

光造型法在精密铸造上的应用

天津东洋精密铸造有限公司 吴炳荣*

日本材料加工技术中心 小林良一

摘要 介绍光造型法的简要历史、方法原理、模型制作工艺、制模材料及计算机软件、硬件概况。在与失蜡法熔模精密铸造方法对比的基础上,分析了光造型法的特点和目前存在的问题及今后的研究方向。列举了实际的试验铸件并讨论了相关的参数。

关键词: 模样 光造型法 快速制模 精密铸造

Laser Modelling Method Used in Investment Casting

Wu Bingrong

(Tianjin Toyo Precision Casting Co., Ltd.)

Ryoichi Kobayashi

(The Materials Process Technology Center)

ABSTRACT A method of model making with CAD technique and laser moulding device was introduced; moreover, the testing results about using the pattern produced by this method in investment casting were reported

Key Words: Model, Laser Model Making, Rapid Prototyping, Investment Casting

1 光造型法概说

80年代开始,有人利用快速模型(原型)制造技术(RAPID PROTOTYPING),根据三维CAD数据,直接而且快速地生产出所需要的各种模型,这种方法在1987年开始进入实用化阶段,而现在已进入普及的时期了。

这种方法对历来各种加工方法不可能制作的复杂的立体形状可以全自动地、简单容易地制造出来,而且在质量上、时间上、成本上表现出强大的生命力;可以说,它在加工技术领域内具有划时代的作用。

从设计方面看,它提供了一条把计算机图形学(COMPUTER GRAPHICS)与实际的三维物体联结在一起的途径。

在机械工业方面,它不限于模样的制作,也用于各种型的制造。

在医疗领域内,根据核磁共振诊断仪(MRI)或计

算机断层图像仪(CT)的信息,可以把病人的骨骼、内脏等的实体模型制作出来,用以分析研究。

快速模型(RP模型)制作技术是一种把影像可视化和以形状试制为目的的一种技术,在少量需要时是十分合适的。

在精密铸造方面,它既可以作为消失模直接加以利用,也可以用快速模型或稍加其他方法加工后,作为成批生产模样用的型而间接利用。

这种方法的原理如图1所示。

首先,把欲制作的对象模型的三维数据(三维的CAD数据或X线的CT数据)在计算机上作出水平环切的数据,用激光(Laser)沿这些数据在液态光硬化性树脂上进行扫描,通过树脂的固化,一层一层反复进行扫描和固化,而层叠起来的最终产物就是所要求的立体模型。

所谓的光硬化性树脂是一种经一定波长的光线照射以后而反应硬化的树脂,所以光硬化树脂的出现和不断发展也为光造型技术提供了条件。

* 吴炳荣,天津(300457) 收稿日期:1996-07-30

工作人员要定期(最好是6个月一次)检查身体。一旦发现体内铍含量超标,可以到医院进行排铍治疗。铍是可以通过尿排出体外的。一般经过治疗是可以恢复健康的。电焊场所也有BeO尘埃产生,但是与熔炼车间相比就少得多。通风良好,戴好口罩,可达到预防目的。机械

加工场地,只产生Cu-Be合金尘土没有BeO,所以不会有太大的危害。当然为了安全,带口罩是必要的。与铍接触人员,要定期调换岗位。只要认真预防,铍毒是可以解决的。

(编辑:袁振国)

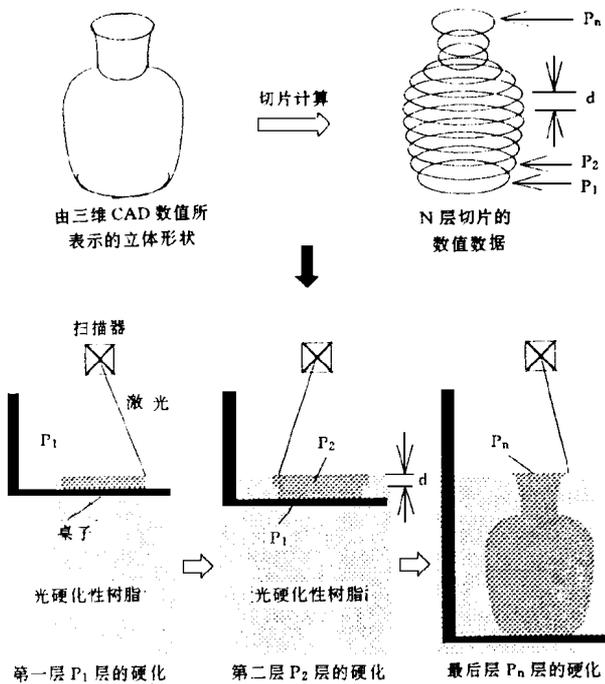


图1 光造型法原理图

1.1 制作 RP 模型的几种方法

(1) STL (Laser Stereo Lithography) 法——以三维形状数据在水平方向环切而得到的切片数据为基础,用紫外线激光按切片数据照射光硬化性树脂,以固化层的层积而形成所需的立体模型的方法。

(2) SGC (Solid Ground Curing) 法——方法原理与上述 STL 法相同,只是加用了屏蔽方法,对平面全体进行照射,由面硬化层的层积而获得立体模型的方法。

(3) SLS (Selective Laser Sintering) 法——用树脂、蜡、陶瓷、金属等的粉末,而不用液态树脂,通过激光使之烧结、融着、固化而层积成立体模型的方法。

(4) FDM (Fused Deposit M.F.G) 法——用热塑性树脂或蜡料,从容器的嘴中挤出,使之边描绘、边固化,从而层积成立体模型的方法。

(5) LOM (Laminated Object M.F.G) 法——用纸等薄片粘着、层积成形,再用激光加以修正成形的方法。

在上述方法中用得最多的是 STL 方法;从模型材料上说,用得较多的是环氧树脂、聚氨酯树脂和丙烯酸树脂。从模型形态上有中空的中实的(实心的),有中空带蜂窝结构的,有中空带一部分蜂窝结构的,有中空带多孔的结构等。从激光装置看有各种商品,激光光源则有 Ar, CO₂, He-Cd 及半导体激光源

等。

因此,从狭义上说,光造型法是把光硬化性树脂用激光使之硬化而层积成形的方法,从广义上说,则是一种附加积层的加工成形方法,这也就是 Rapid Prototyping 的意思。

1.2 与数控(NC)机械比较,光造型方法的优点

(1) NC 机械无法加工的自由曲面和内部构造形状复杂的模型可简单地成形。

(2) 为操作整套系统,不需要特别的知识和熟练的技能。

(3) 不需要 NC 机械加工时必要的工夹具,也即不需要为准备工夹具所花费的时间和费用。

表1 加工方法的比较

	数控机械方法	光造型方法
加工方法	去除加工,切削加工	附加加工,层积加工
加工材料	固体(金属、树脂片、木片)	液体,金属或树脂的粉末
工具	切削工具(钻头 etc)	激光光线,热线
最小加工单位	直径 1 μ 的点	直径 100 μ 的楔形形状
成形物	1 μ 的点的集合体	楔形形状的集合体

(4) 由于光造型法的系统是全自动的,即使是晚间也可做到无人操作(无人化操作)。

(5) 由于使用的工具是激光,因此它不存在工具磨损、工具的干涉等问题。

(6) 没有噪声、振动和切屑。

(7) 可以在短时间内制造出经济的模型来。

2 光造型法的硬件组成

大体分成二大部分:一是把 CAD 数据作成切片数据或加工数据的 EWS 系统,一是光造型装置本体。从附属装置来看有成形后产物的洗涤装置及后硬化装置(见图2)。

目前市场上出售的有多种光造型系统,而各公司生产的系统也不尽相同。表现在系统特征上的参数主要是

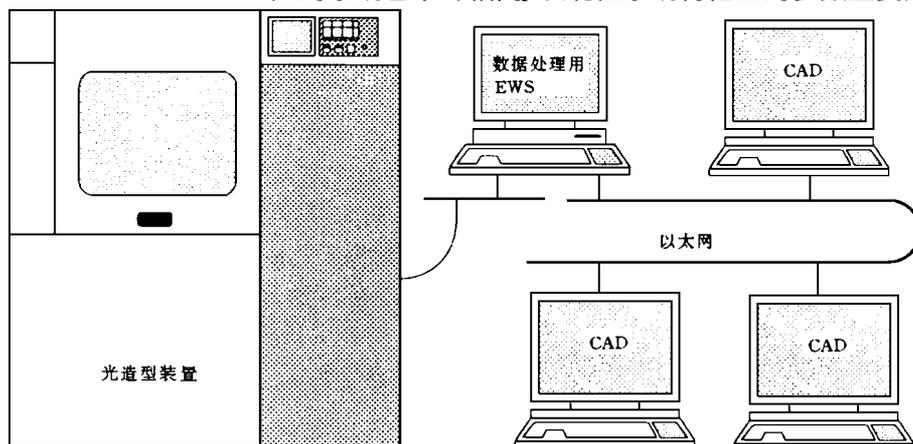


图2 光造型系统的组成

描绘方式、光源种类、层积方式等。例如描绘方式主要有检流计反光镜方式 XY 打印机方式及屏蔽方式(一揽子曝光方式),屏蔽方式只有一个公司使用,普

遍采用的是前两种方式,图3表示了这两种方式的结构特点。从层积方式上看也有两种方式,即自由液面方式和限制液面方式(见图4),用得较多的是自由液面方

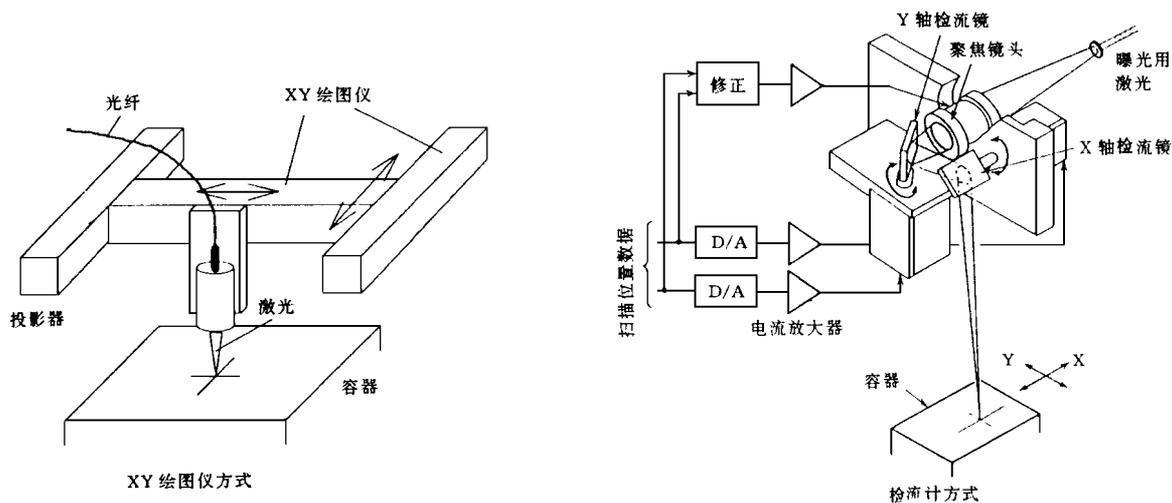


图3 描绘曝光方式

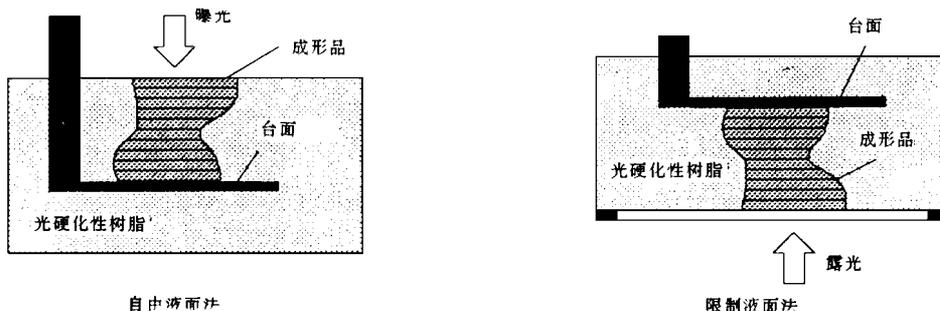


图4 层积方式

式。此外光造型法还与树脂的性质有密切关系,涉及到树脂规格及工艺操作方面的技术秘密问题。

日本从1991年进入实用化阶段,主要用于汽车、家电的设计构思、装配质量及组成结构的性能评价方面,其1988年~1994年的销售成绩达到了141台,在世界范围内已累计销售了906台。

3 光造型法的软件组成

如图5所示,光造型系统的软件大体由三部分组成,即修补近似部、切片部、加工数据生成部。

软件的数据处理程序是:首先从CAD系统中得到STL数据格式的CAD数据着手,然后把STL数据格式变为内部格式。但是当CAD数据(STL数据)不完全或者在生成近似数据时,修补程序间产生空隙或跳步,在这时候应该修正修补程序。

数据被修正以后,根据修正近似数据切成0.05~0.3mm的薄片,作出每一层切片的数据。

对作成的切片数据进行补偿处理,生成支援程序,得到加工数据。最后,把得到的加工数据转送到光造型

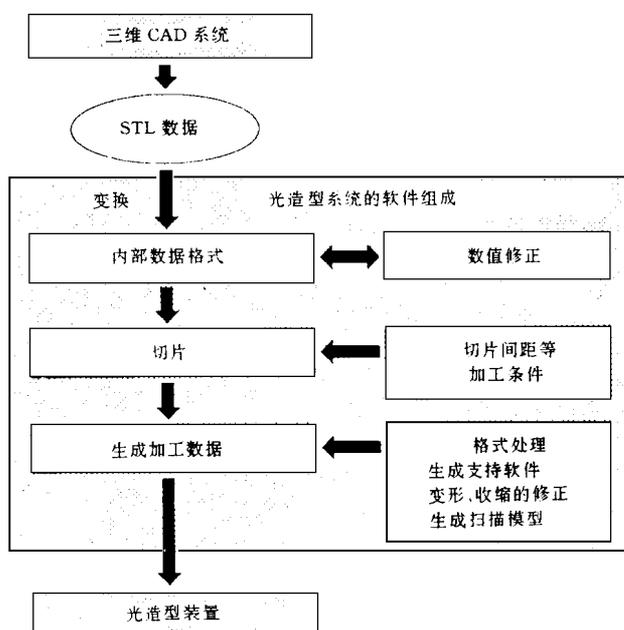


图5 光造型系统的软件流程图

装置中,进行样品的制造。此时,可进行加工模拟或加工时间模拟。

光造型技术的应用范围从设计构思用模型的制造到其他各个领域正飞速发展,按要求的精度或性能大致有工业中的应用、三维复印机及医疗等领域。

在铸造上的应用以精密铸造为例,可利用光造型系统得到的模型代替失蜡法的蜡模,在高温焙烧时,使树脂模消失,从而可省去脱蜡工序,没有必要为了获得蜡模而进行压型的设计和制造,从而实现缩短生产周期(只需几小时)和降低成本的目的。这尤在新产品试制,少量多品种,具有自由曲面的大、中型铸件方面有很好的应用前景。

图6是失蜡法与光造型法在铸件生产上的比较。

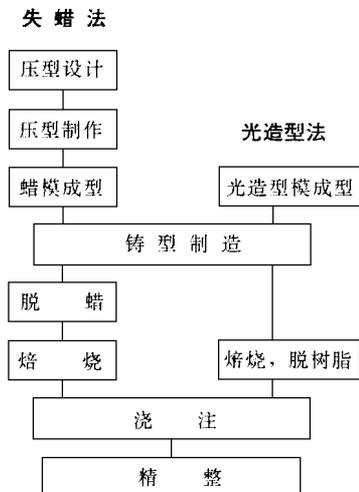


图6 精密铸造工程的比较

4 讨论

4.1 关于型壳开裂

光造型法得到的型壳(铸型)由于其强度受树脂气化等因素的影响,所以要求比一般的失蜡法型壳高,在气化过程中要快速加热,使脱树脂与焙烧同时进行。

尽管各公司事先采取了对策,但实际上型壳开裂的现象要比预想的多。由于模的材料是光硬化性树脂(FDM法、LOM法除外),不能用溶解脱除的方法,不得不用燃烧除去法,当模的热膨胀应力超过型壳强度时,型壳就开裂,在铸件上表现为毛刺、披缝或残渣。

影响型壳开裂的因素有以下几方面:

(1) 型壳强度

型壳的抗弯强度与型壳厚度、成分及型壳强化处理方法有关,最简单的是增加型壳厚度。型壳的抗弯强度与厚度的二次方成比例。

(2) 树脂模的形态(中空、中实)

中空模与中实模比较,不易开裂,但中空模的表皮如果太薄的话,在操作中易于发生变形、破损以及修补时容易发生麻烦。

(3) 模型材料的物理性能

仅从脱模时型壳开裂的角度说,最不易开裂的是纸、蜡,然后是聚胺脂(尿胺,URETHANE),最容易开裂的是环氧系树脂(EPOXY)。开裂不仅与膨胀系数有关,还与树脂的分解温度、高温机械性质等各种因素有关。

(4) 模型的形状

在模型的形状中,被牵制,被束缚的地方越多,越容易开裂。

4.2 关于型壳残渣

树脂模型壳在焙烧后,时有残渣发现,究其原因大致是:

(1) 脱模时,型壳内表现因裂纹、剥离及缺损等原因形成型壳材料的小片、小块或粉末。

(2) 型壳造型时,模型表面缺陷中进入了浆料中的耐火物。

(3) 模型材料的灼热残渣。

(4) 模型材料的不完全燃烧产生的碳渣,即煤烟。

4.3 关于模型及铸件的尺寸精度

通过对模型及其相应的铸件的尺寸测定(见图7),根据 I.C. I(Investment Casting Institute U.S.A.)标准来评价,尺寸公差处于边界上,即处于合格与不合格的区间里。尺寸的修正系数较多是根据经验确定的,用 RP 系统对修正系数的修正是很简单的,所以尺寸精度的问题仅仅是一个时间问题。

4.4 关于模型的表面粗糙度

模型表面粗糙度一般在 $25 \mu s$ (约相当于 $R_{max} 27$)以下,RP模型的测定值在平面部分是 $R_{max} 10$ 以下,在层积部分的段差为 0.1 mm 以上;段差问题对于模型的使用是一个重大问题,现正在模型的后处理及工艺本身的改进两方面开展研究。

4.5 关于型壳内燃烧废气的排出

为使型壳内的燃烧废气流通良好,希望在型壳上至少做出二个以上的开口部,以使模型材料的分解压力不能增高以及防止碳黑的形成。

总之,在这个领域内,随着计算机硬件及软件的发展,光造型技术正在铸造领域中显示出强大的作用和影响,受到技术界,特别是铸造工作者的关注,例如在1995年内,日本就成立了许多专题研究组织,有“利用光造型模型生产精密铸件”,“用新模型制造法生产精密铸件”,“光造型法用高精度树脂”等等。同时在世界范围内也频繁地开展着各种技术情报、研究成果、方法、材料、设备等方面的交流活动。

(编辑: 张振斌)

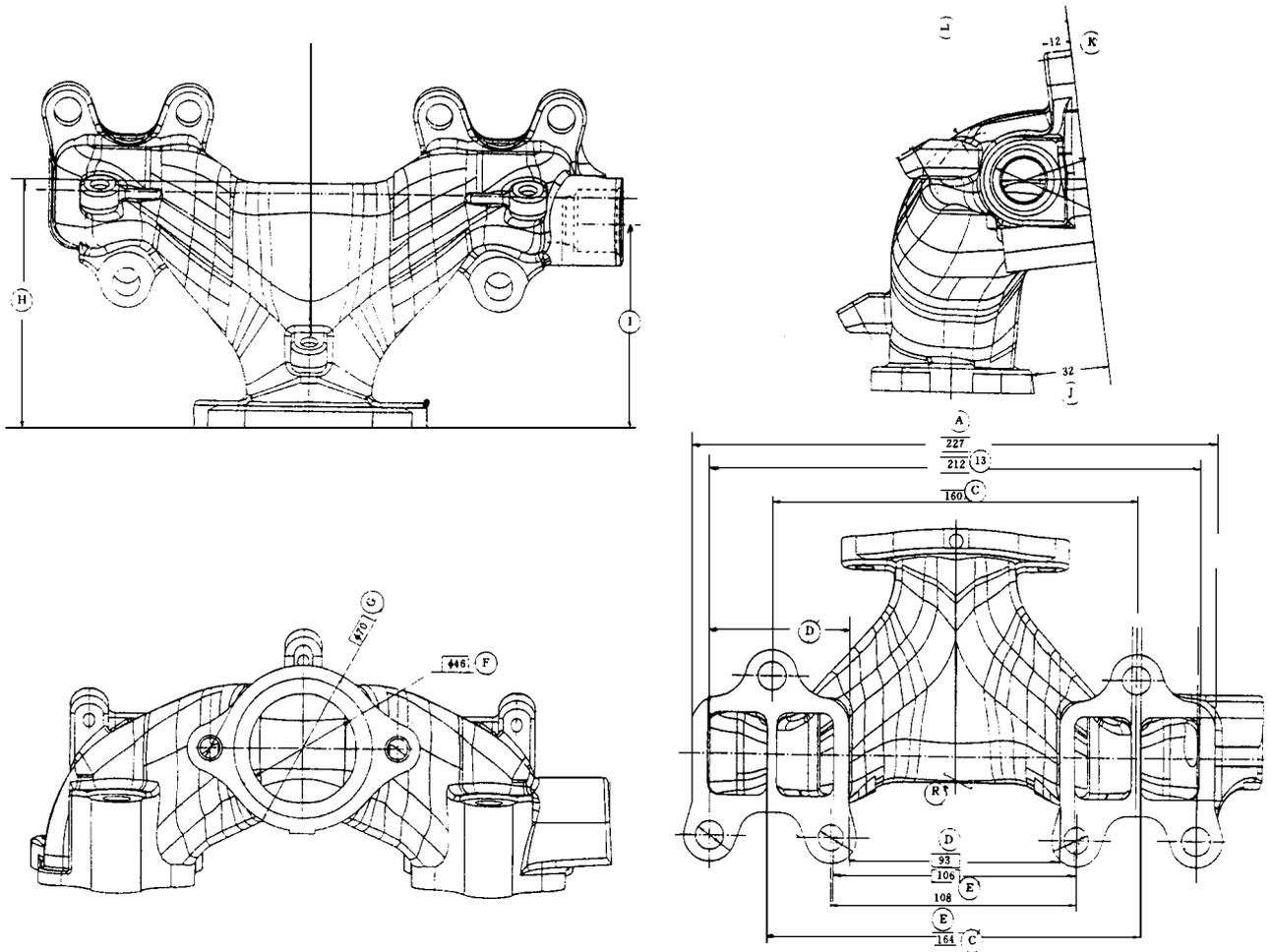


图7 歧管图

•会议消息•

重庆铸协压铸专委会第五届年会暨压铸技术专题演讲会在渝举行

重庆铸协压铸专委会第五届年会暨压铸技术专题演讲会于1996年12月3日~4日在重庆举行。参加会议的有来自重庆地区和其它地区的37个压铸研究单位和公司的81名代表。日本压铸协会理事河内裕明先生、意大利OM SG 公司经理 ENZO ARRIGUCCI 香港联德公司董事长张绍泰先生也应邀参加了会议。

会议由重庆压铸专委会秘书长刘林秋主持。压铸专委会主任委员邓绍国致开幕词。

河内裕明先生作压铸技术专题演讲。内容包括：1. 最新压铸技术(模具方案和效果实例)：真空压铸，PF法，低压铸造法，局部加压法。2. 最新压铸设备：压铸自动系统

实例，熔炉和保温炉以及铝液输送系统实例，最新压铸工厂平面布置实例。3. 运用微机控制的压铸管理：压铸工厂的管理，微机控制压铸设备。4. 铝液管理对铸件的影响。

会上意大利OM SG 公司代表介绍了该公司的压铸件清理机械。Acheson 公司代表介绍了该公司的压铸脱模剂。会场上展示的各种压铸件及其浇注系统引起与会代表的浓厚兴趣。

会议期间代表们进行了广泛的交流。

4日下午，重庆铸协副秘书长何贵山致闭幕词，宣布会议完成了预定的议程，圆满结束。

(重庆铸协压铸专委会 刘林秋报道)