

注塑机液压系统节能技术的现状分析

林克伟

徐开杰

周才根

(浙江工业职业技术学院,绍兴 312000)(山东省塑料研究开发中心,济南 250002)(浙江凯达机床股份有限公司,绍兴 312041)

摘要 分析了注塑机成型技术的一般原理,指出液压驱动的注塑机在各成型阶段所需的压力和流量都是变化的,而国内原有注塑机多为定量泵系统,能量损失较大。着重论述了国内注塑机节能现状及注塑机液压系统的节能措施。

关键词 注塑机 液压系统 节能

近年来,随着新型合成材料的不断涌现,塑料的使用范围越来越广,塑料材料在企业生产中的作用越来越明显。随着我国循环经济理念的提出,节约能源越来越受到重视,这就使得节能型注塑机成为当前塑料机械的一个非常重要发展方向。注塑机节能的本质就是减少能量损耗,提高能量利用率。能量再生利用是提高能量利用率的有效措施之一,在欧洲,节能型塑料机械已占市场份额的50%以上。我国是注塑机生产和出口的大国,而且每年以5%~7%的速度快速增长^[1-2]。目前国内生产和使用的注塑机大部分是全液压式注塑机,其能量消耗存在相当大的浪费,节能型塑料机械已逐渐成为众多消费者和生产商共同追求的目标,节能型注塑机将成为今后市场前景非常广阔的产品^[3]。笔者研究了注塑机成型技术的一般原理,着重论述了国内注塑机的节能现状及注塑机液压系统的节能措施。

1 注塑成型技术概述

1.1 注塑机工作原理

注塑过程可以分为以下几个步骤:锁模→注射保压→熔胶加料→冷却定型→开模顶针^[4]。每一动作的完成都有时间、速度、压力、位置等参数的精妙配合,也就是说在某一位置的位移都要有相应的压力和速度,在不同的位置和时间内其压力和速度都是可以变化的。每一动作完成后会发出终止信号传给程序控制器,程序控制器收到信号后才会发出执行下一动作的指令。具体的工作循环如图1所示:

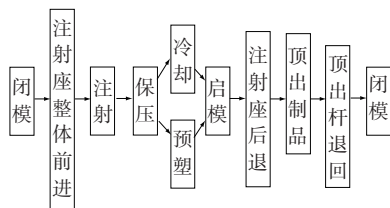


图1 注塑机的一般工作过程

1.2 注塑机能耗分析

按具体的设备来划分,注塑机的能量消耗大致可分为液压系统油泵的能量消耗、加热器的能量消耗、循环冷却水泵的能量消耗3个部分。其中,液压系统油泵的能量消耗占整个注塑机能量消耗的80%以上,降低其能量消耗量是注塑机节能的关键。

注塑机液压系统中的能量损失按其产生的原因大致可分为以下3大类:一类是匹配过程中的能量损失。这是在液压泵提供的能量与负载所需能量不相适应的情况下而产生的能量损失,它取决于液压泵的选型及液压系统的设计等因素;另一类是转换过程中的能量损失。这是在液压系统中能量转换元件在能量转换过程中产生的损失,包含压力损失、机械摩擦损失、容积损失等。能量转换损失不仅和转换元件有关,还和磨损情况及运行状况等因素有关。如液压泵将电动机输入的电能转为液压能,在转换过程中,由于内泄漏及液压泵的机械摩擦而引起的容积损失;最后一类是传输过程中的能量损失。主要指液压油在传输过程中所产生的能量损失,它决定于除能量转换元件之外的其他元件的布局与结构,如各元件之间的连接方式、控制类元件的结构以及规格、管道的类型等^[1,5]。

注塑机对液压系统的要求是^[6-7]:

(1) 模具的开合模速度要可调。

当动模离定模距离较远的情况下,即开合模具为空程时,为了提高生产效率,要求动模快速运动;合模时要求动模慢速运动,以免冲击力过大撞坏模具,并减小合模时的噪声与振动。一般开、合模速度按照慢-快-慢运动规律变化。

(2) 要具有足够的合模力。

对于熔融塑料而言,它以120~200 MPa的高

压注入模腔,在已闭合的模具上会产生很大的开模力,合模液压缸须产生足够的合模力,以确保对闭合后模具的锁紧,否则注塑时模具将会产生缝隙,使塑料制品产生溢边,出现废品。

(3) 注射速度与注射压力可调。

注塑机为适应不同塑料制品、形状品种、模具浇注等系统的工艺要求,注射速度与压力在一定范围内必须可调。

(4) 注射座要整体进退。

要求注射座移动液压缸要有足够的推力,确保注塑时注射嘴和模具浇口能够紧密接触,以防止注射时熔融的塑料从缝隙中溢出。

(5) 制品顶出速度要平稳。

制品顶出速度平稳可以确保成品不受损坏。

(6) 压力及保压可调。

在熔融塑料依次经过机筒、注射嘴、模具浇口与模具型腔完成注射几个程序时,需要对注射在模具中的塑料保压一段时间,确保塑料紧贴模腔以获得精确的形状。此外在制品因冷却凝固而收缩的过程中,熔化塑料可以不断充入模腔,以防因充料不足产生废品。保压的压力也要根据不同情况进行调整。

1.3 注塑机液压系统分析

液压系统是注塑机工作过程中的“血液”循环系统,是为注塑机的各种执行机构(马达以及油缸)提供速度与压力的重要回路。液压回路一般是由控制系统流量与压力的主回路以及各执行机构的分回路组成。回路则主要由过滤器、控制阀、泵、温度指示仪表、热交换器及压力表组成。

液压系统主要包括能源装置、控制调节装置、辅助装置、执行装置、传动介质 5 个部分。每一个环节功能的实现都需要通过能量来驱动,工作过程的能量转换包括:当在液压泵中形成高压油时机械能转为压力能,将压力能转换为机械能驱动执行装置工作以及高压油经过系统各液压元件时的热量。能量转换过程中必然伴随着能量的损失,整个液压系统的总效率 η 可用式(1)表示^[8]。

$$\eta = \eta_e \eta_p \eta_a \eta_c \quad (1)$$

式中: η_e 为电动机的效率; η_p 为液压泵的总效率; η_a 为液压执行器的总效率; η_c 为液压回路总效率。

2 注塑机液压节能技术的现状

注塑机的节能技术随着注塑机的发展而不断地更新。高端注塑机必定具有高端的节能技术^[9-10]。

当前,国内外对注塑机节能技术的研究主要表现在以下几个方面:第一,将电动机同液压系统各自的特点结合起来,研发电液混合驱动节能系统,采用液压系统进行模具的开闭,而塑化与注射动作则由电机来完成。这种方式可在提供较大合模力的情况下,实现较低的机器制造成本和较高的注射精度;第二,开发新型节能注塑机。如微发泡节能注射成型技术、注射压缩节能注射成型技术、振动成型节能技术、介质辅助节能技术、节能螺杆技术等;第三,在原有液压系统基础上进行改造,采用新型节能方案,尽可能减少原液压系统的能量损耗。这是目前国内大多数注塑机生产厂家最主要的研究方向;第四,采用全电动驱动,由伺服电机直接驱动执行机构,以达到高速、高效及精密的生产效果,这是国际上目前业内最新的研究方向之一。

液压力驱动系统是注塑机最主要的能耗所在,也是注塑机中最常用的系统。液压驱动注塑机在注塑成型的各个阶段所需要流量和压力都是变化的,注射阶段对压力和流量的需求都较高,但时间却较短,约占成型周期的十分之一。而冷却、制品取出等阶段对流量和压力基本没有什么需求,功率消耗很小,但时间较长,约占成型周期总时间的三分之一。对于油泵电机来说,它的负荷量处于不间断的变化状态,由设在泵出口的比例流量阀和比例压力溢流阀来调节负载流量与压力,提供各液压马达与油缸所需要的推力、移动速度和方向。原有的注塑机液压系统大部分采用定量泵,油泵电机以恒定的转速使油泵把固定的流量供给液压系统,当系统要求流量比较低的情况下,电机的输出功率是不变的,多余的油液则通过比例压力阀流回到油箱,这种方法功率损失大,效率低(60%~70%),由于液压油长时间的循环流动,与机械元件、液压元件产生剧烈的摩擦,极易造成油温过高、机械寿命缩短、噪音过大等问题。注塑机节能的重点在于提高液压力驱动系统本身的能量利用效率,使执行机构的功率和驱动系统输出功率达到匹配调节。目前国内主要从以下几个方向进行研究^[11]。

2.1 比例变量泵节能系统^[12-14]

注塑机节能最有效的措施之一是实现执行机构与动力机构两者之间的自适应调节匹配。比例变量泵有闭环比例变量泵、开环比例变量泵两种。开环比例变量泵是一种典型的容积、节流调速回路,其工作原理如图 2。负载敏感泵节能液压系统由负

目前我国塑料加工企业使用的注塑机 90% 以上都为定量泵液压系统,因此采用变频技术对注塑机进行节能改造在我国具有很好的推广价值和广阔的应用前景。

注射成型各阶段频繁的速度变化使驱动电机总处于加减速工况下,由于转动惯量以及磁滞效应的影响,会使得响应速度变慢。而且交流变频调速系统在小流量状态下,节能效果没有变量泵系统好。若转速过低,还会影响油泵寿命及流量输出的稳定性。注塑机是否采用变频调速,主要看加工制品的要求。变频调速节能的本质就是在电机转速低于设置的最高转速情况下起到节能效果,低速运转时间越长,节能效果越明显。

3 注塑机液压系统的节能措施^[1]

注塑机的工序过程基本是相同的,大致可分为 7 个工序过程:合模、射胶、保压、熔胶、冷却、开模、顶出,每一个工序都带有不同的能量消耗。注塑机液压系统大致可从以下几个方面减小能耗:

(1)减小液压能在传输过程中的能量损失。液压油在传输过程中不可避免地存在着流量损失和压力损失,这部分能量损失在全部能量损失中占有相当大的比重。因此,流量阀要按系统中流量调节的范围进行合理调节,以保证其最小稳定流量能够满足使用要求。应合理选择液压元件,在满足负载所需要压力的情况下,尽可能降低压力阀的压力。

(2)减小液压元件本身的能量消耗。主要通过开发新型液压节能元件和提高液压元件本身的质量来实现。比如通过优化各种液压阀阀口的流道以降低油液流经阀口的压力损失,通过优化驱动电磁换向阀的电磁铁来降低电器控制元件耗电量。

(3)减小液压泵和负载间的功率过剩。可通过减小流量过剩和压力过剩两方面实现。在注塑机液压系统中常采用流量匹配回路、功率匹配回路、压力

匹配回路 3 种方式实现功率匹配。

4 结语^[16]

随着现代社会的不断发展,那些价格低、能耗大的注塑机必定被淘汰。全电动式注塑机在节能、环保和控制方面都具有独特的优势,先进的全电动式注塑机节电可达到 70%,未来发展空间巨大。但这类注塑机在国内的研究开发起步较晚,专用控制器、伺服电机等核心技术还没掌握,整体技术与日本等先进国家相比还存在着较大差距。融合了全液压式注塑机的高性能和全电动式注塑机节能优点的电动—液压式注塑机将成为注塑机技术发展的方向。我国注塑机节能控制技术的研发重点是在改进和提高比例变量泵系统水平的同时,积极引进和自主开发高技术含量的全电动注塑机,降低全电动注塑机的生产成本。

参考文献

- [1] 毛佳兴. 橡胶技术与装备, 2011, 37 (2): 53-54.
- [2] 刘维. 饮料工业, 2011 (3): 13-15.
- [3] 齐文春, 等. 塑料工业, 2006, 34 (5): 34-57.
- [4] 张友根. 液压气动与密封, 2008, 28 (3): 44-47.
- [5] 王昌焱. 流体传动与控制, 2007 (2): 21-23.
- [6] 吴红, 等. 机床与液压, 2009, 30 (12): 125-127.
- [7] 柳波, 等. 机床与液压, 2001 (1): 84-85.
- [8] 强宝民, 等. 煤矿机械, 2008, 29 (6): 151-153.
- [9] 张友根. 宁波节能, 2009 (1): 11-13.
- [10] 张友根. 中国包装报, 2008 年 1 月 14 日, 第 006 版: 1-2.
- [11] 张佳林. 基于能量调节的注塑机节能液压系统研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [12] 荆琴, 等. 西安文理学院学报: 自然科学版. 2007, 10 (3): 88-89.
- [13] 刘海滨, 等. 液压与气动, 2007 (6): 57-58.
- [14] 饶启琛, 等. 橡胶技术与装备, 2002, 28 (4): 53-55.
- [15] 黄方平, 等. 液压气动与密封, 2004 (3): 22-25.
- [16] 熊国中. 塑料科技, 1999 (1): 33-38.

CURRENT SITUATION ANALYSIS OF ENERGY SAVING TECHNOLOGY OF INJECTION MOLDING MACHINE HYDRAULIC SYSTEM

Lin Kewei

Xu Kaijie

(Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China) (Shandong Plastics R&D Center, Jinan 250002, China)

Zhou Caigen

(Zhejiang Kaida Machine Tool Co.Ltd, Shaoxing 312041, China)

ABSTRACT The general principle of the injection molding machine was analyzed. It was pointed out that the pressure and flow of hydraulically driven injection molding machine were changing in various stages of forming, while injection molding machines were proportioning pump systems in domestic, and energy loss was very great. The status and energy-saving measures of energy saving of injection molding machine in domestic was focused on.

KEYWORDS injection molding machine, hydraulic system, energy-saving