胶料门尼粘度的下降。由图 6 可知,背压变

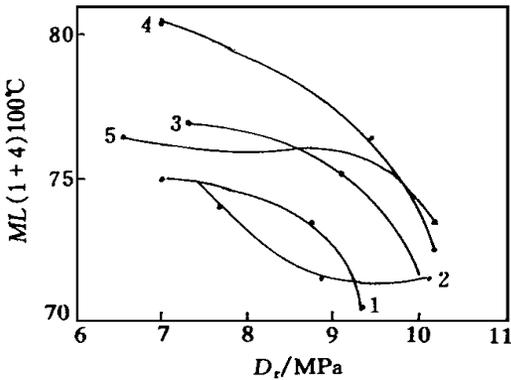


图 6 背压对混炼胶门尼粘度的影响

1- 8mm 粒料,  $T_{if} = 40^\circ\text{C}$ ,  $n = 30 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 2- 8mm 粒料,  $T_{if} = 40^\circ\text{C}$ ,  $n = 50 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 3- 12mm 粒料,  $T_{if} = 40^\circ\text{C}$ ,  $n = 30 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 4- 12mm 粒料,  $T_{if} = 60^\circ\text{C}$ ,  $n = 30 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 5- 12mm 粒料,  $T_{if} = 60^\circ\text{C}$ ,  $n = 50 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$

化,胶料门尼粘度值可相差 4~8 个单位。

## 2.4 硫化仪数据及物理性能测量

在硫化仪测量中发现,用 MCT 机混炼的胶料无一试样发生预交联,说明这种连续混炼工艺是可靠的。为了说明在混炼过程中交联剂及其它小料的分散效果,可测量硫化平衡转矩。表 1 示出了在不同工艺条件下测得的硫化平衡转矩,可以看出尽管母炼胶粒径不同(交联剂预分布不同),各混炼胶门尼粘度也有差异,但硫化时其硫化平衡转矩差别不大,说明其力学性能在硫化过程中得到了补偿。相对而言,当  $T_{if} = 60^\circ\text{C}$ ,  $n = 30 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 背压为 7MPa 时,12mm 粒料的平衡转矩较小。对照门尼粘度曲线(图 6),其门尼粘度值很高(达 81),说明当传递混合区温度较高,螺杆转速较低时,机器塑化混炼能力低,胶料塑化程度不够,配合剂分散也不够均匀。背压升高后,情况得到了改善。

试验测得的 12mm 粒料强伸性能列于表 2。从表中可以看出,当传递混合区温度较高而背压较低时,试样的力学性能(特别是当  $n = 30 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  时)较差。背压升高,强伸性能变好。背压升高一方面有利于交联剂的良好分散,但另一方面又容易造成大分子的降解,由此导致了测量结果的复杂性。

表 1 不同工艺条件下的硫化平衡转矩

粒径 /mm	$T_{if} / ^\circ\text{C}$	$n / \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	转矩 / $\text{N} \cdot \text{m}$	
			背压 7MPa	背压 9MPa
8	40	30	0.448	0.437
		50	0.455	0.390
12	40	30	0.447	0.409
		60	0.385	0.457
	50	0.455	0.412	

表 2 不同试样的强伸性能 (12mm 粒料)

$T_{if} / ^\circ\text{C}$	$n / \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	拉伸强度 /MPa		扯断伸长率 /%	
		背压 7MPa	背压 9MPa	背压 7MPa	背压 9MPa
40	30	18.2	16.8	700	680
60	30	11.9	17.7	750	640
	50	15.7	17.5	750	690

## 4 结论

(1) 采用 MCT 冷喂料挤出机连续制备混炼胶时,若传递混合区的温度低置,则工艺性能优良,产量大,最终料温低,胶料门尼粘度值适当,配合剂分散效果好。

(2) 背压提高,塑化、混炼效果增强,但对产量和最终料温稍有不影响。

(3) 螺杆转速升高后,有利于产量和混炼塑化效果的提高,物料温升略有增大。

### 参考文献

1 巫静安·多流道传递混炼(MCT)螺杆挤出机的结构原

理及特色·橡胶技术与装备,1996,22(3):15~18

2 巫静安·多流道传递式混炼型螺杆挤出机·合成橡胶工业,1996,19(5):311~313

3 巫静安,盖俊·多流道传递混合(MCT)螺杆挤出机的类型及工艺性能·橡胶技术与装备,1996,22(5):1~4

4 Meiertoberens U. Continuous mixing of rubber compounds with the transfermix. Vortrage am 17. IKV-Kolloquium Aachen, Germany, 1994 289~295

5 Meyer P. practical application of the short, adjustable MCT cold-feedmixer-extruder. Rubber World, 1990, (7): 23~26

收稿日期 1996-11-22

## Process Analysis of Continuous Preparation of Compound with MCT Cold Feed Extruder

Wu Jingan

(Qingdao Institute of Chemical Technology 266046)

**Abstract** The processing conditions and characteristics of continuous preparation of compound with MCT cold feed extruder were analyzed with examples. It was given that the excellent processibility, large output and good mixing and plastication could be obtained as the low temperature in the transfer mixing zone, the high back pressure and screw speed were used.

**Keywords** MCT cold feed extruder, continuous mixing

### 巨型氟橡胶密封圈研制成功

最近,一个直径超过 12m 周长近 40m 重量近 200kg 的巨型氟橡胶密封圈在化工部西北橡胶塑料研究设计院(原西北橡胶工业制品研究所)研制成功。这是该院为国家某重点工程研制的系列氟橡胶密封圈中最大的一个。

氟橡胶以其优异的耐高温、耐油、耐多种化学药品浸蚀等特点,成为现代航空、导弹、火箭、宇航等尖端科学技术及其它工业不可缺少的材料。但由于氟橡胶流动性差、工艺复杂,只有少数几个发达国家能够制造其大型制品。

(化工部西北橡胶塑料研究设计院  
崔宝源供稿)

### 飞机用密封带和绝热带通过鉴定

化工部西北橡胶塑料研究设计院(原西北橡胶工业制品研究所)为运八飞机研制的飞机货舱大门密封带和发动机短舱四框绝热带最近通过了陕西省科学技术委员会组织的鉴定。

货舱大门密封带是保证机舱密封的关键部件,使用这种密封带可使运八飞机的飞行高度由 4km 提高到 10km,并增大载重重量(机舱压力随飞行高度调节)。发动机短舱四框绝热带用于运八系列飞机发动机前部隔热。这两种产品还推广到民航、邮航等民用机种。

(化工部西北橡胶塑料研究设计院  
崔宝源供稿)