

大型立体化铣样板设计与制造方法探索

Exploration of Design and Manufacturing Method to Stereoscopic Chemical-Milling Template With Jumbo Size

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室 甘忠 王亮
 中国燃气涡轮研究院 谭海兵
 中航工业陕西飞机工业(集团)有限公司工艺处 黄官平

[摘要] 以化学铣切工艺和大型蒙皮零件的减重设计为背景,提出了大型立体化铣样板的概念。为了改善传统化铣样板存在的缺点,提出了新的样板设计与制造方法,详细描述了零件上理论数模信息转换为大型立体化铣样板上的工艺数模、样板设计与制造的流程规划及定位孔和工艺孔的加工。

关键词: 化铣 样板 设计与制造

[ABSTRACT] The definition of stereoscopic chemical-milling template with jumbo size is presented based on the background of chemical-milling and weight loss design of the skin-part with jumbo size. A new design and manufacturing method is proposed to solve the shortcomings of traditional chemical-milling template. Combining the chemical-milling, it is stated that the conversion of theory model to process model, the design and manufacturing process planning, the processing of the positioning hole and added hole of the template.

Keywords: Chemical-milling Template Design and manufacturing

随着新一代飞机的战术性能要求的提高,其对飞机的重量变得越来越敏感,所以结构轻量化设计越来越成为了现代飞机设计与制造工程人员追求的目标。对于预先成形好的零件,例如导弹壳体和蒙皮零件,如何去掉零件上多余的金属,从而尽可能地减轻导弹或者飞机零件的结构重量同时又不影响零件的应力状态是一个难题,而化铣工艺是解决此问题的一种比较好的方法^[1]。

化学铣切加工(简称化铣)是依靠化学溶液对工件表面溶解的一种加工技术,即利用化学腐蚀和电化学腐蚀原理加工工件的一种工艺方法。通过对化学溶液有效的控制,从工件上预先确定的部位、范围与深度上除去基体材料,从而获得所需的加工尺寸和尺寸精度。化铣是一种无刀痕、无切屑和无工具协调问题的特种

切削加工,其原理如图1所示。将零件需要加工的表面露出,不加工表面用耐腐蚀涂层保护起来,浸入化学溶液中进行腐蚀,使加工部位的金属按选定的尺寸要求溶解去除,达到化铣加工零件的目的^[1-4]。

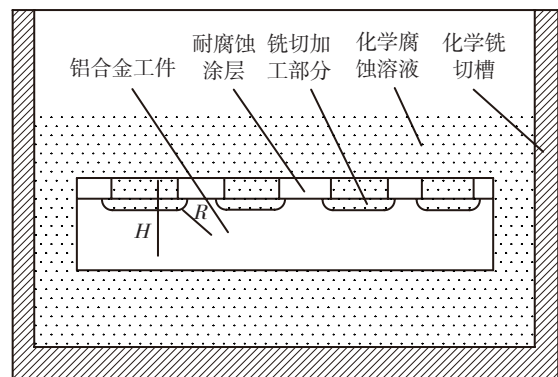


图1 化学铣切加工原理示意图
 Fig.1 Processing principle diagram of chemical-milling

刻形是化学铣切中工作量最大、又最费时的操作,长期以来,大多数情况下都是用刀刃很薄的手术刀或类似的工具进行操作。对大型又复杂的零件来说,手工刻形尤为困难^[5]。目前在零件上刻形都是在待化铣零件上以样板作为化铣区域轮廓、尺寸的依据,所以样板对于化铣零件的化铣区域轮廓和相对位置精度有着至关重要的作用。

随着大型飞机制造中大型蒙皮零件(长度 $\geq 4000\text{mm}$)的出现,确定蒙皮上减轻槽之间的相对位置成为了化铣工艺过程中的主要问题。大型立体化铣样板工装的设计与制造成为了亟需解决的问题。本文正是在上述需求的基础上,结合传统的样板设计思想探索一种新的样板设计与制造方法。

1 大型立体化铣样板

立体化学铣切样板是一种具有精确曲面外形的划线工装,其用途为确定零件化铣加工之前去掉保护涂

层的刻线依据,即确定工件上应该接受铣切的部位,大体确定蒙皮零件减轻槽轮廓的外形,协调零件与装配型架的装配孔之间的关系,并具有长期反复使用的效果。

由于大型蒙皮中减轻槽数量的增加,确定化铣加工后减轻槽之间的相对位置关系、减轻槽与长桁等的相对位置关系成为了化铣工装的最重要任务。为了减少多次定位造成的误差,一个蒙皮零件中的所有减轻槽的位置以及所有长桁等的占位线必须在一个样板中表示出来,所以样板的尺寸与蒙皮尺寸大小相当。样板工作示意图如图2所示。

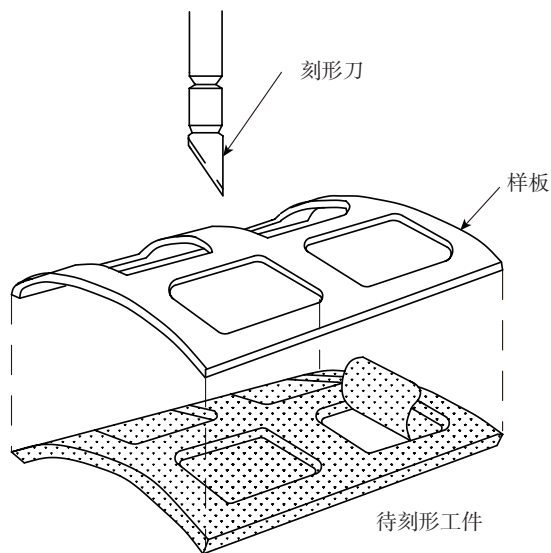


图2 样板工作示意图
Fig.2 Working template

传统的样板是以钢板为主,厚度约4mm,其优点就是加工好的样板状态稳定,不易变形。但是化铣减轻槽的主要目的是确定其相对位置关系,若样板的刚度太好,不利于蒙皮零件与样板之间的相互“妥协”贴合,也就不利于准确的确定其相对位置关系;另一个缺点就是以金属材料制造的大型样板重量太大,不利于搬运与储存。本文提出以玻璃纤维和环氧树脂固化而成的复合材料作为大型样板的材料,既能根据需要选择合适的固化工艺以达到需要的刚度,又能减轻样板的重量。

2 理论数模转换为工艺数模

在化铣刻形时,需要样板与蒙皮较好的贴合才能刻形出准确的轮廓线。对于尺寸大而刚性较差的零件,刻形过程中容易产生相对的滑动,而理论数模给出的两个定位孔并不足以保证蒙皮与样板之间的固定位置,所以需要增加工艺孔的数量来保证刻形时不发生

相对滑动造成化铣区域的相对位置误差。工艺孔的位置布置在样板四周,其间距为800mm。

在化铣加工工艺中,除不经任何防蚀处理的整体化铣加工外,浸蚀比是一个重要的工艺参数^[4]。浸蚀比的大小直接关系到试样的加工精度,是化铣样板制作的依据。进行选择化铣时,零件保护层下与化铣部位相邻的部分也会被化铣。浸蚀比 E 等于保护层下铣切宽度与铣切深度之比。如图3所示,浸蚀比的大小直接影响化铣零件型面的圆角 R 和型面的精度,是制造样板和刻形中必须考虑和计算的一个重要因素。 E 值越小,则 R 越小,可以减轻质量,提高型面精度。

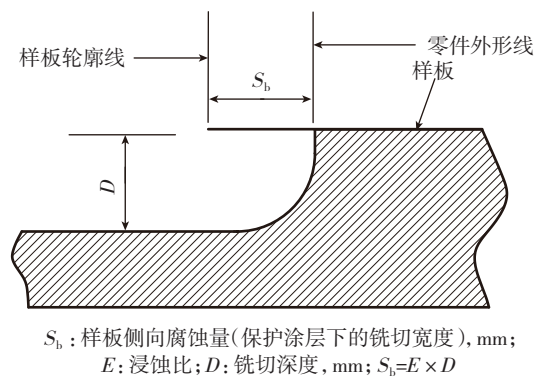


图3 浸蚀比计算示意图
Fig.3 Scheme of erosion factor's calculation

由于浸蚀比的存在,样板在圆角处的半径需要调整,圆角外形线设计的示意图如图4所示^[4]。

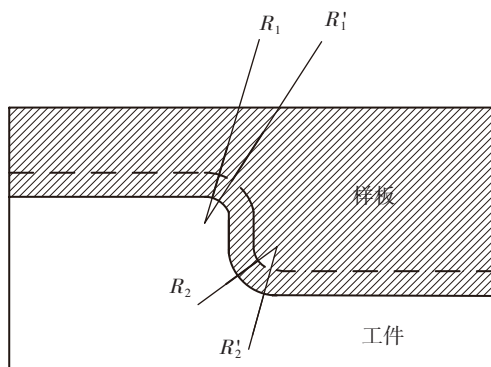


图4 样板外形示意图
Fig.4 Template shape

内圆角: $R_1' = R_1 - R_b$; 外圆角: $R_2' = R_2 + R_b$ 。

由浸蚀比计算出样板侧向腐蚀量,设计化铣区域线和模线数模。本文中采用的浸蚀比 E 为1,所以铣切深度 D 即侧向腐蚀量 S_b 。所以化铣区域的轮廓外形线比零件的理论外形线向槽的内方向偏移 S_b 的宽度。由零件图5所设计出的工艺数模所有相关信息表示在模胎示意图上,如图6所示。

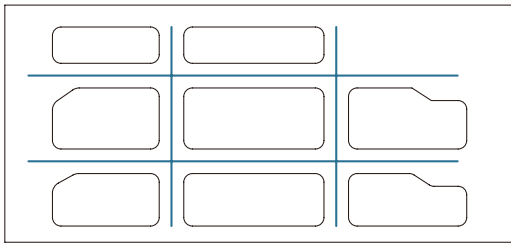


图5 零件示意图
Fig.5 Diagram of part

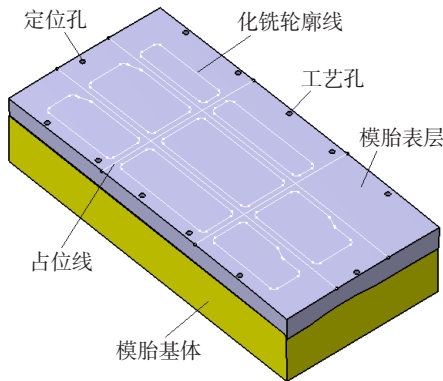


图6 工艺数模示意图
Fig.6 Scheme of processing model

3 样板制造与设计方

本文中翻制模具和样板都采用复合材料制造,形面的原始依据为拉形模胎,样板制造原理流程图如图7所示。

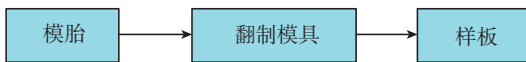


图7 样板制造原理流程图
Fig.7 Flow chart of principle of template's manufacturing

翻制模具是保证样板化铣区域相关外形线的重要因素,因为使用环氧树脂与玻璃纤维布固化而成的样板不可避免的具有收缩性。为了避免固化过程中的收缩造成轮廓线偏移理想位置,将化铣区域相关的外形轮廓线使用数控机床雕刻在翻制模具上或者直接雕刻在样板上,刻线深度和宽度有一定的要求,规定刻线宽度为0.3~0.4mm,深度为0.5mm。

步骤一:以模胎作为初始的模具,在上面制造翻制模具。同时,需要将定位孔的信息复制到翻制模具上去,以便后续工作使用。

环氧树脂与玻璃纤维固化而成的复合材料本身刚度比较差,没有可靠的稳定性,所以翻制出来的模具不能满足外形要求。为了满足外形要求、增加样板刚度

要求,同时减轻翻制模具质量和减少成本,可以考虑采用框架式筋条结构形式用于加强样板从而保证翻制模具的刚度。

为了便于成形、降低制造成本,选定筋条截面形式为“T”形。采用零阶优化方法对化铣样板进行优化仿真计算,求出最优解,给定合适的加强筋的厚度与高度。设计出翻制模具示意图如图8所示。

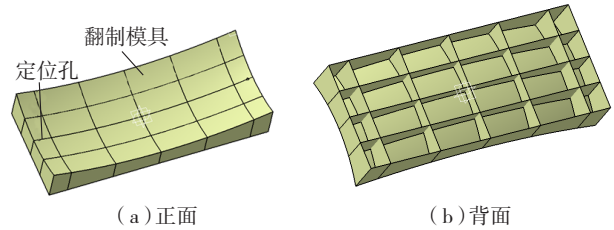


图8 翻制模具示意图
Fig.8 Scheme of casting mold

步骤二:以翻制模具作为模具,在其相应型面上铺设样板即为最终需要的样板工装外形。

首先在复制模具上铺层固化设计要求厚度的样板;待其固化稳定后再在上面放置一层薄布;然后在薄布上面继续铺层固化一定厚度的玻璃纤维,并布局一定数量的加强筋结构。该带加强结构的装置作为数控雕刻形线时放置样板的专用夹具。

在数控加工时夹具起支撑样板的作用,它将承受来自刀具的切削力与向下的压力,所以其需要有足够的刚度和稳定性,夹具示意图如图9所示。在上述翻制模具的加强筋条的基础上布置更多的筋条,新加的筋条可以是其他木材或者金属材料,只要能保证其稳定性即可。

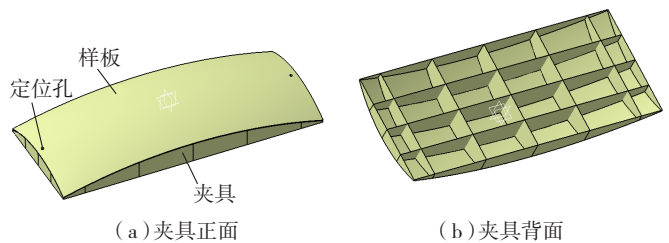


图9 夹具示意图
Fig.9 Diagram of jig

4 定位孔与工艺孔的加工

在数控机床上加工轮廓线的时候需要准确的定位,所以需要将定位孔准确的加工在夹具和样板上。由于玻璃纤维和环氧树脂在固化时有收缩的现象,所以需要定位孔的位置进行修正。

(下转第88页)

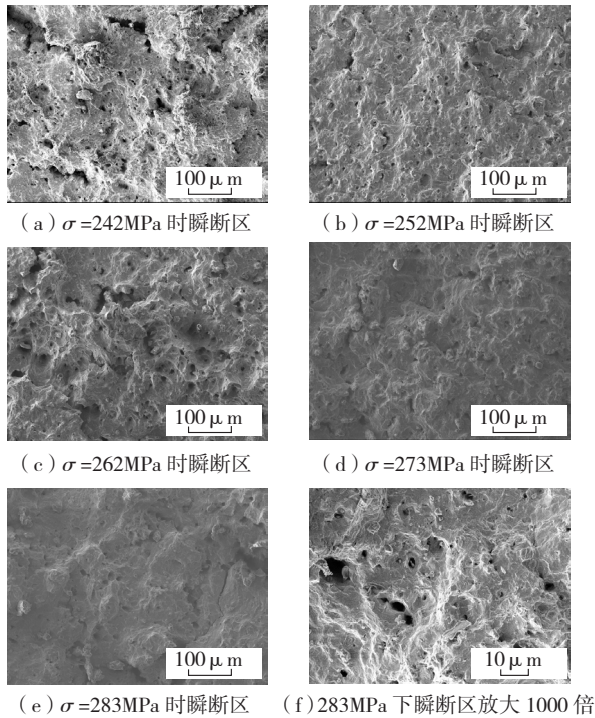


图9 瞬断区
Fig.9 Blink area

参考文献

[1] 李双江. 304 奥氏体不锈钢夹杂物的冶金行为. 东北大学学报(自然科学版), 2010, 31(3): 402-405.
 [2] 李永泰. 压力容器分析设计需讨论的问题. 压力容器, 2007, 24(2): 46-47.
 [3] Kanazawa, Miller K J, Brown M W. Low-cycle fatigue under out-of-phase loading conditions. Trans. ASME J. Engng Mater. Tech., 1977, 99: 222-228.
 [4] 丁剑, 张荻, 西田信一. 应力控制条件下奥氏体不锈钢的低周疲劳性能. 金属学报, 2002, 38(12): 1261-1265.
 [5] Sergiy S, Oleksandr Z, Timophiy P. Multiaxial Low Cycle Fatigue Life Prediction Criteria: Comparisons and Results. Transactions of the 17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMIRT 17), 2003.
 [6] 陈传尧. 疲劳与断裂. 武汉: 华中科技大学出版社. 2001.
 [7] 徐瀛. 疲劳强度. 北京: 高等教育出版社. 1988.
 [8] 魏楠, 金尧, 孙训芳. 低周循环应力-应变关系与损伤. 机械强度, 2002, 24(3): 426-428.
 [9] Bela I Sandor. Fundamentals of cycle stress and strain. Beijing: Science Press, 1985.
 [10] Yao C, Liang G, Zhang Q. Research on curves of cyclic stress-strain and definition of fracture life. Proc. of 1st. National Conf. on Metal Fatigue, Beijing: Metallurgy Industry Press, 1984.
 [11] Wang B, Fan J, Yang Q. Experimental research on material behavior of cyclic hardening and softening In Fatigue and Fracture, Beijing: Aviation Industry Press, 1998.

[12] Hassan T, Kyriakides S. Ratcheting of Cyclically Hardening and Softening Material: Part I: Uniaxial Behavior. Beijing: International Journal of Plasticity, 1994, 10: 149-184.
 [13] 刘忠侠, 宋谋胜, 李继文, 等. A356 合金钢的低周疲劳行为及塑性应变能. 中国有色金属学报, 2006, 12(6): 260-267.
 [14] 朱杰武, 许雁, 葛利玲, 等. 1.4 %C 超高碳钢显微组织与疲劳性能的研究. 材料热处理学报, 2004, 25(3): 30-34.
 [15] 张亚军. 10CrNiMo 高强钢的低周疲劳特性. 北京科技大学学报, 2011, 1(1): 22-28.
 [16] 钟群鹏, 赵子华. 断口学. 北京: 高等教育出版社, 2006.

(责编 小城)

(上接第 80 页)

以一端的定位孔为基准, 按照工艺数模上确定的两定位孔的距离来修正样板上的定位孔。具体方法为: 将样板置于专用夹具上放在数控机床的工作台上, 确定好工件坐标系, 以一端定位孔作为原点, 按照工艺数模上两定位孔的距离移动主轴到目标位置, 进行“点加工”标记出目标定位孔, 然后加工出理想的定位孔。

为了保证样板工艺孔和蒙皮零件上工艺孔的一致性, 将样板上工艺孔与化铣轮廓线等相关型线一起利用专用夹具在数控机床上加工出来, 样板与专用夹具之间采用销钉定位并固定其相对位置; 而蒙皮零件的工艺孔在拉型模胎上直接加工获得。

5 结束语

本文主要分析了大型飞机制造中的大型蒙皮零件(长度 ≥ 4000mm)减轻槽化铣加工的化铣立体样板的制造问题。根据先进航空制造技术发展的实际需求, 围绕大型飞机蒙皮的立体化铣样板的研制工作, 探索出了新型的样板工装制造工艺方法。本文探索研究的“大型立体化铣样板”的设计与制造技术用于工程实践, 使得某机型的蒙皮零件的刻形精度由 10mm 提高到了 4mm 以内。它填补了国内航空工业在“大型立体化铣样板”设计与制造方面的技术空白。

参考文献

[1] Harris W T. 化学铣切. 朱永昌, 译. 北京: 国防工业出版社, 1983.
 [2] CAKIR O. Chemical etching of aluminium. Materials Processing Technology, 2008, 99: 337-340.
 [3] DICKENSON T A. Chemical milling of aluminium and steel. Light Metals, 1956, 19(19): 297-301.
 [4] 《航空制造工程手册》总编委员会. 航空制造工程手册: 特种加工. 北京: 航空工业出版社, 1993.
 [5] 于芝兰. 铝合金化学铣切的现代技术. 轻合金加工技术, 1995, 9(23): 28-29.

(责编 日午)