

国外橡胶机械最新进展

吴秀兰, 李 贵 君

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

摘要: 从生产装置的整体优化开始, 按照橡胶制品的基本加工工艺过程简要介绍了国外橡胶加工机械的最新发展。用布勒公司开发的“RUSIM”模拟计算机可以对一段自由可选的时段内的未来生产过程进行模拟, 从而优化整体生产装置; 利用 COMERIO ERCOLE 公司的自动混炼中心可使混炼生产实现全自动化和准连续化; 成型设备的最新发展则按挤出、压延、注射模压和轮胎成型分别加以介绍; 硫化设备介绍了橡胶制品的连续硫化生产线和 McNeil & NRM 公司的新一代 AUTOLOK 轮胎硫化机。

关键词: 橡胶机械; 自动化; 混炼; 成型; 硫化

中图分类号: T Q330.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-890X(2000)01-0046-12

橡胶机械和设备在过去 30 年中发生了很多变化。混炼工艺通过采用数字化秤和自动喂料提高了原材料称量精度; 密炼机则可以同时自动控制混炼温度和转子转速。挤出工艺从热喂料到冷喂料、从平板硫化到连续硫化、从人工裁断到自动裁断几乎都发生了很大变化。注射成型机的采用大大促进了模压成型工艺的发展。橡胶加工机械按基本加工工艺可分为 3 类: 混炼、成型和硫化。本文按橡胶制品工艺生产流程对国外橡胶机械最新进展作一介绍。

1 生产装置的整体优化

对现有生产装置进行扩建规划时, 反复不断地提出了诸如以下一类问题: 装置容量如何在何处怎样调整, 方可获得最高效率及达到将来(产品配方和生产产量)要求等。由于原材料范围广、品种多, 现今的原材料储运装置变得越来越复杂。结果用人工方法无法可靠预测将来生产过程何处再会发生瓶颈制约, 更不用说某一个装置改造后会受到何种影响。

针对这种困境, 布勒公司开发成功名为“RUSIM”的模拟计算机(见图 1)^[1]。它是分析现有的储运装置和模拟各种改造型装置在将来生产条件下运行效果的一种独一无二的工

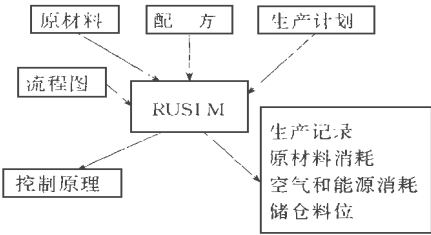


图 1 RUSIM 概念

具。该软件程序可对一装置作快速和有效地模块化设计并制定产品配方和生产计划。因此, 可以对一个自由可选的时段内的未来生产过程进行模拟。这使装置操作者能配置并预试其装置, 以使其能最完美地满足将来需要。

2 混炼

2.1 开炼机

COMERIO ERCOLE 公司是世界著名的最具资历的通用以及轮胎、特殊产品和输送带行业专用橡胶混炼和压延成套设备和单机制造厂家之一。该公司的现代化开炼机采用个人计算机控制、速度/速比可调及配方自动控制等技术对策, 因而备受用户欢迎。该公司在这一领域里经过两年的开发, 现已生产出一套自动混炼中心样机^[2], 目前正在对范围广泛的混炼胶进行一系列生产试验。

该项研究旨在开发一台能在所有混炼阶段全独立、全自动运行操作的装置。既然所有作

作者简介: 吴秀兰(1966-)女, 山东龙口人, 北京橡胶工业研究设计院工程师, 本刊编辑部编辑。

业均在控制之中并均由机械设备自身完成,这就意味着混炼胶质量的重现性,即所有批料均能准确无误地受到同样的功(薄通次数、加工种类、不同阶段在辊筒上的位置和同样的翻炼过程等方面都一样)。这种重现性非常重要,因为特别是按 ISO 9001 和 9002 质量认证条件工作时,它非常容易证明混炼胶的质量。全自动混炼中心的主要特点如图 2 所示。

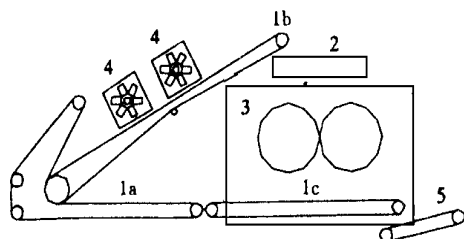


图 2 全自动混炼中心的特点

1a, 1b, 1c—冷却输送带; 2—翻胶输送带; 3—混炼开炼机;
4—冷却装置; 5—排胶输送带

从密炼机排下的混炼胶落入开炼机的两辊之间(在此阶段翻胶输送带处于全开状态)。混炼胶在落入辊筒下面的冷却输送带(1c)之前,先在开炼机的辊筒之间出片。混炼胶送到另两条冷却输送带(1a 和 1b)上,在移动中受风机吹风而得以冷却,然后再送回操作辊,继续混炼周期。输送带的长度设计得足以容纳环形胶片。在这一阶段,环形胶片宽度最大,厚度为预设值。另外,速度/速比均可调,以能使混炼和分散达到最佳。

连续不断的环状混炼胶得到翻炼加工后,翻胶输送带(2)向相反方向移动,但一直保持着限制通过量的那个间距,因此对混炼胶产生均炼作用。

当预定的最佳混炼周期时间一到,就立即执行排胶作业,并使胶片达到胶片冷却装置所要求的宽度和厚度。在该自动混炼生产线上,无需裁断装置。

2.2 密炼机

(1) 控制系统

混炼过程控制系统的传统配置是用 UNIX 主计算机与密炼机控制用的实时工业 PC 机相连,然后与控制组分称量的单独 PC 机通讯联

络,并与控制混炼设备的 PLC(逻辑程序控制器)通讯联络。

这类配置广泛地应用于橡胶行业,它具有许多好处。全部元件在市场上都有,对供货厂家有广阔的选择余地,意味着公司不必受制于单个供货源。因系统本身很灵活、适应性强而被采纳,从而满足许多不同类型的橡胶公司的需要。但是用于混炼控制的程序是标准化的,可用于所有类型的橡胶生产工厂,因此提供有大量可能性,这使得使用非常复杂。因为系统控制的修改常常难以实施,所以称量需要一台单独的计算机(或者数台计算机)。使用许多不同类型的设备,意味着备品备件难以寻觅。另外更重要的是,因为使用的是单独的计算机,控制的反应时间多种多样,单独的 PC 机和 PLC 之间通讯联络不是特别快。

橡胶混炼业界著名的 Thona 公司对现有系统的优缺点加以全面衡量后研究开发出新控制系统^[3],其所选用的配置见图 3。它所选用的 PLC 网络的类型为 Allen Bradley Data Highway+(A-B DH+)。所有 PC 均采用 NOVELL SFT III(系统容错)网络。两个网络之间的通讯联络采用清晰明了的 ASCII 文件,这带来了许多好处,其中之一是它独立于 Thona 所使用的的数据管理软件。这与传统系统是完全不同的,传统系统用 UNIX 或 VAX 系统储存数据。

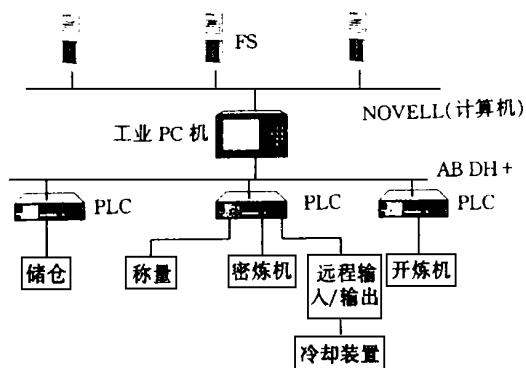


图 3 新混炼过程控制系统配置

新控制系统不仅可提高混炼过程 PLC 控制水平、混炼设备的控制水平,而且采用与任何其它软件供应厂家不同的混炼管理软件,通讯

联络可通达更低的下级。另外,还给人机工程以高优先权,即易操作。这一点是靠使用监视器在工位上来实现的,监视器具有高可视显示,使图像使用随心所欲,工况和指令纵览也一目了然。便于操作人执行任务的另一个办法是仅显示有关的信息,限制那些必定是相同的数据的量,使过程更容易跟踪。

(2)在线造粒

Thona 公司已研究开发成功在线造粒法生产线,并已安装试车投产。在橡胶行业中,用户第1次可以收到造粒混炼胶而无需自己造粒。把造粒结合至混炼胶混炼的在线造粒,长期以来就是对混炼胶生产厂家的一个挑战。造粒为储运和包装提供了便利条件,并可为制品生产厂家节省时间和费用。

Thona 一步滤胶造粒法由一步过滤造粒阶段组成,胶料经过滤胶后直接送入造粒机。它无需挤出阶段,这就避免了过度升压和生热以及随之产生的问题。其产品是直径为 8 mm 的混炼胶胶粒,它比胶片要小得多,因此冷却得更快,既节省了时间,又降低了成本,并避免了可能发生的胶料焦烧等问题。这还意味着终炼胶的滤胶不再会产生产品流变特性改变的问题。由于过程温度低和胶料冷却速度快,粘度极高和硫化速度快的胶料也可滤胶。

2.3 连续混炼设备

颗粒状或粉末状的橡胶应用于特殊场合的连续混炼设备有 FARREL 的 POM 和 MVX,行星齿轮挤出机,传递式混炼挤出机,BUSS 的 KO 混炼机,W & P 的 EVK 挤出机和 ZSK 双螺杆挤出机及其它双螺杆挤出机。

在所有这些情况中,真正的连续加工起始于挤出机,其最大的问题为:

(1)聚合物、填充物和橡胶助剂足够精确的连续配料和预混合;

(2)设备的复杂性,这指的是要着眼于投资成本,该生产线从开车到全部相关工艺参数达到稳定状态所需时间,特别对大型机器(200 mm 以上的螺杆)而言,要达到数小时。

(3)各种用途橡胶的大量不同的配方,如果要在一个配方之后混合不相容的配方,连续工

作设备的清洗要花费相当多的时间。

如果连续加工不能连续地得到所需的高质量 and 低成本,混炼系统应采用被称为 QCP 的准连续加工,如 COMERIO ERCOLE 公司的自动混炼中心。该中心整个混炼过程完全由自动电子过程控制系统控制。从机台 PLC 到主计算机的自动化控制系统,包括称量控制、密炼机控制、生产控制和附加装置控制。计算机不仅控制整个系统,而且也控制开炼机或胶料下片,控制像 RELMA(远距离激光微量分析)那样的生产线上的辅助质量控制系统。

3 成型

3.1 挤出

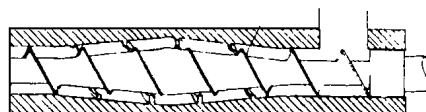
3.1.1 冷喂料挤出

在 60 和 70 年代有 2 家轮胎公司在冷喂料挤出螺杆设计方面处于领先地位。在欧洲,尤尼罗伊尔公司和 Aachen 大学的开发出现了销钉螺杆概念,倍耐力在美国开发了双螺旋螺杆,NRM(美国橡胶机器公司)对其进行了改进提高,成了阻隔螺纹设计。后者类似于 Maillefer 概念,用于塑料挤出,而贝尔斯托夫进一步开发用于橡胶挤出。后来出现很多新概念螺杆,如多节传递混炼螺杆和贝尔斯托夫的销钉转换螺杆等。

最近几年有 2 个更新的概念已为橡胶工业冷喂料挤出界所认可。第 1 个概念基于传递混炼原理(见图 4),第 2 个基于齿轮泵原理(见图 5)。

(1)基于传递混炼原理的机器

基于传递混炼原理的现代挤出机与原始的每一区段内仅使用单头或双头螺杆的传递混炼机不同的是,与多头螺杆区段相对应还设有多



— 传递段 —
—— 螺杆把材料传送到螺纹机筒
机筒螺纹把材料传送到螺杆

图 4 传递混炼机原理

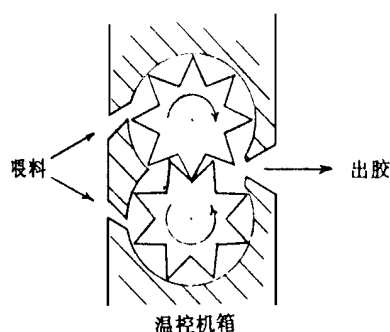


图 5 齿轮泵挤出机概念

头螺纹机筒区段。这一区段被主导开发者称之为多节传递混炼区段, 可以认为它能替代阻隔螺纹螺杆传统的阻隔螺纹区段。正如传统的阻隔螺纹螺杆的情况, 这一区段开始是一普通的喂料区段, 而后面跟随一普通计量区段。这类原始机器的开发导致喂料区段增加单个阻隔螺纹区段或增加销钉, 并在传递混炼区段内部增加阀门的设计。这类机器的一个例子是贝尔斯托夫公司的 Pinconvert 挤出机, 当然其它制造厂商也制造类似的机器。据称这类机器的优点有:

- 机座面积较小, 故工厂占地面积也小;
- 使用阀门控制橡胶塑化, 效果更好;
- 与相同直径的销钉机筒挤出机相比, 产量潜力更高, 特别是对高粘度 NR 混炼胶。

在最新开发的该机的抽真空型号上, 进入真空和计量区段的混炼胶流可以由节流阀控制, 这看来是一个重要的进步。这一进步将允许在单台机器上可挤出的混炼胶和机头设计两者的范围更大, 从而增大连续硫化线的适用性。这类机器的缺点看来与普通销钉挤出机的类似, 就是其无法完全自洁。改换混炼胶时或关机之后, 用新混炼胶清洁排除不同的余胶, 看来是明智之举。

(2) 基于齿轮泵原理的机器

齿轮泵的使用长期以来一直吸引着橡胶工业。它具有的那些常见优点是所有的齿轮泵都具有的有利的位移特性、低动力要求和向挤出胶有限的能量输入等。然而, 直到最近齿轮泵还几乎只专用于变粘度流体而不是橡胶之类的粘弹材料。已知瑞典在 80 年代早期就已经在

进行混炼胶齿轮泵挤出的研究工作, 但是广泛在广告上出现的第 1 台机器好像是德国乌茨公司设计制造的 Rollex 装置。这种想法此后被其它公司采用, 包括德国特洛伊斯特和贝尔斯托夫公司。

作为一独立的装置, 人们对它做了不同的橡胶混炼试验, 结果表明这台机器最适合于低粘度和低弹性混炼胶, 例如 EPDM、部分 CR 和部分 NBR 配方。对于弹性更高的混炼胶, 例如 NR, 似乎有必要使用一喂料螺杆加以预塑化。

齿轮挤出机联接到传统挤出机上从投资看并不经济, 但可能在挤出的均匀一致性上具备优势。这当然是在塑料工业观察得出的结论, 在那里在重要场合将齿轮泵设在传统的熔融挤出机之后已相当普遍。这样排列还可以补偿热喂料挤出机由于磨损或操作不当引起的挤出量的微小变化。

现已研究开发成功以滚柱轴承替代通常普通金属轴承为特色的齿轮泵。新设计中还包括如下细节:

- 两个转子都安排有双螺旋齿, 以使轴承无轴向负荷而只有径向负荷;
- 依靠回压压送丝杠段以及允许齿轮泵后丝杠段和滚柱轴承之间的泄漏自由排出的方法保护轴承;
- 转子轴直径和转子直径本身几乎一样, 以致转子侧边和机筒之间没有径向间隙;
- 转子以及机筒安装有旋转接头以控制温度。

类似于销钉挤出机, 使用这类挤出机在改变混炼胶时也存在潜在问题, 在这种情况下齿轮泵是不可能完全自洁的。在改变混炼胶时, 不管齿轮泵轴承是用橡胶润滑或不用橡胶润滑, 装置要加以清洁是强迫性措施。在这方面, 沿着其全长有不间断螺纹的传统挤出机螺杆最具优势。

3.1.2 异型制品的挤出和连续硫化

传统的生产过程分 3 个阶段: (1) 混炼胶在成型为所需要的异型件之前, 首先在挤出机内经塑化并且在挤出机口型内校正成型; (2) 半成品在分批(非连续)硫化罐内进行硫化; (3) 把异

型件卷绕成卷或切成最终长度。

在现代化生产线上,所有 3 个过程合并成一。连续不断的硫化作业线在紧接挤出机之后的位置,以起主导地位的超高频/热空气工作原理或盐浴加热系统进行工作,随后是冷却装置、定长裁断机和卷取机。使用同样的基本原理,中空多部件且具有复杂唇封的异型制品,有时包括断面是硬或软性海绵橡胶或嵌夹钢件或有钢丝骨架的异型件均可在当前设备上制成。产品范围从质量为 $10 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 的小型异型制品扩展到质量达 $30 \sim 35 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ 的大截面制品,例如码头用的护舷等。生产线速度取决于异型件断面大小和混炼胶的硫化特性,在 $1 \sim 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ 范围内。

(1) 排气挤出机的最新发展

在最近 20 年里,排气挤出机这项技术的发展没有出现什么突出的特色。对这类机器的标准要求,例如对挤出胶的最大塑化、无波动挤出以及混炼胶湿气和增塑剂挥发气排出等,现今已有的多数挤出机都已能做到,可是生产率都比较低。

另外,这些挤出机都受一个同样缺点的困扰:在口型回压波动情况下排气性能波动(造成产品断面波动)。这是由于在机筒排气区段螺杆物料填充程度变化而引起的挤出胶自由面变化,它直接与排气过程有关。

为弥补此缺点,迄今为止已做了许多尝试,例如另外换用低性能螺杆、正常标定螺杆和高强度螺杆等,变动需要附加费用,并且为获得均衡一致的产品质量不得不作重复投资。

在针对建筑工业以及一般工业领域加强大截面异型制品生产的背景下,直到现在挤出机的达产能力始终没有获得第一优先权,但目前其重要性正在增长。

也就是说,不必更换螺杆而能满足不同生产要求的高性能抽真空挤出机和具有断面足够大处理室的硫化系统的开发是非常必要的。尽管以前传统的异型制品生产线生产能力能达到 $100 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$,最大为 $400 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$,而现生产线生产能力都要求达到 $1500 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

这意味着排气挤出机的螺杆直径比以往任

何时候的更大。现在使用的螺杆直径是 150 和 200 mm,而以前最大直径曾经为 60, 90 和 120 mm。随同这些大螺杆的出现,研究开发成功了保证抽真空区域挤出胶自由面最大的可调断面技术设备。

为了能用于这种特殊的异型件生产,在 1993 年推出了 PinConvert(销钉转换)挤出机,此后,又进一步研究开发成功特别适合于挤出应用的机筒排气技术。

该机器转换加工段中的液压或机械操作节流阀栓可以在生产中连续进行调整。因此,该挤出机排气圆顶之前的喂料区段的螺杆每转物流进量可以得到控制。另一方面该挤出机计量段螺杆每转物流进量则仅仅与混炼胶的塑性值(粘度)和口型回压有关。用这种方式,这类挤出机在喂料段、加工段与计量段性能之间可轻易获得平衡。排气段的物料填充程度可以预设,而且用这种方式可以避免传统机器中挤出胶离开排气圆顶时发生的众所周知的问题,并且排气效果可以预先确定。

另外,异型制品的挤出也可用齿轮泵作辅助设备。

(2) 微波硫化生产线

正如通常所熟知的那样,混炼胶在加热和加压条件下使半成品从塑性可变状态转换到弹性体的硫化中,所经过的是一个不可逆转的化学过程。在传统的硫化过程中,不论是分批还是连续,输入产品的能量均要通过传导。而另一方面,微波系统却以高频磁能原理工作,通过产品内部分子之间的摩擦生热。因此微波硫化过程是随着磁能进入产品整个断面而同时进行的,故特别适合体积大的异型制品的加热。所有其它方法会发生的产品边部或表面过硫或其核心欠硫的危险,在此都可以消除。

微波硫化设备有 2 种基本类型:一是中空通道系统,在这种系统中,磁能以所谓的驻波形式存在,最大能量集中在能量输入处附近;二是共振室系统,在这种系统中形成分布的磁场,不存在局部最大和最低能量点。近些年来,中空通道系统的重要性正在减弱,这多半是因为加工室受最大断面($50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$)的限制的物

理原因,它严重地限制了可以加工的产品的范围,因为其最大能量集中引起产品过热问题。后者对有钢嵌片产品特别重要。比较起来,共振室系统更普遍适用。这是因为,一方面,在现代的系统上共振室的宽度可以为 $100\sim 700\text{ mm}$,而高度可达 200 mm ;另一方面,因为可以一个接一个地连接许多个共振室,故可逐步向异型制品输入能量,因而也允许对硫化过程进行明确无误的控制。

微波系统一般使用 6 kW 磁电管,它可以调节能量输出量,特别是近来,加工室更宽,还采用了所谓的 1.2 kW 技术。能量输出量的调节是通过这些低费用磁电管开启和关闭切换改变时间长短来进行的,例如,在 2 s 的一个周期中开启 0.2 s 关闭 1.8 s 可获得名义功率额定值的 20% 。另外,在 1.2 kW 系统内,磁电管安排在工作方向的对角位上,使能量分布最优化。

共振室本身按波长一半的等间距向工作方向倾斜定位,可以进一步提高能量分布均匀性。因为无压硫化不仅依靠交联过程的反应温度,而且依赖加工时间,故装置的微波区段后面跟着使用红外能或者瓦斯作它们热源的被称为加热室的加热区段。硫化温度通常为 $160\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对于混炼胶来说,硫化时间通常为 $1.5\sim 2.5\text{ min}$ 。因此,超高频装机功率和加热室总长度按所需要的生产速度和异型件每米质量确定。微波系统共振室功率一般在 $6\sim 24\text{ kW}$ 之间。不过,在加工大体积建筑型件的特殊场合下,总装机功率达 85 kW 。依据加热室宽度,配备 $2.5\sim 5\text{ kW}\cdot\text{m}^{-1}$ 加热功率。通常加热室长度为 $9, 12, 18$ 和 24 m ,常常好几个加热室安排成一直线,以达到所需硫化时间。为了限制装置总长度,特别当加工的异型件不是硬型件时,要使用多路加热室。

(3) 排放盐有效回收的盐浴硫化生产线

虽然以往盐浴由于环保原因被认为是一种过时的连续硫化方法,但在最近 10 年里,它们多少有了一点复兴。这是由于异型件产品的某个物理特性,比如最佳压缩变形,一直到目前为止只有过氧化物硫化的混炼胶才可能具备而且为了避免不必要的表面反应而只可在无氧层

条件下方能进行等要求所致。随后是超高频和热空气硫化系统,由于它们本身的自然特性,都不能用于这类产品的硫化。此外,更有利环保的盐和硫化之后回收盐的技术已同时开发出来,故上述缺点现在仅在有限的程度和意义上仍然是缺点。反对这种系统的进一步的异议是,盐压力对异型件几何整体性的影响,此点也已因机器的改进而大半消除。现代盐浴硫化生产线在入口末端装备了所谓的盐水喷洒系统,它对表面起预硫化的作用而使异型件断面硬化。仅在经过预硫化后异型件才浸入盐内,以前半成品在从动钢传动带上,在整个硫化过程中易于与盐接触,靠盐的作用工作,现在改为依靠从动辊筒装置使它离开一定距离,当异型件被压到盐下去时,仅与盐点接触,从而可使产品自由通过 2 组导辊之间,保证原始几何形状不变。留在异型件表面上的盐通过洗涤和冷却联合装置洗除,而带盐的水则流进蒸发器,在此除水,回收出大部分盐。现代盐浴生产线带有开敞的加工槽。从盐浴出来后有洗涤小瀑布、蒸发器、冷却装置和带有宽度测量仪的履带式牵引装置。

(4) 下辅机

下辅机位于硫化系统之后,有诸如冷却装置、定长裁断机和卷取装置等,各生产线和生产线大体上非常相似,而仅仅因涉及具体异型件产品规范、异型件断面和生产线速度等要求而布置有所不同。衬羊毛绒的异型件,例如汽车窗槽及门密封异型制品要求在生产线上配置最昂贵的下辅机。有时由于尺寸规格较小,异型制品并行多股排列,在多台双联卷取装置上生产。

3.2 压延

3.2.1 压延生产线自动化

为了使橡胶工业压延生产线的高性能设备达到最佳质量、高度可靠性和高产量的目标,在对它们的诸多要求中,重复性、再现性和极其严格的公差占据主导地位。

压延生产线是橡胶加工行业中的关键设备,它对许多下游加工过程至关重要。故障停机、质量差或出次级品等,都是不能接受的。因

此, 不仅对基本机械设备的设计, 而且对机械设备的高标准, 都必须予以特别重视。辊筒轴承、传动概念、能源消耗及下游机械设备都会对工艺加工处理产生重要影响。

在导向及控制方面, LRHARDT + LEIMER 公司(以下简称 E+L)现已能提供用途广泛的不同系统。

(1) 卷材导向系统

使用带有非接触式传感器的数字定中导向系统。该系统通过两个安装在电动机驱动装置上的红外传感器来感测帘布或胶片的一侧边缘。由横梁传动机构产生准确的宽度测定信号。配备有位置监视和故障诊断的全套系统, 可以很方便地通过总线系统与 PLC 联成网络。

在垫布整理区域的导向可保证在此之前已经对准的帘布或胶片卷取在垫布中心。这可简化后继加工工序并可延长垫布本身的使用寿命。

压延冷却后, 常常在压延好的胶帘布边部的相对位置上敷上一根跟踪用的纱线, 其目的是为了下游工艺, 如斜裁机横梁上装的边缘传感器追踪之用。

(2) 扩布系统

扩布系统采用两种不同形式的扩布器。用帘线对准器的弓形辊系统使经密度分布均匀, 即扩布加上整幅宽控制; 用指形辊经密度排列器系统进行帘布边部扩布。帘线对准器扩布系统和经密度排列器边侧扩布系统都包括有非接触式传感器、数字控制器和电动驱动的启动器。这种方式比起以前的气动方式, 特别是经常碰到的液压方式装置要可靠得多, 而且还消除了由于漏油而引起的污染问题。

(3) 卷材张力系统

对于压延机上覆胶最佳化, 以及避免以后成品长度收缩至关重要。在压延生产线上, 可以看到许多传动装置, 它们一般按主动和伺服传动成组布置。测力传感器是追随控制的基础。E+L 公司的测力传感器是惠斯通桥电路原理类应变仪。这种设计可保证高线性度(而无滞后), 保证绝对恒定的零点, 以及小量信号放大、安装简便及 10 倍的超载因数。

(4) 卷材宽度测量系统

仅在近年来才得到不断发展的 CCD 摄像机已在计算机材料检验领域开创了全新的发展局面。高速、高分辨率摄像机现已可使用在宽度测量和检验系统。这种宽度测量系统可测出帘布宽度的变化, 提供输出信号, 从而相应地把另一系统如帘线对准器扩布系统加以校正, 把成品尺寸包括到其它各部位产生的信号的分析评估中。

检验系统可控制经密度分布(使之达到设定参数), 突出显示等级波动, 触发警报, 检测和监视帘线材料的缺陷, 如打结、缺线、污垢等。在有多台摄像机系统的情况下, 检测系统可控制边缘区域及经密度排列器边侧扩布系统, 使经密度分布均匀。检验系统还提供信号处理、故障诊断和质量文件。

3.2.2 用齿轮挤出机供料的压延机

橡胶预热和压延机上采用的供料机构的形式对产品质量具有重大的影响。保持温度恒定、胶料均匀、胶料量不变和胶料在辊筒间隙上分布均匀一致是供料所要求的最重要的特性。最老但仍然常常使用的预热系统是预热开炼机。用这种方式来预热材料往往要使用多达 3 台开炼机。这种系统本身存在若干缺点: 开炼机的加工时间以及加工参数很难控制, 并且很少能保证热炼均匀; 需要耗费的人力较多, 并且产品质量直接受操作者经验的影响; 要求相当大的占地面积, 并且到压延机供料区的行程距离大; 能量消耗高。在有些应用场合, 用冷喂料螺杆挤出机供料效果良好, 但是这样的系统也有许多缺点。

数年前, 乌茨公司建立了它的 Rollex 挤出系统。现已证明这个系统有为压延机供料和其它成型或者模压生产预热胶料的好处。根据齿轮泵操作原理, 由于材料在短时间内仅被限制在加工装置内, 故 Rollex 系统产生的操作压力可高达 50 MPa。这一压力可使产品(胶料)通过挤出机头的从动混合器, 并使其形成适当的几何形状供料至压延机。对于大多数预热应用场合及压延机, 通过使用齿轮挤出机供料可提供许多好处。

(1) 操作方面的优越性

齿轮挤出机法由于是连续供料且材料在一段短时间内集中进行加工, 因此是一安全的工艺方法。它不仅减小了材料的应变, 而且消除了过热或者焦烧的危险。加工温度能容易地加以调整, 并能在整个作业过程中保持稳定。它还能把带有细孔滤网的过滤机头综合到系统里。最后的安全因素是该装置由 PLC (可编程逻辑控制器) 控制, 并且能很容易地与压延机控制装置综合成一体。与用开炼机预热相比, 此时需要的人工操作就少得多了。齿轮挤出机作业所要求的能量比用开炼机要低得多, 可以保证很快就能回收投资。把通常使用的开炼机预热机组或者冷喂料挤出机的能量要求与齿轮挤出机的能量要求作一比较, 就可发现这项技术所能提供的潜在能力。它需要的能量, 包括水温调节, 一般每千克产品不超过 $0.07 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。紧凑的设计允许这个系统安装在接近压延机供料区处, 这就能够设计出紧凑的供料系统, 从而避免了胶料热损耗的可能性, 也使该系统很容易综合进现有的或新的生产线之内。

(2) 压延机用 Rollex 供料

Rollex 齿轮挤出系统出口的几何形状可自由配置, 允许压延机供料有许多可能性, 其可以按以下方式进行:

- 挤出一条或者多条胶条, 然后用诸如摆动输送带等送到辊筒间隙中;
- 调节挤出胶条直径大小, 使胶条挤出速度大大低于辊筒的速度, 然后胶条被压延机拉入辊筒间隙中去;
- 胶条挤出后进入保温通道, 自动裁断机将它切成与压延机宽度一样的几条, 然后胶条通过一自动输送带进入其中一个辊筒形成堆积胶;
- 最后材料造粒并撒入压延机辊隙。

齿轮挤出机生产能力可以调整以便与压延机的生产能力相配合。

根据情况可借助堆积胶辊筒电动机电流、辊间距光电黑白扫描或者压延机操作者直觉反应来控制过程工况。

3.3 注射模压

橡胶注射模压机领域在经济效益和产量、质量方面处于领先地位的是荷兰 VMI 公司, 这家荷兰公司已经获得 Maschinenhandel Mayerhofer 机器公司的独家许可证, 生产并以 VMI-RIMM (Rubber Injection Moulding Machinery) 品牌在全世界销售该机器。

经过全面修改的这一系列机器, 性能已有极大改进, 可提供立式和卧式机型。该机注射量在 $500 \sim 6\,000 \text{ cm}^3$ 之间, 锁模力为 $400 \sim 6\,000 \text{ kN}$, 可广泛适应用户要求。

(1) 注射装置技术细节

直接注射的 FIFO (先进先出) 系统按照物料先进先出原理工作, 因此确保了高精度配料和高度重现性及过程安全性, 即使对于难以加工的混炼胶也是如此。注射喷嘴非常短, 这使压力损失极低, 最高注射压力达 $2\,000 \text{ MPa}$, 直接到达模具。可以自上或由下或水平注射。

先进的螺杆启动方式以及其特殊的供胶机传动装置保证胶料能整片可靠地输入。

高塑化性能和低能量消耗使极其经济的作业成为可能。喷嘴区域冷却段能可靠地防止注射胶料早期硫化。

止回阀使关闭路径非常短, 从而使快速机器作业周期成为可能。密封形状上的技巧可使材料在注射室的流动形成旋涡作用, 从而保证注射量恒定一致和均匀。专门开发的止回阀也有利于机器清洁和注射胶种的变更。

停车关机或更换胶种之前, 机器要将过渡材料加进注射室里进行清洗。冷却装置关闭, 全部胶料硫化, 然后快速启模, 没有任何残留胶。

(2) 合模装置

全液压合模装置以大面积高锁模输入压力均匀地进行合模工作, 锁模力是由四柱和少量运动件产生的, 合模时间短。模具高度自动适调。无四柱合模装置适用于小型橡胶制品以及门窗封条转角接头和异型件的生产。C 型框架意味着注射模具可很容易地从三侧出入。

已推出两种安全设施: 一种是气动保护网栅, 另一种是光障。

(3) 微处理器控制

由一台微处理器控制并监视注射模压机,而高速运行的计算机程序保证全部过程所要求的精度。模块化结构包括了当今最新的模压控制功能,而这也意味着它更能适应用户的要求。

用一台特殊的加热时间控制计算机来保证产品质量最高、材料波动容错功能最强以及加工时间最短。

设置值和实际值、出错信息以及诊断信息均在彩色监视器上以纯文本形式显示。根据创建组功能排页,全部数据可以很容易地储存在标准 89 mm 软盘上。

(4) 带有扩展功能的 RIM M 控制

已经开发成功这个系列注射模压机用在 Windows 95 和 98 上运行的计算机程序。这个程序可以存档和评估所有设置值和实际值。由于注射模压机使用 EVROMAP 15 传输通讯协议,故可以加入任何常用网络内。该开放系统的配置结构也保证它能加入另一局部网络(LAN 局域网)。

(5) VMI-RIM M 选项

荷兰 VMI 公司为这些注射模压机的不同应用领域提供广泛的附加设备选项,可使其配置与生产最相适应。附加选项举例如下:

- 中央提升装置可附加到固定和活动面板上,以提升中间面板;
- 自动模具输送带装置;
- 液压操作中央模具顶退送出装置;
- 喷刷装置可自动清洁并取出制品;
- 硅橡胶加工用注入装置;
- 真空装置及其它许多选项。

3.4 轮胎成型

3.4.1 轿车子午线轮胎成型机

P1+2 成型机是德国克虏伯公司 90 年代初最新设计制造的全自动一次法轿车子午线轮胎成型机。该机设计思想先进,结构精巧合理,制造质量上乘,并具有生产效率高、适用范围广、产品质量好的特点。

该成型机可以生产 305 ~ 381 mm 的各种轿车子午线轮胎,且成型宽度范围很广,从 80 系列直至 40 系列的轮胎均可在该机上制造。由于该机制造精度很高,各种半成品部件的贴

合、成型公差极小,可以生产 S, T, H 和 V 级的各种高质量轮胎。该机用 60 s 就可以成型一个单层胎体帘布的轮胎,72 s 可以成型一条双层胎体帘布的轮胎,生产效率极高。

P1+2 成型机正如其名称所述,是将传统成型工艺的一段和二段组合在一起而形成的一台一次法成型设备。由于轮胎胎体的成型过程和定型过程以及最后带束层和胎冠组件的贴合均要在轮胎成型主鼓上完成,因此成型主鼓便成为一次法成型机的主要部件。除此之外,传递环的结构和功能也是一次法成型机的关键所在。P1+2 成型机的成型主鼓和传递环的结构精巧独特,功能多样协调,是该机最具特点的部件。

P1+2 成型机制造精度较高,过程控制精确合理,可保证较高的工艺精度,各部件贴合精度公差范围均在 ± 1 mm 之内,轮胎成型质量较高。同时,更换规格尺寸方便快捷、准确。

通过终端显示器可将所有在该机上生产的轮胎规格输入给微处理器,包括每一种轮胎的工艺尺寸、设备参数等。当需要生产一种轮胎时,根据编号将其调出,在屏幕上所显示的所有工艺参数机器都将予以保证。调换成型轮胎规格时,仅需 2 h 就可以将机器相关部件的尺寸调好。

3.4.2 载重子午线轮胎成型机

90 年代国外轮胎设备制造商推出的成型设备主要有日本三菱重工的 SY-2024 三鼓成型机、德国克虏伯的 NR3 型三鼓成型机以及荷兰 VMI 公司的 VAST-PUATTRO 三鼓和四鼓成型机。国外轮胎生产厂家(如意大利倍耐力和法国米其林公司)也相继开发了适合本企业的全新的轮胎成型机及机组。

(1) 生产效率

90 年代后开发的成型机,一般以三鼓来完成一条轮胎的生产,大多 2 个人操作,产量一般在每班 80 ~ 100 条,有的甚至更高。

(2) 自动化

全新的成型机大多具有高自动化功能,因而保证了生产的高效率和轮胎质量的高均匀性。高自动化的功能在各方面减少操作工的影

响,缩短了更换规格及维护保养的时间。

VMI的VAST-PUATTRO成型机实行了带束层全自动定长贴合,并采用伺服控制反馈在贴合鼓转速和检测带束层定长之间实行反馈,保证带束层贴合的均匀性,避免了以往各类成型机中必须用手工切断来定长贴合或者由于自动定长切断后与贴合鼓不反馈而导致由于定长误差造成不能全自动稳定贴合的弊病。

不管是VMI的VAST-PUATTRO、克虏伯的NR3,还是日本的SY-2024,都实现了大部分调节参数用PLC控制,只要输入已调试生产过的轮胎的代码编号,种种参数便能自动调节完成。一般同种胎圈的不同规格调整,大多在0.5 h内完成。

(3)成型方式

新型成型机改变了以往只通过二套成型鼓及一套传递环来达到一次法成型的目的,即大多数部件贴合甚至成型都是在一个主鼓上完成。新型成型机将主成型鼓的功能一分为二,并增加一套专供贴合的贴合鼓(一般称为胎体筒贴合鼓),主鼓仅供成型。通过增设的一套传递环,将胎体筒传送到主鼓上。带束层贴合鼓也通过带束传递环将胎面带束层贴合部件送到主成型鼓。在周期成型生产过程中,三鼓同时动作,大大缩短了操作时间,提高了成型效率。

现在VMI和克虏伯开发的成型机,主成型鼓实现了全机械反包,既提高了成型速度,又降低了生产成本,使得机修工从繁杂的体力工作中解放出来。

(4)控制设计

定中心大多采用CCD摄像控制,分预定中心和最终精确定中心,更能保证部件传送贴合的对称性。主鼓和辅鼓驱动及所有输送带及传递环都采用伺服控制技术,使得定位精度、贴合精度比老式结构的成型机提高了50%以上,因而更能适合生产高质量的轮胎。

定型充气采用比例阀和腔体反馈管路至压力传感器来控制成型内压,PLC设定,可全自动控制。压力误差一般小于 ± 5 kPa,成型胎坯尺寸相当稳定,消除了轮胎成型由于压力变化而导致的各类质量缺陷。后压辊也采用这种控

制形式,随着压合位置变化在PLC控制下自动调整压合压力。

(5)设计思想

新型成型机采用模块化设计,可适应不同轮胎制造工艺和不同厂房结构要求。如VMI的VAST-PUATTRO成型机,既可以是三鼓形式,也可以是四鼓形式;主导轨既可以成直线平行排列,也可以垂直排列;PLC既能独立工作,又可联网工作。

3.4.3 新一代径向张开/折叠(REC)机头

WYKO公司制造的适于大批量子午线轮胎生产用的REC轮胎成型机头可显著提高生产稳定性和产品质量^[4]。该机机头瓦块由坚固的滑动销和导销套固定,而且与H形断面的轂盘连接。借助在机头张开/折叠过程中平衡传递动力并获得了专利权的双冠轮和齿轮装置,把折叠机构的旋转动作改为径向移动。该设计可与旋转式(惯性)机头完全互换,无需对成型机进行改动。

REC机头采用的材料具有极低的磨损和摩擦因数,支撑面面积比六瓦折叠式机头大4.5倍,而且拟合精度和操作公差都有很大改善。径向折叠的折叠幅度比旋转折叠大,因而成型工比较容易取下成型好的胎坯,而且不会造成损伤。

机头调定程序,包括键定的瓦块和中间企口接合的支撑导向杆的调定,实际上是傻瓜式的。标准机头的横向和径向偏差保证小于0.254 mm,而用于轿车和轻型载重车轮胎的精密机头的横向和径向偏差保证小于0.127 mm。

REC机头设计的简化包括最近增添了调速螺母,大大缩短了改变机头/鼓肩设定所需时间。在不到5 min的时间内就可有效地完成改变和生产规格时机头的调定,用时还不到某些生产厂机头调定所需时间的1/6。

所有REC机头在2~3年的使用期内都可保持新机头的精度。一旦机头用至偏差超出了允许范围,就可送回WYKO进行全面整修,直至整旧如新。目前全自动REC机头的胎圈直径为152.4~812.8 mm,机头设定宽度为

153.4~2 286.0 mm。特殊的设计包括下凹轮廓、折叠凸缘和收缩凸缘,它们使得机头折叠幅度极大,而且无需除下折叠所需的机头部件。

3.4.4 积木式成型

米其林的C3M和由HOLROYD开发、三海公司提供的与C3M抗衡的系统以及大陆公司的MMP等积木式新生产方法与为生产标准轮胎设计的一次法成型机不同,它是在可移动曲面成型鼓上成型轮胎,无需半成品及其所需的加工设备,新工艺几乎包揽了胎面、胎侧、帘布层及在成型现场的所有其它部件的生产,因而可大幅度减小所需要的空间,新厂房面积仅为传统轮胎厂的10%,且可相应降低能耗。“现场”生产部件的一个间接好处是有可能缩短硫化时间,因为可减小用以延长未硫化部件存放时间所需的稳定剂用量。

用曲面成型鼓可使“胎坯”形状与硫化后的轮廓很接近。该工艺可直接向成型机连续供帘布而无需对覆胶帘布进行裁断,从而避免了帘布层的不均匀性。帘布在胎圈和胎面的位置固定后,启动成型鼓,以胎圈处的旋转速度供应帘布,按成型鼓周长裁断帘布。

成型鼓是加热的,能使帘布层无需进行滚压便可贴到鼓上,胎侧胶直接往旋转的曲面成型鼓上挤出,并且渗透到胎体帘布层织物上。

胎面则是通过胶条挤出系统逐步缠绕到旋转鼓上而完成的。该系统显然采用了一个或多个环绕在能相对于心轴作径向和轴向运动的刚性成型鼓的挤出装置,使窄而薄的胶条直接缠

绕在帘布层上。

曲面概念贯穿到硫化阶段。硫化时,带“胎坯”的刚性机头用以更严密地控制内轮廓,且向轮胎传热。

这种系统的优点是灵活性强,无需储存或裁断大量不同适用厚度的胶片,即可制造出各种形状和结构的轮胎,因此可以以低廉的成本生产小批量的特种轮胎。这种灵活性缩短了前置准备时间,可以最经济的方式更有效地满足用户的需求。

尽管许多人对全新的加工技术仍有怀疑,但是几乎每个大轮胎公司都已经或正在宣布其自己的方法在开发中。倍耐力将其下一代轮胎生产技术称作FLEXI,固特异、普利司通或住友公司尚未为其新方法正式命名,但是毋庸置疑,它们都在快马加鞭地研究中。

4 硫化

4.1 橡胶制品的连续硫化

在3.1.2节异型制品的挤出中已论及适合体积大的异型制品连续硫化的微波硫化生产线和盐浴硫化生产线。

综合了鼓式硫化与平板硫化双重优点的连续平板硫化机如图6所示,它在高压下连续硫化。硫化的胶带定型准、精度高、外观好,可橡塑通用。真正体现了机电和工艺一体化,实现了节能、高效和全自动。该硫化机的最大硫化宽度为1.8 m,最小厚度为5 mm,硫化速度为 $0.2 \sim 2.5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$,最高加热温度为 170°C 。

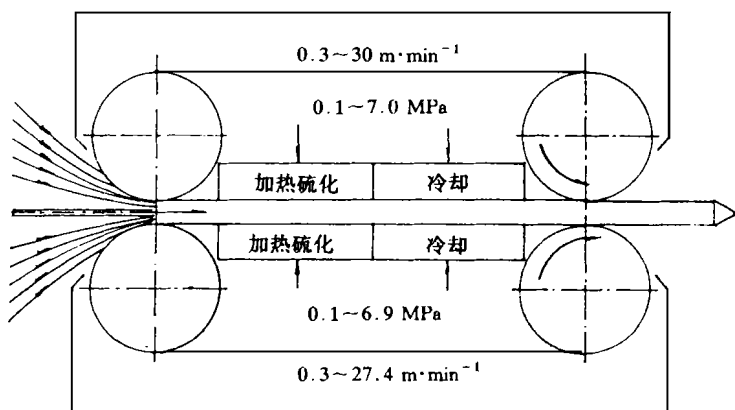


图6 连续平板硫化机

4.2 轮胎硫化

McNeil & NRM 公司的新一代 AU-TOLOK 轮胎硫化机设有自诊断装置, 在硫化机发生意外变化和故障时迅速作出反应, 而且在需要时进行故障查寻和排除^[3]。该机有如下主要特点:

(1) 更换规格特点

- 整个规格更换在 10 min 以内便可完成, 而现有设备则需要 30 min。

- 堆放高度自动设定装置根据胎坯高度自动调节堆放高度。

- 凸棱高度控制装置根据模型上不同胎圈高度进行自动调节, 无需人工干预。

- 胶囊快速更换装置可不用任何机械工具进行胶囊更换。胶囊更换可在 2 min 以内完成, 而以前的更换装置则需用 10 min。

- 硫化机模型上下两半模的自动夹紧装置将模型更换时间缩至最短, 而且大大提高了安全性。

(2) 提高劳动生产率

- 自动卷曲定型保证胶囊快速塞入轮胎中, 而且不会夹带空气。这样通过取消定型暂停时间而缩短了硫化周期。定型是由精密和可重复动作的胶囊控制装置完成的。

- 由于在 PLC 和主计算机的全面监控下通过电子传感和控制动作装置有效地控制了机器加速和减速时的暴跳, 使机器速度得以提高。

- 采用独特的中间插入喷嘴吹走硫化过程中下半模胎侧处的冷凝水, 改善了轮胎内的温度分布, 从而缩短了硫化时间。

新型硫化机引起广泛关注的一个重要方面是其导向定位装置。该机的导向定位装置与极限合模力完全无关, 以保持机体和装、卸胎机构长期稳定的精确移动能力。导向定位装置的分离式结构使模型对准公差在 ± 0.10 mm 以内,

轮胎装入精度也在 ± 0.10 mm 以内, 而无需频繁地进行重新调节。

这种新型硫化机的另一主要特点是它具有高效的隔热系统。隔热系统安装在半球形结构内, 以防热传导至硫化机的结构部件。隔热系统是用纯玻璃纤维针状毛撮材料制造的, 没有使用任何树脂, 而且实际上是不可毁坏的。

此外, 机器操作人员的安全性得到了提高, 其中包括单柱结构使维修入口达到 $270^\circ \sim 360^\circ$, 几乎可直接维修硫化机的所有部件。

5 结语

橡胶工业对产品质量和效率方面的要求正在不断提高, 因而现代化的橡胶机械在过程控制和生产参数数据采集方面可看到计算机化的水平在日益提高, 允许过程更为清楚可视并且确保更高的劳动安全性。

致谢: 在本文写作过程中得到涂学忠高级工程师的指导和帮助, 在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] Zber J. Optimising a production plant[A]. In: Gale L. Rubber Technology International '98[C]. Surrey, UK & International Press, 1998. 99.
- [2] Comerio Ercole SpA. Providing automatic mixing[A]. In: Gale L. Tire Technology International '98[C]. Surrey, UK & International Press, 1998. 195.
- [3] Raeven J. Innovateon in rubber manufacture[A]. In: Gale L. Rubber Technology International '98[C]. Surrey, UK & International Press, 1998. 94.
- [4] Wyko Inc. Engineering, USA & Wyko Equipments Ltd, UK. Improved uniformity and quality through new generatyon drums[A]. In: Robinson T. Tire Technology International '96[C]. Surrey, UK & International Press, 1996. 312.
- [5] Singh A P. New generatyon curing press[A]. In: Robinson T. Tire Technology International '96[C]. Surrey, UK & International Press, 1996. 330.

收稿日期: 1999-07-27

单组分有机硅轮胎脱模剂研制成功

中图分类号: TQ330.38⁺7 文献标识码: D

经过 2 年的研制, 单组分有机硅轮胎脱模剂 JK-309 胶囊隔离剂在浙江奉化骏康高分子化工有限公司研制成功。

该产品是一种已添加了交联剂及触媒的硅

烷聚合物, 经东风轮胎厂、杭州中策橡胶股份公司、浙江双牛集团股份有限公司轮胎厂等企业使用, 证明其在 A 型胶囊上一次涂刷后不粘外胎, 人字形花纹轮胎出模后效果较佳, 且操作方便, 生产安全。

(摘自《中国化工报》, 1999-10-18)