

新产品 新技术

橡胶熔体齿轮泵的研究和应用

江 波, 董 奇

(北京化工大学, 北京 100029)

摘要: 阐述了国内外橡胶熔体齿轮泵挤出机的研究现状和发展趋势, 剖析了橡胶熔体齿轮泵的特点和用途, 结合研究的实践, 介绍了 XCP150/100 型橡胶熔体齿轮泵的技术特性和结构特点, 并对其研制的技术难点进行了论述。

关键词: 齿轮泵; 橡胶; 研究

1 国内外研究现状和发展趋势

熔体齿轮泵与螺杆挤出机配合使用可以提高挤出产量和质量, 降低能耗, 尤其在精密挤出方面起到其它加工手段无法替代的作用。它多用于机械、化学、食品、化妆品和医药等行业低粘度物料的输送。

齿轮泵最早在液压系统中是作为一种计量和泵送设备应用的。直到二十世纪 60 年代, 齿轮泵才被应用到化纤工业, 主要是为了精确、定量地供给喷丝头高温、低粘度的高聚物熔体, 避免由于挤出不稳定造成断丝的影响。从 70 年代开始, 人们开始尝试将齿轮泵用于较高粘度的高聚物熔体的挤出加工。在能源紧缺、原材料费用昂贵的时代, 聚合物熔体齿轮泵的优异特性很自然的引起塑料加工业专家的极大关注。

在国际上把齿轮泵应用于橡胶工业并取得实际成效也仅仅是近 2~3 年的事, 其主要困难在于橡胶的流动性差, 不容易在齿轮泵体内“四个间隙”中通畅流动, 其次橡胶属于高粘度物料, 齿轮泵的承载能较大, 外来的金属屑极易使齿轮受到伤害。目前, 德国的 BERSTORFF 和 A-Z 公司、瑞士的 MAGG 等少数厂家已经能够生产橡胶熔体齿轮泵。而在我国, 由于一些关键的技术难题尚未攻克, 在此领域还是空白。进口一台产量为每小时 1.5~2t 的橡胶熔体齿轮泵装置, 价格大约在 130 万元左右, 目前国内尚无样机引进。

目前, 北京化工大学橡胶塑料机械研究所在塑料熔体齿轮泵的理论研究和研制实践的基础

上, 已着手与北京航空制造工程研究所以及杭州朝阳橡胶有限公司合作, 开始涉足橡胶熔体齿轮泵挤出机的研究领域。

2 橡胶熔体齿轮泵的特点和用途

2.1 特点

2.1.1 能够实现稳定挤出, 提高挤出物尺寸精度, 降低废品率

因为在挤出工艺过程中, 加入胶带的厚薄和宽度不同会引起加料量的不均匀, 在滤胶过程中滤网的堵塞会引起机头压力和温度的波动, 此外由于电网的影响, 螺杆转速的脉动等现象的发生很难避免。当螺杆转速或温度改变时, 尤其在挤出机启动过程中, 会在较长的时间范围内(3~10min)出现压力波动, 若在挤出机的末端安装上齿轮泵, 可以大幅度减弱上游工艺传递过来的波动, 在较短的时间内(40s)进入稳定的工作状态, 节省原材料的消耗。研究表明, 齿轮泵的输出量与机头压力无关, 不管采用何种机头, 装上橡胶齿轮泵后的压力波动可控制在 $\pm 0.1\%$ 以内, 这对于高压下的精密挤出是十分重要的。

2.1.2 提高产量, 降低能耗, 实现低温挤出, 增加机器的寿命

由于在挤出机上安装了聚合物熔体齿轮泵, 可把挤出机的建压功能转移到齿轮泵上完成。挤出机的螺杆长径比可以缩短到 3~6, 驱动功率减少; 挤出机可在低压状态下工作, 压力流产生的回流大为减少, 胶料的挤出温度下降到 60~80℃,

不仅可防止胶料焦烧,而且可为提高螺杆转速,增加产量提供了可能。因此,齿轮泵挤出机可以在较高的压力下加工热敏感性较高的胶料。在低摩擦和低胶料温度的条件下形成用于精细滤胶所需的压力。它既可以在生产线上作为滤胶机使用,还可以在炼胶车间用于对胶料的进一步加工,以改进胶料的质量。同时,它还能对难于塑化的胶料进行预热,并用于坯料的挤出。挤出压力的降低可使螺杆承受的轴向压力下降,机器的寿命延长一倍以上。例如德国 A-Z 公司的 $\varnothing 120\text{MCTD}$ 挤出机和齿轮泵组合,生产 SBR 胶产量可达每小时 $1.8 \sim 2.2\text{t}$,可与 $\varnothing 150$ 挤出机媲美。在能耗方面,常规的单螺杆挤出机能量的利用率约为 $15\% \sim 25\%$,大部分能量被冷却水带走,单耗仅为每千克 200Wh ,而齿轮泵对能量的利用率为 $90\% \sim 98\%$,挤出机-齿轮泵组合的单耗仅为每千克 $57\text{W} \cdot \text{h}$ 。

2.1.3 具有线性挤出特性,便于上、下游设备协调工作

由于齿轮泵漏流量较少,泵的输送能力与转速基本成线性关系,齿轮泵转速改变后,就能确切地知道其流量,由此可以确定上、下游设备与齿轮泵同步的工作速度,利用齿轮泵入口、出口处采集的压力、温度等信息资料,实现整个挤出过程全程在线监视与反馈控制。这对复合胎面挤出生产线、内胎挤出生产线、密封条连续硫化生产线、复合胶管和胶片挤出生产线质量的控制有重要作用,对于冷喂料排气挤出机而言,喂料量的波动和机头阻力变化的影响,都可以通过齿轮泵消除,从而使冷喂料排气挤出机的排气口不产生冒料,保证挤出过程连续、稳定、精确的进行。

2.1.4 降低生产成本,提高企业竞争力

由于挤出系统使用齿轮泵之后可以降低废品率和能耗,因此可以节约企业的生产成本。在橡胶生产中,齿轮泵在混炼与挤出过程的应用经验表明,采用齿轮泵可使挤出机螺杆寿命增加近一倍。在橡胶加工设备上安装齿轮泵所需的投资回收期一般为一年,大型系统投资回收期一般更短。在降低成本的同时,产品质量也得到提高,从而提高了企业的竞争力。

2.2 用途

由于橡胶齿轮泵对机头阻力和操作工艺条件

适应性强,因此应用范围非常广泛,尤其在精密挤出成型和滤胶工艺以及压延喂料中具有明显的优势,已成为国际橡胶和热塑性弹性体加工领域中的一个新的热点,引起业内人士的广泛关注。相关研究表明,橡胶齿轮泵挤出机可应用于橡胶的过滤、预热、塑化和成型,向压延机进行挤出供料,与热喂料挤出机、冷喂料挤出机以及冷喂料排气挤出机相配,进行轮胎胶胚的复合挤出、输送带、牵引带、平板制品、胶管、胶条、内胎、电线电缆的挤出成型和胶辊的包胶以及高容量铸模的填充。目前齿轮泵在橡胶工业中应用时间并不长,据 Froester 公司称,它将齿轮泵与常规的 GS 挤出机 QSM(销钉)挤出机和排气挤出机组合后,使该公司生产的橡胶制品在精度和质量方面达到国际先进水平。

3 XCP150/100 型橡胶熔体齿轮泵挤出机组的研发

为了满足国内对于橡胶齿轮泵的需求,北京化工大学与北京航空制造工程研究所以及杭州朝阳橡胶有限公司三方合作,已开始研制 XCP150/100 型橡胶熔体齿轮泵挤出机。

XCP150/100 型橡胶熔体齿轮泵挤出机组的结构组成如图 1 所示,它由齿轮泵、电机减速器、联轴器、控制器、加热冷却系统、机架、机头连接体和挤出机连接体等组成。其外形如图 2 所示。

XCP150/100 型橡胶熔体齿轮泵的技术特性参数:生产能力为每小时 $150 \sim 1500\text{kg}$,两齿轮中心距 150mm ,齿宽 100mm ,驱动功率 45kW ,齿轮转速 $3.6 \sim 36\text{rpm}$ 。其主要特点为:

1. 机组具有理想的工作特性,保证挤出量与齿轮泵的转速成线性关系,可以实现对产量精确控制,提高产品的尺寸精度。利用齿轮泵入口、出口处采集的压力、温度等信息资料,使上、下游设备与齿轮泵同步的工作,实现整个挤出过程全程在线监视与反馈控制。

2. 采用独特的温控方式,能实现精确的温度闭环控制,将胶料的温度严格控制在设定的温度范围之内,防止胶料焦烧,并能实现低温挤出。

3. 采用特殊的结构形式,可以有效的防止胶料泄漏,实现自清洁。

4. 通过在与齿轮接触的端盖上卸荷槽,消除

“困油”现象对齿轮泵的不良影响,提高齿轮泵的寿命,增加胶料输送的稳定性。

5. 齿轮泵采用一对变位斜齿轮相啮合,齿轮与轴为一体,齿轮轴采用高耐磨材料,齿面经高频淬火,表面硬度达到 HRC58 62,精度等级为 6HK。

6. 齿轮泵的喂料口和出料口采用独特的设计,使物料喂入齿轮泵流畅,不易产生滞留和气穴,齿轮轴所受的径向力减小,提高了轴承寿命。

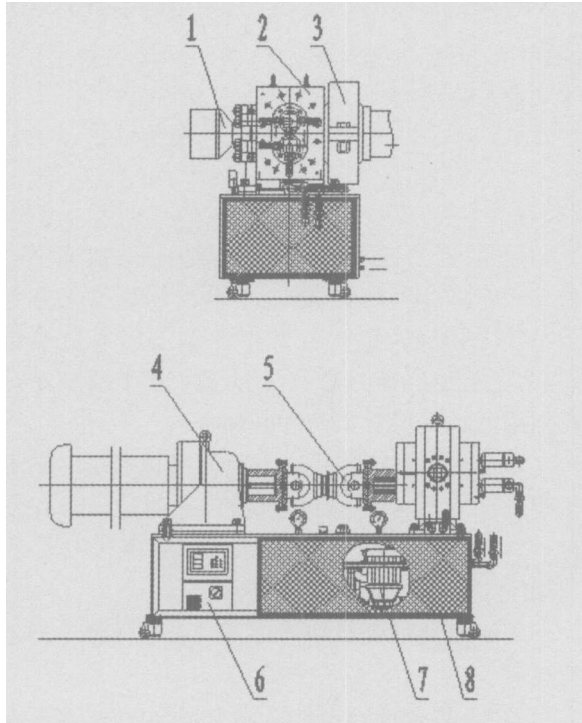


图 1 XCP150/100 橡胶熔体齿轮泵挤出机组的结构组成
1 机头连接体; 2 齿轮泵; 3 挤出机连接体; 4 电机减速器;
5 联轴器; 6 控制器; 7 加热冷却系统; 8 机架

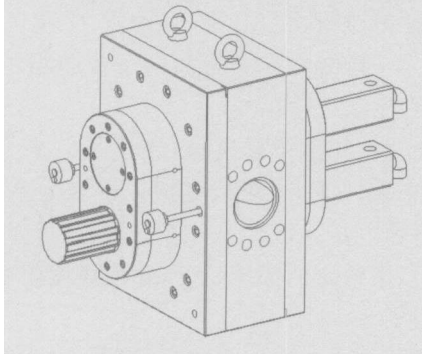


图 2 XCP150/100 橡胶熔体齿轮泵

4 橡胶熔体齿轮泵的技术难点

4.1 强度和寿命

橡胶熔体齿轮泵的强度问题关键是其齿轮轴的强度。由于橡胶熔体的粘度高、压力大,因此两根齿轮轴承受非常大的弯矩和扭矩,需要增大齿轮轴的直径,并且采用高强度的材料。由于受两齿轮轴中心距的限制,不允许选用尺寸较大的轴承,限制了轴承的寿命。因此如何解决齿轮轴强度与轴承寿命的矛盾成为设计齿轮泵时的关键。

4.2 密封与防止滞料

齿轮泵的齿轮支撑方式有将橡胶熔体作为润滑剂的滑动轴承形式和旋转滚动轴承形式两类。由于橡胶熔体的粘度较大,流动性差,在胶料中若掺有较硬的物质和纤维,就有可能使滑动轴承受损伤,影响齿轮泵的运行。因此橡胶齿轮泵较多采用滚动轴承,滚子的润滑介质通常为油脂。在挤出过程中如何保证橡胶熔体和润滑油脂不相互污染,需要考虑特殊的密封结构。此外,还要考虑到齿轮泵系统的自清洁性问题。齿轮泵内如果有死角,胶料在输送过程中就会发生滞留现象,容易产生局部焦烧,严重影响制品的质量。

4.3 制造精度与成本

由于橡胶齿轮泵是精密挤出的关键设备,为了增大齿轮泵的容积效率,就要减小齿侧间隙和啮合间隙,但是过小的间隙在高温下会使泵体和齿轮卡住,导致齿轮泵不能正常工作。因此,对齿轮和泵体要求有较高的精度要求,一些关键零件要求达到 5 级精度。精度的提高,势必要增加制造成本,因此在结构设计时需要寻找制造精度和制造成本之间的最佳平衡点。

4.4 温度控制

一般塑料熔体齿轮泵采用电热棒进行加热,不对泵体和齿轮轴进行冷却,对橡胶齿轮泵挤出机而言,为了防止胶料焦烧,需要严格控制胶料熔体温度。在泵体和齿轮芯轴的内部,要设置特殊的温控系统。

5 结语

XCP150/100 型橡胶熔体齿轮泵具有高挤出量、高挤出压力、高的挤出精度和稳定性、低能耗、低的挤出温度、低成本和短的启动时间等特点,适用于滤胶、喂料、和胶片、胶管、密封条、内胎、胎面的挤出成形。