绿色模具设计技术

西南科技大学 （四川绵阳 621002） 董占峰 王成端

机械产品的广泛使用，使得它在生产和使用的过程中，对环境造成不同程度的污染，为了减轻对环境的污染，在设计产品的整个过程中应着重考虑产品的环境属性，采用绿色技术对产品进行设计。近几年来，绿色设计已延伸到机械制造业当中。而模具是工业生产的基础工艺装备，它的生产技术水平的高低，已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志，因而在模具行业中提倡绿色设计应更为重要。“绿色模具”不仅仅指在使用时对环境的影响小，还应是从制造到报废的整个生命周期内对环境的破坏是最小的。

1. 绿色模具的概念

传统的模具设计过程仅仅考虑模具产品的基本属性，即模具的功能、质量、成本、寿命等，而很少考虑它的环境属性。按传统设计生产的模具产品，在完成使用后就成了一堆废弃的垃圾，回收利用率低，资源、能源浪费严重，而且其中的有毒有害物质会严重污染生态环境，妨碍可持续发展。

绿色模具设计则在产品的整个生命周期内，优先考虑模具产品的环境属性（模具的可拆性、可回收性等），然后再考虑模具产品应有的基本属性（功能、质量、寿命、成本等）。绿色模具设计与传统模具设计的主要区别是绿色模具设计要求设计者在构思阶段就要考虑环境要求。

在理解绿色模具概念的过程中，应该注意一点，就是完全的绿色模具设计是不存在的，因为绿色模具设计涉及模具产品的生命周期的每一个阶段，即使设计过程中考虑的十分全面，但由于技术水平的限制，某些方面还是达不到绿色设计的要求。例如在选择模具材料时，首要考虑材料的基本性能是否满足模具的加工要求和使用条件，基于对模具抛光性好、耐磨性好、耐腐蚀性好等方面的要求，目前模具材料主要采用钢材，一时还很难找到完全理想的替代品，但绿色模具设计可以将非绿色因素降低到最低程度。

2. 绿色模具设计的内容

绿色模具的生命周期与环境相关的有如下几个阶段：设计、制造、销售、使用、维护与服务和报废回收。绿色设计就是要在产品开发设计时就充分关注在这几个阶段中如何减轻其对环境的影响。

（1）原材料的选择 模具材料选择是产品设计的第一步，因此，其绿色程度对产品的绿色性能有着极为重要的影响。绿色模具设计的材料选择对最终产品的“绿色程度”具有重要意义。这主要表现在以下两个方面：首先绿色材料是绿色设计的基础，没有绿色材料可供选择，在很大程度上就影响了绿色设计的最终效果；其次，绿色材料对绿色产品的绿色程度有着重要作用，由非绿色材料制成的产品不能算是绿色产品。因此，绿色设计的材料选择必须建立在绿色材料的基础上。那么什么才是绿色材料呢？它具有以下几个特点：①低能耗、低成本、少污染的材料。②易加工的材料和加工过程中无污染或少污染的材料。③易处理、易回收、可重用、可降解的材料。

（2）原材料的回收 绿色模具设计首先要考虑的是制造模具的原材料的回收问题，这是因为模具造价昂贵，它的回收利用可以大大节约资金和能源。

回收性设计是指在产品绿色设计的初期就充分考虑产品的各种材料回收再利用的可能性、回收处理方法（再生、降解等）、回收费用等与产品回收有关的一系列问题，从而得到节约材料、减少浪费、对环境无污染或少污染的设计方法。回收性设计的主要内容包括：①可回收材料及标志。②回收处理方法。③回收性的技术经济评估。④回收性的结构设计。

回收性设计的一些主要原则可归纳如下：①避免使用有害或对环境有不良影响的材料。②减少材料的种类。③避免使用与标准循环利用过程不相兼容的材料或零件。④使用便于重新利用的材料。⑤按兼容性组织材料。⑥允许使用修复的零部件。⑦使用不需特殊工具的连接件。⑧尽量进行循环利用。

（3）模具的可拆卸性设计 对于模具设计来说，可拆卸性就显得尤为重要，因为有时只要更换凸、凹模就可实现一种新产品的生产。不可拆卸不

仅造成大量可重复零部件材料的浪费，而且因废弃物不好处置，还会严重污染环境。可拆卸设计要求所设计的结构易于拆卸、维护方便，并在产品报废后可重复使用。

面向拆卸的设计是绿色产品设计中研究比较早而且比较系统的一种方法，这里从五个方面介绍面向拆卸的设计的一些基本原则：①减少拆卸的工作量，明确应该被拆卸的零部件，比如可重复使用的零部件、具有材料回收价值的零部件；功能集成，即把由多个零件完成的功能集中到一个零件上，减少零件数；便于接近，即该拆卸的零部件应该设计得易于接近，减少不必要拆卸的零件。②可预测的产品构造避免相互影响的材料组合，有些材料间的接触会加速零件的老化和腐蚀，避免零件的污损。③易于拆卸易于接近排放口，当装配件盛有液体时，其排放口应易于接近；选择适当的坚固方法，不同零件间的紧定方法应选择易于拆卸的；减少固定原件的数目，装配件间固定数目越少，在拆卸时需要的操作也减少；拆卸操作的运动方式应尽量简化；拆卸件应提供易于抓取的表面以方便人和机器人的工作；安全拆卸，对于有毒液体应全面密封防止拆卸过程中对人造成伤害。④易于分离，避免辅助操作，如喷漆。在原有的材料上增加其他的材料，在再生过程中很难分离；便于分类，对于不同的材料应该便于识别，如通过不同的颜色、不同的形状等。⑤减少零件的多样性，零件的标准化，在不同的产品中尽可能采用标准化零件；紧定方法的标准化，减少采用的紧定方法数，同时也减少了拆卸工具数。

(4) 采用模具先进制造技术　在制造过程中选用生产浪费最小、能量消耗最低的制造工艺也是非常重要的。下面介绍几种先进的制造工艺技术。

①洁净制造工艺技术：铸造是一种液态金属成型的方法。传统铸造方法主要是砂型铸造，但砂型铸造生产出的产品，尺寸精度差，表面粗糙，环境污染严重。随着科学技术的发展，铸造工作者们开创了许多新的铸造方法和工艺，典型的有气化模铸造工艺，它可以提高改善劳动条件，使铸造车间绿色化，降低生产成本，获得良好的经济和社会效益。

该法首先采用预发泡成型机制成泡沫塑料模样(包括铸件及浇注系统的模样)，经粘接组成实体模样，并在其上涂刷特制涂料，待干燥后放置于特制砂箱中，填入不含水分及粘接剂的干砂，经三维振动紧实，抽真空状态下浇注，泡沫模型气化消耗被金属置换，复制出与泡沫塑料模样相同的铸件，冷凝后取出铸件，进行下一循环。

由于不用造型机则减少噪声；由于砂型中无水分和粘接剂则减少了浇注的一氧化碳和水蒸气的危害，同时大大降低了清理工作量，旧砂的回收率高于95%。随着泡沫塑料尾气净化装置和旧砂处理设备的进一步改善，以及各工序间自动化程度的提高，将使气化模铸造车间绿色化。

②快速原型制造技术：由于模具制造工艺复杂，制造过程长，所以采用RPM技术，可大大缩短模具制造时间、节约材料、提高生产效率、改善模具质量，从而推动模具事业的发展。快速原型制造技术（RP）将计算机辅助设计（CAD）、辅助制造（CAM）、计算机辅助控制（CNC）、精密伺服驱动和新材料等先进技术集于一体，依据计算机上构成的产品三维设计模型，对其进行分层切片，得到各层截面的轮廓，激光选择性的切割一层层的纸(或固化一层层的液态树脂，烧结一层层的粉末材料或热喷头选择快速地熔覆一层层的塑料或选择性地向粉末材料喷射粘结剂等）形成各截面轮廓并逐步叠加成三维产品。RPM技术发展到今天，其发展重心已从快速原型制造（RPM）向快速模具（RT）制造及金属零部件快速制造的方向转移，各种各样的后续制造材料及工艺不断出现。目前RPM的快速制模主要是注塑模、冲压模、铸模等，制模方式分为用RP原型间接制模和RP系统直接制模。快速原型制造技术虽然问世不久，但由于它对制造业带来的巨大效益使得这一技术的应用日益广泛。当前世界已形成强劲的RP热，发展十分迅速，在我国也有了一定的发展势头，根据RP技术的特点，在模具制造业中应更有发展前景，同传统的成本高、周期长的CNC加工方法相比，能大大降低成本，缩短生产周期，尤其对于形状特别复杂的中小型模具来说，更显示了这种高科技加工方法的优越性。

③虚拟加工技术：现代化模具制造加工业，应是以面向全球市场需求为特点，以应用模具CAD/CAE/CAM技术来实现优质、高效、低费用的产品

(下转第28页)

数也多。用硬质合金成形铲刮刀刮削加工的淬硬高速钢齿轮滚刀，其齿面发亮，这是由于刮削挤压造成的。刮削精加工的滚刀，可达到美国滚刀标准 ANSI B947－1980 所规定的 A 级和 B 级的精度。磨削滚刀则可达到 AA 级、A 级和 B 级精度。

4. 结语

随着材料科学、信息技术、计算机技术的发展，随着先进制造技术及装备的发展，齿轮刀具制造技术也在不断的发展，新技术新成果不断出现。举例如下：

（1）涂层技术方面。据美国 Space Age Concepts of Dayton 公司宣称，新一代的 Laser-Cut 964 Rainbow 物理涂层，由 10 种元素构成，其涂层厚接近 1.65μm，洛氏硬度为 92～94，摩擦系数为 0.027。它既增加了滚刀使用寿命 2～3 倍，又提高了切削速度。由于涂层较薄，其容许的重磨次数也增加，可达到 10～11 次。该涂层可用于不锈钢、工具钢以及硬质合金等刀具材料，也可用于耐磨件。近一、二年由我国陕西百纳科技发展公司所开发的纳米非晶金刚石离子镀膜技术（FCVA），生成的纳米尺度的四面体非晶碳膜（ta-c，一种特殊类金刚石）和金刚石膜。非晶金刚石膜硬度达 8 000HV，密度 3～4g/cm^3，耐磨性为（0.7～1）×10^{8}mm^3/N·m，摩擦系数 0.08，沉积温度小于 80℃。预计对于非铁元素材料齿轮的加工，将有良好的切削性能。据实验证实，它对于钢件加工，亦有良好切削性能，据称已实现工业化应用。

（2）对于大齿轮的滚削加工，如果采用通用的高速钢滚刀，则将非常耗时。德国 Fette 公司采用了被称为 ICI 的设计新概念，成功开发了独一无二的滚刀，其上装有可转位硬质合金刀片，既保证了高的滚削效率，又能减少刃磨时间，取得了好的经济效益。

（3）由俄罗斯科技人员所开发的，用于齿轮类传动元件的设计与加工的“直接数字模拟仿真”（DDS）方法，对于传统的、根据啮合理论来进行设计的方法，是一种挑战。据介绍可以完全引入到齿轮刀具的 CAD/CAM 中。相信这新的理念，将会有力推动齿轮刀具制造技术的发展。

总之，为了满足齿轮制造业发展的要求，随着齿轮制造技术的发展，我国齿轮刀具制造行业，将不断地从先进的信息技术、材料科学、计算机技术和先进制造技术中，吸取成果，从而来丰富、充实、改造、提升、发展我国的齿轮刀具制造技术，以优良品质、高性价比的齿轮刀具新产品，迎接我国进入 WTO 后的国际市场竞争的挑战，迎接 21 世纪的挑战。

（收稿日期：20021212）

（上接第 4 页）生产为国际市场共同追求的目标。而传统的模具设计和制造大都凭借经验或者使用引进的或自己研制的 CAD/CAM 软件来实现，整个过程是长期的、高费用的和低效率的。因此，也就不能适应现代化制造业中要求柔性化、快捷、低成本及高质量的要求。这样就提出了如何利用国内外目前较成熟的模具 CAD 或 CAD/CAM 或 CAD/CAE/CAM 系统的问题。

虚拟模具 CAD/CAE/CAM 系统实质是集成技术的虚拟实现，是成熟的商品化的软件系统、现代化通信系统和飞速发展的计算机网络技术等的集成。借助于强大的网络通信环境，采用可共享的数据库和知识库，使异地的设计者、仿真人员、制造者、质量检验者和产品销售人员能随时、方便地交流信息，而且彼此之间的信息都是透明的，就好像大家都在一个车间里同时进行工作来完成整个模具的设计和制造的全过程一样。但和真实世界不一样的是，大家都只是认识数据和相关信息，并不彼此相识，因为称之为虚拟系统。

3. 结语

通过实践证明，绿色设计优于传统的设计方法，虽然在短期内，它的投资略大于传统的设计，但从长远看来，如果我们采用绿色设计，那么在节能、降耗、增效益方面将会得到成倍的收获。可以这样说，绿色将是 21 世纪产品的主要特点之一，谁能向市场提供绿色产品，谁就能在市场竞争中占据有利位置。因此，企业无论从自身的长远发展角度，还是从人类的可持续发展战略角度，都应扬弃传统的设计方法，而大力加强对绿色设计的研究与应用。

（收稿日期：20021224）