

基于 LOM 原型的电铸载体比较

朱小东, 李国兵, 徐弘, 帅大平

(湖南工业大学 快速成形研究所, 湖南 株洲 412008)

摘要: 以 LOM 原型为基础, 分别翻制出环氧树脂模型、硅橡胶模型、树脂片材模型和石膏模型, 并对它们的电铸载体进行可行性分析比较, 在不影响电铸质量的前提下, 根据不同结构特征选择合适的电铸载体。

关键词: LOM 原型; 电铸载体; 环氧树脂模型; 硅橡胶模型; 石膏模型; 树脂片材模型

中图分类号: TG241

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)06-0039-03

Carrier Comparison Based on LOM Prototype in Electroforming

Zhu Xiaodong, Li Guobing, Xu Hong, Shuai Daping

(Institute of Rapid Prototyping, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: The feasibility analysis of four electroforming carriers are compared after reproducing the epoxy resin model, the silica gel model, attracts model and plaster model which based on the LOM prototype. It can choose the proper carrier according to the different structure characteristic without affecting the electroforming quality.

Key words: LOM prototype; electroforming carrier; silica gelmodel; epoxy resinmodel; plastermodel; attracts model

1 背景知识

电铸成形是利用电化学反应中的阴极沉积现象进行成形加工的一种工艺。用导电的原模作阴极、用拟电铸的金属作阳极, 电铸材料的金属盐溶液作为电铸液, 在电流的作用下, 金属盐中带正电荷的金属离子在阴极获得电子, 并还原成原子沉积覆盖在阴极(电铸载体)表面上, 阳极的金属原子失去电子而成为带正电荷的金属离子, 源源不断地补充到电铸液中, 当载体上的电铸层达到所需要的厚度时取出, 将电铸层与载体分离, 即获得电铸件^[1]。

分层实体制造(Laminated Objected Manufacturing, 简称 LOM)是快速成形中的一种工艺, 它是根据产品三维模型各截面的轮廓, 在计算机控制下, 激光逐层地对涂胶的薄形材料进行切割, 并将各层粘接起来, 即得到三维实体模型。这种工艺与其他快速成形方法相比, 其优势是成本低、成形速度快、生产率较高, 适

合于大型实体类(非薄壁件)原型的成形; 由于工艺过程中不存在材料相变, 所以制得的原型件变形小、脆性低^[2]。通常 LOM 原型以纸为原材料, 不适合直接作为电铸载体, 因此选择合适的材料将 LOM 原型翻制出适合实际生产的电铸载体, 就成为电铸成形加工中的一个关键环节。

翻制出电铸载体模型之后, 再对其表面进行必要的处理, 如打磨、抛光、涂敷导电层等, 就可以作为电铸成形的阴极进行电铸成形加工^[3]。

电铸成形的工艺流程如图 1 所示。

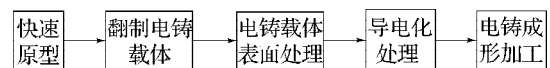


图 1 电铸成形工艺流程图

Fig.1 The flowchart of electroforming

本实验中的电铸成形对象, 采用湖南工业大学快

收稿日期: 2007-08-12

基金项目: 湖南省科技厅基金资助项目(2006GK3093)

作者简介: 朱小东(1945-), 男, 湖北武汉人, 湖南工业大学研究员, 主要研究方向为快速成形与快速制模。

速成形研究所为青岛汇宇纸塑有限公司某一产品所做的快速原型,如图2所示。

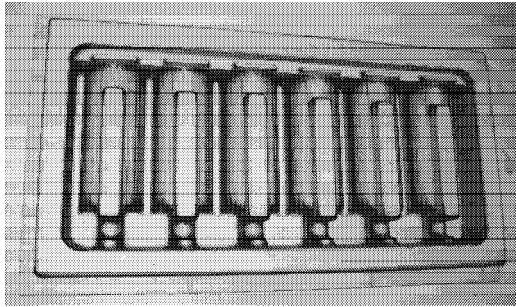


图2 某产品的快速原型

Fig. 2 The rapid prototype of aproduct

以电铸铜为例,把 CuSO_4 、 H_2SO_4 、 H_2O 和适当的添加剂以一定比例配制出硫酸铜溶液作为电铸液,电流密度取值 $1 \sim 4 \text{ A/dm}^2$, pH 值为 $1.5 \sim 2.5$, 温度范围为 $27 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$ 。因电铸液为强酸性,具有极强的腐蚀性,故对于电铸载体的选择也有很高的要求:如防水、导电(或涂覆导电层)、耐强酸(在酸性溶液里浸泡较长时间不变形)、易脱模(电铸完成后可以顺利地脱模)等;同时,还要考虑材料的工艺性及其使用经济性(成本)等因素。可选择做电铸载体的材料初步选定为环氧树脂、硅橡胶、树脂片材和石膏等,笔者就这些不同材料的特性及试验的效果作一比较。

2 各种材料的组成及性能

2.1 环氧树脂

环氧树脂作为电铸载体的优点主要有:

1) 粘接强度高,环氧树脂结构中具有羟基、醚键和活性极大的环氧基,这些基团使得环氧树脂的分子和相邻界面产生电磁吸附或化学键,尤其是环氧基又能在固化剂作用下发生三向交联聚合反应生成网状结构的大分子,分子本身就有了一定的内聚力,因此,环氧树脂作为模具材料具有较好的强度。

2) 固化收缩率极低,环氧树脂的固化主要是依靠环氧基的开环加成聚合,因此固化过程中不产生低分子物;环氧树脂本身具有仲羟基,再加上环氧基固化时派生的部分残留羟基,它们的氢键缔合作用使分子排列紧密,因此,环氧树脂的固化收缩率是热固性树脂中最低的品种之一,一般为 $1\% \sim 2\%$ 。选用适当的填料可以使收缩率降低至 0.2% 左右,具有复制模具的优势。

3) 稳定性好,固化后的环氧树脂主链是醚键和苯环、三向交联结构致密又封闭,因此它既耐酸又耐碱及多种介质,性能优于酚醛树脂和聚酯树脂,完全适应电铸溶液的环境。

4) 良好的加工性能,在树脂的软化点以上温度范围内,环氧树脂和固化剂、其他助剂、填料有良好的

混溶性。由于在固化过程中没有低分子物质放出,可以在常压下成型,不要除气或变动压力,因此操作十分方便,不需要过高的技术和设备。

虽然使用该材料具有许多优势,工艺比较简单,但用来复制模具还是有其缺点,主要是因粘接性太强,脱模性差;因硬化反应速度快,流动性差,模具复制性不够好。

2.2 硅橡胶

硅橡胶由硅、氧原子形成主链,侧链为含碳基团,实际应用中用量最大的是侧链为乙烯的硅橡胶。硅橡胶既耐热又耐寒,使用温度在 $-100 \sim 300 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间。硅橡胶性质稳定,耐酸碱,并具有良好的弹性,硅橡胶模型具有很好的复制性和脱模性。

硅橡胶的缺点是强度较低、抗撕裂性能差、耐磨性能不好,但可以采用镶嵌刚性物和耐磨件的办法,增加硅橡胶模型的强度和耐磨性,实验证明其效果良好。使用硅橡胶模的工艺复杂,为了保证硅橡胶模型的质量,需在真空条件下充型,且要有专用的设备。

2.3 石膏

石膏一般是指熟石膏粉 $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, 亦称半水硫酸钙,由矿场采得的石膏矿石经煅烧研磨呈粉状而成,加水调和会凝固成硬块。调和石膏浆所需的凝结时间,正常情况下为 $25 \sim 35 \text{ min}$,但因混水量和搅拌速度及搅拌时间不同,其凝结的时间亦不同。混水量少的石膏浆凝结时间较短;搅拌速度快和搅拌时间长,亦会使石膏浆的凝结时间缩短。

石膏用来复制模型,具有工艺简单、操作方便等优势。其缺点是强度低、脆性大、收缩性大、易吸水变形,应用范围有限。

2.4 树脂片材

经吸塑的树脂片材以 PET、PP 等为材料,在加热的状态下,靠负压使其软化并紧贴于原型表面复制而成壳体。以该壳体作为电铸载体的优点是:1) 具有优良的透明性与光洁度;2) 易作金属化处理(表面镀金属层);3) 具有良好的力学性能;4) 化学稳定性好,可经受多种化学物质的侵蚀^[4]。但制备树脂片材吸塑件需要有专门的吸塑设备才能够得到,故其工艺性要求较高。

将 4 种电铸载体材料的性能进行比较,其结果如表 1 所示。

表 1 不同材料的性能比较表

Table 1 Comparison of different material

材料	强度	弹性	耐酸性	收缩率	工艺性
环氧树脂	好	一般	好	一般	一般
硅橡胶	一般	好	好	小	一般
树脂片材	较好	一般	好	小	一般
石膏	差	差	一般	大	好

3 各种材料电铸载体及电铸效果

3.1 不同材料的电铸载体

根据各种材料的性质, 利用快速原型翻制出的4种电铸载体如图3~6所示。

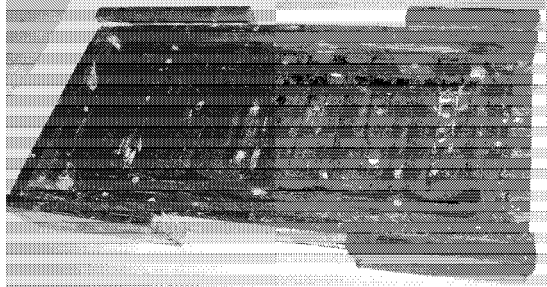


图3 环氧树脂电铸载体

Fig. 3 Epoxy resin electroforming carrier



图4 硅橡胶电铸载体

Fig. 4 Silica gel electroforming carrier

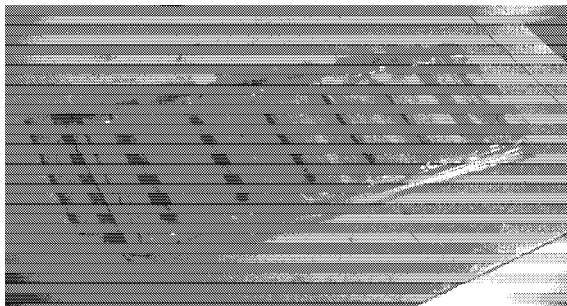


图5 树脂吸塑电铸载体

Fig. 5 Attract electroforming carrier

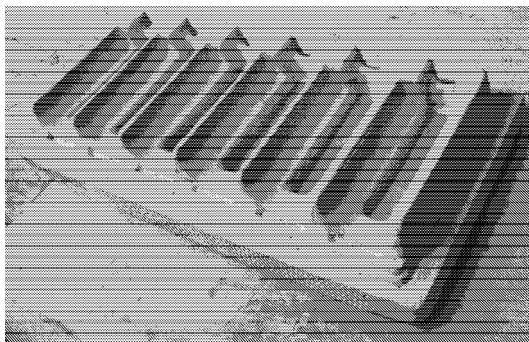


图6 石膏电铸载体

Fig. 6 Gypsum electroforming carrier

3.2 电铸效果比较

不同材料电铸载体经电铸试验, 结果如表2所示。

表2 电铸试验结果表

Table 2 Results of the electroforming experiment

电铸载体材料	导电层涂覆效果	电铸层铺满时间/h	电铸效果	脱模情况	表面质量
环氧树脂	一般	26	好	差	差
硅橡胶	好	10	很好	好	好
吸塑片材	好	8	好	好	好
石膏	一般	20	一般	一般	一般

4 小结

上述4种电铸载体的电铸试验效果表明:

1) 环氧树脂模表面较粗糙, 局部有小气孔, 电铸所需的时间较长, 脱模情况和电铸产品表面质量效果不够理想。

2) 硅橡胶模导电化处理时导电层厚度均匀, 有利于电铸的进行, 且弹性好, 脱模容易, 而且硅橡胶模可多次使用。但硅橡胶价格较高, 需要专门的设备, 除非复杂结构或具有精细要求时予以采用, 否则成本因素值得考虑。

3) 石膏模必须做防水处理, 经较长时间浸泡后, 防水层容易破坏, 电铸效果和表面质量一般。石膏模不能重复电铸, 需破坏石膏来得到金属电铸壳型。

4) 树脂吸塑片材相对其他模型有较大的优势, 实验证明, 树脂吸塑片材是电铸载体的首选材料, 原因是吸塑片材耗材少、成本低, 可一次复制多件, 同时电铸, 提高了生产效率。且模型表面相对光滑, 复制性好, 对导电层的形成速度快, 分离电铸壳型时也相对容易, 电铸效果和电铸产品质量均能达到要求。

电铸载体的选择可根据形体的大小、结构及不同要求决定。实践证明, 在快速成形的基础上, 使用LOM原型+电铸的工艺是快速制造模具的有效途径。

参考文献:

- [1] 李志杰. 目前电铸模具存在的缺陷及改进方法[J]. 中国模协通讯, 1998(1): 15-17.
- [2] 唐一平, 王平, 丁浩. 基于RP的快速模具制造[C]// RP技术与快速模具制造. 西安: 陕西科学技术出版社, 1998: 204-207.
- [3] 唐正连. 电铸与电弧喷涂快速制模技术研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.
- [4] 李松江. 模具制造技术与发展趋势[J]. 模具制造, 2006(7): 3-6.
- [5] 张胜涛. 电镀工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 106-120.
- [6] Kruth J P, Leu M C, Nakagawa T. progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping[J]. Manufacturing Technology of CIRP ANNALS, 1998, 47(2): 530-535.