

低温一次法炼胶工艺的研究开发和应用进展

严 亮¹, 田军涛², 赵 敏², 吴秀兰²

(1. 北京市7220信箱, 北京 100072; 2. 北京橡胶工业研究设计院有限公司, 北京 100143)

摘要: 简述国外新型连续混炼工艺, 重点总结和介绍国内低温一次法炼胶工艺的研究开发和应用进展。低温一次法炼胶工艺是将传统的多段混炼改为一次混炼, 即胶料通过密炼机高温密炼后, 先经过第一台开炼机进行冷却, 然后通过中央输送系统对称地分配到周围多台开炼机进行连续低温混炼, 直接得到终炼胶, 整个过程强化了下辅机的混炼作用, 且全过程实现自动化控制, 取消了胶料中间传递和反复升降温过程, 从而大幅度减少占用场地, 降低能耗, 缩短混炼时间。橡胶混炼技术未来的发展方向是利用物联网设计理念和可视化监控方式、高度集成成套智能装备的智能化炼胶车间总体设计。

关键词: 低温一次法炼胶工艺; 橡胶; 轮胎; 节能; 自动化

中图分类号: TQ330.6⁺3; TQ330.4⁺3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2018)07-0000-04

轮胎是一个国家的重要战略物资, 轮胎产品所用橡胶约占橡胶总需求量的60%。我国是世界轮胎生产第一大国, 在目前异常严峻的国际经济和技术壁垒形势下, 提高我国轮胎工业的总体技术水平已成为行业可持续发展和实现制造业强国的战略问题。

2014年年底朗盛公司与中国汽车技术研究中心联合完成的《中国绿色轮胎发展研究报告》显示, 在国外政策倒逼出口轮胎升级、国内政策淘汰落后产能、消费者接受程度越来越高的大环境下, 到2020年, 绿色轮胎产量将超过全国轮胎总量的60%^[1], 而这一数字在2010年仅约为2%。国内外综合因素倒逼轮胎产品技术升级换代, 我国轮胎企业加速提高绿色轮胎的研发能力已经成为行业共识, 发展绿色轮胎是我国轮胎工业的必由之路。绿色轮胎除具有低滚动阻力等性能及所用原材料符合环保要求外, 还要求生产过程节能和环保^[2]。炼胶是轮胎生产过程中能耗最大的一道工序, 约占轮胎生产总能耗的40%。三角集团有限公司、软控股份有限公司、益阳橡塑机械集团有限公司、特拓(青岛)轮胎技术有限公司和广州华工百川科技股份有限公司等企业开发的低温一次法炼

胶工艺实现吨胶耗电降低20%左右、生产效率提高200%以上, 为我国轮胎工业节能减排带来革命性的技术突破^[3], 契合了绿色轮胎的发展趋势。

本文简述国外新型连续混炼工艺, 重点介绍国内低温一次法炼胶工艺的研究开发和应用情况。

1 国外新型连续混炼工艺简介

自2000年以来, 世界著名轮胎公司对轮胎制造工艺的研究重心已从传统生产工艺改进转向自动化生产系统的研发, 具有代表性的有大陆公司的MMP技术、固特异公司的IMPACT技术、普利司通公司的ACTAS技术、倍耐力公司的MIRS技术和米其林公司的C3M技术等^[4]。

倍耐力公司于2002年推出了MIRS技术, 其子技术低温连续混炼系统主要由两台双螺杆挤出机组成, 第1台的主要作用是混炼, 第2台用于加硫化体系并完成混炼^[5]。

炼胶工序是轮胎制造的首道工序, 也是制造流程中最复杂和关键的工序, 而炼胶质量直接决定轮胎产品的质量。传统胶料混炼工艺基本都采用密炼机进行多段高温混炼, 每段混炼均需经过高温密炼、出片冷却和停放等步骤, 整个混炼过程包含多次高温加热和冷却过程, 约40%的能量用于反复加热和冷却, 能耗大、效率低、周期长、占

作者简介: 严亮(1982—), 男, 山西万荣人, 92228部队工程师, 硕士, 主要从事后勤保障工作。

E-mail: 1480144439@qq.com

地面积大,提高了生产成本,降低了产品的综合竞争力。

密炼机多段混炼主要用于断裂橡胶分子链,以高温氧化裂解为主、机械剪切为辅。低温一次法炼胶工艺采用密炼机进行一段混炼,然后在开炼机上加硫化体系,这种混炼方法大大加强了对胶料的机械剪切,同时弱化了高温氧化裂解的作用。

随着汽车工业和公路交通运输事业的快速发展,对轮胎生产新技术的应用和发展提出了很高的要求。为了进一步改进炼胶质量,克服高用量白炭黑炼胶和混炼胶温度高易产生凝胶的技术难题,世界各大轮胎公司纷纷不断研究和开发一次法炼胶技术。其中米其林公司开发的一次法炼胶系统(One Step Mix System,OMS)成功实现了低温连续混炼,2013年年初开工的米其林沈阳轮胎有限公司新工厂即采用一次法低温连续混炼工艺^[6]。

2 国内低温一次法炼胶工艺的研究开发和应用

绿色轮胎的低滚动阻力要求大量使用白炭黑,但采用传统混炼方式进行大用量白炭黑混炼比较困难,因此必须对混炼工艺进行创新。国内开发的低温一次法炼胶工艺是将传统的多段混炼改为一次混炼,即胶料通过密炼机高温混炼后,先经过第1台开炼机进行冷却,然后通过中央输送系统对称地分配到周围多台开炼机上进行连续低温混炼,直接得到终炼胶,混炼过程强化了下辅机的作用,且实现了全过程自动化控制。该工艺减少了胶料中间传递环节,可节约占地一半以上;混炼周期由原来的12 h缩短为30 min;由于只有一次升温过程,胶料在低温下混炼,吨胶耗电降低20%左右^[7]。

大连橡胶塑料机械股份有限公司为了满足用户的生产要求,制造了辊筒最高线速度达 $70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ 的开炼机,为一次法炼胶工艺的高速、高效炼胶提供了有力的支撑。石繁章等^[8]研究了开炼机在低温一次法炼胶系统中的应用及配置,其主要结构和技术参数为:辊筒线速度 $\leq 70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$;前后辊筒速比 $\leq 1 : 1.15$;主电机变频电机;辊筒调距方式 液压(可负载调距);辊筒结构 钻孔;冷却方法 辊筒内部注冷却水且

在辅机中增设冷却鼓;辅机 导胶装置、冷却鼓和循环输送带等。

益阳橡胶塑料机械集团有限公司在一次法炼胶设备技术上有所突破,开发出国内首套串联式密炼机新产品,该系统由GE320E和GE590T两台密炼机串联而成,可提高生产效率50%,并可改善胶料的分散性和均匀性^[5]。随着工业4.0的发展和要求的提高,传统橡胶制品行业面临淘汰落后产能、升级换代生产装备的迫切需求^[9]。益阳橡胶塑料机械集团有限公司实施蓝海战略,将在轮胎行业已成熟应用的一次法炼胶技术装备通过创新而推广到橡胶制品行业^[10]。2018年4月25日,法国米其林公司全球采购经理部就设备采购事宜到益阳橡胶塑料机械集团有限公司考察,对该公司近年来研发的串联式密炼机及一次法炼胶装备的整体解决方案产生了浓厚兴趣^[11]。

李汉青等^[12]开发了包括一次法炼胶技术在内的蓝色轮胎生产技术,它集成了绿色轮胎生产技术的成果并有创新和升级,给轮胎生产尤其是炼胶工艺带来深刻的技术变革,将提高生产企业的质量管理水平,为规模化高性能轮胎生产打下基础。

低温一次法混炼技术一直在不断发展中。孟庆旭等^[13]采用ME系列变频器配合低温一次法炼胶系统控制,提高了生产的自动化水平和效率。

低温一次法炼胶技术现已发展至第3代^[14]。2016年3月通过新技术与应用科技成果鉴定的炼胶4.0新技术即第3代一次法炼胶系统,首次解决了终炼胶无法低温过滤的技术难题,完全实现了炼胶过程的自动化无缝衔接^[15]。

从2010年开始,国内各大轮胎生产企业纷纷开发和应用低温一次法炼胶工艺和装备。

贵州轮胎股份有限公司在2010年即投资2 600万元上了两条低温混炼工艺生产线,并于2011年3月投产,喂料、混炼和排胶等生产过程一次连续完成,实现全自动化控制。2012年5月,该公司第3条低温一次法炼胶工艺生产线开始运行^[16]。

双星东风轮胎公司的一次法炼胶生产线于2012年5月正式投产。这是其自行设计、研发和生产的生产线,标志着其核心技术实现了突破和跨越^[17]。

特拓(青岛)轮胎技术有限公司与山东八一轮胎制造有限公司合作开发的370型低温一次法炼胶系统于2015年4月实现设备全线贯通^[18]。该系统采用370型密炼机和760型开炼机,炼胶日产能平均可达120 t,其开炼机刮、捣胶装置及整线控制能力等较以前的270型系统有全面升级提高。

轮胎生产企业在推广应用低温一次法混炼工艺的过程中,也在始终关注和研究其对胶料混炼和轮胎产品质量的影响。

崔大杰等^[19]对比研究采用传统混炼工艺和低温一次法混炼工艺的天然橡胶/顺丁橡胶并用胶的性能,并运用壳层滑动模型进行原因分析,发现采用一次法混炼工艺的胶料炭黑分散性好,硫黄和促进剂分布均匀,滞后损失小。

李再琴等^[20]采用胎面胶配方对高结构炭黑N134进行大料对比试验,结果表明,相对传统多段炼胶工艺,采用一次法炼胶工艺的混炼胶的流动性和物理性能更好,生产效率提高,低温一次法炼胶工艺的优势明显。

李民军等^[21]研究发现,随着胎面胶配方中白炭黑用量的增大,采用传统混炼工艺混炼比较困难,终炼胶中炭黑和白炭黑的分散性较差,而采用一次法炼胶工艺可以提高对胶料的机械剪切效率,使填料和其他各种配合剂分散更均匀,有效避免混炼过程中产生凝胶,胶料粘度降幅减小,解决了挤出和成型等后续加工不便的问题,提高了填料的补强作用,提升了轮胎的使用性能。李民军等^[22]研究还发现,一次法混炼工艺通过开炼机低温长时间混炼可提高胎面胶中固体环保油的分散性,改善胶料的均匀性和稳定性,提高定伸应力等物理性能。

赵富强等^[23]研究发现,与传统混炼工艺相比,采用一次法混炼工艺生产的胎面胶的填料分散性较好,拉伸强度等物理性能较高,耐磨性能得到明显改善。

王中江等^[24]研究一次法混炼工艺对半钢子午线轮胎胎面气孔率的影响,结果表明,与传统胎面胶四段混炼工艺相比,采用一次法混炼工艺生产的胎面胶的炭黑分散性较高,胶料的流动性和物理性能得到改善,降低了挤出胎面的气孔率,大大提高了成品轮胎的胎面稳定性、外观质量和耐磨

性能。

3 低温一次法炼胶工艺配套辅助技术的发展

实现低温连续混炼工艺,各种原材料必须是流动性好的颗粒或粉末状物料。为便于轮胎厂采用低温混炼技术,天津赛象科技股份有限公司开发出胶块粉碎处理装置。该装置粉碎处理橡胶的生产能力为 $8 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$,粉碎粒度为40~80 mm,可配合密炼机连续工作。采用该装置可取消橡胶保温室,降低能耗,提高混炼胶的均匀性和生产自动化水平^[5]。

为适应低温连续混炼技术,助剂生产企业积极开发造粒产品,如包覆性硫黄等。橡胶助剂造粒既可解决粉尘环境污染问题,又可提高物料称量的准确性,缩短混炼时间,降低能耗。橡胶助剂造粒方法包括湿法、干法、充油、熔融和预分散等,特别值得关注的是采用高聚物作载体的预分散造粒技术,它将成为我国橡胶助剂剂型改造的主要发展方向和加大产品出口的重要途径。载体预分散包覆造粒是以聚合物为载体,将助剂微粒均匀地预分散其中,使微粒表面形成载体包覆层,然后挤出、切粒。载体也可选用石蜡和硬脂酸类物质。该方法适用于大多数促进剂及炭黑、碳酸钙和白炭黑等填料,产品无尘及二次粉化,可以颜色区分品种,避免使用差错,提高助剂的活化和偶联效能,对橡胶母体有分散和亲和作用^[25]。

目前,硫黄仍是主要的橡胶硫化剂,为防止其喷霜,可采用不溶性硫黄或普通硫黄表面覆膜。不溶性硫黄是子午线轮胎必需的硫化剂,但传统生产方法能耗大,设备腐蚀严重,且易燃易爆^[26]。因此,岳敏等^[27]采用包覆剂通过溶胶-凝胶法包覆普通硫黄制备微胶囊硫黄产品。研究发现,包覆硫黄的粒径较大,高温热稳定性较好,胶料的物理性能与普通硫黄和不溶性硫黄胶料相当或较优,成本降低。随着人们环保意识的不断提高,微胶囊硫黄产品必将替代传统不溶性硫黄。

4 结语

智能化炼胶车间总体设计是橡胶混炼技术发展的方向。智能化炼胶车间利用物联网设计理念和可视化监控方式,高度集成成套智能装备,从原

料输送、配料、生胶处理、一次炼胶到气、水等净化处理,总体设计,连续在线一次完成生产,大幅度提高胶料混炼质量和效率,并且大量减少能耗和人员。

参考文献:

- [1] 黄丽萍. 绿色轮胎——中国轮胎发展趋势[J]. 橡胶工业, 2015, 62(2): 115.
- [2] 赵敏, 吴秀兰. 环保油在国内绿色轮胎中的应用研究进展[J]. 轮胎工业, 2015, 35(8): 451-454.
- [3] 杨宏辉. 低温一次法炼胶实现低碳技术重大突破[J]. <http://news.cria.org.cn/2/2900.html>. 2011-06-29.
- [4] 吴畏, 伍先安, 杨卫民, 等. 轮胎硫化设备及工艺研究进展[J]. 橡胶工业, 2018, 65(6): 711-716.
- [5] 范宇光. 简论低温连续混炼技术与设备[J]. 橡塑技术与装备, 2012, 38(11): 29-32.
- [6] 杨宏辉. 米其林在华最大投资项目沈阳新工厂投产[J]. <http://news.cria.org.cn/6/12684.html>. 2013-01-27.
- [7] 单国玲, 刘谦. 开炼式连续自动低温炼胶工艺技术开发与应用[J]. 轮胎工业, 2011, 36(1): 41-45.
- [8] 石繁章, 李元凯, 赵树奇, 等. 开炼机在低温一次法炼胶系统中的应用及配置特点[J]. 橡塑技术与装备, 2012, 38(9): 2528.
- [9] 李中宏. 益橡机开展一次法炼胶生产线技术交流[J]. 中国橡胶, 2016, 32(24): 11.
- [10] 李中宏. 益阳橡机一步式智能炼胶生产线签新订单[J]. 橡胶科技, 2018, 16(2): 34.
- [11] 佚名. 米其林全球采购经理来益阳橡机考察[OL]. <http://www.chinamixing.com/yyxj/xwymt/hhxw/webinfo/2018/04/1523351357696427.htm>. 2018-04-27.
- [12] 李汉青, 李红卫. 轮胎工业中的蓝色生产技术——一次法炼胶技术和胶料检测控制技术[J]. 轮胎工业, 2015, 35(1): 3-11.
- [13] 孟庆旭, 丁亮亮. ME系列变频器在低温一次法炼胶系统中的应用[J]. 橡塑技术与装备, 2016(23): 65-66.
- [14] 杜云峰. 低温一次法炼胶技术浅释[J]. 橡塑技术与装备, 2016(1): 51-58.
- [15] 李晓岩, 张欢. 第三代一次法炼胶系统通过鉴定[OL]. <http://www.ccin.com.cn/ccin/news/2016/03/09/330694.shtml>. 2016-03-09.
- [16] 佚名. 贵轮多举措实施轮胎绿色发展[OL]. <http://news.tireb2b.com/20120724/2299915.html>. 2012-07-24.
- [17] 王开良. 一次法炼胶生产线在双星东风投产[J]. 中国橡胶, 2012(11): 41.
- [18] 边祥忠. 八一轮胎公司SSM系统(370型)实现全线贯通[J]. 橡塑技术与装备, 2015(12): 62-62.
- [19] 崔大杰, 胡善军, 马浩. 低温一次法混炼和传统混炼工艺的对比[J]. 轮胎工业, 2014, 34(8): 29-32.
- [20] 李再琴, 刘强, 马三妮, 等. 低温一次法炼胶工艺与传统法炼胶工艺在高结构炭黑配方中的应用[J]. 轮胎工业, 2018, 38(1): 52-54.
- [21] 李民军, 郑涛. SSM法和传统炼胶工艺生产的胎面胶料性能对比[J]. 世界橡胶工业, 2016, 43(5): 5-8.
- [22] 李民军, 郑涛. 固体环保油SG-100在SSM炼胶新工艺中的研究和应用[J]. 世界橡胶工业, 2016, 43(5): 12-14.
- [23] 赵富强, 郑涛, 李民军, 等. 不同炼胶工艺对胎面胶磨耗性能的影响[J]. 世界橡胶工业, 2017(11): 45-48.
- [24] 王中江, 郑涛, 李民军, 等. SSM一次法炼胶工艺对胎面气孔率的影响[J]. 轮胎工业, 2017, 37(1): 40-43.
- [25] 周莹. 橡胶助剂的主要分类、应用以及发展方向[J]. https://www.xianjichina.com/news/details_57347.html. 2017-12-07.
- [26] 李和平, 岳敏. 不溶性硫黄的研究现状及微胶囊硫黄的研究构想[J]. 橡胶工业, 2008, 55(1): 59-63.
- [27] 岳敏, 李和平. 表面包覆微胶囊硫黄的制备及其应用研究[J]. 橡胶工业, 2008, 55(11): 669-675.

收稿日期: 2018-06-30

R&D and Application Progress on Low Temperature One-step Mixing Process YAN Liang, TIAN Juntao, ZHAO Min, WU Xiulan