

专家论坛 SPECIAL REPORT

橡胶密炼设备的技术进步

杨顺根

(中国化学工业桂林工程公司, 广西 桂林 541004)

密炼机在橡胶工业中是历史悠久且使用广泛的胶料加工设备,在现代橡胶制品生产工艺的要求和推动下,不但在机型上有所发展,而且在机器性能方面也有了极大提高。因此,现在制造的密炼机可以满足加工各种橡胶制品胶料的要求。现将我国今年来在橡胶密炼设备方面取得的技术进步简介如下,供参考。

1 翻转式密炼机

翻转式密炼机的发展历史较短,它诞生在上个世纪 70 年代,而我国在改革开放后才从日本和台湾地区开始引进和使用这种设备。翻转式密炼机与一般密炼机不同,没有卸料门,依靠密炼室翻转 135℃ 或 140℃ 卸料,因此机器结构简单,具有价格便宜,操作方便的特点,是一种介于开炼机和一般密炼机之间的炼胶设备,它的出现受到了中小橡胶企业,特别是胶鞋行业,电缆行业和一般橡胶制品生产企业的欢迎。因此,翻转式密炼机在我国的发展很快,到目前为止,全国涉及制造翻转式密炼机的共有 20 个企业(但成系列制造翻转式密炼机的企业为数不多,仅有大连通用橡胶机械有限公司和大连第二橡塑机械有限公司两家),机器规格从开始模仿制造的 55L 和 75L 两种发展到现在的 10 种,最大规格达到 300L,最小规格为试验用的 3L,且其使用范围逐渐扩大。

为了提高翻转式密炼机的工作性能,我们对翻转式密炼机的主要工作部件转子进行了研究。由于翻转式密炼机转子与普通密炼机转子的构型类同,都属于椭圆形相切转子。参照普通密炼机的技术成果,开发成功了四棱转子和同步转子密

炼机,提高了机器的工作性能。此外,在结构设计上,装卸料的方式可以是后加料前卸料,也可以是前加料后卸料,或者在上部另设加料口加料。

翻转式密炼机的一个缺点是压砣对胶料的单位压力较低,与现代密炼机相比要低 60% 左右,一般仅为 0.13~0.22MPa,而现代密炼机则可达 0.47~0.59MPa。此外,转子转速不论机器规格大小,一律配置为 $31/25\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 左右。因此翻转式密炼机配置的主电机功率也就较小,只是常用密炼机功率的 28%~22%,如 XM-270×20×40C 密炼机和 XM-270×20×30×40×60 密炼机的主电机功率分别为 1000kW 和 1800kW,而与此相当的 X(S)N-300×30 翻转式密炼机的主电机功率仅为 280/400kW。因此,翻转式密炼机的炼胶强度较弱,不适用于混炼含胶量很高和硬度很高的胶料。若要进一步提高翻转式密炼机的工作性能和扩大使用范围,尚有许多研究改进工作要做。

2 密炼机

2.1 椭圆形相切转子密炼机

这是橡胶工业历史上最早使用的一种密炼机,至今已有 80 多年的历史。在漫长的历史过程中,这种密炼机的结构与性能得到了极大改进和提高,特别是在近二、三十年来,以国产 XM 系列(F 系列)和 GK-N 系列两类密炼机为代表,在大力发展子午线轮胎生产的推动下,取得了突破性发展,具备了能加工各种胶料的性能,并提高了机械化自动化水平,缩短了炼胶周期,减少了胶料单位能耗。

2.1.1 结构改进

1. 将 XM 系列密炼机进行了重新设计,并引进了 GK 型密炼机成套技术,使国产密炼机的结构和技术更为先进合理,便于加工装配和维修,并达到了国际先进水平。

2. 主传动系统采用了高精度硬齿面齿轮减速箱,体积小,噪声低,承载能力强。

3. 与胶料接触的机体表面全部进行强化处理,提高了机体的耐磨性,延长了大修周期。

4. 与胶料接触的机体设有温控通道,加强了炼胶过程的温控能力,使炼胶温度能有效控制在现代炼胶工艺所要求的温度条件下,提高了炼胶质量。

5. 配置了独立的循环温控系统,改变了炼胶时低温冷却胶料的传统观念,将“冷却”变成了“温控”,改善了密炼机炼胶时的温控条件。

6. 开发应用了液压压料装置,克服了传统的气压压料装置压力低而不稳的缺点,且可在炼胶过程中随意设定和调整压力,压力调整反应时间很短,一般不大于 0.5s。液压压料装置的应用是提高和稳定炼胶质量的重要措施之一。

同时,无论是液压压料装置还是气压压料装置,压砣对胶料单位面积的压力提高到了 0.5MPa 或以上,强化了炼胶过程。

2.1.2 转子构型

对于椭圆形相切转子密炼机而言,传统意义上的两棱转子现在已很少使用了,取而代之的是经过不断改进的可适用于不同炼胶要求的各种类型的四棱转子。大连冰山橡塑股份有限公司生产的 XM 系列密炼机的转子就有下列 4 种。

1. 标准四棱转子。这种转子由传统两棱转子发展而来,长短棱的长度比例为 2:1,为通用型,可用于加工各种胶料。

2. 高效四棱转子。该转子长短棱的比例为 4:1,是目前一种比较常用的转子。转子的两条长棱和两条短棱绕中心轴对称配置,长棱的螺旋角为 30°右旋,短棱的螺旋角为 45°左旋。短棱产生轴向推力,推动胶料作轴向移动。

高效四棱转子适用于加工各段子午线轮胎胶料,效率高,分散性好。

3. 同步转子。这是由美国法勒尔公司首先开发成功的一种转子,后在国内也开发成功。所谓

同步转子是相对于一般常用的异步转子而言,就是密炼机的两个转子以固定相位相同转速运转,两个转子之间没有转速差。同步转子长短棱的排列与异步转子不同,同步转子的长短棱平行排列在一侧,物料流动通畅无死角,物料分散和温度均匀,可提高炼胶效率和炼胶质量。

同步转子凸棱可强制循环温控,可有效控制胶温。同步转子用途广泛,可作塑炼、混炼和终炼用。

4. 终炼转子。顾名思义,这种转子可用于胶料加硫终炼混炼,它具有良好的冷却功能,长短棱的排列和同步转子一样,同样平行排列在一侧,且长短棱螺旋角较大,长棱螺旋起始端开槽,以增大胶料的轴向移动、折卷和捏炼的空间,使胶料流动通畅,物料分散均匀。

转子棱部可通强制循环水温控,以进一步控制胶温,并使胶温均匀一致,适应终炼要求。

对于 GK-N 型密炼机,开发应用了 ZZ-2 转子,并取得了专利权。ZZ-2 转子与标准四棱转子相比,区别在于转子的长短棱始于转子两侧,短棱随长棱始于同一侧,短棱可以清洁转子两端板。ZZ-2 转子长短棱的对称布置能使转子作用力达到平衡,形成均匀的剪切力,使胶料获得均匀一致的混炼,且胶温较低。

此外,ZZ-2 转子的长棱没有延伸到转子的端部,这一点和其他转子有很大的不同,这样转子和转子端板之间可形成另外一个流道,使胶料混炼更充分。长棱的起始边还对胶料起到分流作用,有利于胶料混炼的均匀性。

ZZ-2 转子长短棱的比例要比标准四棱转子的小,这样 ZZ-2 转子的长棱不产生较高的压力,据此可以适当增大填充系数,压砣可以下降到较低的位置,有利提高产量。

2.1.3 提高转子转速

1. 老式传统密炼机的转子转速为 $20\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$,但到了上个世纪 60 年代,国外密炼机转子转速开始向 $30\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 $40\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 方向发展,70 年代已被普遍应用。国内到了 90 年代,将高转速密炼机作为产品全面推向市场。以 270 密炼机为例,转子转速提高到 $30\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $40\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 $60\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$,国外甚至提高到了 $70\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$,从而使每一车胶料的炼胶时间从 12~14min 减少

到了 2~4min,由此也大大降低了炼胶单位能耗。

2. 增加转子变速功能。随着现代炼胶工艺的发展,对密炼机转子转速提出了能变速的要求:有级变速或无级变速,如有级变速:20/40r·min⁻¹、30/60r·min⁻¹、15/20/30/40r·min⁻¹和 20/30/40/60r·min⁻¹等,以及无级变速 4~40r·min⁻¹、6~60r·min⁻¹和 7~70r·min⁻¹等。现代炼胶工艺对转子转速的要求越来越多样化。

2.1.4 增大驱动功率

由于密炼机转子转速的提高和压料装置压砣对胶料单位压力的增大,以及被加工胶料硬度的提高,转子的驱动功率也在不断提高,早期 20r·min⁻¹ 140 密炼机(即现在的 250 密炼机)主电机功率仅为 240kW,而现在与此相似规格的 40r·min⁻¹ 270 密炼机的主电机功率增至 800kW 和 1000kW,后又增大至 1250kW。转子转速为 60r·min⁻¹ 时,电机功率则达 1500kW 和 1800kW 了。密炼机转子转速的加快和驱动功率的提高,增强了机器的炼胶强度。

2.2 发展圆柱形啮合转子密炼机

圆柱形啮合转子密炼机在我国的发展比较滞后,在国际上发展虽较早,但应用并不普遍,仅局限于某些制品生产领域,国内也有少量引进。上个世纪 80 年代原四川亚西机器厂开发了国内第一台 90 圆柱形啮合转子密炼机,并用于电缆生产企业,以后直到益阳橡胶厂从德国引进 WP 技术后,才有了成系列制造啮合转子密炼机的技术,目前已有从 20L 到 500L 共 9 个规格,实际生产的产品已达到 250L。圆柱形啮合转子密炼机的系列生产,为国内橡胶行业扩大该类密炼机的使用铺平了道路。

2.2.1 啮合转子密炼机的应用

啮合转子密炼机主要用于制备各种橡胶制品用胶料和对温度敏感的胶料。啮合转子的炼胶原理类似于开炼机,炼胶过程相对比较“温和”。国外轮胎生产中白炭黑应用不断扩大(白炭黑胎面可提高对湿路面的抓着力),根据欧洲轮胎生产商的经验,当采用椭圆形相切转子密炼机加工白炭黑胶料时,会使机器加剧磨损,而使用圆柱形啮合转子密炼机加工白炭黑胶料,机器具有良好的耐磨性。因此,近些年来啮合转子密炼机在西方国家轮胎生产中的应用获得了青睐。而在国内早在

上个世纪 50 年代初原上海正泰橡胶厂就将英国产啮合转子密炼机用于斜交胎胶料的混炼,但没有进一步研究推广,也未见在其他轮胎企业中的应用。

2.2.2 转子速比与转速

啮合转子密炼机两个转子的速比为 1:1,这一点自其诞生至今没有变化,相当于椭圆形相切转子密炼机的同步转子,但啮合转子的炼胶机理与相切转子的炼胶机理完全不同,它主要依靠转子凸棱与室壁之间的作用和一个转子的凸棱与另一个转子的螺棱槽之间的作用,且啮合转子的炼胶胶温相对低一些。

目前啮合转子的转速也有所提高,但没有像相切转子那样有多种形式的转速,而是将所有规格啮合转子密炼机设计成 10~60r·min⁻¹ 直流无级调速,扩大了使用灵活性和适用性。

2.2.3 填充系数

圆柱形啮合转子密炼机由于转子的结构关系,密炼室的装料填充系数较低,仅为 0.65,与椭圆形相切转子密炼机的 0.75 相比,要低 15% 左右。由此可见,啮合转子密炼机的生产能力要比相切转子密炼机的低,这也许就是这种密炼机使用具有局限性的主要原因之一。

2.2.4 压砣压力

啮合转子密炼机压料装置压砣对密炼室胶料单位面积压力较过去也有所提高,从 0.4MPa 提高到了 0.5MPa 以上,这同样有利于胶料的加工。

啮合转子密炼机的主电机功率同样随着转子转速和压砣对胶料单位面积压力的提高而提高。例如 90 啮合转子密炼机,当转子转速为 47r·min⁻¹ 时,电机功率为 315kW,而当转子转速提高到 60r·min⁻¹ 时,电机功率随之增至 520kW。啮合转子密炼机大都采用 Z4 型直流调速电机。

啮合转子密炼机的转子驱动功率与相应规格的相切转子密炼机的转子驱动功率相当。

3 机械化与自动化

通常生产用密炼机的每车炼胶量很大,且炼胶周期又短,因此密炼机的生产操作和处理胶料依靠手工是很难完成的,必须配备相应的机械化、自动化系统,才能充分发挥密炼机的作用。

3.1 翻转式密炼机的机械化、自动化系统

翻转式密炼机不属于强力炼胶设备,同时由于其结构特点:密炼室翻转卸料。因此,通常安装时不用安装平台,直接安装在炼胶车间底层地面上,且每车料的炼胶周期较长,所配辅助设备相对比较简单,通常采用由加料提升装置、卸料输送带、带翻料装置的开炼机、胶片冷却装置、电子台秤和控制系统等组成机械化装卸料系统,没有自动称量投料系统。

翻转式密炼机和辅助设备中的胶片冷却装置采用 PLC 控制,可按工艺要求自动完成有关的操作程序,且有过载、过流、缺相、短路、防误操作和报警安全联锁等功能。

翻转式密炼机的机械化自动化水平比开炼机好,但比一般密炼机要差得多。

3.2 椭圆形相切转子和圆柱形啮合转子密炼机的机械化与自动化

椭圆形相切转子密炼机和圆柱形啮合转子密炼机在安装时都要采用安装平台,具有完善的上、下辅机、小料自动配料称量系统和自动控制系统。因此,从原材料的输送、称量、投料、炼胶、卸料、压片、冷却、切片或叠片存放,实现了机械化自动化生产。

密炼机炼胶过程的控制将以往温度、时间、能量三种常规因素的控制通过探索研究改变为更为科学的智能控制,即利用流变学的原理在炼胶过程中对炼胶瞬时功率、胶料粘度、能量、胶温、转子转速、压砣压力等数据进行采集,通过在线预测功能用相应的数学模型预测胶料的粘度、分散度、焦烧及其他物理性能等评价炼胶效果的指标,当达到最佳值时密炼机排料。

小料自动称量配料系统由过去的 8 工位发展到现在的 16 工位,结构形式由环形布置发展到直线排列的布置。但英国 CR 公司的最新小料自动称量配料系统一般依然为 8 工位,8 个工位可同时称量配料,提高了效率。

下辅机系统由传统的开炼机加胶片冷却装置

扩展到已被普遍接受的带辊筒机头的双螺杆挤出压片机加新式胶片冷却装置。双螺杆挤出压片机是在单螺杆挤出压片机的基础上发展起来的,它具有结构简单、节能(约 30%)、操作和清理方便的特点。

双螺杆挤出压片机问世后,一直处于不断改进和发展中,由原先同径等深变距和相互啮合的平行双螺杆挤出压片机发展到目前比较流行的两螺杆向出料端向下倾斜和两螺杆轴线相交设置的相向啮合回转的双锥形螺杆挤出压片机。这种机器的螺杆大端直径大,开口也大,因而吃料快,排料稳定。料斗中设有超声波料位计。

配置在挤出机出料端的两辊压片机(辊筒机头)在结构上没有什么变化,但在堆积胶处设有压力传感器,利用压力传感器感应的堆积胶压力变化,反馈控制挤出机螺杆和胶片冷却装置的速度,使生产线协调工作。

至于开炼机,在某些工艺场合依然有用作下辅机的,且为满足现代炼胶工艺的需要,其技术也在不断发展。它的主要发展方向是提高辊筒速度,辊筒表面开设沟槽,增大驱动功率,提高冷却性能和机械化操作程度。目前开炼机的最大规格达到 $\Phi 710 \times 2200(2540)$,装机功率 280kW,前辊线速度达 $40 \sim 50 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$,并可做到直流无级调速和液压调距。电动调距增设了光电编码转速检测系统、光电测距、间隙消除设施和安全片破碎报警系统等,提高了开炼机的现代科技含量。

4 结语

国产密炼设备经过近二、三十年的努力,有了突破性的发展,取得了巨大成绩,在机器结构、性能、质量、工艺参数和控制水平等方面,均达到了国际先进水平,产品除满足国内市场需求外,还得到了国外市场的青睐。

随着技术的不断发展,橡胶密炼设备的技术水平必将有进一步的发展和提高。

欢迎 订 阅 《 橡 胶 科 技 市 场 》

欢迎在《橡胶科技市场》上刊登广告