

串联式连续混炼设备转子转速对白炭黑补强效果的影响

汪传生, 朱琳*, 程耀华, 胡纪全, 边慧光

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要:采用自主设计的串联式连续混炼设备,在保证下游连续混炼机各段机筒控制温度一定的条件下,研究下游连续混炼机转子转速对胶料内部硅烷偶联反应的影响。结果表明,在下游连续混炼机喂料段、混炼段、挤出段机筒控制温度分别为145,135,125 ℃条件下,当转子转速为 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,胶料停留时间为2.75 min,排胶温度为154 ℃,胶料内部硅烷偶联反应程度最高,白炭黑补强效果最好。

关键词:串联式;连续混炼;转子转速;硅烷偶联反应;白炭黑;补强效果

中图分类号:TQ330.53⁺2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2018)00-0000-04

近年来,随着汽车工业的飞速发展,在轮胎胎面胶配方中,白炭黑作为补强剂由于具有有效降低轮胎的滚动阻力、增强干湿路面的抓着性能和抗冰滑性、缩短刹车距离、增大安全系数、降低胶料生热、减少肩空等特性,其用量大大提高。但是,白炭黑配方胶料在混炼过程中不仅具有很强的温度敏感性,而且还会产生大量水汽^[1-4]。目前,我国轮胎胶料混炼依旧采用以密炼机为主导的间歇式混炼设备。现有的连续混炼设备虽然实现了生产连续性,但是在混炼前期必须要对配方中基体胶及配合剂进行细化、雾化处理,成本极高,同时基体胶和配合剂的配比很难得到精确控制,导致混炼胶的质量很难保证^[5],对于白炭黑配方胎面胶连续混炼的研究更是停留在实验室阶段。

为了保证白炭黑配方混炼胶的质量,工厂大规模生产加工大都只能采用传统密炼机进行多段式混炼,严重影响生产效率,而且在混炼过程中能耗高,影响因素多,工艺不易控制,混炼胶性能波动大,易出现配合剂飞扬造成环境污染严重等问题^[6]。

本工作采用自主设计的新型串联式连续混炼设备,通过上游密炼机制备一段母炼胶,并即时供

给下游连续混炼机,在保证下游连续混炼机各段机筒控制温度一定的前提下,通过改变下游连续混炼机的转子转速,研究转速对胶料内部硅烷偶联反应程度的影响,为实现橡胶的连续混炼进行初步探讨。

1 实验

1.1 主要原材料

溶聚丁苯橡胶(SSBR)、顺丁橡胶(BR),门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]分别为35~60和41~49,中国石化齐鲁股份有限公司产品。

1.2 试验配方

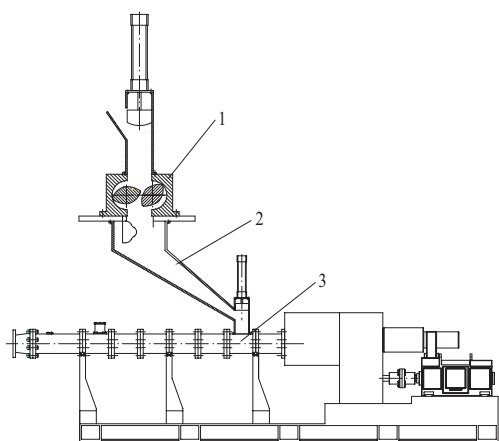
本试验选用半钢子午线轮胎胎面胶配方:SSBR 96.25, BR 30, 炭黑N234 25, 高分散性白炭黑 45, 氧化锌 2, 硬脂酸 2, 微晶蜡 1.5, 环保油V700 3, 防焦剂CTP 0.151, 偶联剂Si69 5.4, 防老剂4020 2, 硫黄 1.3, 促进剂D 0.8, 促进剂CZ 1.8, 总计 216.201。

1.3 主要设备和仪器

串联式连续混炼设备(见图1),自制;RPA2000橡胶动态加工分析仪,美国阿尔法科技有限公司产品;UM-2050型门尼粘度仪、TS2005b型万能试验机,优肯科技股份有限公司产品;GT-2012-D型DIN磨耗试验机、GT-7016型切片机,高铁科技股份有限公司产品;DMA/SDTA861e型动

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。

*通信联系人



1—上游密炼机;2—存料斗;3—下游连续混炼机。

图1 串联式连续混炼设备总装图

态热力学分析仪,梅特勒-托利多集团公司产品;TCN3-JSC-10型橡胶厚度仪,北京中西远大科技有限公司产品;XQL-8型单刀切胶机,邢台万源橡胶设备厂产品。

1.4 胶料制备

上游采用GK45E型密炼机进行一段母炼胶制备,填充因数为0.7,冷却水温度为40℃,转子转速为45/40 r·min⁻¹,压砷压力为0.6 MPa,保证每车投胶温度不高于60℃。加料顺序:塑炼胶加入上游密炼机(25 s)→炭黑、小料(除硫化体系,30 s)→白炭黑(105℃)→升、降一次压砷→环保油(125℃)→升、降一次压砷(转子转速由45 r·min⁻¹下降到40 r·min⁻¹)→135℃排胶到下游连续混炼机进行二段补充恒温混炼。

下游连续混炼机工艺参数为:喂料段/混炼段/挤出段机筒控制温度 145/135/125℃;转子转速分别设定为15,20,25,30,35 r·min⁻¹。

胶料硫化条件为:145℃×30 min。

1.5 性能测试

胶料门尼粘度和各项物理性能根据相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

下游连续混炼机转子转速分别设定为15,20,25,30,35 r·min⁻¹制备的胶料的各项性能测试结果如表1所示。

根据表1所示测试数据进行具体分析。

(1) 门尼粘度、拉伸强度和撕裂强度。随着下

表1 不同转子转速条件下制备的胶料性能测试结果

项 目	转子转速/(r·min ⁻¹)				
	15	20	25	30	35
胶料停留时间/min	4.60	4.12	3.41	2.75	2.25
排料温度/℃	143	140	138	154	150
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	65	66	67	58	59
拉伸强度/MPa	15.36	14.99	14.28	17.17	16.89
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	51	49	48	57	54
白炭黑分散性指数	0.847	0.844	0.831	0.884	0.854
DIN磨耗量/mm ³	9.09	9.17	9.38	8.03	8.53
tanδ值					
0℃	0.315	0.308	0.302	0.367	0.342
60℃	0.151	0.157	0.164	0.133	0.141

游连续混炼机转子转速的提高,胶料的门尼粘度呈现先上升后下降再上升的趋势;硫化胶的拉伸强度和撕裂强度都呈现先降低后升高再降低的趋势。当转子转速为30 r·min⁻¹时,胶料停留时间为2.75 min,排料温度为154℃,胶料的门尼粘度最低,加工性能最佳,硫化胶的拉伸强度和撕裂强度也最高。

这是因为当下游连续混炼机转子转速从15 r·min⁻¹提高到20 r·min⁻¹时,虽然较低的转速使混炼过程中施加给胶料的机械作用力较小,但是在三段温控的作用下,较长的硅烷偶联反应时间补充了低转速带来的影响,因此造成胶料门尼粘度升高,拉伸强度和撕裂强度降低。

转子转速为25 r·min⁻¹时,提高转速带来的机械力作用不能弥补混炼时间较短的负面影响,从而导致胶料的加工性能最差,拉伸强度和撕裂强度达到最低。

当转子转速达到30 r·min⁻¹时,由于高转速使胶料受到强烈的机械力作用,提高了胶料的混炼温度,硅烷偶联反应速率大大加快,有效弥补了高转速造成混炼时间缩短的影响,致使胶料的加工性能达到最佳,拉伸强度和撕裂强度也达到最高。

当转子转速升高到35 r·min⁻¹时,过高转速使硅烷偶联反应时间缩短,相对于转速30 r·min⁻¹,胶料受到的机械力作用增大,混炼温度提高,但是不能弥补混炼时间缩短所带来的影响,使胶料的门尼粘度增大,拉伸强度和撕裂强度也有所降低。

(2) 白炭黑分散性。随着下游连续混炼机转子转速的升高,混炼胶白炭黑分散性呈现先降低

后上升再降低的趋势。

这是因为相对较长的混炼时间使混炼过程中胶料内部基体相界面被打开时间较长,较多的流体接触以及彼此之间的反复结合提高了白炭黑的微观分散性,因此当下游连续混炼机转子转速从 $15 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 上升到 $20 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,白炭黑分散性小幅降低。

当转子转速上升到 $25 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,相对较高的转速虽然在一定程度上增大了胶料内部基体相界面的打开程度,但不能弥补转速升高导致混炼时间缩短的影响,致使白炭黑的分散性达到最低。

当转子转速达到 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,由于高转速使胶料受到强烈的机械力作用,提高了胶料在混炼过程中的混炼温度以及胶料内部基体相界面的打开程度,配合更强的拉伸流动作用,硅烷偶联反应速率大大加快,有效弥补了高转速造成混炼时间缩短的影响,使白炭黑分散性达到最高。

当转子转速为 $35 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,混炼过程中胶料内部基体相界面的打开程度达到最大值,但是过快的机械作用导致基体相界面来不急完全反应就被再次破碎和打开,加上转速升高缩短了胶料的混炼时间,在总体上,硅烷偶联反应程度有所降低,最终使白炭黑分散性有所下降。

(3) 耐磨性能和动态力学性能。随着下游连续混炼机转子转速的不断升高,白炭黑分散性先降低后上升再降低,硫化胶的耐磨性能也呈现相同的趋势,在理论上完全相符。

同时,随着转子转速的升高,硫化胶 0°C 的 $\tan\delta$ 值呈现先降低后升高再降低的趋势。这是因为随着转速的提高,白炭黑分散性先降低后上升再降低,白炭黑粒子先团聚后分散再团聚,使胶料在动态形变下滞后损失先增大后减小再增大,生热也呈现先增高后降低再增高的现象。此外,随

着转子转速的升高,硫化胶 60°C 的 $\tan\delta$ 值呈现先升高后降低再升高的趋势,这是因为随着转速的提高,胶料内部整体硅烷偶联反应程度呈现先降低后升高再降低的趋势。

当转子转速为 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,硅烷偶联反应程度最高,对白炭黑粒子间的相互作用削弱最强,白炭黑与橡胶大分子链间缠结桥接程度最佳,从而起到有效的补强作用,使胶料在动态形变下的滞后损失最少,生热最低,轮胎滚动阻力达到最小。

3 结论

采用串联式连续混炼设备,在保证下游连续混炼机各段机筒控制温度一定的条件下,通过改变下游连续混炼机的转子转速,研究转速对胶料内部硅烷偶联反应程度的影响。结果表明:在下游连续混炼机喂料段、混炼段、挤出段机筒控制温度分别为 $145, 135, 125^\circ\text{C}$ 条件下,当转子转速为 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,胶料停留时间为 2.75 min ,排胶温度为 154°C ,胶料内部硅烷偶联反应程度最高,白炭黑补强效果最好。

参考文献:

- [1] 边慧光,汪传生,李月春,等. 串联式混炼工艺对不同用量白炭黑配方胶料的适应性研究[J]. 橡胶工业,2016,63(12):751-755.
- [2] 王薇. 橡胶连续混炼设备与技术[J]. 橡胶工业,2003,50(4):237-238.
- [3] 沈宏,邓宇峰. 橡胶混炼技术与设备的研究[J]. 机械工程师[J], 2012(8), 127-128.
- [4] 刘丽,张仁广,刘婧,等. 串联密炼机组的研发和应用概况[J]. 橡胶科技[J],2014,12(3):5-11.
- [5] 汪传生. 同步转子密炼机混炼橡胶的理论和实验研究[D],北京:北京化工大学,2000.
- [6] 王石. 串联式密炼机新型转子研制及其试验研究[D],青岛:青岛科技大学,2014.

收稿日期:2016-04-15

Influence of Rotor Speed of Series Type Continuous Mixing Equipment on Reinforcing Effect of White Carbon Black

WANG Chuansheng, ZHU Lin, CHENG Yaohua, HU Jiquan, BIAN Huiguang

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: Taking independently developed series type continuous mixing equipment, the effect of rotor

speed for downstream continuous mixer on silane coupling reaction of compound was investigated at certain controlling temperatures for each section of the mixer barrel. The results showed that, with 145, 135 and 125 °C for the barrel's controlling temperatures of feeding section, mixing section and extruding section respectively, when the rotor speed was $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, the staying time of compound was 2.75 min, and the dumping temperature was 154 °C, which could make the silane coupling reaction degree highest to get the best reinforcing effect of white carbon black.

Key words: series type; continuous mixing; rotor speed; silane coupling reaction; white carbon black; reinforcing effect