

混炼成型一体机最佳填充因数的试验研究

李利¹,王振鲁¹,吕春蕾²

(1. 青岛科技大学机电工程学院, 山东 青岛 266061; 2. 北京橡胶工业研究设计院, 北京 100143)

摘要:利用基于实验室现有小型同步转子密炼机的试验平台,在冷却水温度、压砵压力、转子转速一致的条件下,改变填充因数,对5对不同构型转子进行试验研究。结果表明,混炼过程存在最佳填充因数。通过对比试验结果,得到全钢子午线轮胎胎面胶最佳填充因数为0.60~0.65。

关键词:密炼机;同步转子;转子构型;混炼成型;填充因数

中图分类号:TQ330.4+3 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2014)05-0308-04

影响混炼胶质量的最重要的因素就是转子构型,胶料在混炼室中的各种运动、形变流动及传热效果,都与转子的几何构型有关。本工作主要针对5对不同构型的转子,在冷却水温度、压砵压力以及转子转速一致的条件下,研究填充因数变化对不同构型转子混炼过程的影响,从而筛选出最佳填充因数,并保证混炼成型一体机的混炼性能^[1]。

1 实验

1.1 主要设备及仪器

本套试验平台由同步转子密炼机试验机台、冷却水温度控制装置、测试系统和功能齐全的计算机控制系统等组成。试验过程中使用的主要设备和仪器如下:X(S)K-160型开炼机,上海橡胶机械厂产品;QLB-D400×400×2型平板硫化机,上海第一橡胶机械厂产品;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,美国孟山都公司产品;QP-16型橡胶、塑料试验切片机和KS-DR-S型可塑度试验机,上海化工机械四厂产品;LX-A型橡胶硬度计,上海轻工局试验厂产品;MM4130C型无转子硫化仪,北京环峰化工机械实验厂产

品;DG1000NT+型炭黑分散仪,瑞典OPTI-GRADE公司产品。

1.2 基本配方

本试验选用全钢子午线轮胎胎面胶配方。该配方是橡胶产品中最具代表性的实际应用配方,具体如下^[2]:NR 100,炭黑 N330 38.5,白炭黑 15,氧化锌 3.5,硬脂酸 2,偶联剂 TESPT 3,增塑剂 A 2,加工助剂 PP-3 1,防老剂 RD 1.5,防老剂 4020 2,硫黄 1,促进剂 NOBS 1.5,总计 171。

1.3 混炼成型一体机的转子构型

本次试验使用的5对转子分别为新型二棱同步转子、销钉式二棱同步转子、功能二棱同步转子、普通四棱同步转子和普通二棱同步转子,如图1所示。

其中新型二棱同步转子、销钉式二棱同步转子、功能二棱同步转子是根据现有的同步转子密炼机的研究成果设计的,转子凸棱的螺旋方向相同,螺旋角以及凸棱长度等相应发生了变化^[3]。5对转子结构如图2所示。

图2(a)所示为新型二棱同步转子,转子凸棱的螺旋方向、长度及螺旋角均相同,可实现对胶料的剪切和混合分散作用^[4]。

图2(b)所示为销钉式二棱同步转子,与新型二棱同步转子的主要区别是在两凸棱之间的适当位置安装了若干个小尺寸的销钉,混炼时胶料不仅受凸棱的作用,棱间分布的销钉还可以对胶料

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51345006);青岛市科技计划基础研究项目[(11-2-4-3-(11)-jch)];山东省高等学校科技计划项目(J09LD10)

作者简介:李利(1972—),女,安徽寿县人,青岛科技大学副教授,博士,主要从事高分子材料成型技术研究。



图 1 试验转子类型

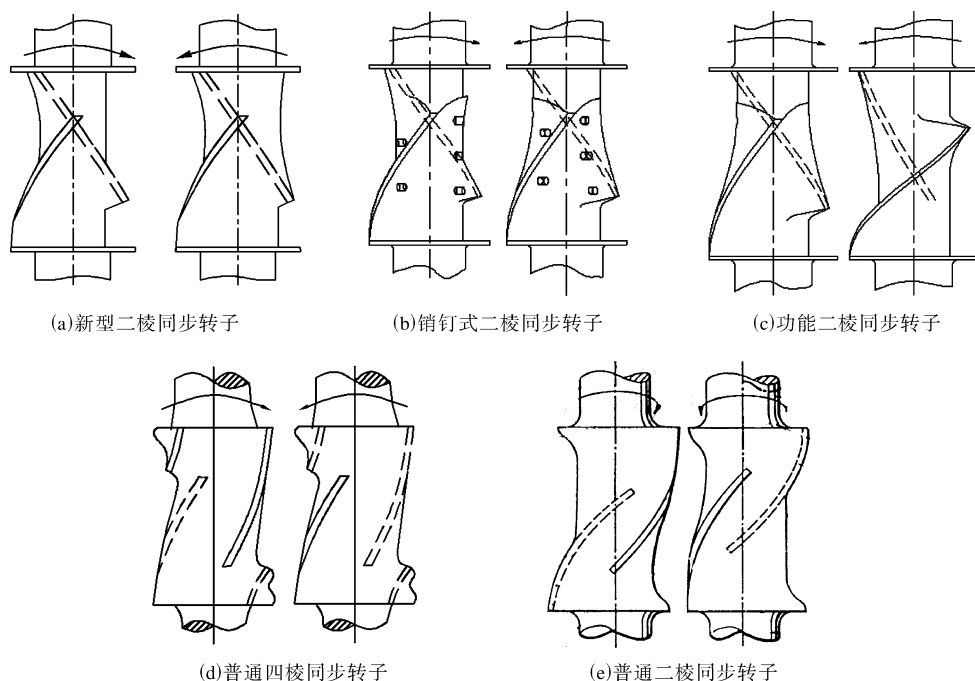


图 2 试验转子结构

和转子转速($130 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$)一致的条件下,填充因数分别取为 0.55, 0.60, 0.65 和 0.70。

1.5 混炼工艺条件

混炼采用如下工艺条件^[6]。

(1) 加料顺序: 生胶及塑解剂→小料和白炭黑及一半炭黑→另一半炭黑→清扫→排胶。

(2) 排料控制方法: 时间-功率曲线联合控制法, 即分段加料采用时间控制法, 最后排料采用功

率曲线控制法。

图 2(c)所示为功能二棱同步转子, 转子的两个凸棱分别实现对胶料的剪切和混合分散作用。

图 2(d)所示为普通四棱同步转子, 与传统的二棱转子相比, 转子棱的相位排列方式、长度之比和螺旋角等形状和结构参数基本固定不变, 长棱和短棱的螺旋方向相反, 其起点相位角为 180° , 短棱和长棱的螺旋角分别为 45° 和 30° , 轴向上短棱和长棱长度之比为 0.577。

图 2(e)所示为普通二棱同步转子, 该转子拥有两条长棱, 分别分布在转子体的两端, 一条剪切棱用于对胶料实施剪切, 另一条功能棱除对胶料起到剪切作用外, 还有轴向排胶的作用^[5]。

1.4 试验条件

在冷却水温度(40°C)、压砷压力(0.6 MPa)

率曲线控制法, 就是在加油后功率上升到最大值, 然后下降并平稳一定时间后进行排料。

(3) 加硫黄压片条件: 压片降温 (3 mm, 3 次)→加硫黄→打三角包 (1 mm, 5 个)→下片 (5 mm)。

(4) 硫化条件: $143^\circ\text{C}/15 \text{ MPa} \times 30.5 \text{ min}$ 。采用 QBL-400×400×2 型平板硫化机对试样进行硫化。

2 结果与讨论

2.1 试验结果

本研究采用常规试验方法,分析填充因数变化对各种类型转子混炼过程及胶料性能的影响。

试验结果如表 1 所示。

2.2 试验数据分析

密炼机的填充因数反映的是加胶量的多少。填充因数的取值将直接影响到密炼机的生产能力、消耗的最大功率、单位能耗、混炼时间和排胶温度以及混炼胶的质量(物理性能和分散度等);

表 1 试验结果

填充因数	$N_{\max}$	W	t	Q	T	σ_1	σ_2	τ	ϵ	δ	A	D
新型二棱同步转子												
0.55	13.56	0.307	119	34.09	116	8.77	23.15	91.18	614	22	64	7.8
0.60	14.97	0.351	124	32.24	126	10.81	25.30	94.97	580	20	67	8.5
0.65	16.32	0.423	126	31.69	130	10.23	23.52	58.57	537	22	65	8.1
0.70	17.96	0.454	126	36.97	135	9.62	23.38	47.07	560	20	64	7.4
销钉式二棱同步转子												
0.55	14.05	0.310	116	34.04	118	10.23	23.35	68.76	492	20	63	8.1
0.60	15.01	0.367	120	33.01	125	13.79	24.52	97.72	517	22	72	8.5
0.65	18.69	0.428	124	32.56	132	10.81	24.11	66.95	545	22	65	8.3
0.70	18.88	0.460	130	31.99	137	11.21	25.99	53.62	562	21	66	7.9
功能二棱同步转子												
0.55	13.48	0.305	121	34.32	114	9.86	25.33	103.57	593	22	65	8.5
0.60	14.82	0.348	126	33.21	124	10.81	25.36	85.03	595	19	67	8.9
0.65	16.02	0.406	125	32.62	128	9.42	20.44	92.76	535	18	67	8.3
0.70	17.63	0.443	128	31.78	133	10.58	24.38	64.39	555	20	67	8.0
普通四棱同步转子												
0.55	14.45	0.304	115	32.21	119	8.74	23.15	93.03	623	20	67	8.3
0.60	15.87	0.356	116	31.10	126	10.91	26.07	96.62	588	20	70	9.0
0.65	17.71	0.436	116	30.56	133	10.32	23.64	70.25	571	22	65	8.7
0.70	19.40	0.468	121	30.93	136	9.74	23.47	46.98	555	20	63	8.5
普通二棱同步转子												
0.55	13.38	0.305	117	35.69	117	7.09	18.95	65.82	571	25	58	7.8
0.60	14.86	0.326	120	32.67	124	8.48	20.35	67.93	567	20	63	8.7
0.65	16.12	0.412	124	31.56	131	7.33	20.26	53.93	575	20	58	8.4
0.70	17.32	0.443	127	30.93	135	6.76	20.05	62.36	633	20	60	7.5

注: $N_{\max}$ —消耗的最大功率,N; W —单位能耗,(kW·h)·kg⁻¹; t —混炼时间,s; Q —生产能力,kg·h⁻¹; T —排胶温度,℃; σ_1 —300%定伸应力,MPa; σ_2 —拉伸强度,MPa; τ —撕裂强度,kN·m⁻¹; ϵ —拉伸伸长率,%; δ —拉伸永久变形,%; A —邵尔 A 型硬度,度; D —混炼胶分散度。

还将影响机台的合理和正常使用。因此,研究填充因数对混炼过程的影响是十分必要的。

(1)最大功率。从表 1 可以看出,无论在何种试验条件下,消耗的最大功率都随填充因数的增大而提高。因为填充因数增大,混炼过程中加入的填料也就增多,而消耗的最大功率一般发生在填料加入的阶段。

(2)单位能耗。从表 1 可以看出,随着填充因数的增大,单位能耗呈上升趋势。单位能耗为消耗的总能量与加胶量之比。本次试验排胶采用时间控制法,填充因数增大,实际上就是加胶量增

大,由于不同填充因数下所采用的混炼时间基本一致,因此混炼消耗能量增大的速率高于填充因数增大而引起的加胶量增大的速率,单位能耗呈上升趋势。

(3)混炼时间及生产能力。从表 1 可以看出,填充因数与混炼时间的关系不是单纯呈正比和反比的关系,其曲线可能会出现极值,但由于混炼时间都很短,填充因数增大的幅度大,因此,生产能力随着填充因数的增大而呈上升的趋势。

(4)排胶温度。从表 1 可以看出,无论是哪种转子,排胶温度都随着填充因数的增大而呈上升

的趋势。

(5)胶料物理性能和分散度。从表1可以看出,物理性能和混炼胶分散度随填充因数不是单纯呈线性变化,特别是分散度,填充因数过大或过小时都有明显下降。其中拉断永久变形随着填充因数的增大变化不大。从物理性能和混炼胶分散度数据可以看出,混炼过程存在最佳填充因数。

2.3 最佳填充因数

填充因数的取值范围一般在0.45~0.80之间,其受配方、工艺条件、加工方法和转子构型等诸多因素的影响,但对于实际生产中的密炼机,只要各影响因素确定,填充因数就存在一个最佳值,即混炼周期最短、各批料之间的标准偏差最小时的填充因数值。

通过以上分析可以看出,填充因数不仅涉及到密炼机合理利用、生产效率和产品质量等问题,还可以解决生产过程中混炼压散和转子与室壁磨损所引起产品质量下降等问题。因此,确定最佳填充因数是非常必要的。

从试验结果可以看出,对于本试验平台,考虑机台承载能力及加料方法,在转速为 $130\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、冷却水温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、压砣压力为0.6

MPa的条件下,全钢子午线轮胎胎面胶的混炼填充因数的最佳范围为0.60~0.65。

3 结语

通过试验研究及分析,针对不同构型的转子,在冷却水温度、压砣压力、转子转速一致的条件下,得到了有利于改善混炼性能的最佳填充因数,为今后进一步的试验研究提供了最佳的参数选择依据,从而保证了混炼成型一体机的混炼性能。

参考文献:

- [1] 张海. 密炼机橡胶混炼工艺的进展[J]. 中国橡胶, 2002, 18(4): 24-25.
- [2] 刘安祥, 汪传生, 赵嘉澍, 等. 对同步转子密炼机混炼各种胶料的性能的研究[J]. 橡胶技术与装备, 1995, 21(4): 1-9.
- [3] 纪冰, 胡海明, 汪传生. 同速同向转子密炼机的研究[J]. 合成橡胶工业, 1997, 20(4): 207-209.
- [4] 程源, 王传军. 新型转子橡塑共混用密炼机[J]. 特种橡胶制品, 1988, 9(4): 39-43.
- [5] 蔡明正. 聚合物共混改性混炼挤出设备的探讨[J]. 特种橡胶制品, 2003, 24(3): 53-56.
- [6] 李利. 共混聚合物混炼成型机理的研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2008.

收稿日期: 2013-11-10

Experimental Study on Optimum Filling Factor of Integrated Mixing and Molding Machine

LI Li¹, WANG Zhen-lu¹, LÜ Chun-lei²

(1. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China; 2. Beijing Research & Design Institute of Rubber Industry, Beijing 100143)

Abstract: By using a small lab mixer with synchronous rotor, under the same condition of cooling water temperature, ram pressure and rotor speed, five different configurations of the rotor were experimentally studied with varied filling factors. The results showed that there was an optimal filling factor in the mixing process. Based on the experimental results, the optimal filling factor of the tread compound for all steel radial tire was 0.60~0.65.

Key words: mixer; synchronous rotor; rotor configuration; mixing-molding; filling factor

欢迎订阅 2014 年《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》杂志