

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.02.030

聚合物模内组装成型技术研究进展

冯刚,王华峰

(浙江工业职业技术学院,绍兴 312000)

摘要:概述了模内组装成型技术的原理、工艺过程及特点等。并在介绍几种最具代表性模内组装成型方式的基础上,详细分析了国内外在该领域的最新研究进展。最后对模内组装技术的发展前景进行了分析预测。促进注塑模具的优化,合理选择成型材料,加强与其它技术的融合,提高在现实生产中的应用成为未来模内组装成型技术研究者的主要任务。

关键词:注射成型;模内组装;研究概况;前景预测

中图分类号: TQ311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)02-0125-04

Technological Advances of Polymer Molding In-mold Assembly Technology

Feng Gang, Wang Huafeng

(Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China)

Abstract : The principle, technological process and characteristics of in-mold assembly technology were summarized. And on the basis of introduction of several the most representative in-mold assembly methods, the latest research progress in this field at home and abroad were analyzed. Finally, the development prospects of in-mold assembly technology were predicted. The main task for future researchers in the aspects of in-mold assembly technology is to promote the optimization of injection mold, choose the molding material reasonably, strengthen the integration with other technologies, improve the application in the real production.

Keywords : injection molding ; in-mold assembly ; research survey ; prospect forecast

聚合物材料被广泛应用于交通运输、医疗卫生、日常生活等领域,在国民经济的发展中起着重要的作用。随着现代工业及科学技术的发展,低成本、高性能、低污染、多功能成为聚合物成型制品的未来走向。与之相关的聚合物材料加工成型技术也获得了快速的发展并不断走向成熟。当前,聚合物材料成型工艺有多种,主要包括注塑、挤出、吹塑等,其中应用最为广泛的是注塑工艺。同时,为了满足市场对塑件颜色、手感、材质等多样化的需求,注塑工艺由单组分逐渐向多组分注塑过度,多组分注塑将两种或两种以上的聚合物材料混合成型,其凭借着生产效率高、产品附加值大等优势,日益受到人们的重视^[1]。模内组装技术作为多组分注塑技术的一种,是近些年兴起的一种新型的注塑技术,它最早由德国的 Fickenscher 公司提出。它通过聚合物材料的搭扣配合、焊接和共注塑等方式,在模具内部完成所有工序,避免了后续的手工装配工作。模内组装技术除了具备多组分注塑的优点外,还具有其它多组分注塑无可比拟的优势,代表着注塑技术的主要发展方向之一。然而由于技术条件的限制,模内组装技术在我国的研究和应用刚刚处于起步阶段,尚有许多问题需要解决。为此,笔者系统地展开聚合物模内组装成型理论的研究,并对我国在此技术的研究现状进行分析与概

括,以便在此基础上进一步发展与创新。

1 模内组装成型技术的原理及特点

一些复杂的塑料制品往往需要不同的注塑零部件按一定的连接形式装配而成。传统的成型方式是首先将每个零件单独注塑,然后再采用二次加工得到最终的塑件。随着市场的发展及人们需求的多样化,一种新型的多组分注塑技术——模内组装技术应运而生。

模内组装成型技术(IMA)也可称为模内装配成型技术,它是在改造多材料成型工艺的基础上发展的一种新型的多组分成型技术。对于一些复杂的制品,传统的注塑工艺大多采用分别成型再装配的方式。而模内组装则是通过搭扣配合、焊接或用胶粘剂粘结等方式,将原本放在模具外装配的各个独立的部件放在模具内,从而实现注塑和装配两道工序在模内的结合^[2-3]。即在模具内按一定顺序注射成型塑件的同时,还在模内顺序将个部件组装。

简单模内组装成型过程一般可以分为五个步骤,如图1所示包含两种材料的简单模内组装成型。图1中第1步为成型零件的第1种材料部分;第2步通过上下平移、旋转等

联系人:冯刚,硕士,副教授,从事机械制造设计及自动化工作

收稿日期:2014-11-27

方式调整模具的位置;第3步将模具调整到使零件两部分高度相同的位置;第4步合模并成型零件的第2种材料部分;第5步获得所需的零件。

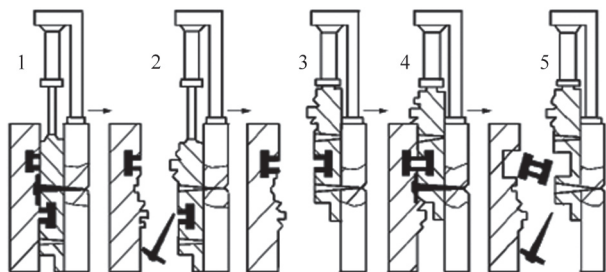


图1 简单零件模内装配示意图

同其它多组分注塑一样,模内装配成型无论是在经济性还是在塑件质量方面都具有优势^[4]。除此之外,模内装配成型还可以生产出受成本或技术等条件限制而无法用常规方法生产的产品。其特点具体表现在以下几个方面。

(1) 生产效率高。

模内装配成型最大的特点就是将成型与装配过程都整合到了模内进行,直接从模具中加工出最终部件,减少了后续的加工,因而可以缩短成型生产的周期,有效地提高生产效率。以组装具有3个元件的产品为例,模外组装需要3条自动生产线,而模内组装则只需使用1条生产线^[5]。同时,对于普通的需要后续手工安装的成型方式来说,模内装配成型不需要更换模具,可避免使用单独的模具或压机,省去了大量的人力、物力的使用,有效地降低了生产成本。

(2) 塑件性能好。

由于模内装配一次性完整成型,因而可以有效地避免在二次操作过程中可能出现的翘曲变形、收缩等质量问题,减少废品率,获得质量和性能更加稳定的塑件^[6]。此外,模内装配在成型过程中能够确保组装的塑件正确的搭配或结合,并且各个相匹配零件之间的配合更为平滑和柔顺,避免了使用标准模具生产过程中产品的匹配问题。

(3) 模具设计复杂。

与常规模具相比,采用模内组装可使生产成本下降40%~50%,模内组装可以带来显著的经济效益。但是,对于模具设计的本身来讲,模内装配中所用到的模具的复杂程度远远高于标准模具。据统计,在相同的生产条件下,采用模内组装技术的模具成本会比标准的模具成本高出30%~70%。因此,模内组装通常需要较高的注塑件产量来平摊总的模具成本。通常认为25万件以上的塑件数比较适合选择采用该技术^[7]。同时,模内装配技术需要采用相对较高级的自动化系统来控制各个生产过程中所涉及到的模腔的转化。

(4) 适用范围广泛。

模内组装既能够成型不同材料的制品,也能够对相同的材料进行成型。通过模内组装配成的塑件,各个部件既可以连接在一起又可以自由地活动。同时,模内组装配成型技术可以解决一些特殊制品的制造问题。如由于微型机械尺寸过小,在装配过程中难以保证其精确性及成功率,因而过去成型尺寸较小制品的装配多采用人工或者比较精密的自动化装配机械手,生产成本较高。模内组装配成型技术的出现有效地解决了这一难题,通过成型与装配过程的统一,大大提高了塑件的装配效率。

除此之外,相对于标准模具,模内装配技术在生产循环时间、用户操作、成品率等几个方面都有其独特的优势。

2 模内组装配成型技术的实现途径

实现模内组装的途径有多种^[8],针对不同制品的需求,目前国内外制造商已经尝试了多种方法来实现模内装配。最常见也是最经济的模内组装方式有模具滑合成型方式、旋转叠层的成型方式、模具部件骤冷方式、半成品传递方式等4种。

(1) 模具滑合成型方式。

模具滑合成型方式是由JSW公司与日本的Sakamoto公司合作研发。中空塑件一般通过移动滑板的方式实现模内组装配成型。其具体成型过程为:首先在模具内分别成型两个独立的塑件,然后通过滑移模板将它们放置在一起,最后采用包覆成型将两部分密封连接成为一体,从而加工出中空部件。

(2) 旋转叠层成型方式。

旋转叠层的成型方式在模具中设置一个可以在垂直轴上旋转的中心模板,该中心模板一般有2个或4个型腔,并可以绕模具中心轴旋转90°或者180°。其成型原理为两种不同的塑料分别塑化,并注入模具型腔,使后注射的成分包覆或半包覆在先注射的成分上。德国Zahoransky Formenbau公司设计出一套旋转式模具系统,该系统通过旋转设置在模具外部两侧的组装板,实现塑件间的扣合、焊接和粘接等。

(3) 模具部件骤冷方式。

模内组装配成型技术既可用于两种不同材质的制品,也能够对相同的材料进行成型。模具部件骤冷方式又可称为“冰冷技术”,其针对相同材质塑件的组装配成型而产生,该工艺最早由德国Ferromatik Milacron公司提出。为了避免两次注射熔体在结合界面发生分子渗透,模具部件骤冷方式通过模具内设置微小的冷冻单元与冷却嵌件,使模具的温度迅速降低至水的凝固点左右,从而得到同种材质的、带有活动功能的塑件。

(4) 半成品传递方式。

半成品传递方式通过内部到外部的机械结构将半成品

传递至下一个成型位置,从而实现模内组装。该技术已在欧洲获得了长足的发展,主要被应用于牙刷等日用品的生产中。同时,半成品传递方式需要机械手或机器人等辅助的外部机构才能实现,因而在使用过程中还存在生产成本高、成型周期长等缺陷。

3 国内外模内组装成型技术的研究现状分析

模内组装成型技术源于20世纪80年代,由德国的Fickenscher公司提出。

1991年,日本JSW公司与Sakamoto模具公司合作推出冲模滑动注塑技术,它是最早的单面模内组装技术。1995年,Multiject公司将模内组装成型技术引入美国。随后模内装配成型技术凭借生产效率高、产品性能好等优势,在人力资源短缺的欧洲和北美等工业发达国家已经得到了广泛的研究^[9]。近些年,国外致力于模内组装成型技术研发的有德国的Ferromatik及Foboha公司、丹麦的Gram科技公司,奥地利Engel公司,恩格尔公司等。

目前,国外模内组装成型技术已发展到一定的水平,并且逐步从简单的试验室阶段应用到汽车、玩具和电子工业中等具体工业的生产之中,取得了极大的经济效益。其中比较有代表性的产品包括:由Innatech公司加工的3组分的汽车通风百叶窗,Engel公司生产的婴儿用橡皮奶头以及Play Mobil公司制造的带有活动手臂的玩具猴子等。

由于生产成本、技术条件、人力及物力投入等多种因素的限制,模内组装成型技术在我国还没有获得规模的运用和发展。但是,随着模内贴标、薄膜装潢等技术的日渐成熟,人们逐渐开始寻找各种新型的多组分注塑技术,国内很多学者研究者和厂商也开始关注模内组装成型技术。

周国发等^[10-11]针对微型零件成型与部件组装加工面临的技术难题,提出将模内组装成型技术应用于微型机械。并通过数值模拟着重分析了二次成型过程中熔体注射温度对模内组装成型流固耦合变形的影响。得出二次成型熔体的注射温度的增加会导致流固耦合变形的减小,但当二次成型熔体的注射温度过大时一次成型固体微型轴表面会融化。

吴成龙等^[12]以卡扣式翻盖为例,采用模内组装成型技术对传统瓶盖注射模进行改造。即将合盖装置加入模具外部,并通过液压缸驱动齿条带动齿轮和压杆旋转,压杆推动翻盖扣合,从而在模具内部完成合盖程序,实现了合盖的模内装配自动化。

杨亮等^[13-14]在分析模内组装成型技术优势及适用范围的基础上,注重研究了共注塑不相容材料模内组装技术。详细分析了共注塑不相容材料模内装配技术的原理、要求和应用等,并以一款采用共注塑不相容材料模内装配技术的汽车空调出风口为例,对模内装配技术的成本进行比较及分析。

龙桑田等^[15]结合众多国外模内组装的具体实例,从技术优势、多样性等方面对模内组装成型技术进行了分析。并分析了模内组装成型技术与重叠注塑技术的不同,对于我国模内组装成型技术的研发具有重要的参考价值。

姜黎章等^[16]在分析模内组装技术与多色塑料注射成型、包覆成型等相关成型技术区别的基础上,总结了模内组装成型技术的独特优势。并以汽车出风口垂直叶片组件为例,叙述了模内组装的模具结构及模具设计时的注意事项。最后得出采用模内组装技术对塑件的数量有一定的要求,塑件的批量越大,成本优势会越明显。

祝铁丽及董红军^[17-18]从两个方面分析了模内组装技术在微小塑料铰链的成型中所面临的难题,并针对这一难题,设计出一副新型微小塑料铰链模内装配注射模。该模具通过合理选择浇口位置,优化型腔结构等,不仅能避免模具微细型芯在高压下发生弯曲变形,而且可以有效地防止粘接现象的发生。

总之,近些年来,国内外无论是在模内组装技术的研发还是在应用方面都取得了突出的进展。模内组装注塑技术的发展同其它技术一样,也必然经历技术移植、成熟、发展创新等过程。同工业发达国家相比,尽管国内一些科研人员在模内装配组装技术上进行了努力,但我国模内组装技术研发仍处于技术移植阶段,需不断地探索和创新。从阶段性成果分析可以看出,我国模内组装成型技术发展前景十分广阔。

4 模内组装成型技术的发展前景

模内组装成型技术的产生促使多组分注塑工艺向前迈出了一大步。同时随着注塑行业的发展,模内组装的发展潜力也不断地凸显。然而作为一种新兴的技术,模内组装注塑成型技术还有很多问题有待解决,诸如两次成型件之间的配合、材料的选择等。从目前的发展形势来看,相关行业研究者的未来研究重点主要集中在以下4个方面。

(1) 促进注塑模具的优化。

模内组装成型技术的特殊性不是注塑机本身,而要集中体现在模具的设计。在实际生产过程中,除了两种材料的简单模内成型,许多零件中还包含一些比较复杂的结构,模内装配技术相配套的模具比普通模具复杂很多。因此除了遵循一般的模具设计原则之外,还需要注意成型零件的先后次序和组装次序。除此之外,由于模内组装的模具制造成本比较高,降低模具成本也是未来一个研究重点。为了发挥一套模内组装系统的最大价值,在模具设计中应提高其适应性,实现类似于注塑模具模架的标准化。

(2) 合理选择成型材料。

模内组装成型过程中,成型材料的选择也是影响塑件质量的一个重要因素。

由于模内成型技术通常涉及到两种及两种以上的材料,因此,为了提高零件间的配合度,需考虑材料收缩率、流动性、成型性等因素。同时,成型过程中两种材料往往会粘连在一起,为了实现模内组装的目的,需要通过各种方式限制两种材料在接触面上的粘结。

(3) 加强与其它技术的融合。

技术之间的融合成为未来工业发展的一大趋势。模内组装成型技术远比单纯装配技术或嵌入操作技术要复杂,其本身就是一个注塑技术高度集成化的过程,涉及包覆注塑、双色注塑、嵌件注塑等成型技术。同时,作为一项综合性集成技术,模内组装成型以自动控制、模具设计和机械制造等为基础。因此,模内组装成型技术在发展过程中需要积极借鉴其它技术,开发出一个集模具设计、成型顺序控制及选材于一体的模内装配系统。

(4) 提高在现实生产中的应用。

模内组装成型技术的应用主要体现在两个方面,一是实现不同部件之间的组装;二是生产常规的加工方法无法制造的产品。由于现有条件的限制,我国的模内组装成型技术处于理论研究阶段,其应用仅停留在某些制品的局部的简单组装或一些附加值低的生活用品的生产中。因此,在研究模内组装成型技术各种理论的基础上,需要进一步提高其在现实生产中的应用。

参考文献

- [1] 彭响方,等. 工程塑料应用,2004,32(9):32-35.
Peng Xiangfang, et al. Engineering Plastics Application, 2004, 32(9):32-35.
- [2] Mikell K. Plastics Technology, 2007(3):60-63.
- [3] Priyadarshi A K, et al. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, 32(3):350-365.
- [4] Li X, et al. Computer Aided Design, 2004, 36 (12):1 171-1 187.
- [5] 陈绍升. 国外塑料, 2012, 30(3):54-56.
Chen Shaosheng. Foreign Plastics, 2012, 30(3):54-56.
- [6] 吴成龙,等. 工程塑料应用, 2013, 31(6):103-106.
Wu Chenglong, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 31(6):103-106.
- [7] Jean M H. Machine Design, 2005, 17(2):134.
- [8] Macdonald C. Canadian Plastics, 2005, 63(5):34-36.
- [9] 王会凤,等. 锻压技术, 2010, 35(5):7-10.
Wang Huifeng, et al. Forging Technology, 2010, 35(5):7-10.
- [10] 周国发,等. 工程塑料应用, 2013, 41(2):43-47.
Zhou Guofa, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(2):43-47.
- [11] 周国发,等. 塑性工程学报, 2012, 19(1):107-112.
Zhou Guofa, et al. Journal of Plastic Engineering, 2012, 19(1):107-112.
- [12] 吴成龙,等. 模具工业, 2013, 39(12):58-60.
Wu Chenlong, et al. Mould Industry, 2013, 39(12):58-60.
- [13] 杨亮. 共注塑不相容材料模内装配技术的应用和技术分析 [D]. 上海:上海交通大学, 2010.
Yang Liang. Analysis and application of co-injection incompatible material mould assembly technology [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2010.
- [14] 杨亮. 机械设计与制造, 2010(7):46-48.
Yang Liang. Mechanical Design and Manufacturing, 2010(7):46-48.
- [15] 龙桑田. 国外塑料, 2009, 25(5):72-75.
Long Sangtian. Foreign Plastic, 2009, 25(5):72-75.
- [16] 姜黎章,等. 模具工业, 2012, 38(5):46-51.
Jiang Lizhang, et al. Mould Industry, 2012, 38(5):46-51.
- [17] 祝铁丽,等. 模具工业, 2012, 38(1):50-54.
Zhu Tieli, et al. Mould Industry, 2012, 38(1):50-54.
- [18] 董红军. 微小塑料铰链注塑模内装配工艺及成型装置的研究 [D]. 大连:大连理工大学, 2012.
Dong Hongjun. Research on in-mold assembly technology and molding equipment of mesoscale plastic revolute joint [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2012.
- [19] 张友根. 塑料包装, 2002, 30(2):50-53.
Zhang Yougen. Plastic Packaging, 2002, 30(2):50-53.

茂名石化 PE-HD 装置日前首次试用国产催化剂

茂名石化高密度聚乙烯(PE-HD)装置日前首次试用国产催化剂,成功生产出中空注塑料 HHM5502LW。

HHM5502LW 是茂名石化的主打品牌之一,年产量占全年装置总产量的 55% 以上,所用催化剂原来一直是进口产品。为了加快催化剂的国产化工作,拓宽催化剂供应厂家,降低生产成本,茂名石化与国内某著名催化剂生产单位开展技术交流,决定采用该催化剂厂家生产的新型催化剂,并在装置上成功进行工业化应用。整个试用过程装置控制平稳,催化剂的各项响应性能良好,生产出的产品各项性能指标全部达到优等品要求。(中化新网)

先进注塑成型助力高端家电生产

1 月底,由青岛海尔模具有限公司承担的“十二五”国家科技支撑计划项目——先进注塑成型工艺与新型模具结构开发及应用推广,通过科技部组织的专家验收。该项目针对高端家电产品对注塑模具生产效率和外观品质要求不断提高的需求,研发了具有自主知识产权的大型叠层模具和精密双色模具。在两类模具的结构形式、工艺、模拟分析等方面,攻克了一系列技术难题,拥有了 CAD/CAE/CAM 一体化设计及数值模拟、叠层模具专用热流道、大型精密叠层模具的中间板组合、双色模具组合等一批模具核心技术,开发了专用机械手系统,实现了自动化生产。(中国聚合物网)