

我国首台数码光盘精密注塑机的研制

黄步明

(广东泓利机器有限公司, 顺德 528308)

摘要 研制了我国首台数码光盘精密注塑机, 针对数码光盘生产对精密注塑机的高速、超精密、高洁净度的要求, 提出了精密注塑机必须满足的技术指标要求, 在对精密注塑机结构分析的基础上, 加强了研制过程的质量控制, 解决了一系列技术难题; 并阐述了数码光盘精密注塑机研制成功的意义。

关键词 数码光盘 注塑机 精密 研制

自 20 世纪 90 年代中期以来, 信息产业发展迅速, 光盘作为现代数字信息存储载体以其制造成本低廉(0.5 元/片)、容量大(VCD 为 740 MB, DVD 为 3.4 GB)、使用方便、保存时间长等特点而正在取代许多传统信息存储载体如纸、磁带等。目前, 光盘的使用越来越广泛, 而且随着光盘技术的发展, 光盘的容量越来越大, 从 CD、VCD 到 CD-R、DVD 及 CD-RW 等新产品层出不穷。因此可以说光盘行业的发展直接关系到多媒体电子、电脑、网络通信等数码信息行业的发展。

光盘生产技术涉及到机械、电子、光学、化工、计算机等多个学科, 是综合性很强的高新技术, 尤其是用于光盘注射模压成型的精密注塑机为各种高科技的集成。目前只有德国、瑞典、日本等少数发达国家数量不多的厂家能制造用于光盘成型的注塑机, 而能同时生产整条生产线各主要部件的国家尚未见文献报道, 现在这一记录已被我国打破, 开发光盘生产线的是两家民营企业——广东泓利机器有限公司和北京盛世联光影视文化有限公司。开发数码光盘注塑机, 必须以精密注塑机技术为基础。我国与国外在精密注塑机方面的差距十分明显, 随着 20 世纪 80 年代末 90 年代初港台技术的引进, 形势有所改观, 但在传动结构方面和精密控制方面仍有较大差距。

泓利公司是国内唯一一家批量及专业生产全液压式精密注塑机的企业, 在世界上率先成功研发了两板直压式精密注塑机, 并于 1994 年获得美国、日本、德国、意大利和英国等 7 国的发明专利。泓利公司从 1998 年开始通过多次论证(包括全液压式与全电动式优劣性的多方比较)决定在现有的成型技术基础上开发光盘注塑机。经过 3 年的不懈努力, 在国家有关部门的指导和兄弟单位的帮助下, 数码光盘精密注塑机及其生产线设备已在国家定点企

业——新会佩斯光电有限公司完成联机实验。通过对样机的实地测试和碟机的检测证明, 该生产线完全能够生产 CD、VCD 甚至是 CD-R 等光盘。

用于光盘成型的设备主要包括光盘精密注塑机、溅镀设备、涂胶设备、烘干设备、模具及各类机械手和传送设备等。

整条生产线的工艺过程如下:

将聚碳酸酯(PC)粒料输送到光盘注塑机机筒内熔融, 在螺杆的高速高压下注射进入已预先安放有母盘的模具中, 熔料冷却时母盘的信息被复制到已成型的塑料碟片上。在溅镀机的真空溅镀室里将铝或铜合金溅镀于碟片的信息面形成一层反射层。再通过涂胶装置在碟片反射层均匀地涂上一层保护胶。利用烘干装置发射的紫外线将碟片上的保护胶烘干。通过在线检测, 合格的碟片进入印刷工序, 最后成为数码光盘产品。

1 数码光盘精密注塑机的研制

1.1 压制光盘对设备的要求

数码光盘精密注塑机由锁模装置、注射装置、液压系统和电脑控制系统等组成。针对光盘制品要求精度高、效率高、洁净度高、光学性能好等特点, 对注塑机的要求主要有如下几点:

- (1) 具有稳定可靠的液压系统, 开合模速度快、平稳。开模定位精度高, 合模力准确稳定, 重复精度高, 模板受力均匀, 低压护模可靠;
- (2) 高速高效的塑化系统, 计量准确;
- (3) 注塑压力高、速度快, 多级可调, 保压转换点准确, 重复精度高, 保压压力稳定, 多级可调;
- (4) 温控准确;
- (5) 整机噪音低、洁净、无油污。

根据如上特点, 所开发的数码光盘精密注塑机

必须满足以下技术要求:

- (1) 成型周期 4.5 s;
- (2) 注塑压力大于等于 210 MPa, 注射速率大于等于 295 mm/s;
- (3) 注射过程十段精确控制, 保压十段控制;
- (4) 注射量精度为 $\pm 0.5\%$;
- (5) 锁模力 500 kN, 自动调整反馈, 调整时间毫秒级, 误差小于等于 1%;
- (6) 模板平行度误差小于等于 0.02 mm, 运行速度大于等于 400 mm/s, 运行精度为 ± 0.1 mm;
- (7) 高速高效的塑化能力, 转速达 380 r/min, 塑化均匀, 不得有生料、松料、气泡等。

1.2 注塑机工作原理及结构分析

生产数码光盘用精密注塑机结构如图 1 所示。

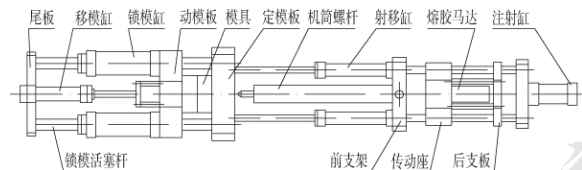


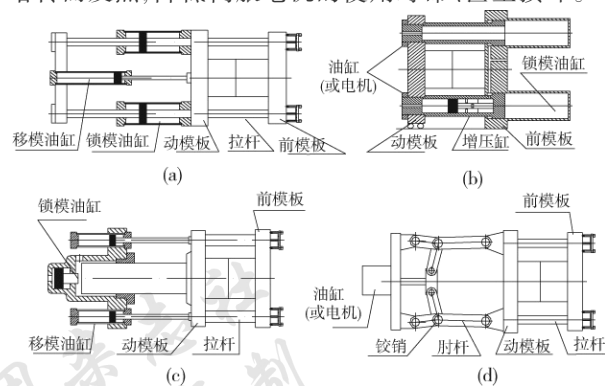
图 1 精密注塑机结构示意图

1.2.1 结构原理及分析

(1) 合模装置

目前, 合模装置有传统的肘杆式、全液压式和全电动式三种, 其中全液压式又分为单缸充液式、内循环式、外循环式等, 如图 2 所示。单缸充液式合模装置有一般液压式合模装置的优点, 如合模精度高、开模力大等, 也有明显的缺点, 如容易内泄外漏、体积庞大、升压速度慢、耗能多等。内循环二板式合模装置的油缸内活塞结构复杂、制造困难, 而且油缸活塞较小时无法安装充液阀, 故小机型无法采用, 并且出现内泄时维修困难; 但它的优点是油路较短、液压系统较简单、外观整洁, 适用于较大机型。泓利公司现生产的数码光盘精密注塑机的合模系统属外循环二板式直压式合模装置, 其优点是有效地解决了力和速度的矛盾, 解决了许多全液压式精密注塑机存在的速度慢、易漏油等问题, 其缺点是机身较长。目前的全电动式合模装置是用伺服电机取代原来的油缸推动肘杆作开合模运动, 所以原来肘杆式结构所存在的问题继续存在, 如加工精度要求高、易磨损、调模困难等。采用伺服电机不仅可以使肘杆在不同的角度停下来, 有利于锁模力的改变, 进行压制成型, 而且没有油压惯性的影响, 因而噪音较低, 控制精度较高。不过, 它也带来一些新的问题: ①它采用伺服电机带动滚珠丝杆, 因而滚珠丝杆的磨损会导致精度

的下降; ②如果机器的制造装配精度不高或模具安装平面不平行, 那么在滚珠丝杆上会出现一个附加的径向力, 加速滚珠丝杆的磨损; ③如果肘杆未完全撑直就开始注塑, 当成型面积较大时就会产生很大的轴向力作用于滚珠丝杆及伺服电机的轴上, 超载时就有可能导致它们的损坏; ④对于厚壁制品所需的保压时间较长, 若保压超过 10 s, 伺服电机即可因堵转而发热, 降低伺服电机的使用寿命、甚至损坏。



a—外循环式; b—内循环式; c—单缸充液式; d—全电动式

图 2 各种形式的合模装置

该数码光盘精密注塑机合模系统的具体结构为三根活塞杆(拉杆)穿过动模板固定在定模板与后支架上, 活塞固定在活塞杆上, 三个锁模油缸套在活塞上并固定在动模板上, 一个移模油缸安装在动模板与后支架之间。移模油缸完成开合模动作, 高压油进入三个锁模油缸完成锁模动作, 采用内置式插装阀来控制开合模。三缸直锁使模具的受力更均匀, 结构更紧凑。如图 2a 所示, 中心移模油缸推动模板移动, 三个大油缸在合模之后施以高压, 达到锁紧模具的目的。在注射过程中, 高压锁模缸的压力随注塑压力的增加而增大, 确保不出现让模现象。

(2) 注射装置

目前, 注射部分的结构一般分为双缸注射与单缸注射两种。双缸注射装置具有轴向长度短, 油缸、螺杆、传动三者的连接关系比较简单等优点, 不过注射负载大, 不利于精密控制。单缸一线式注射装置有利于精密控制, 但结构较复杂, 制造精度要求高。泓利公司采用单缸一线式注射装置, 不同之处在于, 油马达位于注射缸与螺杆之间, 结构简单, 其缺点是调整较困难。具体结构为, 后支架与传动座及熔胶马达联成一体, 通过注射缸向前注射, 在射嘴处设有气控顶针, 其作用是防止熔胶从射嘴漏胶而影响光盘成型。针对光盘级 PC 料所设计的螺杆, 长径比较大, 表面镀有特殊合金, 保证了原料充分塑化而不出

现黑点等缺陷。

其工作原理为: 采用独特的单缸双射移结构, 通过长径比大(达 26 1) 的特制螺杆的塑化作用, 将塑化好的原料以高达 210 MPa 的压力高速注射到模腔内, 同时气控顶针在每次注射保压完成之后马上封闭射嘴, 确保每次注射量准确一致。注射装置简图见图 3。

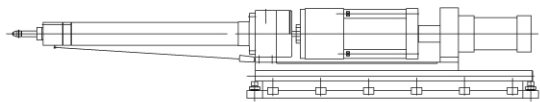


图 3 注射装置简图

(3) 液压系统

注射与合模动作的控制采用闭环反馈的伺服阀控制, 控制精度高, 确保模板的运行精度。注射系统采用 N₂ 注射装置, 响应快, 速度快, 确保光盘成型所需的高速高压条件。

(4) 电控系统

采用高性能大屏幕电脑, 运算速度快, 对注射、锁模动作及温度都使用 PID 控制。

1.2.2 数码光盘精密注塑机的性能

表 1 列出泓利公司产数码光盘精密注塑机与国外同类机型的性能比较。

表 1 国内外数码光盘精密注塑机的性能比较

项 目	泓利公司	日本 MEIKI	荷兰 NETSTAL
螺杆直径/mm	28	28	35
注塑压力/MPa	210	185	160
理论射胶容积/cm ³	49	42	57
实际射胶量/g	51		61
注射速率/cm ³ ·s ⁻¹	188	152	300
塑化能力/g·s ⁻¹	17		
螺杆转速/r·min ⁻¹	380	380	300
合模力/kN	491	393	491
模板行程/mm	230	190	330
最小模厚/mm	170	190	
最大开距/mm	400	380	480
拉杆内距/mm×mm	260×310	265×265	260×310
加热功率/kW	6.8	4.8	6.5
电机功率/kW	18.5	18.5	18.5
冷却水量/L·min ⁻¹	60	55	

2 研制过程的质量控制

数码光盘精密注塑机的成型周期要比普通注塑机短很多, 一般同类型注塑机的成型周期为 7 ~12 s, 而光盘精密注塑机的成型周期要求小于 4.5 s, 并

且光盘精密注塑机的动作时序为普通注塑机的 2 倍以上。由于光盘的成型条件非常严格, 其成型工艺对国内来说还较为陌生, 所以在实际研制过程中, 不仅要提高机器的精度和运行速度, 而且还要一点点地摸索其成型工艺。与精密注塑机相配套的模具非常精密和复杂, 它涉及到气动与真空控制技术。在实际试制过程中, 其高难之处体现在以下几个方面:

(1) 模板平行度高。因为光盘的厚度为 1.1 ~ 1.2 mm, 对光盘成型的模具精度要求极高。无论从成型条件还是从对模具的保护而言, 模板的平行度需控制在 0.02 mm 以下, 而普通注塑机的标准平行度都在 0.1 mm 左右, 这是远不能达到要求的。因此对合模部件相关零件的加工和装配要求非常高。

(2) 对模板运行精度的控制。出于对整个成型周期的考虑, 开合模时间必须控制在 1 s 以内。由于采用导轨式机械手, 其对模板的开模位置要求相当高, 精度达 ±0.1 mm。

(3) 合模装置起高压快、精密可调。为达到尽量缩短开合模时间的效果, 要求高压反应迅速、时间短。同时为适应各种成型条件, 对锁模力不仅要求精确, 而且还要可调, 以便适应多种类型光盘成型。

(4) 对注射过程的控制。光盘属薄壁制品, 光盘上的信息槽凹坑深度仅为 0.11 μm。为保证复制信号的准确性, 要求注射过程在高速高压的条件下进行, 并且注射、保压过程中速度、压力十段精密可调, 且保压转换点准确。否则会出现丢失信号、信号不完整, 以及碟片出现翘曲、银纹等缺陷。

(5) 对塑化过程的控制。为满足成型周期短(约 4.5 s) 的要求, 塑化速度要求非常高, 同时要求塑化量非常准确, 塑化速度、背压也要多级可调, 以满足在高速的情况下有很好的塑化效果。采用的螺杆不仅要确保塑化效果, 而且还要保证在成型过程中不会出现气泡、黑点、杂质等缺陷。

(6) 对机械手的要求。机械手负责成型后的取片和传递, 要求速度快、动作可靠。

(7) 对其它设备的要求。用于光盘成型的辅助设备有料温干燥机、冷水机、模温机、空压机、真空设备等。这些设备的运行情况都必须十分稳定, 否则, 只要其中一个环节出现问题, 则整条生产线都会受到影响。

针对上述技术难点, 我们对整条设备生产线在机械、液压、电气等方面经过了多次大的改进, 主要体现在:

(1) 针对动模板运行精度高、速度快、起高压快的特点,对油路系统进行了三次改进,增加了液压系统平衡位置,采用了专利技术——内置式插装阀,尽量减轻运行机构的自重;采取了严格控制零件加工精度等措施,保证模板的平行度,使三缸的高压锁模压力相等。

(2) 对塑化部分进行了多次改进。为保证螺杆的粗糙度等级低及高耐磨性,在螺杆表面喷涂了新型耐磨合金。通过不断研究改进,研制出合格的气控喷嘴装置。

(3) 对电气控制部分进行了二次大的改进。选用先进的高容量、高速度的电脑控制系统,确保了开合模、注射、温度等的控制精度。

(4) 通过对成型工艺的不断探索,解决了易断

水口及手臂取片困难等问题,并获得了一整套适用于光盘成型的工艺参数。

总之,经过3年的不懈努力,不仅使我们在超高精密注塑机方面取得了大量宝贵的经验,大大缩小了与国外先进技术的差距,设备性能已接近或达到了国外同类机型的水平,而且获得了一整套完整的光盘成型工艺参数。

3 数码光盘精密注塑机研制成功的意义

该精密注塑机的研制成功表明,我们有能力制造精密级乃至超精密级注塑机。该精密注塑机的研制成功填补了我国在光盘制造方面的空白,打破了国外对光盘技术的垄断,提升了我国塑料机械制造业的水平,对我国塑料机械厂家的发展具有借鉴和指导作用。

DEVELOPMENT OF THE FIRST PRECISE NUMERAL CD INJECTION MOULDING MACHINE IN CHINA

Huang Buming

(Guangdong Only Machinery Co. Ltd., Shunde 528308, China)

ABSTRACT The first precise numeral CD injection moulding machine in China was developed. According to the requests of high speed, ultra precise and high cleanliness for precise injection moulding machine, the technical index was put forward. The quality control was reinforced by analyzing injection moulding machine structure, and a series of technical problems were solved. And the effects of developing precise numeral CD injection moulding machine was expounded.

KEYWORDS numeral CD, injection moulding machine, precision, development

日本宝理公司确立螺旋齿轮高精度成型技术

日本宝理塑料株式会社通过精心研究,终于在螺旋齿轮高精度成型技术方面有所突破,确立了螺旋齿轮 JIS 0 级高精度成型技术标准。螺旋齿轮由于外周部的轮齿呈斜向排列而具有较高的啮合率,从而有利于齿轮低噪音化,并能减小齿轮的旋转误差。但是实现螺旋齿轮高精度的难题之一是齿轮成型时的收缩会引起扭转角误差。

该公司研究发现,所谓的“鼓状形变和不均匀收缩率”是形成“S”形变的真正原因。如果对腹板部分进行局部加工,可以改善鼓状形变,克服“S”形变,大幅度提高齿梗精度;对扭转角误差和齿梗形状误差随着压缩时间不同而发生的变化,需进行定点压缩;还提高了模具轴向精度;提出了实现可重复性的保证轴向精度的模具结构设计方案;并采用了流动性极好、结晶速度慢、易传递到模具表面的夺钢 JW-03 树脂。通过采用多级控制法对注射速率进行控制,以减少流痕。总之,该公司通过对注塑、模具设计及树脂材料的优化,实现了 JIS 0 级高精度螺旋齿轮的成型。(陈嘉霖)

工程塑料为冲锋枪增力

在不久前结束的 2004 年欧洲萨托里防务展览会上,俄罗斯 KBP 仪器设计局首次展出其最新型 PP-2000 式 9 mm

冲锋枪,因机匣部件大量采用了高性能和高强度的工程塑料,大大提升了枪支的品质。由于枪身机匣采用了工程塑料,使该式冲锋枪(空枪)大为轻量化,只有 1.4 kg,而且提高了武器的抗腐蚀能力。枪上配有导轨系统,可以安装各种光学瞄准具,根据需要膛口可以安装消声器。该枪最大的优点就是在枪重大为减轻的同时保证了使用强度,这对于需要携带越来越多战备物品的战士来说,无疑是一个福音,它能让士兵在作战时更加轻巧便捷,从而增强了战斗力。(刘泰)

大口径聚丙烯管专用料试用成功

扬子石化股份有限公司研究院塑料加工应用中心自主研发的大口径聚丙烯双壁波纹管专用料,日前在上海一家公司进行了应用试验,并取得了成功。

上海这家公司去年从加拿大科玛公司引进了一整套大口径双壁波纹管生产装置(目前在国内较为先进),可以生产口径为 500~1200 mm 的双壁波纹管材。扬子石化公司开发的大口径聚丙烯波纹管专用料在这一装置试生产表明,生产稳定正常,证明该专用料具有良好加工成型性;所生产的管材内外壁光滑,环刚度明显要比相同口径的聚乙烯双壁波纹管好,并且成本也比聚乙烯双壁波纹管低,因此更适合应用于埋地排水管的生产领域(耀富)