

特约来稿

XLH-150型连续混炼工业化机台的混炼工艺参数对胶料性能的影响

汪传生¹, 牛广智¹, 马亚标¹, 张守锋¹, 王志飞², 朱琳¹

(1. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061; 2. 益阳橡胶塑料机械集团有限公司, 湖南 益阳 413000)

摘要: 研究XLH-150型双转子连续混炼机的混炼工艺参数与胶料性能间的关系, 确定XLH-150型连续混炼工业化机台的最佳混炼工艺, 并与传统密炼机三段混炼工艺进行对比。结果表明: XLH-150型连续混炼工业化机台的最佳混炼工艺为初炼采用GK-45E型啮合型密炼机, 转子转速为 $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 温度为 40°C , 混炼时间为270 s, 填充因数为0.6; 补充混炼采用XLH-150型双转子连续混炼机, 转子转速为 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 过2遍连续混炼机, 各段温度分别为70, 65, 60和 55°C 。采用连续混炼工艺的胶料性能优于采用传统三段混炼工艺的胶料性能, 即胶料的Payne效应降低11%, 滚动阻力降低15%, 拉伸强度和撕裂强度略有提高; 同时生产效率提高44%以上, 总单位能耗降低39%。

关键词: 连续混炼; 混炼工艺; 工艺参数; 分散性; 滚动阻力; 生产效率; 能耗

中图分类号: TQ330.6⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2022)04-0243-06

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2022.04.0243



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

与传统间歇式混炼设备相比, 连续混炼设备具有以下优点^[1]: (1) 实现了胶料混炼的连续化, 形成了自动化生产线, 简化了生产工序, 提高了生产效率; (2) 可以实现混炼参数的精确有效控制, 提高了胶料的均匀性和一致性; (3) 自动化程度大幅提高, 为现代化无人车间的建立提供了基础; (4) 省去了庞大的上、下辅机设备, 节约了设备投资, 同时还减小了设备占地面积, 大大降低了厂房设施投资^[2]。

由于橡胶制品配方原材料种类繁多, 连续混炼机需要配备多台复杂的物料动态称量系统, 设备投资大, 且配比难以保证。为解决上述问题, 本工作针对块状橡胶串联式连续混炼装备和方法, 研发成功了XLH-150型双转子连续混炼机^[3], 并对

混炼工艺参数^[4-12]与胶料性能间的关系进行探讨, 确定了XLH-150型连续混炼工业化机台的最佳工艺参数, 实现了胶料混炼的工业化连续生产, 避免了因重复下片、冷却、停放等工序造成的生产效率低和能源损失。

1 实验

1.1 主要原材料

溶聚丁苯橡胶(SSBR), 牌号RC2564S; 顺丁橡胶(BR), 牌号9000, 中国石油独山子石化分公司产品。白炭黑, 比利时索尔维公司产品。偶联剂TESPT, 南京曙光化工集团有限公司产品。氧化锌和硬脂酸, 中国石油化工集团有限公司产品。微晶蜡, 莱茵化学(青岛)有限公司产品。环保油,

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(ZR2016XJ003); 山东省科技发展计划项目(2006GG2207004)

作者简介: 汪传生(1960—), 男, 安徽安庆人, 青岛科技大学教授, 博士, 长期从事橡胶、塑料加工成型技术及装备方面的教学和研究工作, 第一完成人获国家科技进步二等奖2项、省部级科技奖励40余项, 发表学术论文近300篇, 授权发明专利50余项。

E-mail: wangcs07@163.com

引用本文: 汪传生, 牛广智, 马亚标, 等. XLH-150型连续混炼工业化机台的混炼工艺参数对胶料性能的影响[J]. 橡胶工业, 2022, 69(4): 243-248.

Citation: WANG Chuansheng, NIU Guangzhi, MA Yabiao, et al. Effects of mixing process parameters of industrial system based on XLH-150 continuous mixer on compound properties[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(4): 243-248.

德国汉森-罗森塔尔集团公司产品。防老剂4020、硫黄、促进剂DPG和CBS、防焦剂CTP,山东尚舜化工有限公司产品。

1.2 配方

参考半钢子午线轮胎胎面胶配方设计试验配方为:SSBR 96.25, BR 30, 白炭黑 70, 偶联剂TESPT 8.4, 氧化锌 2, 硬脂酸 2, 防老剂4020 2, 微晶蜡 1.5, 环保油 3, 硫黄 1.3, 促进剂DPG 1.24, 促进剂CBS 1.8, 防焦剂CTP 0.151。

1.3 主要设备和仪器

GK-45E型啮合型密炼机, 益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品; XLH-150型双转子连续混炼机, 青岛科技大学和益阳橡胶塑料机械集团有限公司合作研发新产品; RPA2000橡胶动态加工分析仪和MDR-C型无转子硫化仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; XLD-400X400X2平板硫化机, 青岛亿朗橡胶装备有限公司产品; Instron 3365型万能试验机, 美国英斯特朗公司产品; EPLEXOR 150N型动态热机械分析仪, 德国GABO公司产品; SS-5643-D型DIN磨耗试验机, 中国台湾松恕检测仪器有限公司产品; Precisa XB 220A型密度计, 瑞士普利赛斯公司产品; GT-7016型切片机, 中国台湾高铁科技股份有限公司产品; 547-401型橡胶厚度仪, 日本三丰仪器有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 连续混炼工艺

XLH-150型双转子连续混炼机如图1所示, 其参数为: 转子外径 150 mm, 长径比 20:1, 转子中心距 125.4 mm, 转子转速 $0\sim60\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,



图1 XLH-150型双转子连续混炼机
Fig. 1 XLH-150 double rotor continuous mixer

温控范围 室温 $\sim300\text{ }^{\circ}\text{C}$, 主电机功率 $150\text{ kJ}\cdot\text{s}^{-1}$, 生产能力 $0\sim700\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, 双转子形式 异向内旋平行组合式啮合双转子, 机筒形式 分段组合式机筒。

胶料在相同工艺(转子转速为 $50\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 混炼时间为270 s, 填充因数为0.6)下通过GK-45E型啮合型密炼机进行初混炼; 再通过XLH-150型双转子连续混炼机进行补充混炼, 通过对XLH-150型双转子连续混炼机的混炼工艺参数进行优化, 即在提高转子转速的同时设置多台设备, 增加胶料补充混炼的次数^[13], 从而提高生产效率、保证硅烷化反应总时间。XLH-150型双转子连续混炼机的工艺参数如表1所示。

表1 XLH-150型双转子连续混炼机的混炼工艺参数
Tab. 1 Mixing process parameters of XLH-150 double rotor continuous mixer

试样编号	工艺参数	各段温度/ $^{\circ}\text{C}$
1	转子转速为 $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 过1遍混炼机	85/80/75/70
2	转子转速为 $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 过2遍混炼机	80/75/70/65
3	转子转速为 $40\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 过1遍混炼机	75/70/65/60
4	转子转速为 $40\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 过2遍混炼机	70/65/60/55
5	转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 过1遍混炼机	70/65/60/55
6	转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 过2遍混炼机	60/55/50/45
7	转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 过3遍混炼机	55/50/45/40

将硫黄、促进剂和防焦剂按配方比例混合, 然后用高速粉碎机进行预混合处理, 1 min后将混合粉体取出倒入失重称的料斗内。将初炼胶定速喂入连续混炼机内, 同时按配方比例添加硫化体系, 待终炼胶挤出后通过开炼机下片。混炼胶停放8 h后, 用无转子硫化仪测试 t_{90} 。

1.4.2 传统混炼工艺

一段混炼采用GK-45E型啮合型密炼机, 转子转速为 $40\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 冷却水温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 填充因数为0.6, 混炼工艺为: 生胶 $\rightarrow30\text{ s}\rightarrow$ 加小料和1/2白炭黑 $\rightarrow30\text{ s}\rightarrow$ 加剩余1/2白炭黑 $\rightarrow$ 混炼至 $110\text{ }^{\circ}\text{C}\rightarrow$ 加油 $\rightarrow$ 胶料温度达到125, 135和145 $^{\circ}\text{C}$ 时分别升、压1次压砣 $\rightarrow$ 排胶(155 $^{\circ}\text{C}$) $\rightarrow$ 过开炼机使胶料温度迅速降至室温。

二段混炼采用GK-45E型啮合型密炼机, 转子转速为 $40\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$, 冷却水温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 混炼工艺为: 一段混炼胶 $\rightarrow30\text{ s}\rightarrow$ 升压砣 $\rightarrow$ 压压砣 $\rightarrow$ 胶料温

度达到110和135℃时分别升、压1次压砣→排胶(150℃)→过开炼机下片冷却。

三段终炼采用GK-45E型啮合型密炼机,转子转速为 $25\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,冷却水温度为40℃,混炼工艺为:二段混炼胶和硫化体系→30 s→升压砣→压压砣→4 min或胶料温度达到100℃→排胶→过开炼机下片。混炼胶停放8 h后,用无转子硫化仪测试 t_{90} 。

1.4.3 硫化

采用平板硫化机硫化,硫化条件为150℃/10 MPa $\times$ 1.3 t_{90} 。硫化胶停放24 h后进行性能测试。

1.5 性能测试

(1)胶料性能按照相应国家标准进行测定。

(2)Payne效应。采用RPA2000橡胶动态加工分析仪进行应变扫描和频率扫描。应变扫描条件为:应变范围 0.7%~70%,频率 0.1 Hz,温度 120℃。频率扫描条件为:频率范围 0.10~15 Hz,温度 120℃,应变 7%。

2 结果与讨论

2.1 连续混炼工艺参数优化

XLH-150型双转子连续混炼机的混炼工艺参数对胶料性能的影响如表2所示, $\Delta G'$ 为应变开始前后对应的储能模量(G')之差, $\Delta G'$ 越小,Payne效应越低,表明填料在基体中分散越好。

通过对比试样1,3和5可知,采用过1遍连续混炼机时,随着转子转速的增大,胶料的Payne效应^[14]提高,硅烷化反应指数减小。分析认为:转子

转速的增大虽然使剪切力提高,但橡胶受剪切次数减少,总剪切作用下降,分散作用降低,不利于硅烷化反应的进行;胶料停留时间较短也使得白炭黑硅烷化反应程度降低,极性团聚力增大,使填料难以分散,这两种作用彼此促进,使得填料分散程度迅速下降和硅烷化反应指数迅速减小。

通过对比试样1—7可知,在不同转子转速下,增加过连续混炼机的遍数都会使填料分散程度和硅烷化反应指数增大,其中试样2(转子转速为 $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、过2遍连续混炼机)的增大幅度最大,其性能较好,与试样7(转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、过3遍连续混炼机)的性能在同一水平,试样4(转子转速为 $40\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、过2遍连续混炼机)的性能稍差,但优于过1遍连续混炼机的试样1,3,5。由于转子转速为 $30\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、过2遍连续混炼机的胶料停留时间约为6 min,而转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、过3遍连续混炼机的胶料停留时间约为5.6 min,考虑到生产能力问题,应选择转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、过3遍连续混炼机的工艺参数为宜,但还需配合其他性能综合判断。

从表2可以看出:过1遍连续混炼机的胶料,不同转子转速下胶料的拉伸强度和撕裂强度^[15]基本相同,说明此时填料分散程度和硅烷化反应指数的差距较小,转子转速未对胶料的物理性能产生较大影响;过2遍连续混炼机的胶料的拉伸强度和撕裂强度均明显高于相应的过1遍连续混炼机的胶料,这是由于填料分散程度和硅烷化反应程度共同提高而实现的。值得注意的是,与转子转速为 $45\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 、过2遍连续混炼机的胶料相比,转子

表2 连续混炼工艺参数对胶料性能的影响
Tab.2 Effect of continuous mixing process parameters on properties of compounds

项 目	试样编号						
	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta G'/\text{kPa}$	504.3	312.1	531.8	424.1	616.7	453.5	333.4
硅烷化反应指数	0.883	0.907	0.873	0.893	0.855	0.881	0.902
拉伸强度/MPa	16.82	17.47	16.72	16.85	16.74	17.19	16.23
撕裂强度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	40	44	39	39	39	44	41
$\tan\delta$							
0℃	0.287	0.299	0.290	0.296	0.284	0.293	0.291
60℃	0.093	0.085	0.096	0.088	0.097	0.086	0.081
DIN磨耗量/ mm^3	0.126	0.115	0.128	0.120	0.131	0.119	0.116

转速为 $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、过3遍连续混炼机的胶料的拉伸强度和撕裂强度都有所降低,这与填料分散程度和硅烷化反应程度趋势是相反的。分析认为,由于强机械作用和持续的高温使橡胶大分子链断裂过于严重^[16-17],导致胶料的弹性模量下降,拉伸强度和撕裂强度同时下降。由此可知,从胶料物理性能考虑,转子转速为 $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、过3遍连续混炼机的工艺并不适宜。

从表2还可以看出:胶料的抗湿滑性能、滚动阻力和耐磨性能整体呈现出与Payne效应和硅烷化反应相同的趋势,即转子转速越大,胶料“魔三角”性能总体下降越明显,并且过2遍连续混炼机的胶料的性能高于同转子转速下过1遍连续混炼机的胶料。当然,转子转速为 $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、过2遍连续混炼机的胶料具有最佳的抗湿滑性能、较低的滚动阻力和最小的磨耗量,但从生产能力和生产效率方面考虑,该工艺是不经济的。

综上所述,转子转速的增大会提高生产能力和生产效率,但会造成胶料综合性能的下降,转子转速越高,性能下降幅度越大。增加过连续混炼机遍数可以在一定程度上提高胶料性能,从而弥补由于转子转速增大而造成的胶料性能损失,但增加过连续混炼机的遍数不宜太多,否则会因橡胶链的过度裂解而导致胶料性能下降。

综合考虑胶料性能、生产能力和生产效率,确定XLH-150型连续混炼工业化机台的最佳混炼工艺为:初炼采用GK-45E型啮合型密炼机,转子转速为 $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,温度为 40°C ,混炼时间为270 s,填充因数为0.6;补充混炼采用XLH-150型双转子连续混炼机,转子转速为 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,过2遍连续混炼机,各段温度分别为70,65,60和 55°C 。

2.2 连续混炼与传统混炼的对比

为了考察块状橡胶串联式连续混炼工业化机台的混炼能力、生产效率和能耗水平,将采用最佳工艺参数的XLH-150型连续混炼工业化机台与同规格的啮合密炼机进行对比试验^[18-22]。采用两种混炼工艺的胶料性能对比如表3所示,两种混炼工艺的能耗与生产效率对比如表4所示。

从表3可以看出,采用连续混炼工艺的胶料性能与采用传统三段混炼工艺的胶料性能处于相同

表3 采用两种混炼工艺的胶料性能对比
Tab. 3 Comparison of compound properties with two mixing processes

项 目	连续混炼胶	传统三段混炼胶
$\Delta G'/\text{kPa}$	424.1	474.3
拉伸强度/MPa	16.85	16.55
撕裂强度/ $(\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	41	39
$\tan\delta$		
0°C	0.296	0.293
60°C	0.088	0.104
DIN磨耗量/ mm^3	0.120	0.120

表4 两种混炼工艺的能耗与生产效率对比
Tab. 4 Comparison of energy consumptions and production efficiencies between two mixing processes

项 目	连续混炼工艺	传统三段混炼工艺
单位能耗/ $(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$		
连续混炼	1 922.4	
连续终炼	460.8	
一段混炼		1 670.4
二段混炼		1 393.2
三段终炼		835.2
总单位能耗/ $(\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1})$	2 383.2	3 898.8
生产效率/ $(\text{kg} \cdot \text{h}^{-1})$	360	250

注:计算值为单机能耗,不包含输送带、胶冷装置等其他辅助设备的能耗。

的水平,在多项性能上连续混炼胶略有优势,例如连续混炼胶料的Payne效应降低了11%,说明填料分散程度更高, $\tan\delta(60^\circ\text{C})$ 减小了15%,说明滚动阻力更低,拉伸强度和撕裂强度略高,抗湿滑性能和耐磨性能基本一致。这得益于连续混炼胶具有更高的填料分散程度和硅烷化反应程度,充分发挥了白炭黑的补强作用。因此,从性能方面看,采用连续混炼工艺制备的胶料性能略优于采用传统三段混炼工艺制备的胶料。

从表4可以看出:在生产效率方面,连续混炼工艺具有较为明显的优势,由于该方法有效缩短了密炼机的初炼时间,且后续的混炼和终炼可与下一批胶料的初炼同时进行,因此大大缩短了混炼周期,当填充因数为0.6时,生产效率达 $360 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$;对比传统三段混炼工艺,即同时并列3台45 L密炼机分别用于一段、二段和三段混炼,且不计胶料下片和冷却时间,其生产效率最高仅为 $250 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 。因此,相比于传统三段混炼工艺,块状橡胶串联式连续混炼工艺的生产效率提高了44%。

单台XLH-150型双转子连续混炼机的单位能耗仅为 $460.8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,而初炼密炼机可以将初炼时间缩短为传统一段混炼时间的60%~70%,因此初炼密炼机的单位能耗也较低。若采用1台GK45E型啮合密炼机加3台XLH-150型双转子连续混炼机构成连续混炼工业化机台,系统的单位能耗为 $2\,383.2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,而传统三段混炼工艺的单位能耗为 $3\,898.8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,则连续混炼工艺的单位能耗可降低39%。

3 结论

(1) 随着XLH-150型双转子连续混炼机转子转速的增大,胶料的Payne效应提高,抗湿滑性能、滚动阻力、耐磨性能和硅烷化反应程度总体下降,增加过连续混炼机遍数会使填料分散程度和硅烷化反应程度上升,但过连续混炼机遍数过多会使胶料的性能降低。

(2) 综合考虑性能、生产能力和生产效率,确定XLH-150型连续混炼工业化机台的最佳混炼工艺为:初炼采用GK-45E型啮合型密炼机,转子转速为 $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,温度为 40°C ,混炼时间为270 s,填充因数为0.6;补充混炼采用XLH-150型双转子连续混炼机,转子转速为 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,过2遍连续混炼机,各段温度分别为70,65,60和 55°C 。

(3) XLH-150型连续混炼工业化机台与传统啮合型密炼机的对比试验结果表明:采用连续混炼工艺的胶料性能优于采用传统三段混炼工艺的胶料,即胶料的Payne效应降低了11%,滚动阻力降低了15%,拉伸强度和撕裂强度略有提高;在生产效率和能耗方面,连续混炼工艺有较大的优势,生产效率提高44%以上,总单位能耗降低39%。

参考文献:

- [1] 于清溪. 密闭式橡胶混炼机的技术现状及最近发展[J]. 橡塑技术与装备, 2010, 36(9): 4-17.
- [2] 王冠中, 吕柏源. 橡胶连续混炼新技术研究[J]. 特种橡胶制品, 2006, 27(6): 47-49.
- [3] ZHU L, PAN Y R, TIAN X L, et al. Continuous preparation and properties of silica/rubber composite using serial modular mixing[J]. Materials, 2019, 12(19): 3118-3137.
- [4] 吉欣宇, 王英, 刘震. 混炼工艺对炭黑/白炭黑补强天然橡胶/异戊橡胶/顺丁橡胶并用胶加工性能的影响[J]. 轮胎工业, 2019, 39(10): 614-619.
- [5] 王海燕, 王宏. 混炼工艺对丁苯橡胶/顺丁橡胶并用胶性能的影响[J]. 橡胶工业, 2019, 66(2): 128-133.
- [6] 孙茂忠. BB430密炼机混炼工艺的研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2019.
- [7] 杨福芹. 啮合型调距密炼机混炼机理及实验研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2003.
- [8] 李兴伟. 小型串联式密炼机的设计及实验研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2013.
- [9] 路征. 密炼机螺棱剪切区混炼模型的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2009.
- [10] 陈国栋, 汪传生, 满敬国, 等. 填充系数对同步转子密炼机混炼性能的影响[J]. 橡塑技术与装备, 2009, 35(2): 1-4.
- [11] 陈国栋, 汪传生. 填充系数对啮合转子密炼机混炼性能的影响[J]. 中国橡胶, 2009, 25(23): 30-32.
- [12] 付承文, 郑昆, 吴海涛, 等. 自动碎胶系统在一次法混炼中的应用[J]. 世界橡胶工业, 2014, 41(12): 15-20.
- [13] WANG C S, ZHANG D W, LI L. Experimental study of integration and polyblends performance for improved mixing-extruding machine[J]. Journal of Donghua University (English Edition), 2014, 31(4): 453-457.
- [14] XU H L, FAN X P, SONG Y H, et al. Reinforcement and Payne

- effect of hydrophobic silica filled natural rubber nanocomposites[J]. Composites Science and Technology, 2020, 187: 107934.
- [15] QIAN M M, HUANG W M, WANG J F, et al. Surface treatment effects on the mechanical properties of silica carbon black reinforced natural rubber/butadiene rubber composites[J]. Polymers, 2019, 11 (11): 1763.
- [16] YAN L, HAN B Y, WEN S P, et al. Effect of the temperature on surface modification of silica and properties of modified silica filled rubber composites[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2014, 62: 52–59.
- [17] 李伟, 汪传生, 边慧光, 等. 串联式连续混炼与传统混炼的胶料性能和能耗研究[J]. 橡胶工业, 2020, 67(5): 384–387.
- LI W, WANG C S, BIAN H G, et al. Study on compound properties and energy consumption of tandem mixing and conventional mixing[J]. China Rubber Industry, 2020, 67(5): 384–387.
- [18] 汪传生, 朱琳, 张鲁琦. 串联式连续混炼设备用于炭黑配方胶料低温混炼的实验研究[J]. 中国化工装备, 2017, 19(6): 23–27.
- WANG C S, ZHU L, ZHANG L Q. Experimental study on low temperature mixing of carbon black formula compound by series continuous mixing equipment[J]. China Chemical Industry Equipment, 2017, 19(6): 23–27.
- [19] 汪传生, 朱琳, 张鲁琦, 等. 串联式低温连续混炼中转子转速和停留时间对炭黑配方混炼胶质量的影响[J]. 橡塑技术与装备, 2018, 44(8): 40–44.
- WANG C S, ZHU L, ZHANG L Q, et al. Effect of rotor speed and residence time on the quality of carbon black compound in series low-temperature continuous mixing[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2018, 44(8): 40–44.
- [20] ZHAO J F, LI M, ZHOU L. Design on the polymer temperature control system for tandem mixer[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 475–476: 639–642.
- [21] 袁博. GK190E型密炼机混炼工艺探索[J]. 化学工程与装备, 2010(1): 50–53.
- YUAN B. Exploration on mixing process of GK190E internal mixer[J]. Chemical Engineering and Equipment, 2010(1): 50–53.
- [22] KAEWSAKUL W, SAHAKARO K, DIERKES W K, et al. Optimization of mixing conditions for silica-reinforced natural rubber tire tread compounds[J]. Rubber Chemistry and Technology, 2012, 85(2): 277–294.

收稿日期: 2021-10-13

Effects of Mixing Process Parameters of Industrial System Based on XLH-150 Continuous Mixer on Compound Properties

WANG Chuansheng¹, NIU Guangzhi¹, MA Yabiao¹, ZHANG Shoufeng¹, WANG Zhifei², ZHU Lin¹

(1. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China; 2. Yiyang Rubber and Plastic Machinery Group Co., Ltd, Yiyang 413000, China)

Abstract: The relationship between the compound properties and mixing process parameters of the XLH-150 double rotor continuous mixer was studied, and the optimum process parameters of the industrial system based on XLH-150 continuous mixer were determined and compared with the three-stage mixing process of traditional internal mixer. The results showed that the optimum process were as follows: GK-45E meshing internal mixer was used for the initial mixing, in which the rotor speed was $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, the temperature was 40°C , the mixing time was 270 s, and the filling factor was 0.6; XLH-150 double rotor continuous mixer was used for the subsequent mixing, in which the rotor speed was $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, compound passed through the continuous mixer twice, and the temperatures of each section were 70, 65, 60 and 55°C , respectively. The properties of the compound produced by continuous mixing process were better than those with traditional three-stage mixing process, that was, the Payne effect of the compound was reduced by 11%, the rolling resistance was reduced by 15%, the tensile strength and tear strength were slightly improved, while the production efficiency was increased by 44%, and the total unit energy consumption was reduced by 39%.

Key words: continuous mixing; mixing process; process parameter; dispersibility; rolling resistance; production efficiency; energy consumption