

应用技术

模具数字化设计与快速制造

王宏松, 汪程, 修辉平
(九江职业技术学院, 九江 332007)

摘要: **目的** 为缩短模具产品开发周期,降低制造成本。**方法** 构建了模具的数字化设计与快速制造系统,从造型、结构分析、虚拟设计、成形工艺仿真与优化等方面,阐述了数字化设计的过程,并介绍了 RP 和 RT 制造的方法。最后以玩具车齿轮为例,阐述了模具数字化设计与快速制造的应用。**结论** 模具的数字化设计与快速制造,为新产品开发提供了一种快速而又经济的方法。

关键词: 模具; 优化; 数字化设计; 快速制造

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2014.02.011

中图分类号: TH164; TG76

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2014)02-0055-05

Digital Design and Rapid Manufacturing Technology of Mold

WANG Hong-song, WANG Cheng, XIU Hui-ping
(Jiujiang Vocational and Technical College, Jiujiang 332007, China)

ABSTRACT: **Objective** To shorten the mold production cycle and reduce manufacturing costs. **Methods** The digital design and rapid manufacturing systems of mold were built, and the digital design process was illustrated through modeling, structural analysis, virtual design, molding process simulation and optimization, etc. And the RP & RT manufacturing methods were introduced. At last, using toy car gear as an example, the mold design and digital rapid manufacturing process were described. **Conclusion** Digital design and rapid Manufacturing technology of mold provide a fast and economical method for the development of new products.

KEY WORDS: mold; optimization; digital design; rapid manufacturing

随着科技的发展和社会的进步,产品的小批量、多样化、高精度、复杂化将是未来发展的趋势,这就迫使制造企业在产品不断更新、质量要求不断提升的前提下,最大限度地缩短产品开发周期,降低成本,以满足用户的最新要求。制造业的发展离不开模具工业,模具的开发和制造是制约新产品开发的瓶颈,传统模具设计和制造方法已经不能满足市场

需要,因此模具的数字化设计和快速模具制造技术为产品快速响应市场奠定了基础。

1 模具的数字化设计和快速制造系统的组成

模具数字化设计与快速制造技术集成,可以减少

收稿日期: 2013-07-10; 修订日期: 2013-08-16

基金项目: 江西省教学改革研究课题 (JXJG-13-45-8)

作者简介: 王宏松(1983—),男,湖北黄冈人,硕士,讲师,主要研究方向为数字制造技术与快速模具制造。

中间建模的时间和误差,借助计算机对模具性能、模具结构、数控加工及精度等进行反复修改和优化,将问题发现于正式生产之前,可以快速完成产品设计,并有效地确保所设计的产品具有最优的结构和可行的工艺性,显著缩短产品开发周期,降低相关成本^[1]。

模具数字化设计,是以先进设计理论和方法为基础,以数字技术为工具,实现模具设计全过程中对象的数字化表达、处理、储存、传递及控制^[2]。其特征表现为数字化设计、加工、分析以及数字化制造^[3]。传统的模具是由模具钢经过“去除材料”,如车、铣、刨、磨等加工而成,制造周期长,成本高,工艺复杂。快速模具制造技术是由快速成形与快速制造(Rapid prototyping & Manufacturing)作为支撑的一项基础创新制造方法^[4],即从根本上抛弃了旧工艺方法,采用新的工艺方法,是一种新的“增加”材料制造模具的方法。

模具的数字化设计和快速制造集成系统如图 1 所示。具体可以分为两大过程:模具的数字化设计和模具的快速制造(RT)。

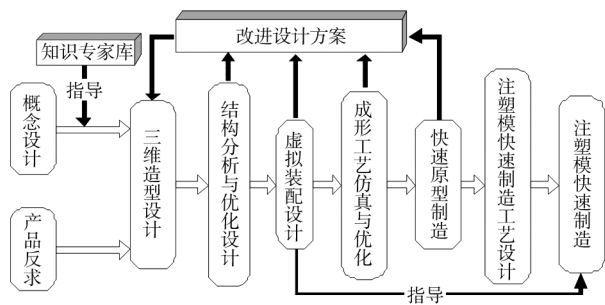


图 1 数字化设计和快速制造集成系统

Fig. 1 Integrated system of digital design and rapid manufacturing

1.1 模具的数字化设计

1.1.1 三维造型

实现产品和模具的三维 CAD 设计,是实现模具数字化制造的前提。数字化设计的方法有正向设计和逆向设计^[5]。逆向设计是利用采集到的点云数据,导入到三维 CAD 后对产品和模具进行设计。同时,模具设计是一个典型的弱理论领域,具有很强的经验知识,所以可以建立起专家库,用于保存和重用已有经验和知识,来指导模型的设计^[6-7]。

1.1.2 结构分析

产品的设计不仅要满足客户的外观要求,更重

要的是要满足使用性能和加工制造要求,因此要对产品进行结构分析。产品结构分析的主要内容有强度和刚度结构分析,根据分析的结果,对原始设计进行修改,使产品满足客户要求。

1.1.3 虚拟设计

虚拟技术是一种基于仿真的设计,虚拟设计是基于 CAD 模型,用精确逼真的数字模型表示物理模具的各个部分、各个部件以及整个原型模具及装配。虚拟模具装配系统在模具的设计阶段,就对模具的机构设计、零件的安装、装配进行虚拟操作,将已完成设计的模具装配到一起,用以检查多个零部件装配到一起的协调性,分析装配和运动的干涉等。

1.1.4 成形工艺仿真与优化

注塑成形过程的机理比较复杂,注塑模具的结构设计(如分型面、浇口、流道、冷却系统的设计),直接影响注塑件的外观质量,如翘曲变形、熔接痕等。传统的模具设计多是基于经验的多反复性过程。通过反复的试模-修模-试模的方式来进行新模的开发,从而导致了模具的开发周期长,开发成本高。注塑工艺的仿真与优化可以评判结构设计的好坏,及时反馈给 CAD 的设计;同时还能确定合理的注塑成形工艺参数,为设计提供有力的依据。

1.2 模具的快速制造

1.2.1 快速成形

快速成形(Rapid Prototyping)是一种由 CAD 模型直接驱动,快速生成任意复杂形状的三维实体的制造技术,它是一种“增加”材料制造的方法^[8]。RP 技术根据 CAD 模型,对实体进行切片,得到各个层的二维轮廓信息,按照这些轮廓一层一层加工堆砌形成三维的实体。目前商业化的快速成形方法主要有 5 种,其成形方法特点和应用场合见表 1^[9]。

1.2.2 模具快速制造方法

快速模具制造技术(RT)是快速成形技术(RP)的自然延伸。快速成形最初的目的是验证产品的设计,由于在材质上与真实的产品不一致,另外很难实现产品的大批量生产,因此迫切需要一种采用多种工艺、多种工具的新技术,它就是 RT^[10]。基于 RP 技术的模具快速制造工艺可以分为 2 种,一种是直接制造,另一种是间接制造,如图 2 所示。

1.2.3 快速模具制造工艺

基于 RP 的模具快速制造工艺路线见表 2。

表 1 常用快速成形方法、原材料、特点和应用场合

Table 1 Rapid prototyping methods, materials, characteristics and applications

成形工艺	原材料	成形特点和精度	应用场合
SLS 选择性激光烧结	塑料粉、玻璃珠尼龙粉、弹性体聚合物粉、金属/陶瓷基粉	成形时间长;价格贵;无需支撑;制件机械性能很好;精度高,表面质量好	形状复杂、薄壁的小型制件;大多数模具
SLA 光固化成形	环氧树脂、丙烯酸树脂	成形时间短;价格贵;需要支撑;制件机械性能差;易翘曲,精度需要补偿	形状复杂、薄壁的中小制件
FDM 熔融堆积成形	ABS、石蜡、尼龙等	制作时间长;价格便宜;需要支撑;制件机械性能好;翘曲比 SLA 小,精度较高,表面粗糙度低于 SLA	形状复杂、薄壁的中小型制件
LOM 分层实体制造	卷材、纸基片材等	成形时间短;价格中等;不需要支撑;制件的机械性能良好;精度高,表面有台阶纹	中大型制件,多数模具;厚度较大的制件
TDP 三维打印成形	陶瓷粉、石蜡、热固性塑料等	成形时间短;价格便宜;精度一般,表面不够光洁	小制件,办公室、医院等加工场合

表 2 基于 RP 的模具快速制造工艺路线

Table 2 Rapid mold manufacturing process

RP 方法	直/间接法	工艺流程	生产批量,加工时间
SLS	间接法软模	1. RP 成形母模-硅橡胶填充 2. RP 成形母模-铝填充环氧树脂	30 件,1~2 周 3000 件,1~4 周
SLA		1. RP 原型件-金属喷涂-背衬 2. RP 成形原模-电铸/气相沉积镍壳-浇注背衬(电铸模)	1400 件,3~4 周 8000 件,6~7 周
FDM	间接法硬模	3. RP 成形母模-快速软模作为压型-注塑蜡模-石蜡铸造金属模(熔模铸造金属模) 4. RP 成形母模-RTV 中间模-浇注工具钢粉、碳化钨粉与粘接剂-烧结-渗铜(3D keltool)	2.5 万件左右,2~7 周 300 万~500 万件,1~6 周
LOM	直接法	1. SLA 烧结树脂模具 2. 金属粉末 SLS 烧结-脱脂-高温烧结-渗金属(rapid tool)	10~50 件,2~3 周 10 万件左右,2~3 周
TDP		3. EOS 直接金属激光烧结机制造模具 4. 直接金属电镀制作模具(DMD) 5. CAD-分层-精密分层机加工-真空铜焊	100~1000 件,1~4 周 10~100 万件,周期较长 大批量,2~5 周

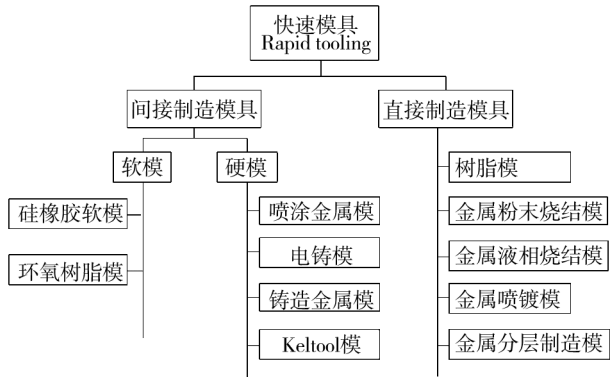


图 2 模具快速制造方法

Fig. 2 Rapid mold manufacturing methods

2 模具的数字化设计和快速制造的实现

根据客户对快速成形制造工程中心的要求,试制 2 件玩具车齿轮。以客户玩具车齿轮的原型为制造实例,采用 FDM 快速成形方式,通过间接制模方法,制造该产品的软模,从而实现该产品的试制。通过样品的试制,来验证基于 RP 的快速模具制造系统的可行性。齿轮的数字化设计和快速模具制造流程如下。

2.1 模型的建立与分析

通过 UG 软件建立模型,如图 3 所示,然后进行塑模部件验证,得到产品的综合信息、拔模角等。分析显示,齿轮厚度为 25 mm,拔模角为 0° ,不利于分模,修改后的拔模角为 1° 。

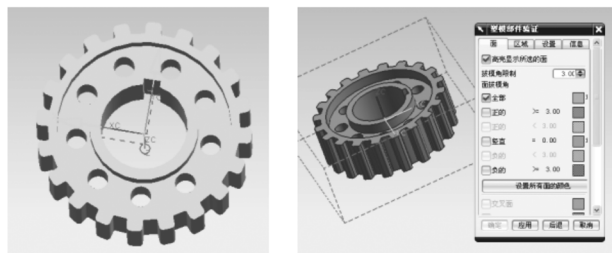


图 3 玩具车齿轮

Fig. 3 Toy car gear

2.2 对产品进行分模和虚拟模具设计

运用 UG 进行产品的分模,确定型芯和型腔的长宽高,查看设计是否合理,并为后续的模具制造提供数据参考。拟采用软模制造小批量产品,故不需要调用标准模架,但使用间接法来制造过渡模或批量模,可以调用标准模架,来观察产品的布局是否合理。

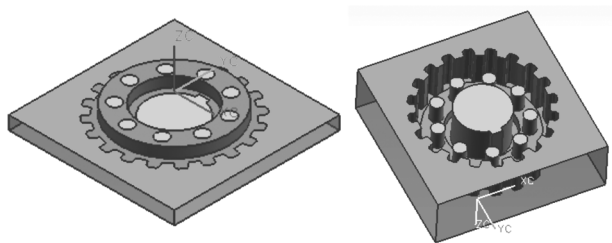


图 4 型芯芯腔

Fig. 4 Core & cavity

2.3 成形工艺分析

运用 Moldflow 对产品进行成形工艺的分析,考察在给定的成形工艺下,产品的收缩率、翘曲等,来确定产品和模具的设计是否合理。拟采用硅橡胶软模来制造小批量的产品,硅橡胶软模采用自然冷却方式,无需要冷却回路,因此可以省略成形工艺分析。

2.4 快速成形

与其他 RP 系统相比,FDM 系统不用激光器件,

使用维护简单,成本较低,对于该塑料玩具制品,形状不太复杂,要求的精度也不是很高,因此选用 FDM 成形工艺,采用北京殷华激光快速成形与模具技术有限公司的 MEM-300-E 型号的熔融快速成形机,配套开发的软件为 Auroral,成形层厚为 0.2 mm,喷嘴温度为 260°C ,工作室温度为 60°C ,其他参数默认。成形后的零件如图 5 所示。

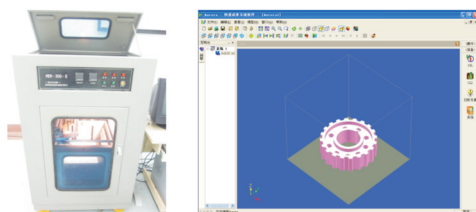


图 5 快速成形系统与快速成形零件

Fig. 5 Rapid prototyping systems & part



2.5 快速模具制造

软模是一种试制用模具,它制造周期短、成本低、弹性好,工件易于脱模,再现性好。客户要求试制造 2 件样品,根据产品的材料和结构特点,结合制造成本和开发周期,优先选择间接法制造硅橡胶软模具。其工艺过程如下^[11]。

1) 在快速成形的母模上,沿着选定的分模面,贴一层胶带,并用胶带覆盖住齿轮轮辐上的孔和轴孔。然后用强力胶将流道芯模粘结于母模上。

2) 制作木头浇注框,用油泥密封缝隙,悬挂母模和流道芯模与浇注框之中。

3) 向浇注框中注入硅橡胶,同时加入少量的液态硅橡胶和固化剂。

4) 烘干固化后,描画分模线,用刀沿着分模线向粘贴的胶带纸方向,切开浇注件。取出母模和浇注芯模具,最终得到玩具齿轮的上下模具。

3 结语

模具的数字化设计,可以快速完成产品设计,并有效地确保所设计的产品具有最优的结构和可行的

工艺性;注塑模具的快速制造,可以针对不同的客户需求和质量要求,选择不同的 RP 技术和 RT 技术。RP 和 RT 技术的有机结合,能显著缩短产品开发周期、制造周期,大大降低开发模具的成本。

参考文献:

- [1] 吴立波,吴小丽,李科,等.基于 Pro/E 的模具数字化设计制造技术[J].邯郸职业技术学院学报,2008,21(4):49—52.
WU Li-bo, WU Xiao-li, LI Ke, et al. Digitized Design and Manufacturing Technology in Die Based on Pro/E [J]. Journal of Handan Polytechnic College, 2008, 21(4):49—52.
- [2] 周祖德,李刚炎.数字制造的现状与发展[J].中国机械工程,2002,13(6):531—533.
ZHOU Zu-de, LI Gang-yan. On State and Development of Digital Manufacturing [J]. China Mechanical Engineering, 2002, 13(6):531—533.
- [3] 阮雪榆,赵震.模具的数字化制造技术[J].中国机械工程,2002,13(22):1891—1902.
RUAN Xue-yu, ZHAO Zhen. Manufacturing Technology in Die & Mold [J]. China Mechanical Engineering, 2002, 13(22):1891—1902.
- [4] 宾鸿赞,王润孝.先进制造技术[M].北京:高等教育出版社,2009.
BIN Hong-zan, WANG Run-xiao. Advanced Manufacturing Technology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2009.
- [5] 叶建红,余世浩,刘品德,等.汽车覆盖件模具的数字化设计与制造[J].汽车技术,2005(1):33—36.
YE Jian-hong, YU Shi-hao, LIU Pin-de, et al. Digitalization Design and Manufacturer of Dies of Automotive Outer Panels [J]. Automobile Technology, 2005(1):33—36.
- [6] 刘川林,黄少东,张志明,等.药筒精密成形工艺数字化设计系统[J].精密成形工程,2010,2(6):64—69.
LIU Chuan-lin, HUANG Shao-dong, ZHANG Zhi-ming, et al. Digital Design System of Precision Forming Process of Cartridge Case [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2010, 2(6):64—69.
- [7] 尹湘云.冲压模具数字化设计手册软件的开发技术研究[D].成都:四川大学,2003.
YIN Xiang-yun. Research on Development of Digitized Design Handbook Software for Stamping Die [D]. Chengdu: Sichuan University, 2003.
- [8] 王宏松,万曼华,彭福官.基于 RE/RP/RT 技术人工骨的快速成形[J].精密成形工程,2013,5(2):55—57.
WANG Hong-song, WAN Man-hua, PENG Fu-guan. Rapid Forming of Artificial Bone Based on RE/RP/RT Technology [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2013, 5(2):55—57.
- [9] 金捷.基于快速成形技术的快速模具制造[J].热加工工艺,2011,40(9):186—189.
JIN Jie. Rapid Tooling Based on Rapid Prototype [J]. HOT Working Technology, 2011, 40(9):186—189.
- [10] ROSOCHOWSKI A, MATUSZAK A. Rapid Tooling: the State of the Art [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 106:191—198.
- [11] 王运赣.快速模具制造及其应用[M].武汉:华中科技大学出版社,2003.
WANG Yun-gan. Rapid Tooling and Its Application [M]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology Press, 2003.
- [12] 李春庄,秦贤军,张霞,等.缩径挤压工艺及模具设计[J].精密成形工程,2012,4(5):80—81.
LI Chun-zhuang, QIN Xian-jun, ZHANG Xia, et al. Necking and Extrusion Technology and Die Design [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(5):80—81.
- [13] 姜春茂,潘玲,赵广军,等.浅谈 50SiMnVB 钢横向断裂原因分析[J].精密成形工程,2012,4(1):78—81.
JIANG Chun-mao, PAN Ling, ZHAO Guang-jun, et al. Horizontal Fracture Reason Analysis on a Product of 50SiMnVB Steel [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(1):78—81.
- [14] 李中麟,宋瑞华,姜春茂,等.50SiMnVB 钢椭圆凹坑疵病原因分析[J].精密成形工程,2013,5(4):74—76.
LI Zhong-lin, SONG Rui-hua, JIANG Chun-mao, et al. 50SiMnVB Steel Oval Pit Fault Reason Analysis [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2013, 5(4):74—76.

(上接第 54 页)