

## 应用理论

密炼机橡胶混炼结束前瞬时功率  
与混炼胶粘度的关系\*

张 海 贺德化 马铁军 赵良知

李 华 蔡群英

(华南理工大学 510641)

蔡大扬 邹明清

(广州珠江轮胎有限公司 510828)

密炼机橡胶混炼工艺瞬时功率与混炼胶粘度  $\eta$  的关系,已由密炼机的流变学分析确定。在 Bergen, Balen, Colwell 和 Funt<sup>[1,2]</sup> 以及 Губер<sup>[3,4]</sup> 和 Удадьцов<sup>[5]</sup> 诸学者的著作中指出密炼机转子扭矩  $T$  和转子轴功率  $P$  与密炼室内混炼胶粘度和剪切应力  $\tau$  的关系是:

$$P = \eta V^2 L / h_0 = 4\eta Q^2 L / h_0^3 \quad (1)$$

$$P = [2\eta Q^2 L \alpha (\alpha + 1) / h^3 (\alpha + 1)] \times [3(\alpha + 1) + (\alpha + 1) \ln \alpha] \quad (2)$$

$$P = 2\pi ZT = 2\pi RZ\tau S_K \quad (3)$$

式中  $V$ ——转子速度;

$Z$ ——转子转数;

$L, h_0, h, \alpha, R, Q, S_K$ ——与密炼机几何尺寸有关的参数。

上述3式均说明密炼机转子轴功率或转子扭矩与密炼室内混炼胶粘度及剪切应力成正比的关系。

Palongren 的混炼过程理论<sup>[6]</sup>认为:混炼过程能否顺利进行主要取决于橡胶的粘度。我们曾在实验室一立升密炼机和 Brabender 塑化仪上进行试验<sup>[7,8]</sup>,证明生胶和炭黑混炼胶的门尼粘度和密炼机的转子扭矩成正比关系。如在混炼过程,需控制橡胶的粘度,据此只需控制转子扭矩或转轴功率即可,从而提

出密炼机橡胶混炼工艺瞬时功率控制法。本文重点考察了排料点瞬时功率与混炼胶粘度的关系。

## 1 实验

### 1.1 控制方法对胶料合格率的影响

在工厂用 XM-140/20 型密炼机手动操作,采用华南理工大学研制的 GKJ-858 型密炼机微机监控仪监控,生产胶鞋大底和围条胶料。采取3种控制方法(时间、能量和瞬时功率)获得的胶料塑性值( $Y_1$ )示于图1和2。由图可见,瞬时功率控制法的胶料塑性值合格率比其它两种高。瞬时功率控制的大底胶料塑性值达标率为100%,胶边胶料达标率为93%;能量控制的上述两种胶料的塑性值达标率分别为80%和62.5%,而时间控制的达标率分别为41%和40%。混炼条件虽然相同,但是控制方法不同,胶料的塑性值波动范围就不一样。

### 1.2 瞬时功率与胶料塑性值的关系

在工厂用 XM-140/20 型密炼机手动操作,采用时间控制法生产轮胎胎面胶,一段混炼采用华南理工大学研制的 MGKJ 密炼机微机监控系统,监测生产条件下的排料时瞬时功率值,检测一段混炼胶的塑性值,收集近100批数据,作散点图(图3)。由图3可见,瞬

\* 国家自然科学基金资助课题。

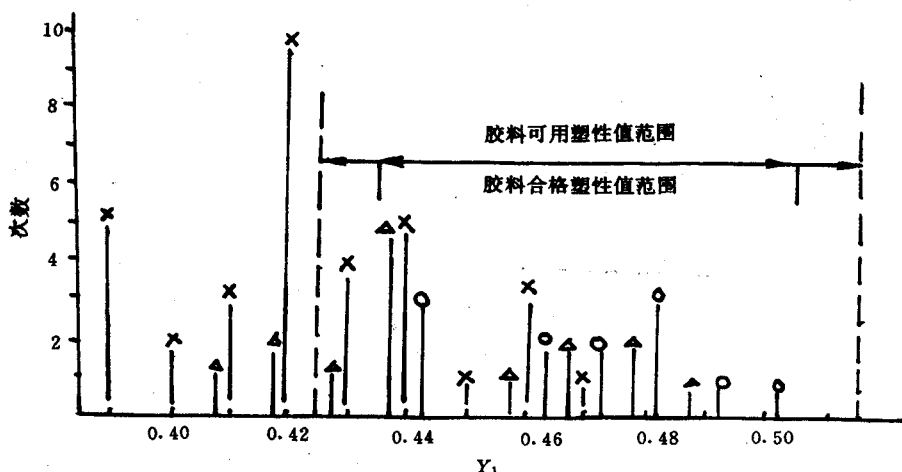


图1 3种控制方法生产的胶鞋大底  
胶料塑性值分布图

x—时间控制,8min 排料;△—能量控制,16kW·h 排料;○—瞬时功率控制,  
能耗大于16kW·h、瞬时功率小于0.45kW·h

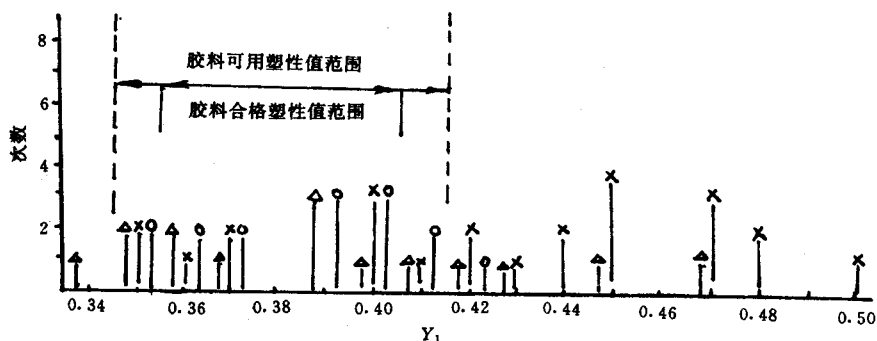


图2 3种控制方法生产的胶鞋圈条  
胶料塑性值分布图

x—时间控制,8min 排料;△—能量控制,16kW·h 排料;○—瞬时功率控制,  
能耗大于15kW·h、瞬时功率小于0.54kW·h

时功率值与混炼胶粘度成正比。图3中虽然直线分布较宽,但按某一瞬时功率值控制基本上也可落入合格的范围内。而该批按时间控制的排料时间与一段混炼胶塑性值的散点图(图4)没有任何明显的趋势。

### 1.3 混炼因素对胶料塑性值影响程度的比较

试验在 GK-270 密炼机上进行,对试验

胎面胶的两因素(投炭黑点 A 和投油料点 B)三水平(三个不同时间)进行优化。排料点定为功率曲线第二峰值稍过处。有关混炼参数采用华南理工大学研制的 MGKJ 密炼机微机监控系统记录。

为了研究排料点瞬时功率与混炼胶粘度之关系,现从正反两方面验证。正面考察,进行排料点瞬时功率对混炼胶塑性值的方差分

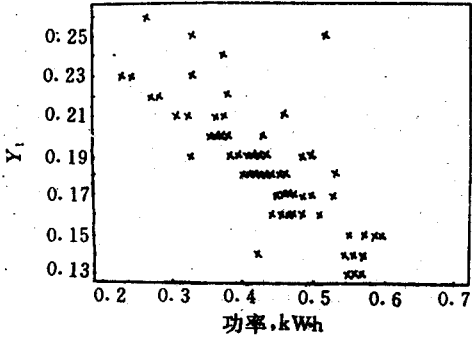


图 3 排料瞬时功率与塑性值的散点图

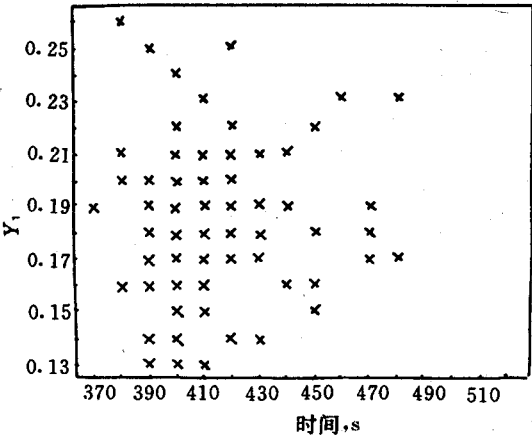


图 4 排料时间(总时间)与塑性值的散点图

析(见表 1);反面考察,进行因素 A 和 B 对混炼胶塑性值的方差分析(见表 2)。从表 1 和 2 可见,因素 A 和 B 及交互作用 A×B 对塑性值均无显著性影响;排料点瞬时功率对塑性值的显著性特别大。从而可知,最终排料时的混炼胶塑性值仅决定于排料时的瞬时功率值。将排料时的瞬时功率  $P$  与混炼胶塑性值  $Y_1$  进行回归分析(不含常数),得如下公式:

$$P=0.083366/n \tag{4}$$

相关系数  $R=0.9910$ ,绝对值非常接近于 1,经假设检验,回归公式完全可以接受。

上述从正反两方面证明,混炼过程中的某些因素对混炼过程排料前的混炼胶塑性值无显著影响,它仅决定于排料时的瞬时功率值(其它因素,如填充系数、压砵压力等不变时)。

2 结语

在密炼机混炼胶流变学分析的各公式中,均体现出密炼机转子扭矩或转子轴功率与密炼室中物料粘度成正比的关系。我们也在实验室<sup>[7,8]</sup>就塑炼胶和混炼胶验证了该关系的存在。本文用统计方法考察了在工业产中,不同机台、不同控制方法、不同胶料

表 1 排料点瞬时功率对塑性值的方差分析

| 方差分析 | 平方和      | 自由度 | 均方       | F 值      | 临界值  |      | 显著性 |
|------|----------|-----|----------|----------|------|------|-----|
|      |          |     |          |          | 0.05 | 0.01 |     |
| 1/n  | 13.47887 | 1   | 13.47887 | 1907.354 | 4.12 | 7.42 | **  |
| 误差   | 0.24734  | 35  | 0.00707  |          |      |      |     |
| 总平方和 | 13.72621 | 36  |          |          |      |      |     |

表 2 因素 A 和 B 对塑性值的方差分析

| 方差分析 | 平方和        | 自由度 | 均方         | F 值  | 临界值  |      | 显著性 |
|------|------------|-----|------------|------|------|------|-----|
|      |            |     |            |      | 0.05 | 0.01 |     |
| A    | 0.0000722  | 2   | 0.00003611 | 0.13 | 3.35 | 5.49 |     |
| B    | 0.001072   | 2   | 0.00053611 | 1.94 | 3.35 | 5.49 |     |
| A×B  | 0.00096111 | 4   | 0.00024028 | 0.87 | 2.73 | 4.11 |     |
| 误差   | 0.00745    | 27  | 0.00027593 |      |      |      |     |
| 总平方和 | 0.00955556 | 35  |            |      |      |      |     |

和试验条件下该关系的存在。

混炼过程中的其它因素对混炼胶粘度影响很小,起决定作用的仅是密炼机转子轴的瞬时功率。也就是说,在工业生产条件下,在结束混炼前的一段时间,密炼机流变学是适用的。

本文所阐述理论的应用价值在于生产时采用瞬时功率控制法,可直接在预知混炼胶粘度的条件下结束混炼,保证混炼胶塑性值符合规程规定的质量要求,不必排胶后再对胶料粘度进行检测,从而可避免产生不合格品。

### 参考文献

- 1 Funt J M. Mixing of Rubber. Shaw bury, UK: RAPRA Publications, 1977;Chapter 5
- 2 Funt J M. Short reviews. Rubb. Chem. Technol.,

1980;53(3);773

- 3 Губер Ф. Б. Определение мащности привода закрытоло резиномесителя расчeтным Путем. Каучук и резина, 1966;(9);28
- 4 Губер Ф. Б. Исследование соотношения между давлением и напряжением сдвига при изготовлении смесей в резиномеситие. Каучук и резина,1967;(1);27
- 5 Удайгов В В и др. Механцка Деформирования резиновых смесей в резиномесителях с овальными роторами. Каучук и резина,1972;(6);11
- 6 Palmgren H. Processing conditions in the batch operated internal mixer. Rubb. Chem. Technol., 1975;48 (3);462
- 7 张 海等. 密炼机橡胶混炼工艺的瞬时功率控制法. 橡胶工业,1993;40(6);348
- 8 张 海等. 密炼机中橡胶混炼新控制方法——瞬时功率控制法. 见:中国化学学会橡胶专业委员会,1992年国际橡胶会议论文集,1992年国际橡胶会议,中国, 1992;636

收稿日期 1995-09-13

### 国内消息

## 新型硼酰化钴 RC-B 系列和 癸酸钴 RC-D 系列粘合剂 通过化工部技术鉴定

新型硼酰化钴 RC-B 系列和癸酸钴 RC-D 系列粘合剂,由化工部北京橡胶工业研究设计院与镇江冶炼总厂合作完成攻关,于1995年10月20日在江苏省镇江市通过化工部技术鉴定。

新型硼酰化钴 RC-B 系列包括 RC-B23, RC-B16和 RC-B11 三个品种,与老产品 RC-23, RC-16和 RC-11相比,具有良好的溶解性、熔融性、分散性及典型的特征红外光谱,能获得更好的耐热氧、耐湿气和耐锈蚀性。新型癸酸钴 RC-D 20H 和 RC-D 20L 是近年来国际上竞相开发的新产品,它与硼酰化钴一样得到了较快发展。

钴盐型粘合剂 RC 系列经过12年的开发,共完成4类10个品种,其中包括新型硼酰化钴 RC-B23, RC-B16和 RC-B11;老硼酰化钴 RC-23, RC-16和 RC-11;癸酸钴 RC-D20H 和 RC-D20L;固体环烷酸钴 RC-N10 及硬脂酸钴 RC-S95。这些产品已经在我国引进意大利皮列里公司、英国登录普公司和美国费尔斯通公司子午线轮胎技术的厂家用于生产。RC 系列的开发成功,使我国成为世界上继英国之后,钴盐粘合剂品种最全、质量最高的国家。

RC 系列还被列为“八五”国家火炬项目。镇江冶炼总厂利用自身回收钴技术的优势及资金实力,在镇江高技术开发区投资4000万元,新建年产1000t 的钴盐粘合剂厂,预计1996年新剂型 RC 产品将面市。

(化工部北京橡胶工业研究设计院

蒲启君供稿)