

国内全钢载重子午线轮胎制造工艺简述

井同印¹, 惠炳国², 孙国杰¹, 乔显鹏¹

(1. 青岛黄海橡胶有限公司, 山东 青岛 266111; 2. 山东国鹏橡胶有限公司, 山东 寿光 262700)

摘要:介绍国内全钢载重子午线轮胎制造工艺现状, 包括混炼、半成品部件挤出、成型和硫化等。密炼机朝着容量更大、转速更高的方向发展, 低温一次法炼胶工艺可以降低能耗、提高效率; 三鼓成型机已经取代两鼓成型机得到广泛应用; 高温热水变温硫化、直接蒸汽硫化和氮气硫化等硫化新工艺得到应用。新工艺和新设备的应用会提高产品质量和生产效率, 降低生产成本, 缩小国内外产品质量差距。

关键词:全钢载重子午线轮胎; 工艺; 混炼; 成型; 硫化

中图分类号:U463.341⁺.3/.6; TQ330.6 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2014)02-0067-04

近年来, 随着高速公路的普及, 国内全钢载重子午线轮胎中无内胎轮胎比例逐步增大, 对全钢载重子午线轮胎的均匀性、动平衡性和安全性提出了越来越高的要求。国内许多大轮胎企业更加深刻地认识到先进的轮胎生产工艺和设备是生产优质高性能轮胎的基础, 是保证能够严格按照各项技术标准要求进行生产的关键, 对企业的生产效率、产品质量和生产成本具有重要作用, 在相当程度上决定着一个企业能否在激烈的市场竞争中立于不败之地, 因此纷纷不惜花费巨资进行各种新工艺、新设备的研究和应用。

本文简述国内全钢载重子午线轮胎的制造工艺状况。

1 混炼

目前各轮胎企业一段和二段母炼胶广泛使用 GK255N/F270 型和 GK400N/F370 型密炼机, 转子速度为 $6 \sim 60 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 终炼胶普遍使用 GK255N/F270 型密炼机, 转子转速为 $4 \sim 40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$; 大多采用直流无级变速, 转子主要为四棱 ZZ2 和四棱高效剪切型, 压砣为液压式, 压力一般在 0.5 MPa 以上, 可以无级调压。

混炼周期的控制主要有时间、温度和能量等方法, 大部分轮胎企业采用以温度为主、辅助参考

时间的方法。尽管能量-时间(温度)控制方法有助于提高批料间的均匀性, 但只有少数轮胎企业采用, 主要原因是天然橡胶(NR)货源不稳定, 质量波动性大时采用能量-时间控制方法效果较差。

母炼胶混炼转子转速一般在 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 以上, 终炼胶一般为 $20 \sim 30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 大部分轮胎企业采取固定转速, 但也有部分轮胎企业充分利用密炼机可以无级变速的特点, 在母炼时根据各步的混炼特点采取不同的混炼速度, 即变速混炼, 不仅能够有效控制胶料温度的上升和胶料质量, 而且可以提高混炼效率, 降低能耗。

当前, 密炼机朝着容量更大、转速更高的方向发展。据悉, 目前世界上最大容量的密炼机为 1 000 L, 而国内最近几年也在大力开发高容量密炼机, 如益阳橡胶塑料机械集团有限公司已经开发成功混炼室总容量为 580 L 的 GE580 啮合型密炼机, 并且已经完成更高容量的 GE650 型密炼机的全套设计; 大连橡胶塑料机械股份有限公司生产的 XM650 型密炼机已经在山东玲珑橡胶有限公司投入使用。密炼机的转子结构形式不断丰富, 从二棱、四棱到六棱, 而且具有啮合型和剪切型等形式。

为了降低能耗, 提高混炼效率, 国内一些设备厂家与轮胎企业联合开发了低温一次法炼胶工艺, 并在三角轮胎股份有限公司和贵州轮胎股份有限公司等得到推广使用, 而且取得了比较好的

作者简介:井同印(1977—), 男, 山东梁山人, 青岛黄海橡胶有限公司工程师, 学士, 主要从事橡胶轮胎工艺管理和配方设计等工作。

效果。低温一次法炼胶工艺是将传统的多段混炼改为一次混炼,即橡胶、炭黑、防老剂、软化剂和硫化活性剂等通过密炼机高温密炼制成母炼胶,经过1台开炼机下片进行冷却后,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长时间低温混炼,直接得到终炼胶。低温一次法炼胶工艺实际上是现代化的大容量高速密炼机和开炼机的优化结合。该工艺创新之处在于通过配备6~8台开炼机,延长胶料在开炼机上的混炼时间,弥补开炼机剪切作用小、混炼效率低的缺点,保证配合剂在胶料中均匀分散。此外,由于开炼机属于开放式结构而且剪切作用弱,配合剂加入时容易洒落,混入胶料中的速度慢,因此低温一次法终炼用配合剂需要采用预分散母炼胶。

低温一次法炼胶工艺整个过程强化了下辅机的混炼作用,全过程实现自动控制。该工艺减少了胶料中间传递环节,减少了大量一段和二段混炼胶停放需要占用的场地,能够大幅缩短原材料制成混炼胶的时间,减少企业原材料的成本占用。由于只有一次升温过程,胶料混炼在低温下完成,因此该工艺吨胶耗电能够有效降低,工艺自动化程度高,可以节约人力成本。此外,低温一次法炼胶虽然减少了混炼次数,但由于延长了低温下在开炼机上的混炼时间,胶料实际混炼时间并没有缩短,甚至延长,因此炭黑等配合剂的分散均匀性提高,从而使胶料的物理性能、炭黑分散性能和动态力学性能等提高。

全钢载重子午线轮胎胎面胶、胎圈耐磨胶、下三角胶、带束层胶和胎体帘布胶等NR用量高,炭黑填充量大,软化油用量小,胶料加工性能差,混炼难度大,通过密炼机一段混炼后混炼胶门尼粘度可能相对较高,若采用低温一次法炼胶工艺,胶料门尼粘度可能难以达到下道工序使用要求,因此需要适当降低密炼机转速,延长胶料在密炼机内的混炼时间。

2 半成品制造工艺

2.1 胎面等半成品挤出

全钢载重子午线轮胎半成品挤出主要指利用双复合、三复合挤出机挤出胎面、胎侧、胎肩垫胶等,一般采用冷喂料和热喂料相结合的方式。

传统的热喂料方式基本都是通过开炼机进行热炼后供胶给热喂料挤出机。三复合胎面生产线一般配备3~4台开炼机,而复合三角胶的上三角胶以及复合胎侧的胎侧胶一般使用1台开炼机热炼后直接投送到热喂料挤出机。

新建全钢载重子午线轮胎生产线热喂料方式有很大改变,如三复合挤出生产线有的粗炼采用销钉式冷喂料挤出机实现,机头为敞开式则挤出块状胶,机头配备大口型则挤出连续长条形胶,然后经过开炼机进一步细炼后供胶。有的轮胎企业是1台挤出机配备2台开炼机,有的轮胎企业是2台挤出机配1台开炼机。热喂料采用冷喂料挤出机进行粗炼,不仅可以减少人员配备,降低人力成本,而且可以降低电力消耗,节省能源。

采用双复合、三复合挤出机生产胎肩垫胶时只利用1台挤出机,另1台挤出机处于空闲状态,存在设备资源浪费现象,为此出现了专用于胎肩垫胶生产的垫胶挤出生产线,小规格垫胶可以同时挤出4条,大规格垫胶同时挤出2条,生产速度快,生产效率高;同时将水浸冷却方式改为水淋冷却方式,生产线长度缩短。

传统的双复合、三复合生产线,胎面、胎侧、垫胶和三角胶一般都是根据技术要求自动定长裁断,人工接取摆放于百叶车上存放,这种生产方式存在着部件长度均一性差、成型时变形大的缺点,对成品轮胎质量稳定性、动平衡性和均匀性会产生不利影响。成型接头时有的半成品因为粘性下降需要涂刷胶浆或汽油,影响接头质量。工字轮连续卷取方式可以有效解决这些弊端,新建的全钢载重子午线轮胎生产线,胎侧和垫胶生产已大多采取卷取方式。由于采用工字轮卷取胎面存在着冠部胎面长度和厚度大、卷取数量少、弹性高、不宜弯曲等问题,因此胎面生产采取卷取方式的相对较少。工字轮卷取的优点是半成品长度稳定性提高,断面新鲜、粘性好,有利于改善接头质量,提高成品轮胎质量稳定性、动平衡性和均匀性;缺点是料头、料尾数量增多,导致返回料增加。

2.2 钢丝和纤维帘布压延工艺

钢丝和纤维帘布压延是钢丝和纤维帘布经过四辊钢丝或纤维压延机进行覆胶。一般采用热喂料方式,传统热喂料方式为采用4台开炼机热炼。

目前许多轮胎企业已经采用销钉式冷喂料挤出机和开炼机相结合的热炼方式,挤出机和开炼机台数各不相同。

意大利科美利奥埃科利公司和日本神钢公司占据了国内钢丝帘布压延机的大部分份额,意大利鲁道夫公司和大连橡胶塑料机械股份有限公司生产的钢丝压延机在一些轮胎企业也有使用。

对于全钢载重子午线轮胎,纤维帘布用量极少,如果分别配备钢丝帘布和纤维帘布压延机,纤维帘布压延机利用率将会很低,存在设备浪费现象;而钢丝和纤维帘布两用压延机可以在同一条生产线上分别生产钢丝帘布和纤维帘布,从而有效消除设备浪费现象。

2.3 内衬层和薄胶片生产工艺

传统的内衬层和薄胶片采用内衬层(薄胶片)挤出压延冷贴生产线制造。内衬层是先挤出其过渡层胶片,然后在生产内衬层时贴合过渡层胶片,存在生产效率低,冷热胶片贴合时因温差大易出现层间泡、贴合不实等问题。此外,采用内衬层(薄胶片)挤出压延冷贴生产线生产薄胶片时还存在生产线长,浪费设备资源的现象。

近年来,挤出压延法内衬层热贴生产线的应用逐渐普及,其工艺特点是 2 台各自配有宽幅机头并配备两辊压延机的销钉式冷喂料挤出机分别生产内衬层和过渡层胶片,同步热贴合制成内衬层,优点是内衬层和过渡层胶片同步热贴,复合胶片间无气泡,气密性和致密度提高,且不需要二次贴合,生产效率提高。由于该内衬层生产技术属于热贴合,胶片厚度较大,因此需要加大冷却力度。冷却方式有鼓冷和风冷 2 种,采用鼓冷方式时冷却鼓数量需要增加,风冷是创新性的利用空调冷风进行冷却的一种方式。鼓冷投资小,运行成本低,工艺简单,但是由于内衬层厚度大,上下表面冷却速度差别大,容易导致胶片间收缩不均匀,胶片表面容易污染;风冷投资大,运行成本高,工艺复杂,但有利于内衬层均匀冷却,胶料间收缩一致,且表面不易污染。

目前,大部分轮胎企业已基本全部采用专用的薄胶片生产线生产薄胶片。该生产线工艺流程和内衬层(薄胶片)冷贴生产线类似,不同之处在于没有胶片导开及贴合装置,冷却后直接卷取,具

有流程简单、生产线紧凑、生产效率高的特点。

国外在 20 世纪 50 年代末就开始了核辐射预硫化技术在轮胎生产中的应用研究,并在 80 至 90 年代开始大量应用。近年来,国内一些轮胎企业也开始了核辐射预硫化技术的应用研究,目前主要是在内衬层制造时对内衬层进行辐射预硫化。内衬层核辐射预硫化一般仅对内衬层进行辐射,高能射线粒子激活橡胶分子,产生自由基,使橡胶大分子交联形成三维网状结构,可以有效提高胶料强度,减少半成品在成型和硫化过程中的变形,轮胎高速性能优势明显;同时,可以减小内衬层的厚度,降低原材料成本,降低轮胎在行驶过程中的生热,提高轮胎的散热能力,增强轮胎的行驶安全性和可靠性。辐射后的胶料由于具有了三维网络结构,因此不合格品中受辐射的内衬层不能正常掺用于生产进行回收利用。

2.4 钢丝圈缠绕成型及三角胶敷贴

轮胎企业所用的钢丝圈成型设备主要是单工位或双工位六角形钢丝圈挤出缠绕生产线,相对于单工位,双工位生产线可以提高生产效率 70% 以上。四工位和六工位钢丝圈挤出缠绕生产线能够进一步提高生产效率,四工位钢丝圈挤出缠绕生产线已在许多轮胎企业得到应用,六工位钢丝圈挤出缠绕生产线目前实际应用较少。

大部分轮胎企业采用三角胶敷贴机进行三角胶和钢丝圈的贴合,属于冷贴合。由于下三角胶通常炭黑用量大,加之贴合时三角胶温度低,三角胶相对较硬,粘性差,因此敷贴之前一般需要涂刷胶浆以增加表面粘性,贴合质量稳定性差。最新的三角胶热敷贴技术可有效解决三角胶冷贴合存在的问题,主要工艺过程是三角胶挤出后自动定长裁断,然后自动敷贴在钢丝圈上。三角胶热敷贴技术不仅能够提高三角胶敷贴质量,而且简化了工艺流程,节省了半成品周转时间和人力资源。

2.5 钢丝帘布裁断

钢丝帘布裁断机主要是小角度钢丝帘布裁断机和 90°直裁机 2 种,前者主要用于裁断带束层帘布和胎圈包布,后者主要用来裁断胎体帘布。

近年来,一种实时钢丝帘线质量检查系统在裁断机上得到使用。该系统利用具有磁性探测功能的探头探测钢丝帘布中钢丝帘线的分布情况,

探测信号自动反馈给信号收集器,如果钢丝帘线分布和排列出现异常,则及时标记缺陷区域并报警,从而及时发现钢丝帘线中的质量缺陷,降低因钢丝帘线质量问题而产生的废次品的数量,起到提升成品轮胎质量和降低成本的作用。探头通常安装在裁断机接头后的输送带下方,由于探测区域有一定范围,因此一般需要数个探头。

3 成型

三鼓成型机由于生产效率高,制造的轮胎动平衡性和均匀性好,已取代两鼓成型机得到广泛使用。新建全钢载重子午线轮胎生产线两鼓成型机仍有少量使用,主要用于小规格胎坯的成型。由于机械式成型鼓比胶囊式成型鼓反包速度快,不需定期更换,因此更多的轮胎企业倾向于使用机械式成型鼓。四鼓成型机作为最新式的机型,带有2个成型鼓,具有更高的自动化水平和成型效率,成型质量更好,但是由于其价格昂贵,因此目前只有少数轮胎企业使用。

4 硫化

近年来一些新型硫化机和硫化新工艺,如高温热水变温硫化、直接蒸汽硫化和氮气硫化等得到应用。目前氮气硫化工艺在半钢轿车子午线轮胎中已经逐渐普及,在全钢子午线轮胎中应用开始逐步扩大。

国内全钢载重子午线轮胎使用的硫化机按机械方式通常分为B型双模定型垂直翻转式硫化机和平移式硫化机,但后者用量较少,仍处于试验推广阶段。垂直翻转式硫化机存在合模时上下模具同轴度差缺陷,容易导致模具出现受力不均、易损坏问题,降低模具的使用寿命和精度,同时会影响成品轮胎质量,轮胎均匀性难以保证。垂直平移式硫化机的上模在合模、开模时都是水平、上下移动状态,不存在弧形翻转的动作,上下模具的同轴度高,重复精度高,对模具损害性小,而且可以提高成品轮胎质量,提高轮胎均匀性。垂直平移式硫化机有机械式和液压式两种,液压式硫化机相对于机械式硫化机具有合模力作用下机架变形小,各动作运行快速平稳,机器精度高,上下模受力匀称,机器的左右机架可以独立工作,能够降低

运转成本,增加设备利用率,以及提高成品轮胎硫化质量的优点。

采用蒸汽加热的硫化机从形式上可分为蒸锅式和热板式两种,蒸锅式硫化机在20世纪被大多数轮胎企业所采用,进入21世纪后,新投产或新扩产的轮胎企业都倾向于采用热板式硫化机,原因是热板式硫化机是蒸汽在热板、活络模套的蒸汽管路内循环,蒸汽不直接充入硫化锅,不存在蒸锅式硫化机蒸汽泄漏的问题。

大多数轮胎企业采用的硫化工艺仍旧是过热水硫化工艺,优点是内压较高,介质性质稳定,生产的轮胎质量较好,外观合格率较高,缺点是蒸汽用量大、能耗高、硫化时间长、生产效率低。

高温热水变温硫化工艺主要是提高充入胶囊的蒸汽压力,硫化起始温度提高,在硫化进行一定时间后,停止热水的循环,保压状态下利用胶囊内过热水余热硫化至结束。高温热水变温硫化可以大量节约过热水循环时间,减少热水循环中的热量消耗,起到节能的目的。

直接蒸汽介质硫化工艺优点是硫化效率提高,但对轮胎生产工艺和装备有严格要求,由于内压较低,容易造成局部压力不足,不仅会导致钢丝带束层端点松散现象,影响轮胎的耐久和速度性能,还会造成外观合格率下降。

氮气硫化实际是氮气保压硫化,是胶囊在高温蒸汽的作用下达到190℃左右的温度后充入2.1~2.6 MPa的氮气保压至硫化结束。氮气硫化不需要过热水,压力恒定,可以大幅降低过热水能源的消耗,有利于保证硫化质量的均一性。无论是高温热水变温硫化还是氮气硫化工艺,一般外温都和过热水硫化工艺的外温一致,必要时需采取一定措施以提高胶料的抗硫化返原性。

5 结语

近年来,国内全钢载重子午线轮胎从炼胶到半成品部件、成型和硫化等整个制造过程中,各种新工艺和新设备不断涌现并逐步得到运用,整体发展趋势以提高产品质量和生产效率、降低生产成本为目的,有利地推动了我国全钢载重子午线轮胎产品整体质量的提高。