

⑧ 43-48

薄板叠层粘接模具制造技术中的 CAD 研究^{*}

Study on CAD Approach in Die's Manufacturing
by Sheet Metal Layer for Layer through Gluing

TG 70.2

易树平^①
Yi Shuping

石光林^②
Shi Guanglin

闭海东^②
Bi Haidong

徐发仁^①
Xu Faren

①重庆大学机械工程一系,重庆,400044; ②柳州工程机械(集团)有限公司,第一作者 37岁,男,副教授,硕士

摘要 基于材料生长制造的原理提出了薄板叠层粘接模具结构的新构思,着重讨论了模具型面创成与离散化处理的 CAD 方法,分析了 CAD 模型分层、层面信息转换与传递以及薄板叠层粘接结构的力学特性。研究表明薄板叠层粘接模具快速制造技术是一种实用可行的材料生长制造技术。

关键词 计算机辅助设计; 模具制造 / 薄板叠层粘接结构; 材料生长制造

中国图书资料分类法分类号 TH164

CAD 制备

ABSTRACT Based on the principle of material increment manufacturing, a new idea of the die's construction manufactured by sheet metal layer for layer through gluing is presented, and a CAD approach of the die's three-dimensional surface creating and the scattering handling is discussed in this paper. It is also analysed that layer's separation of the three-dimensional CAD model, change and transmission of separating layer's data, and mechanical properties of die's construction manufactured by sheet metal layer for layer through gluing. The results of the research indicate that die's manufacturing by sheet metal layer for layer through gluing is feasible and effective one of material increment manufacturing technical.

KEYWORDS CAD; die's manufacturing / construction manufactured by sheet metal layer for layer through gluing; material increment manufacturing

0 引 言

80年代中后期发展起来的材料生长制造技术是一种多学科综合的制造技术,它综合应用了CAD/CAM、能源、材料等领域的最新成果。该技术提出了一种全新的制造概念:在制造过程中工件材料既没有变形,也没有被切除,而是通过不断增加材料来获取所要求的工件形状。因此,与传统的制造技术有着本质的区别^[1,2]。

材料生长制造技术与传统的制造技术相比,有以下特点:

* 收文日期 1996-07-24

获国家教育委员会留学回国人员资助费支持项目,重庆市中青年专家基金项目

- 可根据 CAD 模型快速制造原型机,周期短,成本低,使产品能迅速投放市场。
- 对零件复杂性几乎没有任何限制,特别适合于制造具有复杂形状的零件。
- 在制造过程中既不需要设计制造模具,也无需设计和制造刀具、夹具。

近年来,材料生长制造技术发展迅猛,不断有基于此概念的新的制造技术出现。值得一提的是近年来经常提到的快速原型制造(Rapid Prototyping Manufacturing,简称RPM)技术仍属于材料生长制造技术的范畴。目前,国内在此领域的研究主要集中在开发RPM技术上^[3,4],而国外则从多方面开发研究材料生长制造技术,现有的立体印刷制造、分层实体制造和选择性激光烧结制造等均已较成熟并商品化。

材料生长制造技术目前存在的主要问题是:①成形精度:其最佳成形精度仅能达到 $\pm 0.1\text{ mm}$,还不具备制造精细零件的能力。②使用性能:其中主要的RPM技术所制造零件的物质属性仍受限制,多数情况下,尚不能直接用作功能零件,更不具备制作高性能金属零件的能力。因此材料生长制造技术的成熟还需要一个较长的发展阶段。

根据材料生长制造的概念,笔者提出薄板叠层粘接制造技术,即通过数控激光切割机高速切割金属薄板,然后把每层薄板叠加粘接成形而制造出所需的实用功能零件,并在模具制造中进行了薄板叠层粘接制造的尝试。

1 薄板叠层粘接制造的原理

薄板叠层粘接制造技术的目的是直接制造金属模具,以缩短模具的制造周期、降低制造成本。把基于离散/堆积原理的薄板叠层制造技术引入到模具制造过程中,其基本过程为:对模具CAD模型的三维型面按一定厚度分层(离散),用分层平面截取CAD模型的三维型面,得到一系列封闭的截交曲线,用截交曲线编制二维NC加工程序,再用 CO_2 激光加工机或等离子切割机快速切割金属薄板,得到一层层的分层板轮廓,然后将分层板用粘接剂及定位销与模具体基座重叠粘接起来(堆积),从而形成模具的实体模型,再经过打磨及表面处理得到具有一定功能的实用模具。其工艺流程如图1所示^[6]。

模具CAD模型的建立与一般的CAD过程无区别,主要过程是先建立产品零件几何模型,然后再创成模具三维型面,要求软件有较强的曲面造型功能,且与后续软件有良好的接口。本研究中,应用的硬、软件环境如下:

硬件:SGI工作站(32M内存,1.2GB硬盘,39MIPS时钟,16"彩显)和3500ATC步冲机
软件:1 Euclid CAD/CAM软件与AutoCAD R12.0

2 PC-NFS网络软件与CCAP数控切割机自动编程套料系统

薄板叠层粘接制造技术对CAD/CAM系统和其它的软、硬件要求不是很高。它仅需通过分层处理将模具CAD模型直接离散化成平面分层板,每一分层板即为需要用具体材料制造的实体,其NC编程是二维的。它不需要象RPM技术那样首先要将CAD模型进行表面三角形处理(即,STL文件格式化),再利用专门的分层软件将STL文件格式生成一层层的平面

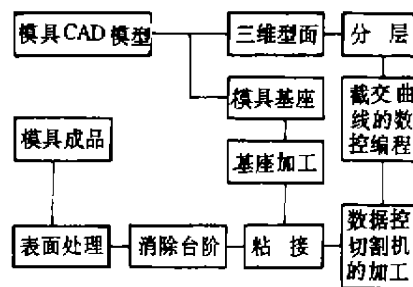


图1 模具分层快速制造工艺过程

信息,因此避免了一系列繁琐的工作。目前,大多数流行的 CAD/CAM 软件,如 Euclid、UGII 等都带有自动分层处理模块。在其它硬件方面,只要拥有高速、高精度的切割设备,如 SSLCM-51830 激光切割机或 647ATC 步冲机等便可实施该技术。

2 模具 CAD 建模

模具三维型面的创成是分层快速制造技术的基础,它主要是通过 CAD/CAM 软件首先建立起产品零件的几何模型,然后通过主型面的提取创成模具三维型面。建模所需数据可由现成产品图纸或通过三坐标测量机测量实物所得到的一系列空间型值点提供,其流程框图如图 2 所示。

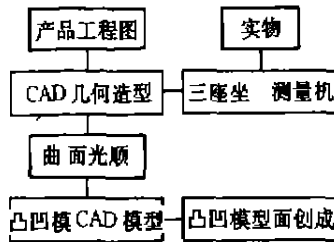
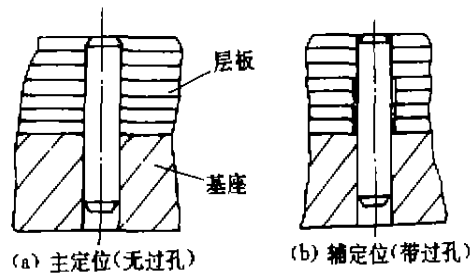


图 2 模具 CAD 建模流程图



主定位(无过孔) 辅定位(带过孔)

图 3 层板与基座装配示意图

对建好的产品模型提取其主要型面创成模具工作型面。为保证切割加工好的平面层板留有一定的磨削余量(一般为 0.10~0.25 mm),在创成凸、凹模工作型面时,除了应按设计计算好的工作尺寸进行设计外,还应综合考虑切割精度、定位精度等因素的影响,对提取的曲面进行缩放、延伸、裁剪等处理,生成最终的凸模工作型面。在得到凸模的工作型面后,将其绕 X 轴旋转 180°,并向内平移一个材料厚度值,便可得到凹模的工作型面,随后便可对凸、凹模进行总体造型设计,包括卸料装置的安装孔以及叠层粘接结构的定位销孔设计,同时,对生成的曲面进行光顺处理。应当注意的是,为满足一面两销的定位原则,保证层板与模具基座在重叠装配时不发生干涉,除两销之一应采用削边销外,对一些层板上的孔还须设计成过孔形式,如图 3 所示。过孔的选择由型面分层处理后的结果确定,并在数控编程时用定义不同的冲模号来实现。

当凸、凹模的结构设计完毕,即 CAD 模型建好后,便可对其进行分层处理。

3 分 层

分层是整个设计过程的关键步骤,其方法是用一系列平行于 XOY 坐标面的平面截取模具三维型面部分,从而获得 Z 为一定数值层的几何信息。分层快速制造技术的核心就是将任意空间实体视为平面层面有规律地堆积的结果。因此说,分层是快速成形的关键。

具体在分层时应注意:

- 所设计的 CAD 模型应是连续和封闭的;
- 由空间曲面构成的角域应有较好的光顺性;

· 精度要求越高,分层厚度应越小;

· 如图4所示, γ 为制件表面外法线与堆积方向(Z向)的夹角, δ 为分层厚度。 γ 与 δ 的关系一般来说应满足 γ 越小, δ 相应也越小。

对于叠层薄板拉伸模,由于模具成形表面往往较为复杂,且各表面的 γ 值也不尽相同,甚至有时在同一表面的不同部位 γ 值也有所不同,这将给最优分层厚度的确定造成困难。

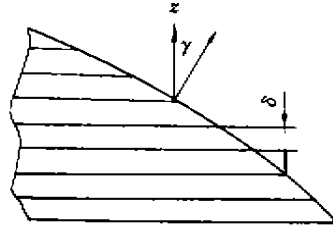


图4 分层图示例

模具的三维型面在分层离散后再经薄板叠加会被坏模具型面在Z向的连续性,使之在侧向产生阶梯,这些阶梯须在后面的工序中除掉。因此,在选取分层厚度时就存在着厚度优化求解的问题。从理论上讲,只要分层层数足够多,便可保证叠加后的钢板逼近模具实际轮廓表面,从而磨削余量也就非常小。但事实上分层厚度不可能无限的小,一方面,它受到制造成本的限制,因为层数越多,耗费的板材及粘接剂也就越多,用于编程、加工的时间相应也增多,同时粘接的工作量也随之增大,这就无形中增加了制造成本。另一方面,层数多后,粘接定位的累积误差也增大。此外,分层厚度还受到实际板材厚度的限制。

综上所述可知,厚度的最优化求解包含有两个目标函数,即叠加精度和成本。也就是说优化的最终目标是求出叠加精度最高同时制造成本又最低时的厚度值。约束条件涉及叠加累积误差、编程、切割、粘接、修磨时间、材料消耗以及型面的 γ 值等众多因素。这些约束条件相互间的关系复杂,目前还很难建立起求解最优分层厚度值的优化数学模型。

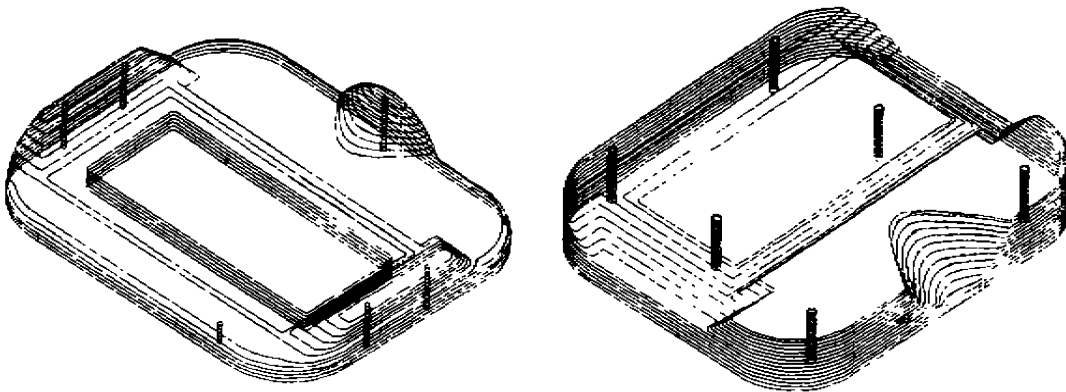


图5 凸凹模具分层图

分层快速制造的目的就是要缩短制造周期,降低成本,因此,分层的方式有等厚度分层和不等厚度分层两种。不等厚度分层主要用于模具三维型面的 γ 值变化较大的情况, γ 值较大处分层厚度取大值,反之,则取小值。此外,在确定分层厚度时还应考虑板间粘接剂层的厚度(本研究选用抗高温的无机胶,其粘接剂层的厚度为0.08~0.15 mm)以及所用板厚的厚度公差。图5为分层厚度 $\delta=1.1$ mm,经等厚度分层处理后的凸、凹模分层图。

4 层面信息的提取与数据的传输

为了将工作站上凸、凹模分层层面信息传递到微机 CCAP 数控切割机自动编程套料系统,生成切割数控程序,需通过图形交换文件 DXF 或其它产品数据换文件用网络传输软件

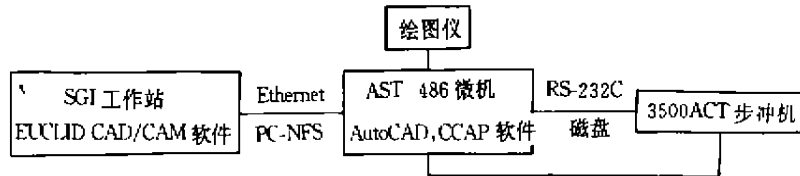


图 6 层面数据的传输流程

或磁盘进信息的传递,以实现模具 CAD/CAM 的一体化,其传输流程如图 6 所示。

由于 CCAP 软件仅提供了唯一的一个 DXF 图形接口,所以,通过逐层提取凸、凹模分层图中的每层层面图形,将其转为 DXF 文件,然后通过以太网上运行的 PC-NFS 网络传输软件传输到微机。由于工作站采用的 Unix 操作系统不同于微机的 DOS 操作系统,导致不同系统间的文件不可读。因此要对 Unix 生成的 DXF 文件进行格式转换,对转换后的 DXF 文件再用 Auto CAD r12.0 软件包重新编辑、修改,生成新的 DXF 文件,以便使用 CCAP 软件对平面

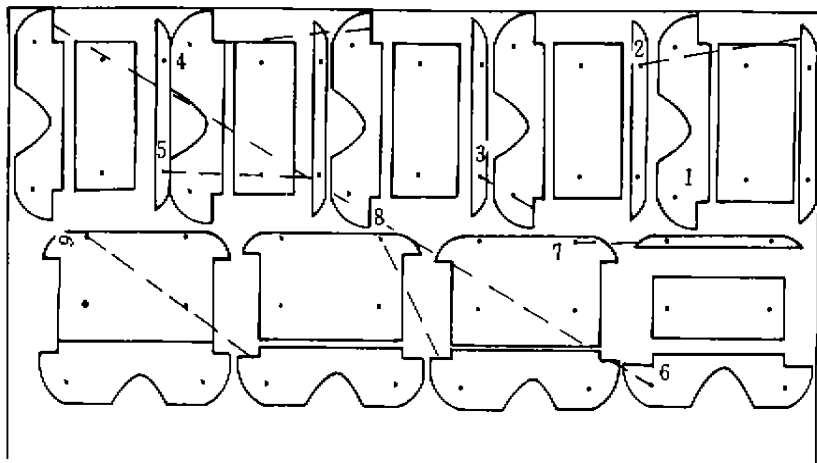


图 7 钢板套料排样图

分层板进行套料、编程。图 7 为一优化套料排样图(2000×1000×1 的 45 钢板)。

5 叠层粘接模具受力分析

叠层粘接模具三维型面各层薄板通过定位销定位,粘接剂粘合而成。当模具工作时其型面上受到的冲击力会产生横向传递,在各层粘介面产生剪切力。若该力大于粘合剪切抗力与定位销剪切抗力之和,就会使各层脱落,破坏型面结构而使模具无法使用。

模具三维型面受力较复杂,在此讨论某一瞬间,下模(凸模)凸台部位受到集中冲击力时的受力状况。该凸台为单边受力,粘接面积较小且只有一个定位销,是该模具三维型面的危

险结构部位。其受力情况如图8所示。

当 $P_s + P_r > P'$ 时,层间粘合不会被破坏。其中, P_s 表示粘接剪切抗力, P_r 为定位销剪切抗力, P' 为冲压横向剪切力, $P' = P_s \sin \theta$, P 为凸台区域的集中载荷, P 简化后为:

$P = P_0 \times \text{凸台垂直投影面积} / \text{模具型面垂直投影面积}$ 。

其中, P_0 为所用冲压设备的压力, 由于选用的是 100T 的油压机, 故 $P_0 = 980000(\text{N})$ 。经计算, 得 $P = 980000 \times (7732/169133) = 44801.2(\text{N})$ 。

在此我们主要分析凸台两块层板的受力情况。一是顶部(第49层), 因其面积最小, 且在表面淬火热影响区, 粘接强度较低, 取实验测定的剪切强度 $[\tau]_s$ 的平均值 8.5 MPa, $\theta = 4.5^\circ$, 其面积为 $S_{49} = 122.9 \text{ mm}^2$ 。二是当 θ 为最大时($\theta = 31.5^\circ$) 粘合面积最小的那层(第47层), 其粘接强度 $[\tau]_2$ 取平均值 20.5 MPa, 面积 $S_{47} = 531.15 \text{ mm}^2$, $\phi 6$ 的定位销剪切强度 $[\tau]' = 370 \text{ MPa}$ (材质为 45 钢, 经调质处理), 其横截面积 $S' = 9 \times 3.14 = 28.26 \text{ mm}^2$ 。以上有关数据均经 SGI 工作站计算或经实验分析而得。

第49层

$$P' = P \cos \theta \cdot \sin \theta = 44801.2 \times \cos 4.5^\circ \times \sin 4.5^\circ = 3504.2(\text{N})$$

$$P_s = S_{49} \times [\tau]_s = 122.9 \times 8.5 = 1037(\text{N})$$

$$P_r = S' [\tau]' = 10456.2(\text{N})$$

显然, $P_s + P_r > P'$ 表明该层受力较好。

第47层

$$P' = P \cos \theta \cdot \sin \theta = 44801.2 \times \cos 31.5^\circ \times \sin 31.5^\circ = 9887.5(\text{N})$$

$$P_s = S_{47} \times [\tau]_2 = 531.15 \times 20.5 = 1088.7(\text{N})$$

$$P_r = 10456.2(\text{N})$$

同样, $P_s + P_r > P'$, 该层受力亦良好。

通过对以上两层的受力分析, 表明该模具在冲压过程中, 粘接结构不会受到破坏, 其粘接力学强度满足模具使用性能, 这也证明了采用薄板叠层粘接模具制造技术的可行性。

参 考 文 献

- 1 Kruth J P. Material Incess Manufacturing by Rapid Prototyping Techniques. Annals of the CIRP, 1991, 40 (2), 603~614
- 2 Steven Ashley. Rapid Prototyping Systems, Mechanical Engineering, 1991, (4): 34~43
- 3 宾鸿赞. 生长型制造技术——制造技术的突破. 武汉: 中国机械工程, 1993, 4(6): 22~24
- 4 颜永年. 基于离散/堆积成型概念的 PRM 原理和发展. 武汉: 中国机械工程, 1994, 5(4): 64~66
- 5 石光林. 模具三维型面分层快速制造技术研究: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学机械工程一系, 1996

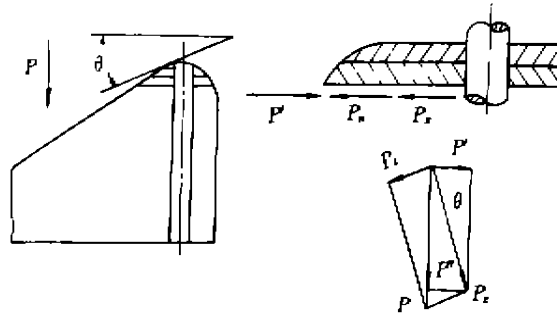


图8 凸台受力情况