

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.12.015

可提高挤出压力的齿轮泵*

祝海林, 宁鹏, 邹旻, 钱志达, 宋培毅

(常州大学机械工程学院, 江苏常州 213016)

摘要: 针对挤出机常规齿轮泵因存在径向力问题而使挤出压力的提高受到限制的现状, 借鉴谐波齿轮传动原理, 提出了一种新型齿轮泵, 从结构、原理上实现了径向力的平衡, 有利于增加齿轮泵的挤出压力, 具有增压、稳压、挤出量稳定均匀的良好特性, 并可挤出双倍的物料量, 为提升齿轮泵的性能与竞争力开创了新途径。

关键词: 塑料制品; 挤出压力; 齿轮泵; 径向力; 谐波齿轮传动

中图分类号: TH325, TQ330.4+6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)12-0066-04

Gear Pump to Improve the Extrusion Pressure

Zhu Hailin, Ning Peng, Zou Min, Qian Zhida, Song Peiyi

(School of Mechanical Engineering, Changzhou University, Changzhou 213016, China)

Abstract: Aiming at the status that the improvement in extrusion pressure is limited by the problem of radial force existed in extruder conventional gear pump, based on the principle of harmonic gear transmission, a new type of gear pump is proposed. The radial force is balanced from structure and working principle in the new pump, which is beneficial to increase the extrusion pressure of gear pump. Having good features of pressurization, pressure stabilization, steady and uniform extrusion output, and squeezing out double amount of material, the innovative ideas of the new pump creates a novel way to promote the performance and competitiveness for gear pumps.

Keywords: plastic products; extrusion pressure; gear pump; radial force; harmonic gear transmission

随着光纤、线缆、纺丝、医用软管、薄膜等塑料制品的广泛应用, 塑料挤出成型设备的需求日益增加。为了确保塑料制品的质量, 人们希望成型设备具有较高的挤出精度、稳定的挤出量。齿轮泵一般安装在挤出机与机头之间, 作为挤出成型生产过程中必不可少的一种配套装置, 其能将来自挤出机的料流增压、稳压后以稳定的流量送入挤出模具。而且不管挤出机内的压力如何变化, 齿轮泵始终能以稳定的压力供给机头一定的料流, 可以显著降低挤出机压力波动对挤出料流稳定性的影响。即使料流的黏度发生变化, 其挤出量也仍然能够保持恒定, 从而可以提高挤出制品的质量和精度, 并可以降低加工过程的能耗^[1-2]。所以, 近十多年来, 齿轮泵辅助塑料挤出已成为塑料工业的主流。在挤板、吹膜、挤出涂覆、挤管、造粒、型材挤出、连续吹塑等领域, 齿轮泵得到了广泛的应用^[3]。

然而, 迄今为止齿轮泵挤出压力的提高还是受到限制, 究其原因主要是现阶段塑料工业中所用齿轮泵都只有一个进料口、一个出料口。因为出料口的压力比进料口的高, 进、出口之间的压力差使得

传动轴及轴承上受到较大的径向力, 导致传动轴弯曲。若压力差较高、传动轴挠度较大时, 齿轮可能会卡壳, 或出现“刮膛”现象^[1]。齿轮泵的挤出压力越高, 轴承受到的径向力也就越大, 造成轴颈及轴承损坏, 齿轮泵性能退变、服役寿命缩短^[4]。为了拓宽齿轮泵在塑料制品挤出加工系统中的应用范围, 必须解决齿轮泵的径向力问题, 使提升齿轮泵挤出压力成为可能。为此, 笔者提出了一种基于谐波齿轮传动原理的、径向力平衡的新型齿轮泵, 为提高齿轮泵的性能与竞争力提供了新的途径。

1 新型齿轮泵的结构与原理

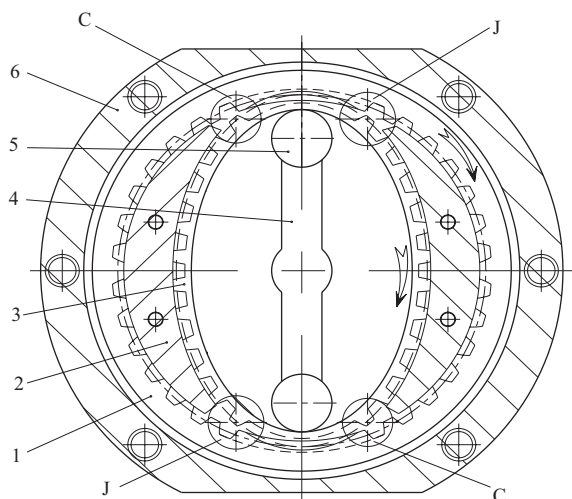
1.1 结构组成

由双作用叶片泵^[5]、复合齿轮泵^[6]的工作原理可知, 对称结构可以实现径向力的平衡。新型齿轮泵就是根据这个原则并结合谐波齿轮传动特点^[7]构思而成的, 其结构如图1所示。

* 国家自然科学基金项目 (51075046)

联系人: 祝海林, 教授, 博士, 研究生导师, 主要从事齿轮泵、机械可靠性、优化设计方面的教学和研究工作

收稿日期: 2013-09-18



1—内齿轮;2—密封块;3—外齿圈;4—滚轮臂;5—滚轮;

6—泵体;J—进料口;C—出料口

图1 新型齿轮泵结构简图

新型齿轮泵属于内啮合齿轮泵,内齿轮1是与目前齿轮泵性质相同的刚性齿轮,但是外齿圈3不同于现有齿轮泵中的齿轮,它能够产生较大的弹性变形(相当于谐波齿轮传动中的柔性齿轮),外齿圈3在装配前(原始状态)的横截面形状为圆形。

内齿轮1与外齿圈3的齿宽相同、齿数不同。在内齿轮1的齿顶圆与外齿圈3的齿顶圆弧面之间,装有月牙形密封块2;在两个齿轮的轴向两侧设置有侧板(图1中未示出);两个齿轮与密封块、侧板紧密配合,将内外齿轮之间的密封空间分隔为独立的四个部分:两个对称的低压进料口J、两个对称的高压出料口C,使作用在齿轮、传动轴上的径向液压力大小相等、方向相反而平衡。

两个滚轮5安装在滚轮臂4的两端,滚轮臂和滚轮构成类似于谐波齿轮传动中的波发生器,其最远端的距离略大于外齿圈的内壁圆直径。将两个滚轮装入外齿圈3时,迫使外齿圈的剖面由圆形变成了椭圆形,如图1所示。外齿圈椭圆长轴两端附近的轮齿与内齿轮的轮齿完全啮合、短轴附近的轮齿则与内齿轮不啮合。当传动轴驱动内齿轮转动时,椭圆形外齿圈跟着旋转,两个齿轮的啮合点位置也随之不断改变。

传动轴的轴承采用高耐磨性的滑动轴承,因为滑动轴承结构简单、安装方便、工作噪声低、抗冲击性能好,而且高聚物熔体本身就是很好的润滑剂,可以形成良好的动润滑膜^[8]。传动轴的轴承也可以采用滚珠轴承,滚珠轴承的优点是即使泵出现空转现象磨损也很小^[9]。

1.2 工作原理

与现有内啮合齿轮泵的工作原理相同,新型齿轮泵也是依靠两个齿轮相互啮合过程中,封闭腔室容积的周期性变化实现物料由低压侧向高压侧的输送。

滚轮臂4固定不动,而滚轮5可以在滚轮臂4两端绕自己的中心轴转动。内齿轮1是主动轮,外齿圈3及滚轮5为从动轮。当内齿轮1按图1箭头方向作顺时针转动时,由于内齿轮与外齿圈相互啮合,将驱动外齿圈3同向旋转。在两个齿轮的轮齿脱离啮合处,齿槽间的密封容积逐渐增大,形成局部真空,物料被吸入两个对称布置的进料口J,将齿槽充满。随着内齿轮1继续旋转,充满物料的齿槽沿着密封块转到两个对称布置的C口,这时两个齿轮的轮齿逐渐进入啮合状态,使齿槽存料容积变小,从而将齿槽内的物料从C口挤出。

内齿轮1连续转动时,重复上述过程。物料的一部分从进料口J经内齿轮与密封块凸面之间的间隙送到出料口C;物料的另一部分从进料口J经外齿圈与密封块凹面之间的间隙送入出料口C。这种结构使主物料流在进入每个进料口后被分成了两股支流,两个进料口共形成四股支流。其中的两股支流由内齿轮输送,另两股支流由外齿圈输送。齿轮的旋转和啮合挤压齿槽内的物料,并将两股支流从低压腔输送到高压腔,两股支流分别在出料口处汇合,可以获得较好的物料混合、均化效果。相互啮合的两个齿轮与密封块、侧板紧密配合,起着隔离进料口与出料口的作用,有利于建立高的挤出压力。

2 新型齿轮泵的性能特点

新型齿轮泵可以作为挤出机的辅助装置,它具有以下几点优越性能:

(1) 从结构、原理上看,泵内部的两个进料口J、两个出料口C分别对称,物料压力产生的径向液压力的合力大小相等、方向相反,传动轴、轴承上受到的径向力平衡,因而延长了轴承、泵及塑料挤出成型设备的使用寿命。

(2) 挤出工艺中,齿轮泵的主要作用是建立机头压力并增压,因此压力是齿轮泵的主要工艺条件。齿轮泵必须具备足够的输出压力,才可压实物料,生产出合格产品^[10]。如果由于物料阻力上升、齿轮泵出口流道不畅等原因引起齿轮泵出口压力升高时,传动轴上的径向力仍然是平衡的(现有齿轮泵,若出口压力升高,径向力也随之增加),有利于齿轮泵

挤出压力的进一步提高。

(3) 因为有两个出料口,传动轴转动一周可以实现两次出料,在与现有齿轮泵转速相同时,新型齿轮泵的挤出量翻了一倍。新型齿轮泵中齿轮的模数小、齿数多,因而压力波动小。挤出物料量的增加,进一步削弱了上游工艺传递过来的流量、压力脉动,适用于生产高精度、薄型和超薄产品,如聚对苯二甲酸乙二酯、聚苯乙烯、聚丙烯和聚酰胺等高定向薄膜,因为这些材料对压力和流量的波动特别敏感^[10]。齿轮泵输送能力的增大可以减少挤出过程的磨损和生热,拓宽了机器的加工范围^[10]。

(4) 因为有两个进料口,就可以在挤出生产线上使用两台挤出机同时向一台齿轮泵送料,使得中小型挤出机挤出较大尺寸的制品(大口径软管、宽幅薄膜等)成为可能,生产线结构紧凑、占地面积小,挤出制品的截面尺寸更加精确且易于控制^[3]。两个进料口的结构也提高了齿轮泵的自吸能力,降低了滞留和气穴现象的发生,这对于确保高黏度物料的顺畅吸入十分重要。

(5) 传统齿轮泵中,主物料流只能分成两股支流,它们沿着齿轮泵的腔壁移动,在高压侧汇合^[3]。新型齿轮泵可以将吸入的料流分成四股支流,进行反复挤压、辗压和重复循环,从而使物料混合更充分,达到优良的均匀性,使物料温升降低,有利于提高挤出制品的强度、耐冲击性和耐热性,为增加产量提供了可能^[11],并可以节省挤出工艺过程中的能耗。新型齿轮泵的散热面积大,对于导热性差的物料来说,可在短距离传热范围内达到低温加工的条件。

(6) 传统齿轮泵的出料口只有一个,存在挤出脉冲(脉冲频率与齿数成正比),会在挤出件的表面产生一种被称为“齿轮印痕”的连续性斑痕^[2]。新型齿轮泵的两个出料口输出的两路流量可以汇合一处,从而降低了挤出机的压力波动,能够向挤出机头持续、稳定地输送物料,保证挤出制品的密实性与尺寸精度,因而可以制出更多的合格塑料制品,减少废品率及原材料的浪费,降低生产成本。

(7) 内齿轮与外齿圈的啮合方式是面接触,而且同时参与啮合的齿数较多,齿轮啮合的重合度较高,啮合过程中能对物料进行连续、平稳的挤压。轮齿单位面积上承受的载荷较小,齿轮寿命长^[12]。

3 结语

在塑料行业,齿轮泵主要用于黏度较低的热塑

性聚合物熔体的挤出加工及对挤出制品的精度要求较高或制品原料较贵的挤出工艺中,以确保挤出合格品、节约原材料。螺杆挤出机与齿轮泵配套,特别适合于要求原材料共混改性、材料必须经过充分混炼均化才能达到制品质量的挤出生产线^[3]。

现阶段,国内塑料制品加工企业之间的竞争异常激烈,挤出制品的质量、工艺过程的节能、挤出设备的产量等成为决定竞争力的关键。但是,齿轮泵固有的径向力问题限制了挤出成型设备性能与竞争力的提高。随着新型高分子材料和新型加工工艺的不断出现,传统齿轮泵已不能完全满足生产要求。

笔者提出的新型齿轮泵具有两个进料口、两个出料口,从结构、原理上实现了齿轮泵径向力的平衡,有利于挤出压力的提高,具有增压、稳压和稳定流量的良好特性,使挤出工艺高速、高效、精密化成为可能,为提升齿轮泵挤出技术的竞争优势开创了途径。迄今为止,国内外塑料行业尚未问鼎该项技术。对新型齿轮泵进行深入的应用开发研究,将使我国在聚合物生产、塑料挤出加工方面领先一步,可望成为现代塑料成型加工技术和装备发展的热点。

参考文献

- [1] 李亮,吴大鸣. 提高挤出制品精度的技术与装置[J]. 工程塑料应用, 2001, 29(10): 44-46.
Li Liang, Wu Daming. Technology and apparatus for improving precision of extruded articles[J]. Engineering Plastics Application, 2001, 29(10): 44-46.
- [2] 那洪东. 橡胶加工用齿轮泵及配备齿轮泵的挤出机[J]. 世界橡胶工业, 2006, 33(8): 26-31.
Na Hongdong. Gear pump for rubber processing and the extruder equipped with gear pump[J]. World Rubber Industry, 2006, 33(8): 26-31.
- [3] 李庆春,鲁春萌. 熔体泵的特性及其在聚合物加工中的应用[J]. 塑料, 2000, 29(6): 50-53.
Li Qingchun, Lu Chunmeng. Properties and applications of gear pump in polymer processing[J]. Plastics, 2000, 29(6): 50-53.
- [4] Zhu Hailin. Keep gear pumps healthy [J]. Chemical Engineering, 2002, 109(3): 74-76.
- [5] 王洁,赵晶. 液压元件[M]. 北京:机械工业出版社, 2013.
Wang Jie, Zhao Jing. Hydraulic elements[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2013.
- [6] 王显彬. 偶数齿平面式复合齿轮泵的流量特性分析与仿真[J]. 赤峰学院学报, 2012, 28(10): 101-103.
Wang Xianbin. Analysis and simulation on flow characteristics in plane compound gear pump with even tooth number[J]. Journal of Chifeng College, 2012, 28(10): 101-103.

- [7] 祝海林,蒋宇,王铨龙,等. 谐波齿轮传动柔轮的变形分析[J]. 制造技术与机床,2013(3):150-154.
Zhu Hailin, Jiang Yu, Wang Chenglong, et al. Analysis on deformation of flexible gear in harmonic gear drive[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2013(3):150-154.
- [8] 江波,董奇. 聚合物加工用熔体齿轮泵的开发与应用[J]. 橡塑技术与装备,2008,34(3):16-20.
Jiang Bo, Dong Qi. Development and application of melt gear pump for polymer processing[J]. China Rubber / Plastics Technology & Equipment, 2008, 34(3):16-20.
- [9] 王进文. 用于橡胶挤出的新型齿轮泵[J]. 世界橡胶工业,2004, 31(3):25-32.
Wang Jinwen. New type of gear pump for rubber extrusion[J]. World Rubber Industry, 2004, 31(3):25-32.
- [10] 张惠敏. 齿轮泵在高分子材料成型加工中的应用及特点[J]. 特种橡胶制品,2002,23(3):38-42.
Zhang Huimin. Application and characteristics of gear pump used in polymer material processing[J]. Special Purpose Rubber Products, 2002, 23(3):38-42.
- [11] 江波,李云玲,许澍华,等. 聚合物熔体齿轮泵的研究[J]. 塑料工业,2001,29(4):5-8.
Jiang Bo, Li Yunling, Xu Shuhua, et al. Investigation of polymer melt gear pump[J]. China Plastics Industry, 2001, 29(4):5-8.
- [12] Zhu Hailin, Pan Jun, Zou Min, et al. Which will win in the gear pump technology[J]. Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, 2013, 37(1):129-133.

我国成功开发光气法聚碳酸酯成套技术

近日从青岛科技大学获悉,该校计算机与化工研究所与甘肃银光公司合作,研发了光气法聚碳酸酯(PC)成套工程技术。该技术通过了装置连续 72 h 生产考核,获得合格产品。研究所还开发出了年产 2 万 t PC 工艺软件包。

(环氧网)

拜耳推出三明治结构汽车部件

日前,拜耳材料科技推出应用三明治结构板设计制造的汽车后备箱盖等部件。该部件采用以玻璃纤维增强型聚碳酸酯基体材料、聚氨酯泡沫内芯以及聚氨酯原料制成的双组分外饰涂层体系等材料,箱盖具有轻薄硬质外壳和轻质内芯特性。

应用三明治结构板设计的汽车部件具有轻质、环保、节能、低成本等优点,能满足制造商和消费者对汽车个性化、独特设计的需求,为汽车设计提供更大的自由度。(中聚网)

线型聚苯硫醚市场前景看好

线型聚苯硫醚彻底克服了交联聚苯硫醚的脆性问题,与后者相比,线型聚苯硫醚以宝理塑料开发的 DURAFIDE® 为代表,具有韧性优良、杂质离子少、热稳定性好、熔合强度高、白度较高、能够着色等特点。其不仅可用于电子零件,还可应用于灯座、水泵、各种电装部件等,作为汽车部件、OA 及 AV 设备的功能部件的材料也可发挥其优良性能。在今后以汽车电装部件及住宅相关部件为中心的树脂市场拓展中,DURAFIDE® 的表现值得期待。(栾维涛,钟小燕)

“中德塑料市场拓展论坛”在德国杜塞尔多夫

K 展上成功举办

2013 第十九届德国杜塞尔多夫国际塑料及橡胶展(K展)在德国杜塞尔多夫国际展览馆召开。中国合成树脂供销协会(CSRA)率团参加了本次展览会,并在展会期间成功举办了“中德塑料市场拓展论坛”。

对于塑料行业来说,中国有着巨大的市场空间,德国拥有先进、高效的设备与成熟的材料技术;而以往双方中小企业间很少有沟通的机会。本次论坛的目的,在于搭建中、德

中小企业间的交往与沟通的平台;推动两国中小企业在技术、贸易、投资和知识产权保护以及环境保护等领域的合作,促进两国中小企业共同发展。

论坛由 K 展副主席与欧洲塑料新闻(KI)主席分别致辞,并由中国石油和化学工业联合会副会长和联邦德国塑料加工工业总协会(GKV)主席做主旨发言,他们分别阐述中德两国塑料行业的现状与发展。中国石油和化学工业联合会常务副会长李寿生和 GKV 主席 Dr. Kruse 先生分别代表 CSRA 与 GKV 在本次论坛上签订了友好合作协议。



“中德塑料市场拓展论坛”是由 CSRA 主办、GKV 支持、德国拜耳公司赞助、KI 协办而共同完成的。有来自中德两国 96 位企业家代表出席了该论坛,论坛的主要议题包括:中德双方塑料行业的发展介绍、塑料行业可持续发展与循环经济、创新思路与创新产品、新材料技术与新设备的应用发布与交流。

此次论坛的成功召开,已经得到了国际塑料界的关注,并为中德双方以及国内外塑料产业的同仁建立起了一条相互沟通的渠道和交流的平台。我们衷心地希望,所有关注塑料产业发展的业内人士共同参与,推动行业不断的向前发展,为建造一个更加美好、更加和谐的社会贡献一份力量。

(工塑)