

橡胶连续塑炼机的试验研究

汪传生, 闫浩

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要:利用自主研发的橡胶连续塑炼机,通过对2种不同螺杆构型、工艺条件的橡胶连续塑炼机塑炼效果进行对比,确定最佳的螺杆构型和工艺条件。结果表明:当螺杆转速为 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、机筒温度为 60°C 时,两种螺杆橡胶连续塑炼机的塑炼效果均最佳;与剪切型螺杆相比,捏合型螺杆的塑炼效果更好。

关键词:橡胶连续塑炼;螺杆构型;工艺参数

中图分类号: TQ330.6⁺3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2015)04-0240-05

橡胶工业是有着 180 多年悠久历史的传统产业。近年来,在塑炼工艺、硫化加工、充气轮胎以及子午线轮胎的研发等方面取得了重大技术突破,已经形成了独立、完整的工业体系^[1]。橡胶加工工艺对生胶的塑性有一定的要求,混炼时一般要求门尼粘度为 60 左右,否则无法顺利操作。因此在混炼前,需要通过塑炼使生胶分子链在机械、氧、热、化学等作用下断裂,降低相对分子质量,使橡胶暂时失去弹性变成柔软的塑炼胶。因此生胶塑炼是其他橡胶加工工艺过程的基础^[2-3]。

目前,橡胶制品生产中普遍采用开炼机、密炼机进行塑炼,存在着生产不连续、质量不稳定、生产效率低、能耗高等缺点。为此,本课题组研制了一种橡胶连续塑炼机,该机不仅简化了炼胶工艺,而且生产效率大幅提高,工人的劳动强度降低、获得的塑炼胶质量稳定、能耗降低。

本工作利用自主研发的橡胶连续塑炼机,通过试验研究不同螺杆构型、工艺条件对塑炼效果的影响,以确定最佳的螺杆构型和工艺条件。

1 实验

1.1 试验配方

试验采用全钢子午线轮胎胎面胶配方,该配方是橡胶产品中最具有代表性的实际应用配方。

试验配方:天然橡胶(NR) 100,炭黑 N330

38.5,白炭黑 15,氧化锌 3.5,硬脂酸 2,增塑剂 A 2,防老剂 TMQ 1.5,防老剂 6PPD 2,防老剂 PP-3 1,偶联剂 Si69 3,硫黄 1,促进剂 NOBS 1.5。

1.2 主要设备和仪器

X(S)K-160 型开炼机,上海橡胶机械厂产品;X(S)M-1.7 型高剪切同步转子实验密炼机,青岛科技大学自制;QP-16 型橡胶塑料试验切片机,上海化工机械四厂产品;QLB-400 $\times$ 400 $\times$ 2 型平板硫化机,上海第一橡胶机械厂产品;UM-2050 型门尼粘度仪和 TS 2005b 型万能试验机,中国台湾优肯科技股份有限公司产品;DG1000NT 型炭黑分散仪,瑞典 OPTIGRADE 公司产品;LX-A 型橡胶硬度计,上海轻工局实验厂产品;XD-1 型电视显微镜,江苏光学仪器厂产品。

1.3 试验方案

生胶的塑炼是混炼的前提,塑炼胶的质量在很大程度上影响着混炼胶的质量。产品的最终性能需通过混炼胶的物理性能来评定。因此在密炼机同等工艺条件下,通过对比塑炼胶混炼之后的胶料与密炼机混炼胶的质量可以确定橡胶连续塑炼机的塑炼性能。

试验测试橡胶连续塑炼机在 2 种螺杆构型(捏合型和剪切型),3 种转速以及机筒、机头温度不同情况下的单位能耗、最大功率、排胶温度的变化情况。取一部分塑炼胶测定其门尼粘度,各组对应的塑炼胶在密炼机中进行混炼,然后测定其物理性能。综合考虑确定橡胶连续塑炼机的最佳

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51175274)

作者简介:汪传生(1960—),男,安徽安庆人,青岛科技大学教授,博士,主要从事高分子材料加工机械的教学和科研工作。

工艺条件。

1.4 工艺参数

螺杆转速分别为 25, 30 和 35 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$; 机筒、机头温度为 45, 50, 55, 60, 70 和 80 $^{\circ}\text{C}$; 密炼机转子转速为 70 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$, 填充因数为 0.65, 冷却水温度为 45 $^{\circ}\text{C}$, 压砣压力为 0.6 MPa。

1.5 工艺过程

(1) 将 NR 切成宽约 30 mm、厚约 30 mm、长约 100 mm 的小块, 以适应橡胶连续塑炼机喂料口的设计尺寸。

(2) 由计算机系统记录试验中机筒内壁压力与温度的变化情况, 以及每组试验对应的单位能耗、最大功率以及排胶温度。

(3) 在塑炼过程中进行 2 种螺杆构型、3 种螺杆转速以及 6 种机筒温度的对比试验。

(4) 各组分别取一份塑炼胶, 用开炼机简单压片, 测量胶料的门尼粘度。

(5) 将各组剩余的塑炼胶按照密炼机的最佳工艺条件进行混炼试验。

(6) 混炼完成的胶料在开炼机上加硫黄, 停放一段时间, 在平板硫化机上进行硫化, 停放 24 h, 测试其物理性能。

(7) 记录胶料的门尼粘度、单位能耗、最大功率、排胶温度, 同时分析混炼胶的物理性能与螺杆转速以及机筒温度的关系, 从而确定橡胶连续塑炼机的最佳工艺条件。

2 结果与讨论

橡胶连续塑炼机采用捏合型螺杆结构及其挤出的塑炼胶如图 1 和 2 所示, 采用剪切型螺杆结构及其挤出的塑炼胶如图 3 和 4 所示。

捏合型螺杆橡胶连续塑炼机塑炼过程中最大功率、单位能耗、排胶温度和门尼粘度与螺杆转



图 1 捏合型螺杆结构示意图



图 2 捏合型螺杆挤出的塑炼胶



图 3 剪切型螺杆结构示意图



图 4 剪切型螺杆挤出的塑炼胶

速、机筒温度的关系曲线如图 5 所示。相应混炼胶的 300% 定伸应力、拉伸强度、撕裂强度以及炭黑分散度与螺杆转速、机筒温度的关系曲线如图 6 所示。

剪切型螺杆橡胶连续塑炼机塑炼过程中最大功率、单位能耗、排胶温度和门尼粘度与螺杆转速、机筒温度的关系曲线如图 7 所示。相应混炼胶的 300% 定伸应力、拉伸强度、撕裂强度以及炭黑分散度与螺杆转速、机筒温度的关系曲线如图 8 所示。

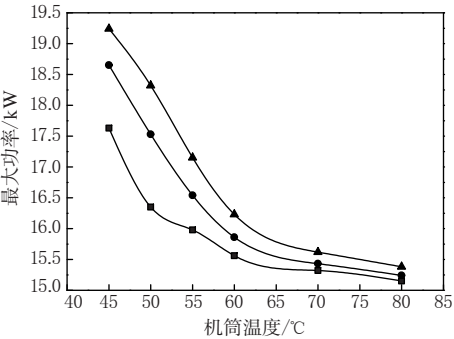
从图 5~8 可以看出, 对比捏合型螺杆构型和剪切型螺杆构型, 螺杆转速和机筒温度对橡胶连续塑炼机塑炼过程中最大功率、单位能耗、排胶温度和塑炼胶门尼粘度的影响程度呈一致的趋势, 对混炼胶物理性能的影响也保持同一趋势。关联参数之间并不呈简单的线性关系, 主要由多种因素共同作用所致。

对于捏合型螺杆和剪切型螺杆, 当机筒温度一定时, 各参数与转速的关系为:

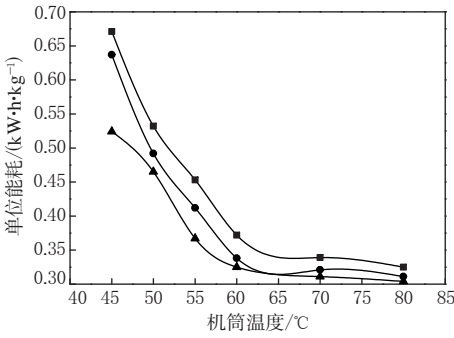
(1) 当螺杆转速增大时, 塑炼胶的排胶温度、塑炼过程的最大功率都呈增大趋势。当螺杆转速增大时, 螺杆对生胶的剪切速率随之加大, 导致胶温升高, 排胶温度因此升高。

(2) 当螺杆转速增大时, 塑炼过程中单位能耗、塑炼胶的门尼粘度反而呈减小趋势。塑炼机的单位时间排胶量随螺杆转速增大而增大, 因此单位能耗降低。

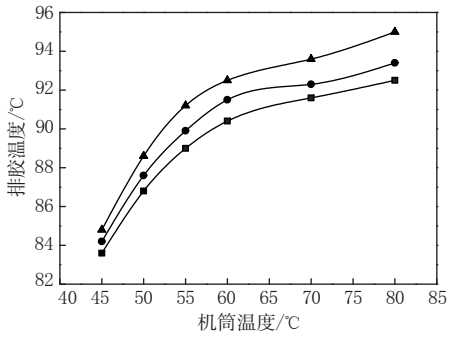
(3) 混炼胶的 300% 定伸应力、拉伸强度、撕裂强度以及炭黑分散度等物理性能并不与螺杆转速呈简单的线性关系。由曲线可知, 当螺杆转速为 25 和 30 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时, 混炼胶性能差别不大, 曲线相互交叉。综合考虑, 一般当转速为 30 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时, 性能较好, 主要是因为螺杆转速增大时, 螺杆对胶料的剪切、撕裂、拉伸作用力变大, 混



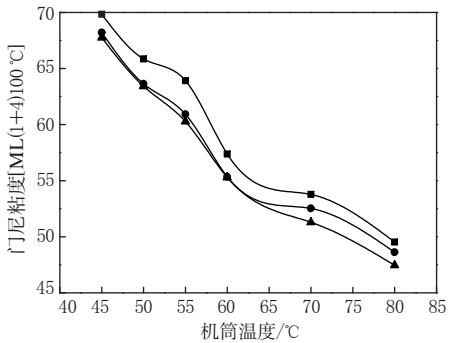
(a)最大功率



(b)单位能耗



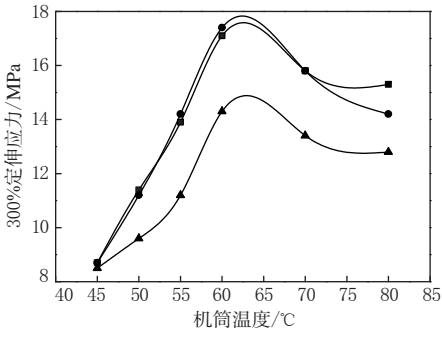
(c)排胶温度



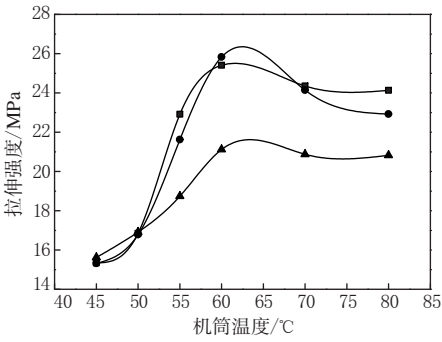
(d)门尼粘度

螺杆转速/(r·min⁻¹) ■—25; ●—30; ▲—35。

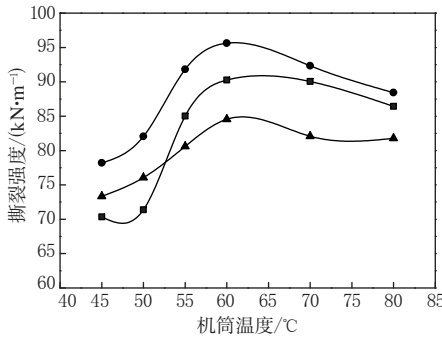
图 5 捏合型螺杆橡胶连续塑炼机在塑炼过程中的参数变化情况



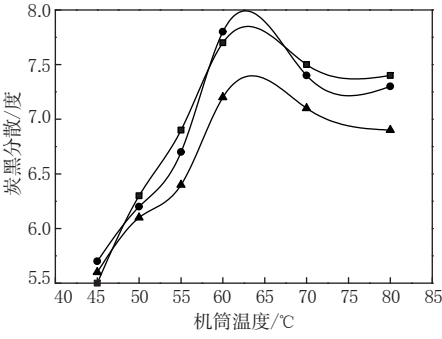
(a)300%定伸应力



(b)拉伸强度



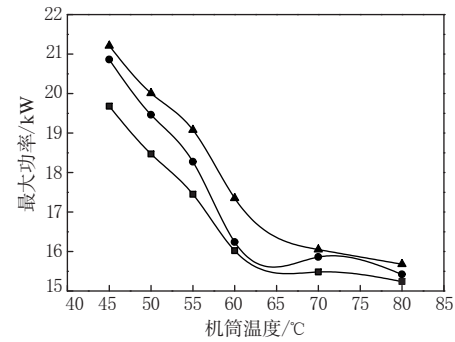
(c)撕裂强度



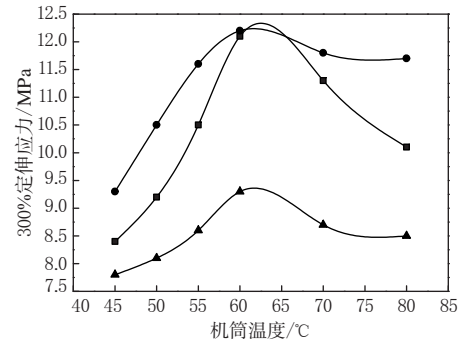
(d)炭黑分散度

注同图 5。

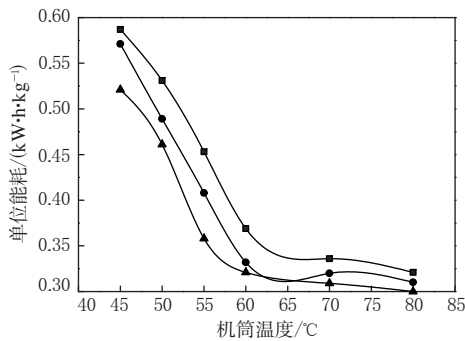
图 6 捏合型螺杆橡胶连续塑炼机混炼胶性能变化情况



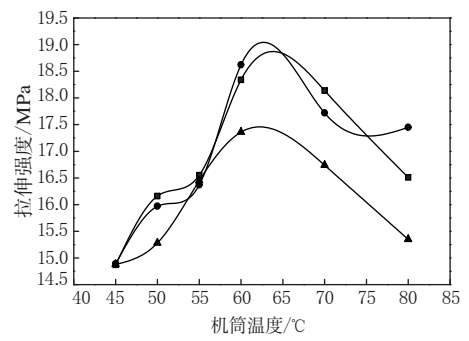
(a) 最大功率



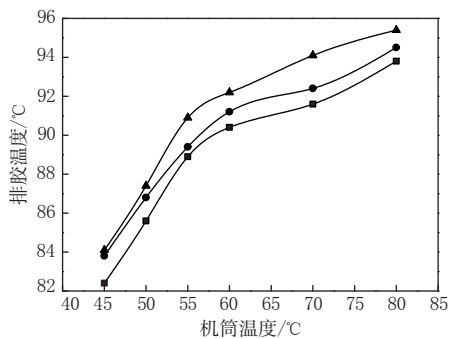
(a) 300% 定伸应力



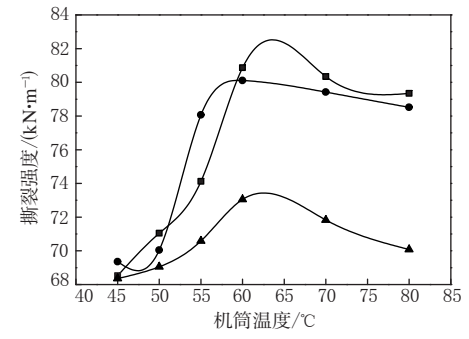
(b) 单位能耗



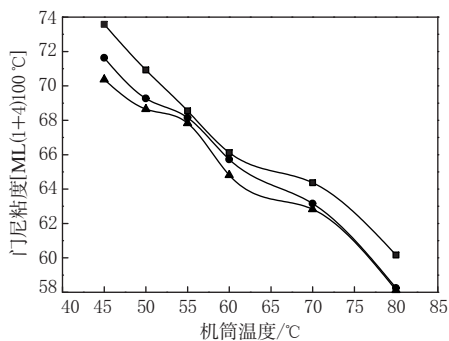
(b) 拉伸强度



(c) 排胶温度

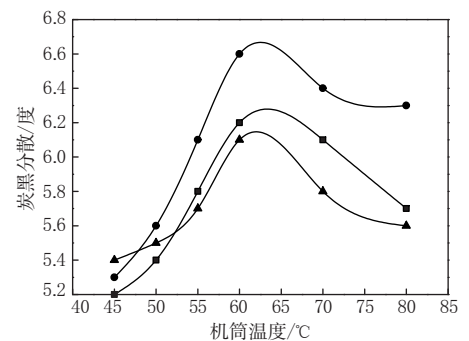


(c) 撕裂强度



(d) 门尼粘度

注同图 5。



(d) 炭黑分散度

注同图 5。

图 7 剪切型螺杆橡胶连续塑炼机在塑炼过程中的参数变化情况

图 8 剪切型螺杆橡胶连续塑炼机混炼胶性能变化情况

合和分散速率提高,但当转速过高时,大量生热,使胶料温度升高,机械作用减弱,导致混合与分散作用下降,因而使混炼胶性能变差。

对于捏合型螺杆和剪切型螺杆,当螺杆转速一定时,各参数与机筒温度的关系如下:

(1)当机筒温度逐渐升高时,生胶温度随之升高,生胶与螺杆以及机筒之间的摩擦因数增大,使剪切作用增强,排胶温度升高。当温度高于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,生胶受高温作用变软,摩擦作用减弱。因此当机筒温度为 $45\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,各参数值增幅较大,高于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,增幅变小。

(2)当机筒温度逐渐升高时,塑炼过程中单位能耗、最大功率以及塑炼胶门尼粘度逐渐减小。当机筒温度为 $45\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,各参数值减幅较大,达到 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,减幅变小。温度升高导致生胶变软,对螺杆的反作用力减小,因此单位能耗及最大功率降低。温度较低时,生胶主要受到螺杆的机械作用达到塑炼效果;温度升高时,生胶变软,机械作用下降,生胶主要受氧化裂解作用。由于机筒内氧气含量较低,导致塑炼作用较小,因此塑炼胶门尼粘度在温度低于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时下降快,之后下降慢。

(3)当机筒温度逐渐升高时,混炼胶的 300% 定伸应力、拉伸强度、撕裂强度以及炭黑分散度随之升高。当温度达到 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,这些物理性能达到最高值,此后随温度升高而下降。随着温度的升高,胶料在受到螺杆机械作用的同时,混炼效果也随之提高,从而使胶料的物理性能也有所提高。

但当机筒温度过高时,胶料温度随之升高,容易导致胶料过炼现象,使胶料性能有所下降。

综上可得,对于捏合型螺杆和剪切型螺杆,当机筒温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、螺杆转速为 $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,橡胶连续塑炼机塑炼过程中评价参数以及混炼胶的物理性能均达到最佳。因此,确定橡胶连续塑炼机的最佳塑炼工艺参数为:机筒温度 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,螺杆转速 $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

3 结语

在橡胶连续塑炼机的塑炼试验中,通过对 2 种不同螺杆构型的塑炼效果进行对比,分析试验结果并绘制数据曲线,得到最佳的螺杆构型及最佳工艺参数。

(1)试验中采用不同的工艺参数,最终确定对于捏合型螺杆和剪切型螺杆,橡胶连续塑炼机的最佳工艺参数为:螺杆转速 $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,机筒温度 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2)对比 2 种不同的螺杆构型,捏合型螺杆塑炼效果更佳。

参考文献:

- [1] 黎扬善. 21 世纪中国橡胶工业展望[J]. 橡胶工业, 1999, 46(12): 739-746.
- [2] 张海, 赵素合. 橡胶及塑料加工工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 1997.
- [3] 王冠中, 吕柏源. 橡胶塑炼机理及方法[J]. 特种橡胶制品, 2007, 28(6): 47-49.

收稿日期: 2014-10-28

一种用于橡胶材料自修复的微胶囊的制备方法

中图分类号: TQ333.99 文献标志码: D

由北京化工大学申请的专利(公开号 CN 104014288A, 公开日期 2014-09-03)“一种用于橡胶材料自修复的微胶囊的制备方法”, 提供了一种用于橡胶材料自修复的微胶囊的制备方法, 即预先制备好以双环戊二烯(油相)为连续相、尿素和甲醛混合溶液(水相)为分散相的乳液体系, 并在一定搅拌速度、温度和 pH 值条件下, 向该乳液

体系中依次加入一半固化剂、pH 值调节剂、另一半固化剂, 趁热抽滤, 得到脲醛树脂包覆双环戊二烯的微胶囊。该发明的特点是整个反应过程在一个反应容器中进行, 操作相对简单; 在制备微胶囊的过程中一次性添加全部固化剂, 阻止了微胶囊的团聚; 所制备的微胶囊粒径分布均匀、包覆均匀且完全, 将此微胶囊添加到橡胶基体中并成功刺破后可以观察到囊芯从中流出并且愈合橡胶的过程。

(本刊编辑部 赵敏)