

对我国塑料齿轮发展的一些思考

郝瑞贤 李元宗

(太原理工大学机械工程学院,太原 030024)

摘要 介绍了塑料齿轮的优点和发展趋势,对我国塑料齿轮及其模具的发展现状进行了分析,提出了发展我国塑料齿轮的一些建议。

关键词 塑料 齿轮 模具

齿轮传动是机械传动中应用最广泛的一种传动方式。自从 1935 年研制成功纤维尼龙以来,高分子合成材料工业迅速发展,塑料作为一种新型的齿轮材料已经得到了广泛的应用。

1 使用塑料齿轮的优势

与金属材料相比,塑料在成本、设计、加工和性能上具有很多优势。塑料成型设计的自由度保证了更高效的齿轮制造,可以用塑料成型内齿轮、齿轮组、蜗轮等产品,而这些产品很难以一个合理的价格使用金属材料来成型。

塑料制造的齿轮一般不需要二次加工,且相对于冲压、机造金属齿轮在成本上可降低 50%~90%。塑料齿轮还比金属齿轮轻、惰性好,可用在金属齿轮易腐蚀、退化的环境中,例如水表和化学设备的控制。

和金属齿轮相比,塑料齿轮可以通过偏转变形来吸收冲击载荷的作用,能较好地分散轴偏斜和错齿造成的局部负荷变化。许多塑料固有的润滑特征使其成为打印机、玩具和其它低负荷运转机构齿轮的理想材料。塑料齿轮除了在干燥的环境中运行外,还可用油脂或油来润滑。

塑料齿轮的应用领域比金属齿轮宽,它们推动了齿轮朝着承受更高负荷、传送更大动力的方向发展。

2 塑料齿轮的发展趋势

塑料齿轮在过去的几十年里经历了从新型材料到重要工业材料的一个变化历程。如今它们已经被应用到汽车、手表、缝纫机、结构控制设施和导弹等领域可起到传递扭矩和运动形式的作用。除了现有的应用领域外,新的、更难加工的齿轮应用领域还将不断出现,应该说这是一个世界性趋势^[1]。

2.1 塑料动力齿轮的应用进一步拓宽

塑料齿轮有很多优点,比如传动噪声低、吸振、自润滑等,而且可以开模加工,生产效率高。因此,塑料齿轮经常替代金属齿轮用于洗衣机传动装置、通风和空调系统的减振驱动器、流动设施中的阀门传动、公共休息室中的自动冲扫器、小型航空器上用的控制表层稳定的动力螺旋器、军用领域中的螺旋仪及操纵装置等。最近,德国 ZF(蔡夫)公司在制造一种电子-机械式动力转向器时使用了塑料齿轮,这在世界上属于首创。该种塑料齿轮的原材料为 A4H 型超强尼龙,由巴斯夫公司提供。装有这种塑料齿轮的 ZF 动力转向器首

先被安装在宝马牌 Z4 型汽车上,新一代大众牌高尔夫系列车也批量装备了此种动力转向器。在这种 ZF 转向器里,力的传递通过一组小齿轮实现。

2.2 开发大尺寸、高强度的塑料齿轮

早期的塑料齿轮一般是直径小于 25.4 mm(1 英寸)、传输能力不超过 184 W(0.25 马力)的直齿轮。现在可以制成直径为 101.6~152.4 mm(4~6 英寸)、传输能力为 1.47 kW(2 马力)的各种齿轮。预计到 2010 年,塑料齿轮的直径可以达到 457.2 mm(18 英寸)、传输能力可以提高到 7.35 kW(10 马力)以上。日本树研工业公司开发了一种树脂齿轮,它是通过将碳纳米管、碳纤维等和聚丙烯等树脂材料混合注射成型制得的,由于混合了碳材料,该齿轮的强度得到提高同时摩擦阻力下降、润滑性提高。该树脂齿轮在拥有导电性的同时还具有屏蔽电磁波的功能。

2.3 工艺的先进性和材料的多样性

许多先进的塑料齿轮成型方法正在不断被开发出来。例如采用二次注射成型法,通过在轮轴和轮齿之间设计一个弹性体可使齿轮运行起来更安静,在齿轮突然停止运转时能够较好地吸收振动,避免轮齿损坏。轮轴可以被重新模塑上柔韧性更好或价值更高、自润滑效果更好的复合材料。采用气辅法和注射压制模塑法成型可以改善轮齿质量,提高齿轮整体精度,减小内应力。在提高齿轮精度方面,采用控制成型精度、注塑压力及其它变量,甚至在型腔内设置温度和压力传感器可以提高成型的一致性和重复性。在材料方面,可采用超高分子量聚乙烯(UHMWPE)、聚甲醛(POM)、聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)和聚酰胺(PA)等,尤其是 UHMWPE,其耐磨性、耐冲击性、耐腐蚀性、自润滑性、吸收冲击能等性能是现有塑料中最好的,在国际上被称为“令人惊异的材料”。加之纤维和填料对树脂材料的重要作用,给塑料齿轮提供了更多的选择机会。

总之,塑料齿轮正朝着更大的尺寸、更复杂的几何形状、更高强度的方向发展,同时高性能树脂和长玻纤填充的复合材料起着重要的推动作用。

3 我国塑料齿轮模具的现状

齿轮的主要用处有两个:一个是传递运动;另一个是

传递动力。美国现在在传递动力的选择上越来越多地采用塑料齿轮,而国内塑料齿轮还主要被用来传递运动,“技术不过关”是其主要“瓶颈”。现在几乎所有的塑料齿轮都是由模具加工而成的,模具是齿轮加工中最关键的部分。从某种意义上说,塑料齿轮的模具反映了塑料齿轮的水平。

总体来说,我国塑料齿轮及其模具的加工主要分布在两个地区:一个是浙江宁波,这里有340多家齿轮厂,也是国内最大的塑料齿轮模具生产基地;另一个是深圳宝安,以港资企业为主,产品精度较高,主要用来外销。齿轮是较为精密的零件,一点小小的偏差就可能影响整个齿轮的性能。塑料齿轮模具看起来简单,其实是很复杂的,比如齿轮模数、螺旋角大小、孔位的确定等因素都影响齿轮模具的设计。目前,中低档的齿轮模具在国内都能生产,而高档的齿轮模具多依靠进口。国内专门做齿轮模具的工厂不多,大多由齿轮厂设一个工段或车间来承担这项工作。换句话说,国内塑料齿轮的模具还处于初级阶段。由于塑料齿轮加工过程中会出现变形与收缩,故精度、寿命就成为齿轮模具研究的重中之重。目前国内在这方面的研究还不足,成为制约塑料齿轮模具发展的重要原因。

笔者对2000年以后我国有关塑料齿轮模具的报道进行整理,发现涉及此方面的内容较少。伍先明等^[2]介绍了双联塑料齿轮模具4个分型面的设计依据和模具的工作过程,以及为保证齿轮精度而在模具型腔制造上采取的工艺方法。李蔚等^[3]介绍了塑料外螺旋双联圆柱齿轮注射模具设计的技术要点和在制造过程中应注意的技术问题。孙智高等^[4]研究了高精度塑料齿轮的产品工艺性、模具流道、进料口、温控、脱模等因素对齿轮精度的影响,提出了较为合理的齿圈结构及其计算方法。李健心^[5]提出了一种计算塑料齿轮注射模型腔尺寸的新方法,即变模数法,并介绍了两种典型的加工工艺。陈广娟等^[6]介绍了精密塑料小模数直齿圆柱齿轮模具型腔尺寸计算方法及成型工艺。祝铁雨等^[7]根据塑料注射成型流动过程的特点分析了塑料齿轮的收缩规律,并进行了实验验证。

4 我国塑料齿轮的研究进展

4.1 制造及优化设计

由于材料特性、制造工艺及承载性能的不同,塑料齿轮及其传动系统的设计途径与金属齿轮不同。谢华锐等^[8-11]对塑料齿轮及其传动系统的设计、模具制造及检测作了介绍。徐磊等^[12]在塑料齿轮模具设计中,应用UGH的二次开发工具UG/Open Grip编制了塑料齿轮的三维参数化程序,可以快速、精确地生成参数化的齿轮实体模型,解决了以往塑料齿轮齿形误差大及收缩率难以控制的缺点。陈修龙等^[13]介绍了利用逆向造型设计方法开发齿轮三维实体参数化造型设计系统的全过程。闫艳红^[14]针对提高塑料谐波减速器的承载能力对其啮合参数进行了优化设计,并根据优化结果制作了试验样机,验证了优化结果的可行性。在此基础上通过加设金属环提高塑料柔轮的导热能力^[15]。

4.2 工艺分析和传动分析

阮跃^[16]在分析塑料齿轮常用材料、模具结构及成型工艺的基础上,提出了解决塑料齿轮成型缺陷的对策。刘光新^[17]认为塑料齿轮的制造材料以POM为最佳选择,结合工程实际应用,阐述了设计过程、制造质量、使用环境等因素对POM齿轮使用寿命的影响及对策。塑料是一种高粘弹性聚合物,在工作过程中不但有摩擦生热,而且还有粘弹性滞后能耗生热,使齿轮的寿命受温度影响很大。陆松等^[18]分析了摩擦生热、粘弹性滞后能耗生热和齿轮温度的关系,探索出一种合适的齿轮温度计算方法,有助于防止塑料齿轮热失效。王淑坤^[19]分析了塑料齿轮的传动性能及其影响因素。刘广建等^[20]对塑料轴承、塑料齿轮的粘弹性滞后能耗进行了计算分析,为塑料轴承、齿轮设计与应用提供了理论依据。宋开利等^[21]在油润滑条件下,对改性聚醚醚酮齿轮与钢制齿轮啮合时的弹流润滑机理进行了数值模拟研究,并将计算结果与钢制齿轮副的接触点压力、润滑膜厚等进行了对比。结果表明,塑料齿轮与钢制齿轮的啮合点处存在弹流润滑油膜,且油膜要比钢制齿轮间的啮合油膜要厚;塑料齿轮对钢齿轮啮合点处的最大和中心油膜压力都比钢齿轮间的啮合压力明显降低。刘广建等^[22]对UHMWPE齿轮进行了计算分析,计算了其齿根应力、应变随时间的变化关系及与其配对的钢齿轮的齿根应力、应变与时间变化关系等。

4.3 材料实验和强度研究

陈战等^[23]用碳纤维和聚四氟乙烯(PTFE)对几种常用的塑料齿轮材料进行了改性。经碳纤维填充的塑料材料的拉伸强度和弯曲弹性模量增大,工作温度提高,线胀系数降低;PTFE则可显著改善塑料的摩擦磨损性能。改性塑料齿轮的性能可与铸铁、铝合金和铜合金制造的齿轮相媲美。康凯^[24]利用Visual C++编制了一个齿轮模型设计程序,通过此程序可以输出齿轮的初始啮合视图和可以被ANSYS软件所识别的APDL语言命令流。通过计算分析了塑料齿轮和金属齿轮在静态和模拟动态下的弯曲强度,并通过实验来验证塑料齿轮和金属齿轮在受到静载和冲击时的一些应变情况。

4.4 齿轮设计、加工技术、修理的实例应用

吴祎^[25]介绍了基于噪声控制的组合音响CD开门机构的设计方法,分析了塑料齿轮的强度校核及减小机构体积的设计方法,研究了降低开门机构噪声的措施。任林杰等^[26]分析了高精度PA扇形片齿轮零件常规机加工中存在的问题,通过采用合理的定位、夹持方法和与之相适应的加工参数,解决了扇形片齿轮在加工过程中的变形和精度问题。闭京宝^[27]针对一台海王星CDEB-25型家用多功能食品粉碎机的电机塑料齿轮轴断裂问题,采用的修理过程为:用刮刀刮除两个断面的污物,清理干净后将高级双管万能胶涂上接合面,然后装上塑料齿轮套,稍用力往下压,最后静置12 h。

5 几点建议

我国生产塑料齿轮的水平与世界先进水平还有一段差

距,尤其是在塑料齿轮行业大发展的趋势下,国内对市场变化的反应不够敏锐,配套研究难以跟上市场需求。现提出以下几点建议:

(1) 加大研究力度

运用“政策倾斜”等手段,鼓励塑料齿轮的开发。由于塑料齿轮本身的特殊性,需要从材料的选择、成型工艺的控制等各个方面进行研究。比如它的加工制造及承载能力计算(包括接触应力及弯曲应力计算)还不完善。同时塑料齿轮也是一种满足低音运行要求的重要材料,这就要求开发出高精度的新型齿形和润滑性或柔韧性优异的新材料。

(2) 制定塑料齿轮的模具标准

世界上最先进、最完备的齿轮模具标准当数美国标准,我国齿轮模具应该借鉴美国的标准并根据发展的需要,逐步建立起自己的产业标准和国家标准。具体来说,就是要把一些做得较好的企业的企标进行提升,结合国外的先进标准,变成我国的产业标准。这样通过标准来规范市场,将能较好地促进行业发展。

(3) 加快塑料齿轮的模具研究

目前,除大连理工、华南理工等几所大学在研究齿轮模具之外,尚没有其它专门的研究机构在做这项工作。集中齿轮行业及一些大学研究机构的力量,做些工艺装备,内在变形规律等方面的研究及合作是当务之急。

(4) 加强合作与交流

在塑料齿轮模具的研究中最突出的问题是:模具从业者不懂齿轮,齿轮从业者又不懂模具,两者之间缺乏有效的沟通,专业背景知识的鸿沟是齿轮模具行业发展的桎梏。塑料齿轮的设计者、生产者、使用者应紧密协作才有利于促进塑料齿轮的应用。把塑料齿轮制造所涉及到的机床、刀具、测量仪器等厂家、院所组织起来形成专业链,搭建平台,互通信息,各自发挥,共同提高。

(5) 加强模具行业质量管理

模具的质量主要反映在模具精度、寿命、型腔表面粗糙

度及结构等方面。当然,外观质量也是重要的。模具行业质量管理工作较为落后,至今尚无国家模具质量监督检测中心。现在,模具的质量主要靠各企业自觉地进行质量管理,自立地建立质量保证体系。

综上所述,我国塑料齿轮的发展要想跟上世界先进水平的步伐,需要把塑料齿轮的制造当作一个系统工程来对待。

参考文献

- [1] 牛建岭. 国外塑料, 2006(6): 57-59.
- [2] 伍先明, 等. 模具工业, 2005(10): 31-33.
- [3] 李蔚, 等. 模具制造, 2003(11): 38-39.
- [4] 孙智高, 等. 模具制造, 2002(10): 33-35.
- [5] 李健心. 模具工业, 2000(7): 30-31.
- [6] 陈广娟, 等. 中国塑料, 2000(5): 48-52.
- [7] 祝铁丽, 等. 模具技术, 2000(1): 19-22.
- [8] 谢华锟. 工具展望, 2005(3): 10-12.
- [9] 陈思信. 现代零部件, 2004(1): 108-109.
- [10] 陈思信, 等. 工程设计与研究, 2002(1): 34-35.
- [11] 葛兆斌, 等. 机械制造, 2001(4): 18.
- [12] 徐磊, 等. 上海电器技术, 2003(1): 37-38.
- [13] 陈修龙, 等. 现代制造工程, 2002(9): 36-39.
- [14] 闫艳红. 哈尔滨理工大学学报, 2001(3): 53-56.
- [15] 闫艳红. 新技术新工艺, 2002(6): 25.
- [16] 阮跃. 模具制造, 2004(3): 39-40.
- [17] 刘光新. 常州信息职业技术学院学报, 2005(3): 43-45.
- [18] 陆松, 等. 塑料, 2003(5): 58-60.
- [19] 王淑坤. 广西机械, 2001(3): 20-22.
- [20] 刘广建, 等. 塑料工业, 2003(2): 39-41.
- [21] 宋开利, 等. 润滑与密封, 2005(1): 50-51.
- [22] 刘广建, 等. 机械工程学报, 2002(1): 43-46.
- [23] 陈战, 等. 机械工程材料, 2003(3): 42-44.
- [24] 康凯. 塑料齿轮强度研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2001.
- [25] 吴玮. 电子机械工程, 2003(3): 41-43.
- [26] 任林杰, 等. 塑料技术, 2003(2): 30-32.
- [27] 闭京宝. 家庭电子, 2003(10): 26.

SOME CONSIDERATIONS ON DEVELOPMENT OF PLASTIC GEAR IN CHINA

Hao Ruixian, Li Yuanzong

(Mechanical Engineering College, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

ABSTRACT The advantages and developing trends of plastic gear are introduced. The developing situation of plastic gear and its mold in China are analyzed. Some suggestions on developing plastic gear in China are put forward.

KEYWORDS plastic, gear, mold

芬兰首推活动式挤出管材生产线

芬兰 KWH 公司首次推出活动式挤出塑料管材生产线,可直接在使用地安装进行生产。据介绍,这种活动管材生产线包装后可直接在管材生产地点交付,包括 2 条螺杆直径为 90 mm 的双螺杆挤出机及可更换使用的直径分别为 900 mm 和 1200 mm 的模头,能生产直径为 630 ~1600 mm 的管材,最大长度可达 500 m。

(中塑机网)

热导率最低的 PUR 发泡隔热材料问世

日本 Achilles 公司开发出低热导率的高性能 PUR 发泡隔热材料。新产品主要是通过将气泡孔微细化而达到最低的热导率(0.0186 W/m·K)。对于住宅及家电的省能可发挥极高的效果,除了住宅,也可广泛用于冰箱、自动贩卖机等电器。该公司此次新开发的产品将更加提升其隔热效果。

(中塑机网)