

橡胶振动注射试验研究

焦冬梅¹, 边慧光¹, 王瑞松¹, 田晓龙¹, 杨卫民²

(1. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061; 2. 北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029)

摘要: 提出橡胶振动注射成型技术, 并在自行开发的动态试验平台上研究橡胶振动注射工艺对胶料流动性的影响。结果表明: 橡胶振动注射工艺是可行的; 振动注射可以提高胶料的流动性, 增大填充长度, 大幅降低注射压力, 从而节省能耗。

关键词: 橡胶; 振动注射; 注射压力; 能耗

中图分类号: TQ330.6⁺6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2018) - -04

粘流态橡胶在外力作用下流动可以实现压延、挤出、注射成型等工艺。橡胶流动性差会使制品表面出现流痕、缺胶以及综合物理性能下降等质量问题, 同时带来生产能耗高、设备要求高等问题^[1-2]。提高橡胶流动性和胶料充填能力、降低生产能耗一直是橡胶行业亟需解决的问题。

国内外学者已经对振动技术应用于塑料成型加工进行了系统研究^[3]。受振动技术应用于塑料成型的研究^[4-5]启发, 本研究提出了橡胶振动注射成型技术。橡胶和塑料虽同属于高分子材料, 但是橡胶作为一种高弹性材料, 弹性效应更加明显, 具有粘度高、流动性差、易焦烧^[6-8]等特点, 与塑料成型有本质的区别, 因此振动技术应用于橡胶成型加工有必要进行深入研究。本工作在自行开发的动态试验平台上, 利用试验方法研究橡胶振动注射工艺对胶料流动性的影响。

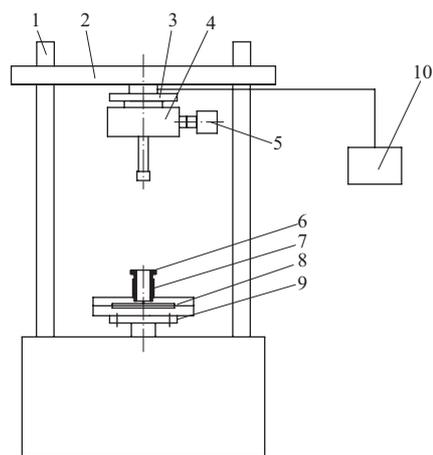
1 实验

1.1 试验平台和辅助设备

橡胶动态试验平台结构如图1所示, 以UD-3600型动态疲劳测试机为基础自行改造而成, 可实现振动、静态(传统工艺)橡胶注射成型试验, 频率范围为0~100 Hz, 振幅范围为0~5.0 mm, 可以提供多种不同波形的振动。模具与振动台连接, 并与振动台以同频率、同振幅、同波形振动。混炼

作者简介: 焦冬梅(1978—), 女, 山东青岛人, 青岛科技大学讲师, 博士, 主要从事高分子材料加工理论和机械设计方面研究工作。

E-mail: jiaodongmei@qust.edu.cn



1—导柱; 2—横梁; 3—升降机构连接盘; 4—升降机构; 5—传动系统; 6—料筒; 7—加热装置; 8—试验用模具; 9—振动台; 10—检测装置。

图1 动态试验平台结构示意图

胶在丝杆柱塞作用下充填模腔, 在胶料主运动方向上叠加振动场, 检测系统对胶料填充过程压力变化进行监测并输出, 从而可以直观判断出橡胶流动状态的改变。

其他辅助设备为: X(S)K-160型开炼机, 上海橡胶机械厂产品; UM-2050型门尼粘度仪, 优肯科技股份有限公司产品; VMA1000型胶料流动性分析仪, 特拓(青岛)轮胎技术有限公司产品; GT-7016-AB型气压式自动切片机, 高铁科技股份有限公司产品。

1.2 模具

自行设计的测试用注射模具的上下模板结构如图2所示, 其中上模板中心部位开有注胶孔, 下

模板模腔采用阿基米德螺旋线形式,螺旋槽深为2 mm,半圆形截面半径为2.5 mm,中间凹槽型腔直径为26 mm,深度为5 mm,型腔沿流动方向标有刻度,可以观察胶料的流动长度。



(a) 上模板



(b) 下模板

图2 模具结构

1.3 主要原材料

丁苯橡胶(SBR),门尼粘度[ML(1+4)100℃]为44~45,海南天然橡胶产业集团股份有限公司产品;顺丁橡胶(BR),中国石化燕山石化公司产品;炭黑N375,武汉探新炭黑科技开发有限公司产品;氧化锌,青岛新源化工助剂有限公司产品。

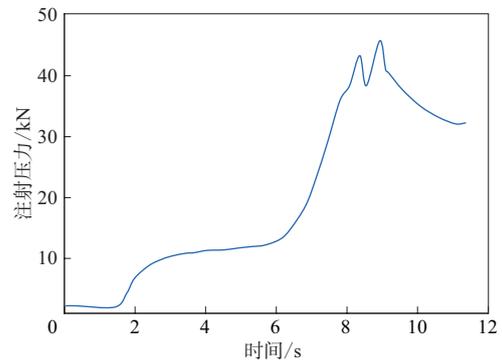
1.4 配方

SBR 70, BR 30, 炭黑N375 60, 氧化锌 4, 硬脂酸 2, 防老剂4010NA 1, 硫黄 1.8, 促进剂CZ 0.9。

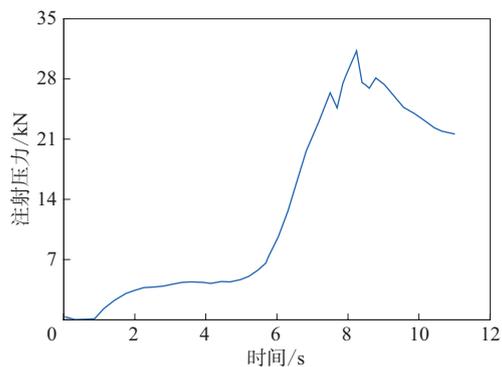
2 结果与讨论

2.1 注射压力曲线

图3示出了注射速度为 $100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 时定量混炼胶在静态和振动下(频率为30 Hz, 振幅为0.9



(a) 静态注射



(b) 振动注射

图3 注射过程中注射压力曲线

mm)注射过程中注射压力实测曲线。

由图3可以看出,静态注射的注射压力最高为45.5 kN,振动注射的注射压力最高为32.0 kN,注射压力下降明显,说明振动可以有效改变胶料的流动性。

2.2 注射压力与振幅的关系

图4示出了注射速度为 $100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 时定量混炼胶以不同振幅(频率为30 Hz)注射过程中注射压力与振幅的关系曲线。

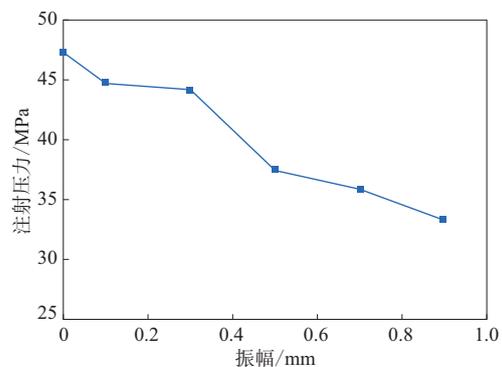


图4 注射压力与振幅的关系曲线

从图4可以看出:与静态注射(振幅为0)相比,振动注射压力明显下降;随着振幅的增大,注射压力不断下降,降幅先小后大再平缓,不同振幅下注射压力降幅不同,振幅为0.5 mm时,注射压力降幅达21%,振幅为0~0.3 mm范围内,注射压力降幅在10%以内,振幅超过0.5 mm时,注射压力降幅相对平稳。

为了进一步验证试验结果的可参考性,进行了固定频率为10和50 Hz的振动注射试验,得到类似的试验结果。分析认为,振动场作用于橡胶流场,改变了橡胶与流道的壁面关系,加快了弹性松弛,流变性发生改变,胶料流动性变好,流动阻力减小,使注射压力下降,从而降低了设备能耗。

2.3 注射压力与频率的关系

图5示出了注射速度为 $100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 时定量混炼胶在不同频率(振幅为0.5 mm)下注射过程中注射压力与频率的关系曲线。

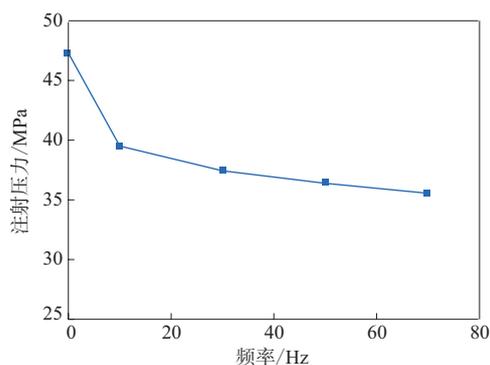


图5 注射压力与频率的关系曲线

从图5可以看出,随着频率的增大,注射压力下降,在频率达到一定值后,注射压力降幅变小。

表1示出了不同振幅下注射压力下降率。由表1可以看出,在不同振幅下注射,随着频率的增大,注射压力降幅有类似的变化规律。振幅为0.3 mm、频率为50和70 Hz时注射压力下降率分别为10.8%和14.1%;振幅为0.5 mm、频率为50和70 Hz时,注射压力下降率分别为23.1%和24.8%,这为生产中振动工艺参数的确定提供了试验依据。

2.4 振幅与充填长度的关系

图6示出了混炼胶在最大注射压力为40 MPa、固定频率为10 Hz、不同振幅下对螺旋线模具进行

振幅/mm	频率/Hz				
	5	10	30	50	70
0.3	0.35	4.18	6.60	10.80	14.10
0.5	0.50	16.50	21.00	23.10	24.80

注:注射压力为47.2 MPa。

注射时充填长度与振幅的关系曲线。图7示出了不同振幅下达到最高注射压力时模具充填长度照片。

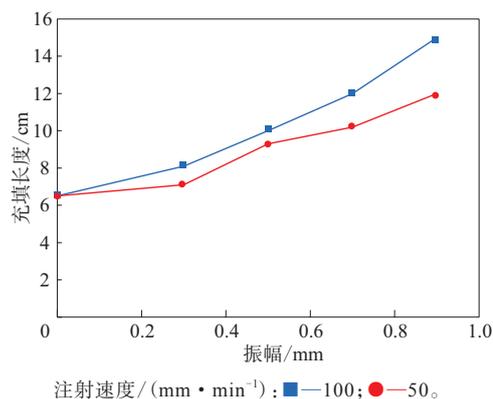


图6 充填长度与振幅的关系曲线

从图6和7可以看出,随着振幅的增大,螺旋线模具注射充填长度增大,在注射停止时,充填长度增至15.2 cm,相对于静态注射的6.5 cm,充填长度增大效果明显。此外,注射时间相对延长对充填长度没有明显的影响,表明振动注射增加了混炼胶的体积流率,提高了注射效率。

3 结论

采用自行开发的动态试验平台进行混炼胶模具充填试验,得出以下结论。

- (1) 橡胶振动注射工艺是可行的。
- (2) 振动注射可以提高橡胶的流动性,减小流动阻力,增大填充长度。
- (3) 橡胶振动注射改变了橡胶的粘度,降低了注射压力,可节省能耗。

参考文献:

- [1] 王若云,贺建芸,胡永康,等. 轮胎胶料的动态力学性能研究[J]. 橡胶工业,2017,64(1):14-18.
- [2] 巩丽,王海涛,董成磊,等. 不同硫化体系天然橡胶胶料的动态性能研究[J]. 橡胶工业,2017,64(1):22-25.
- [3] 谢宇玲. 聚合物加工成型技术创新研究进展分析[J]. 科技创新与

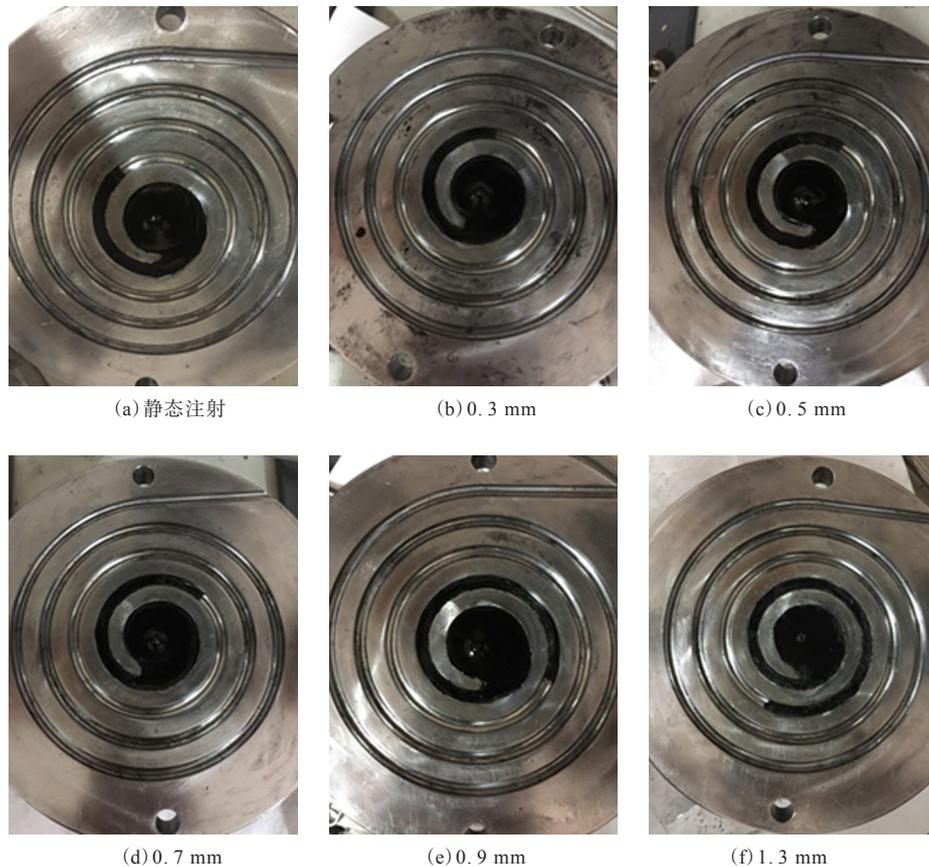


图7 不同振幅下螺旋线模具充填照片

应用,2015(36):101.

- [4] Cao J G, Gao X Q, Shen K Z. The Morphologies and Mechanical Properties of High-density Polyethylene Induced by the Addition of Small Amounts of Both Low- and High-molecular-weight Polyolefin under Shear Stress Applied by Dynamic Packing Injection Molding[J]. Journal of Macromolecular Science, Part B, 2012, 51 (12): 2519-2526.
- [5] 吴承然, 霍金平, 贾仕奎, 等. 剪切和拉伸流场对动态硫化EPDM/PP的力学性能与结晶结构的影响[J]. 高分子材料科学与工程,

2014, (2): 11-15.

- [6] 于海富, 李凡珠, 杨海波, 等. 橡胶材料非线性高弹-粘弹性本构模型的研究[J]. 橡胶工业, 2017, 64(12): 719-723.
- [7] 王惠中. 关于橡胶工业制品注压成型最佳化的问题[J]. 世界橡胶工业, 2015, 42(2): 26-28.
- [8] 于海富, 李凡珠, 杨海波, 等. 有限变形下橡胶材料非线性高弹-粘弹性本构模型[J]. 橡胶工业, 2017, 64(11): 645-649.

收稿日期: 2018-05-08

Experimental Study on Vibration Injection of Rubber

JIAO Dongmei¹, BIAN Huiguang¹, WANG Ruisong¹, TIAN Xiaolong¹, YANG Weimin²

(1. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China; 2. Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: The rubber vibration injection molding technology was proposed, and the effect of rubber vibration injection technology on the fluidity of rubber was studied on a self-developed dynamic test platform. The results showed that, the dynamic injection process of rubber was feasible, and the vibration injection could increase the fluidity of rubber, increase the filling length, and reduce the injection pressure greatly, so that the energy consumption was reduced.

Key words: rubber; vibration injection; injection pressure; energy consumption