

橡胶切向销钉冷喂料挤出机挤出性能的研究

王 祥, 林广义*, 吕宁宁, 孔令伟, 董方晨, 刘彦昌

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要: 基于自行研发的新型切向销钉冷喂料挤出机, 在不同胶料配方和不同螺杆转速的情况下进行挤出试验研究。结果表明, 与传统径向销钉冷喂料挤出机相比, 切向销钉冷喂料挤出机挤出温度降低约10%, 挤出产量提高约9%, 功率消耗减小15%以上, 挤出胶料的物理性能和加工性能得到一定的改善, 对于减少能耗、提高挤出产量和质量具有重要意义。

关键词: 橡胶; 冷喂料挤出机; 切向销钉; 径向销钉; 挤出性能

中图分类号: TQ330.6⁺4

文章编号: 1000-890X(2019)01-0057-05

文献标志码: A

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2019.01.0057

在子午线轮胎生产中, 胎面和三角胶等各种型胶挤出几乎全部使用销钉冷喂料挤出机^[1-3]。现代工业需要高产量、高质量挤出制品的设备, 销钉挤出机的技术提高与性能改进便成为设计、研究和生产等各领域的焦点。传统挤出机在胶料塑化、混炼和成型等方面都存在诸多不足与限制, 近几十年来, 国内外学者对销钉挤出机做了大量研究, 涉及螺杆结构、机筒结构、驱动系统以及成型机头形状和喂料装置^[4-13]。

本工作基于自行研发的新型切向销钉冷喂料挤出机, 在不同胶料配方和不同螺杆转速情况下进行挤出试验, 研究挤出温度下的挤出产量、能耗以及挤出胶料的物理性能、门尼粘度和炭黑分散度等参数, 并与普通径向销钉冷喂料挤出机进行对比, 分析新型切向销钉结构对挤出性能的影响。

1 切向销钉结构与排布

1.1 切向销钉结构

切向销钉采用中空式结构, 如图1所示, 总长180 mm, 通过两侧螺纹固定在机筒上; 有效工作部分直径为8 mm, 内孔直径为4 mm; 材料采用38CrMoAl合金, 具有高耐磨性和良好导热性。

基金项目: 山东省重点研发计划项目(2017GSF17127); 青岛市民生计划项目(17-6-3-16-gx)

作者简介: 王祥(1992—), 男, 山东胶南人, 青岛科技大学在读硕士研究生, 主要从事高分子材料成型技术研究。

*通信联系人(gylin666@163.com)

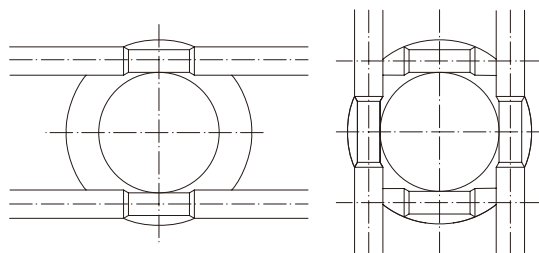


图1 切向销钉结构示意图

1.2 切向销钉排布

挤出机机筒上共布置7排切向销钉, 每排有2个销钉, 共14个销钉, 排间距为52 mm, 相邻两排呈90°交错排布, 各销钉与螺杆呈相切状态。

切向销钉排布如图2所示, 切向销钉冷喂料挤出机如图3所示。



(a) 单排销钉

(b) 双排销钉

图2 切向销钉排布示意



图3 切向销钉冷喂料挤出机

2 切向销钉挤出机的流场特点

整体而言,胶料通过多排交错切向销钉的过程就是固态胶团或粘流态胶流不断分流、汇流、分流的过程。切向销钉完全贯穿于机筒中,与物料有更充分的接触,有利于提高物料的塑化剪切效果。胶料在经过每排切向销钉时受到拉伸和剪切作用,沿周向和轴向分成若干个基团,这些基团在切向各排销钉间隙中因螺杆旋转产生挤压力而相互结合。随着螺杆转动,胶料基团在运动过程中不断发生分离、结合、再分离,最终得到较好的塑化效果。物料在切向销钉附近的流动如图4所示。

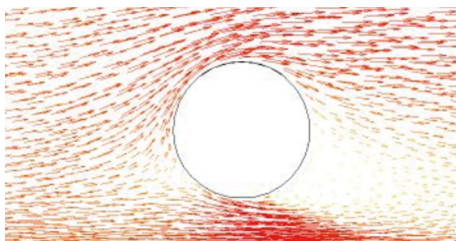


图4 切向销钉附近流场示意

通过对物料运动过程的分析发现,在切向销钉冷喂料挤出机中物料的流动有以下2个显著特点:

(1) 物料在切向销钉与螺杆之间区域所受的挤压作用最大,胶料容易分散,有助于物料混合;

(2) 螺杆的拖曳和旋转作用使胶料在90°交错排布的切向销钉机筒中反复进行分流、汇流、分流的运动过程,促使物料更好地分散。

3 实验

3.1 试验配方

试验采用3种胶料分别通过切向和径向销钉冷喂料挤出机挤出。胶料基本配方为:胎面再生胶 240,炭黑 50,氧化锌 3,硬脂酸 1.5,防老剂 1。1[#],2[#]和3[#]胶料分别采用炭黑N330,N550和N774。

3.2 主要设备和仪器

X(S)K-160型开炼机,上海橡胶机械厂产品;X(S)M-1.7L密炼机,青岛科技大学制造;XJD-Φ65×16D型橡胶径向销钉冷喂料挤出机,内蒙古富特橡塑机械有限公司产品;XJD-Φ65×16D型

橡胶切向销钉冷喂料挤出机,青岛科技大学自行研发;QLB-DQ(柱)平板硫化机,上海第一橡胶机械厂有限公司产品;UM-2050型门尼粘度仪、UT-2060型拉力试验机,中国台湾优肯科技股份有限公司产品;MM4130C型无转子硫化仪,北京环峰化工机械实验仪器有限公司产品;disperGRADER αView炭黑分散仪,美国阿尔法科技有限公司产品。

3.3 试样制备

首先,将胎面再生胶加入密炼机混炼2.5 min后加入防老剂、氧化锌、硬脂酸和炭黑混炼3 min。然后,采用开炼机对3种母炼胶进行混炼,辊温为65℃左右,辊筒速比为1:1.5,下片备用。采用两种销钉机筒挤出机,对3种胶料在15,30,45,60和75 r·min⁻¹螺杆转速下依次进行挤出试验。将各工艺条件下挤出的胶料在平板硫化机上硫化,硫化条件为60℃×30 min。

4 结果与讨论

4.1 挤出温度

分别采用切向(QX)和径向(JX)销钉冷喂料挤出机在不同螺杆转速下,1[#],2[#]和3[#]三种胎面胶的挤出温度如表1所示。

表1 挤出温度对比

胶料工艺编号	螺杆转速/(r·min ⁻¹)					℃
	15	30	45	60	75	
1 [#] -QX	87	90	92	98	104	
1 [#] -JX	93	98	105	112	115	
2 [#] -QX	84	88	90	94	102	
2 [#] -JX	92	100	103	108	112	
3 [#] -QX	80	84	88	92	100	
3 [#] -JX	90	95	102	105	110	

由表1可知,切向销钉冷喂料挤出机挤出温度明显比径向销钉冷喂料挤出机低,机头温度平均降幅达到10%左右。主要原因是由于切向销钉与胶料的接触面积较大,且销钉结构采用中空设计,可以独立通入冷却液体,使热量易被带走,提高了挤出机整体的散热性能^[14]。

4.2 挤出产量

3种胎面胶在不同螺杆转速下的挤出产量如表2所示。

由表2可知,切向销钉冷喂料挤出机挤出产量

表2 挤出产量对比					kg · s ⁻¹
胶料工 艺编号	螺杆转速/(r · min ⁻¹)				
	15	30	45	60	75
1 [#] -QX	0.030	0.035	0.037	0.046	0.048
1 [#] -JX	0.025	0.028	0.034	0.036	0.042
2 [#] -QX	0.033	0.038	0.046	0.050	0.052
2 [#] -JX	0.027	0.032	0.040	0.041	0.047
3 [#] -QX	0.037	0.039	0.042	0.050	0.055
3 [#] -JX	0.030	0.035	0.040	0.045	0.048

显著大于径向销钉冷喂料挤出机,多次试验结果平均值显示,挤出产量增大约9%。分析认为,一方面由于切向销钉分布优化了胶料运动流场,减小了运动阻力,胶料运动速度提高;另一方面由于截面内切向销钉少,胶料的相对截面面积大,单位时间内通过的胶料流量增大。

4.3 功率消耗

仅以1[#]胶料为例,讨论螺杆转速为30 r · min⁻¹的功率消耗曲线,结果如图5所示。

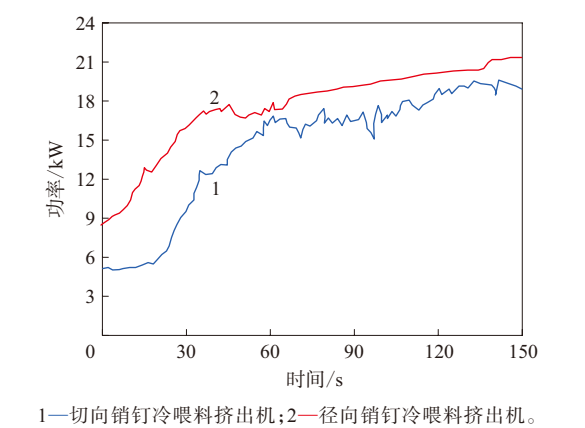


图5 1[#]胶料挤出过程功率消耗曲线对比

从图5可以看出,切向销钉冷喂料挤出机挤出功率消耗总体小于径向销钉机冷喂料挤出机,经过反复试验,综合统计所测数据,切向销钉机筒挤出机的功率消耗减小15%左右。这是由于切向销钉少,物料在机筒与螺杆之间的流动冲击减轻,螺杆旋转阻力小。

4.4 物理性能

对3种硫化胶进行拉伸撕裂测试和断裂位移测试,结果如表3和4所示。

分析表3和4,可以看出,切向销钉冷喂料挤出机挤出胶料的撕裂强度和拉伸断裂最大位移均大于径向销钉冷喂料挤出机挤出胶料。主要原因在于切向销钉在机筒内的分布提高了其对物料的剪

表3 撕裂强度对比				kN · m ⁻¹
胶料工 艺编号	螺杆转速/(r · min ⁻¹)			
	15	30	45	60
1 [#] -QX	45	48	53	50
1 [#] -JX	43	46	48	45
2 [#] -QX	43	44	45	42
2 [#] -JX	41	42	45	41
3 [#] -QX	38	40	43	40
3 [#] -JX	35	37	39	36

表4 拉伸断裂最大位移对比				mm
胶料工 艺编号	螺杆转速/(r·min ⁻¹)			
	15	30	45	60
1 [#] -QX	100	102	104	99
1 [#] -JX	97	99	98	97
2 [#] -QX	93	96	99	93
2 [#] -JX	85	88	94	89
3 [#] -QX	108	111	118	114
3 [#] -JX	100	105	114	110

切力,对胶料有更好的塑化作用和拉伸效果,使硫化胶更密实,在一定程度上提高了胶料的拉伸强度和撕裂强度,使挤出制品的质量得到一定幅度的提升。

4.5 门尼粘度

胶料门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]对比如表5所示。

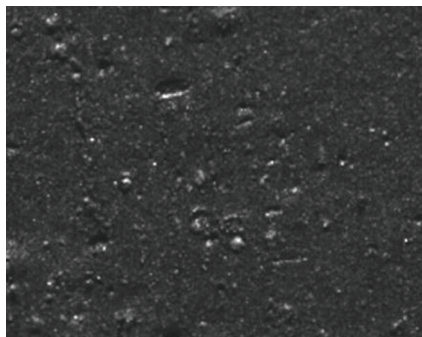
表5 门尼粘度对比				
胶料工 艺编号	螺杆转速/(r·min ⁻¹)			
	15	30	45	60
1 [#] -QX	24	23	22	25
1 [#] -JX	26	23	24	26
2 [#] -QX	35	32	37	39
2 [#] -JX	42	33	36	38
3 [#] -QX	23	24	25	29
3 [#] -JX	26	25	28	32

由表5可知,切向销钉冷喂料挤出机挤出胶料的门尼粘度值均略小于径向销钉冷喂料挤出机挤出胶料,原因在于切向销钉对物料流场的重新划分在一定程度上使挤出胶料的塑性和混炼均匀性优于径向销钉挤出机挤出胶料。

4.6 炭黑分散度

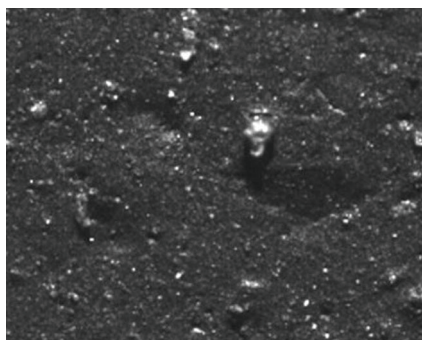
分别对3种挤出胶进行纵向和横向切片取样并进行多组重复试验,统计平均值得到炭黑分散结果。其中1[#]胶料的测试结果如图6和表6所示。

从图6和表6可以看出,切向销钉挤出机挤出胶料的炭黑分散度比径向销钉挤出机挤出胶料有



白区面积比例 12.9%,分散度 83.5%,平均粒径 11.1 μm 。

(a)切向销钉冷喂料挤出机(螺杆转速为15 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)



白区面积比例 10.7%,分散度 75.9%,平均粒径 10.6 μm 。

(b)径向销钉冷喂料挤出机(螺杆转速为45 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)

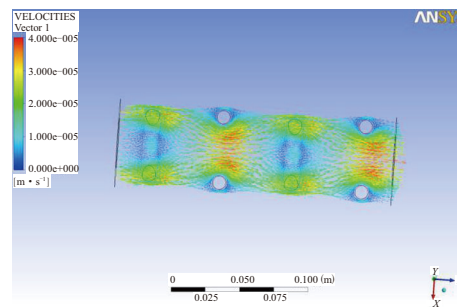
图6 1#胶料挤出断面炭黑分散情况

胶料工 艺编号	表6 炭黑分散度对比 %			
	螺杆转速/($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)			
	15	30	45	60
1#-QX	83	84	85	80
1#-JX	72	74	75	73

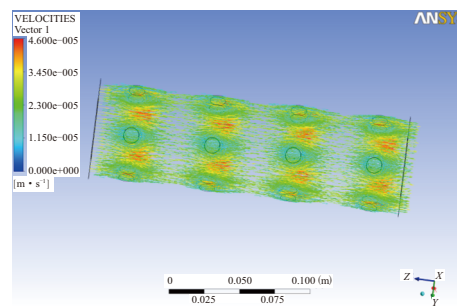
明显提高,平均高7%左右。切向销钉冷喂料挤出机挤出胶料的炭黑分散度在75%~85%之间,最高值可达到85%;而径向销钉冷喂料挤出机挤出胶料的炭黑分散度一般在70%~78%之间,最高值仅为78%。

炭黑分散性能明显得到提升,原因在于切向销钉对物料流场的重新划分有利于胶料的塑化与混合,如图7所示。

径向销钉相邻两排采用相同的分布形式,胶料的运动绕行状态单一,无法达到极佳的塑化效果;切向销钉相邻两排呈90°排布,随着螺杆的转动,胶料基团沿螺棱方向产生位移,经过每排销钉都被切割细化,相当于一次变换塑化流场的过程,速度流场的多样性有利于胶料更好地分散和



(a)切向销钉冷喂料挤出机



(b)径向销钉冷喂料挤出机

图7 1#胶料机筒内流动速度矢量分布

塑化。

5 结论

(1)相对于普通径向销钉冷喂料挤出机,切向销钉冷喂料挤出机挤出温度降低约10%,挤出产量提高约9%,功率消耗减小15%以上,对减少能耗、提高挤出产量具有重要意义。

(2)切向销钉冷喂料挤出机挤出胶料的撕裂强度和拉伸断裂最大位移均有不同程度的增大;门尼粘度得到一定的降低;炭黑分散度在75%~85%之间,最高值可达到85%,比径向销钉冷喂料挤出机挤出胶料平均高7%左右,表明挤出胶料的物理性能和加工性能得到一定的改善。

参考文献:

- [1] 于清溪. 橡胶挤出机现状与展望(上)[J]. 橡塑技术与装备, 2010, 36(7): 16-23.
- [2] Shin K C, White J L. Simulation of Non-newtonian Flow of Rubber Compounds in a Pin Barrel Screw Extruder[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1997, 70(2): 264-270.
- [3] 吴志刚,何峰. 汽车密封条挤出成型影响因素分析[J]. 橡胶工业, 2017, 64(6): 363-365.
- [4] 吕柏源,郑晓斐,闵鹏峰,等. 橡胶挤出机螺杆构型分析及其几何参数的确定(上)[J]. 橡塑技术与装备, 2011, 37(10): 18-24.

- [5] 吕柏源,郑晓斐,闵鹏峰,等. 橡胶挤出机螺杆构型分析及其几何参数的确定(下)[J]. 橡塑技术与装备,2011,37(11):1-9.
- [6] 柳娟,王建. 左右旋螺筒结构对单螺杆挤出机性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程,2014,30(3):124-127.
- [7] Sasimowski E. Studies in the Effectiveness of a New Generation Extruder. Part II. The Shape of the Inner Surface of the Barrel Rotating Sleeve[J]. Polimery,2012,57(4):296-302.
- [8] 贾明印,余斌,张勇,等. 沟槽机筒单螺杆挤出机挤出特性的研究[J]. 橡胶工业,2015,43(5):31-34.
- [9] 姜基帅,边慧光,胡纪全. 层叠式取向机头有限元分析[J]. 橡胶工业,2017,64(7):426-430.
- [10] 杜遥雪,柳天磊,陈少清. 基于电磁动态塑化理论的销钉挤出机混炼过程仿真[J]. 中国机械工程,2012,23(9):1042-1046.
- [11] 袁京鹏,高明健,吕柏源. 橡胶挤出设备的技术进步和发展(上)[J]. 橡塑技术与装备,2006,32(2):11-15.
- [12] Christiano J P. Examination of the Performance of a High Speed Single Screw Extruder for Several Different Extrusion Applications[A]. Orlando, F. L. : Annual Technical Conference-ANTEC, Conference Proceedings,2012:1029-1034.
- [13] 吕贤滨,巩家伟,范之海,等. 喂料方法与喂料量对挤出机生产能力的影 响[J]. 橡胶工业,2011,58(8):499-501.
- [14] 刘树明. 混合型销钉机筒冷喂料挤出机理及实验研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2014.

收稿日期:2018-08-11

Study on Extrusion Property of Tangential Pin Cold-feeding Rubber Extruder

WANG Xiang, LIN Guangyi, LYU Ningning, KONG Lingwei, DONG Fangchen, LIU Yanchang

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

Abstract: Based on a new self-developed tangential pin cold-feeding extruder, the extrusion experimental investigation was carried out using different compounds and different screw speeds. The results showed that, compared with traditional radial pin cold-feeding extruder, for the tangential pin cold-feeding extruder, the extrusion temperature was lowered by about 10%, extrusion output increased by about 9%, power consumption was reduced by more than 15%, and the physical properties and processability of the extrudates were improved at certain extent, which had great significance for reducing energy consumption and improving extrusion output and quality.

Key words: rubber; cold-feeding extruder; tangential pin; radial pin; extrusion property

• 国内外动态 •

建大推出Kenetica KR217旅游轮胎 美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com) 2018年10月31日报道:

美国建大橡胶工业公司的新Kenetica Touring A/S KR217轮胎(见图1)是为老款和新款旅游轿车设计的第2代全天候旅游轮胎。



图1 Kenetica Touring A/S KR217轮胎

该公司称,Kenetica Touring A/S KR217轮胎将舒适性与行驶性能相结合,满足司机对旅游轮胎湿/干地操纵性能的要求。由公司美国技术中心开发的适应美国全天候条件的该轮胎质量减小,噪声降低,可提供强劲的湿地制动和适宜全年气候条件包括小雪天气的牵引性能。

Kenetica Touring A/S KR217轮胎担保里程由第1代产品KR17的80 467 km(50 000英里)延长至96 566 km(60 000英里),胎面采用优化的炭黑胶料和对称花纹设计以及建大降噪专利节距排列组合。

该轮胎首先提供43个规格,断面高宽比为50~70,轮辋直径为330~457 mm(13~18英寸),最初只有H速度级,计划在2019年第1季度上市。该产品在2018 SEMA(特种设备市场协会)展上作为新产品展出。

(吴秀兰摘译 赵 敏校)