

激光选区烧结覆膜砂的铸型制造

那顺乌力吉¹ 赵锦龙²

1. 机械工业化上海蓝亚石化设备检测所有限公司 内蒙古 呼和浩特 010054

2. 内蒙古工业大学工程训练中心 内蒙古 呼和浩特 010051

摘要:介绍了用选择性激光烧结(SLS)快速成型技术直接制造覆膜砂铸型的过程。用Pro/E软件对铸件进行三维实体造型,采用其模具CAD模块进行铸件砂型的“反求”过程,实现了在软件环境下生成铸造型壳模型,同时配以浇道,再应用SLS技术直接烧结覆膜砂铸造型壳,实现了铸件砂型的数字化设计及制造。然后对砂型经过适当处理后,成功的得到了可以浇注的铸型。

关键词:激光选区烧结;覆膜砂;铸型;后处理

1 引言

激光选区烧结技术(SLS)是快速成型技术之一,在铸造领域的成功应用体现CAD/CAM一体化的先进制造技术特征。采用覆膜砂作烧结材料,选择性激光烧结快速成型技术直接制造铸型,开创了不用模型、不用芯盒直接制造砂型的先例,可在数小时至数十小时内将CAD数据模型转化成可浇注各类金属铸件的铸型,给铸造业带来了一种新型的砂型制造方法。激光选区技术烧结覆膜砂直接制造铸型已经广泛应用于小批量零件制造和试生产,特别是在一些新产品研发阶段。因此,烧结完毕的覆膜砂铸型应该有很高的精度确保浇注完成后铸件的精度,来满足铸件使用功能要求^[1]。

2 圆形盖铸型反求

2.1 设计铸件实体模型和模具

铸件直径 $\Phi = 50\text{mm}$ 、高度 = 50mm、 $h = 14\text{mm}$ 、壁厚均匀 $t = 3\text{mm}$ 、八块筋板均匀分布。

在Pro/E软件的零件模式下设计圆形盖铸件的模型。在零件模式下经过旋转、倒角、复制、拉伸、拔模等特征操作后,完成铸件三维实体造型和模具模型如下图所示。

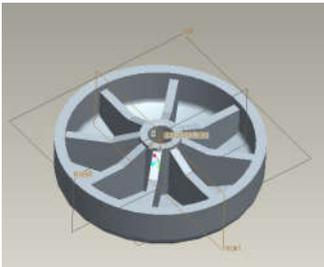


图1 铸件的实体模型



图2 模具模型图

2.2 铸型的反求

考虑到铸件尺寸不大,采用一型四件对称布置方案。

(1) 装配零件调入铸件、模具模型,进行装配。

(2) 创建分型面通过隐藏模具、复制曲面、扩展分型面到模具模块边缘、合并曲面等步骤完成分型面的建立。

(3) 建立直浇道和内浇道,单击“菜单管理器”中的“特征”选项,出现“模具模型类型”,选择“型腔组件”选项,在已经创建好分型面的模具上,分别建立直浇道和内浇道见下图。

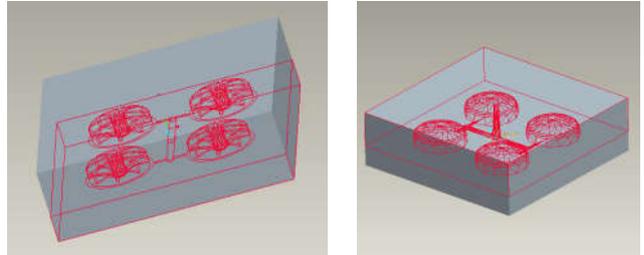


图3 浇道创建示意图

(4) 模具体积块与组件

第一步,选择分型面,分割模具,生成模具体积块。抽取模具体积块来形成模具元件。

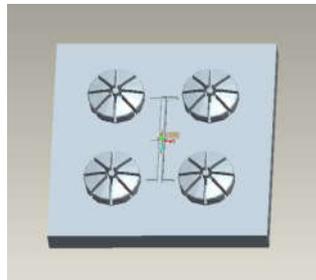


图4 下半铸型

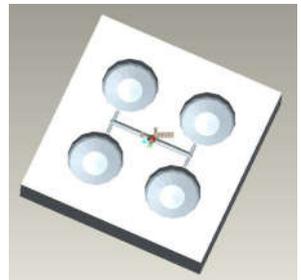


图5 上半铸型

(5) 开模操作仿真至此,通过对圆形盖铸件模型,生成了一套铸型模型,实现了铸件模型到铸型的“反求”。铸型模型见图6。

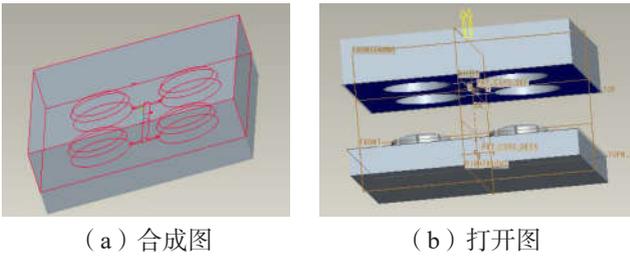


图6 铸型

3 数据的转化

SLS在烧结前，首先要对三维虚拟实体模型进行数据处理。

3.1 实验数据分析

在稳健设计中，信噪比（SNR）是最核心的分析工具，用来衡量质量的一种尺度。信噪比的概念最初是在无线电通信中提出的。实践中经常要考虑信号功率和噪声功率比值。把这个比值定义为信噪比，常用 η 表示

$$\eta = \frac{\text{信号功率}}{\text{噪声功率}} = \frac{S}{N}$$

在实验设计中采用信噪比是田口玄一于1957年提出来的，并把它与正交设计结合起来，解决了对目标值的优化问题。信噪比不是一个严格的定义式，而是某些目标值的一种特定表达式。引入信噪比以后，任何目标值都可以用它的信噪比来代替。本实验是通过工艺参数的优化，得到最小的尺寸收缩^[2]。希望结果越小越好，因此，本文用的质量特性为望小特征。望小特征信噪比 η 的计算公式：

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i^2 \right)$$

n为总的测量次数

S_i 为第i次测得的收缩率

利用公式3-4分别计算X、Y、Z三向的尺寸收缩，公式3-6计算在不同实验条件下的信噪比，整理实验数据如表1所示。

表1 各向的收缩率和信噪比

实验号	X方向		Y方向		Z方向	
	信噪比	平均收缩	信噪比	平均收缩	信噪比	平均收缩
1	2.81	0.47	3.87	0.57	-3.17	1.43
2	2.28	0.61	3.29	0.45	-3.22	1.44
3	2.22	0.68	2.26	1.32	-4.37	1.64
4	3.33	0.59	1.68	0.80	-3.87	1.55
5	4.17	0.39	2.47	0.63	-2.42	1.31
6	2.86	0.79	2.35	0.95	-4.28	1.63
7	3.65	0.44	3.45	0.86	-2.34	1.30

续表：

实验号	X方向		Y方向		Z方向	
	信噪比	平均收缩	信噪比	平均收缩	信噪比	平均收缩
8	3.03	0.98	4.52	0.73	-1.63	1.20
9	2.34	0.48	2.46	0.51	-2.73	1.36

表1X、Y、Z三向信噪比可作为优化工艺参数的重要参考。因本文用的质量特性为望小特征，希望结果越小越好，所以选取信噪比最小的工艺参数水平。

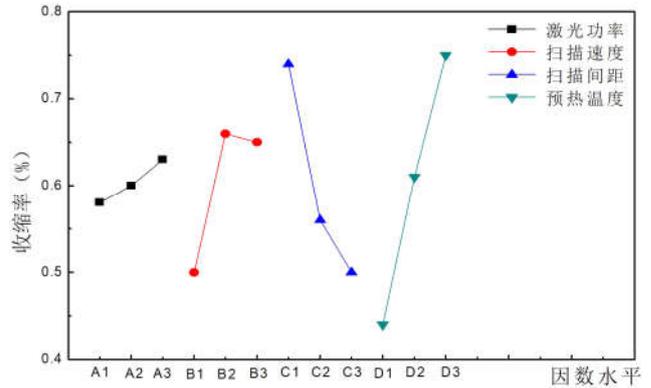


图7 工艺参数对X方向收缩影响

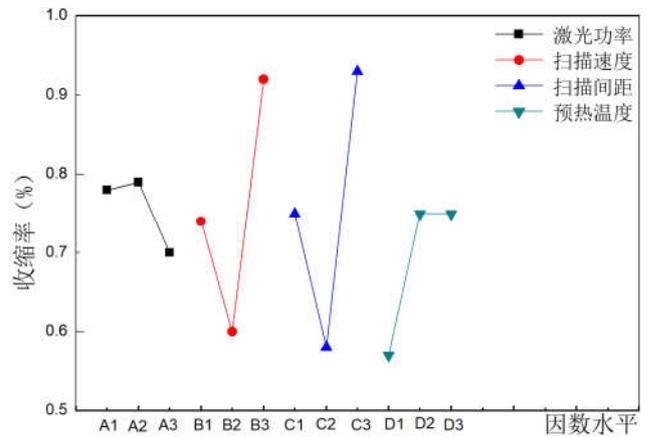


图8 工艺参数对Y方向收缩影响

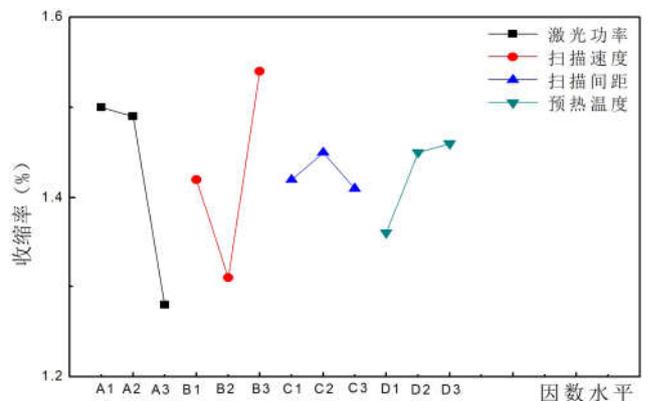


图9 工艺参数对Z方向收缩影响

从图7、图8、图9、可以看出，收缩率有明显的变

化,当能量密度增加的前提下,能量密度可以依据计算。这主要是因为能量密度的增加使得激光光斑扫描过的轨迹的深度、宽度增加。因此,烧结件的尺寸超出所设计的尺寸。从表1可以看出X、Y、Z三向尺寸的收缩,Z向为最大。这主要是因为Z向的尺寸误差是由于烧结过程中,层与层之间的叠加引起的,而X、Y向的尺寸偏差是由于激光光斑扫过粉末后,覆膜砂表面的树脂熔化,冷却凝固后,引起了在X、Y向的收缩。由于本课题设备采用的扫描方式是X、Y上交替进行,扫描线方向在平行于X坐标轴和平行于Y坐标轴两个方向上交替使用,每条扫描线的收缩应力方向一致,使得在X、Y向的收缩也有一定的差别。

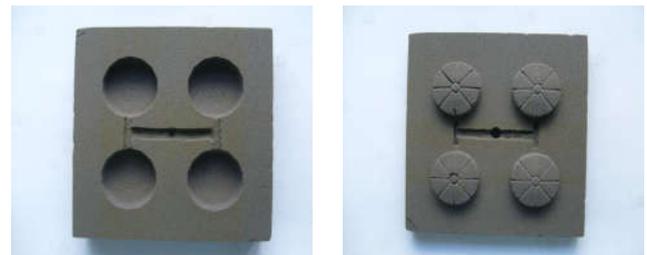
综合分析图7、图8、图9,随着预热温度的升高,粉末更加容易充分的吸收激光的能量,所以预热温度的升高,激光烧结的深度、宽度也会逐渐的增加。

增加激光功率和降低扫描速度都可以增加能量密度,高能量密度光斑可以烧结出密度较高的试样,这样就会使的被烧结熔化覆膜砂粉末和周围未被烧结粉末之间的温度差增大。在在烧结完毕,冷却凝固时,引起更大的收缩。所以从图8,图9可以看出,随着激光功率增大,扫描速度的降低,X、Y向的收缩的明显的增大。

扫描间距的不同,使激光光斑重叠的程度不同,使得两条扫描线之间的能量分布有明显的差异。这主要会造成两条扫描线之间区域烧结的程度不同,进一步导致

这个区域之间粉末各点受热不同,变形、收缩不同,主要会引起翘曲。对试样的尺寸影响不是很大。随着扫描间距的变化,尺寸变化收缩并不明显。

将处理完毕的铸型AFI数据文件,输入AFS320快速成型机,选择已经优化确定的工艺参数:激光功率35W,扫描速度1.6m/s,预热温度70°C,分层厚度0.1mm。当预热温度达到设定值时,进行激光选区烧结铸型。

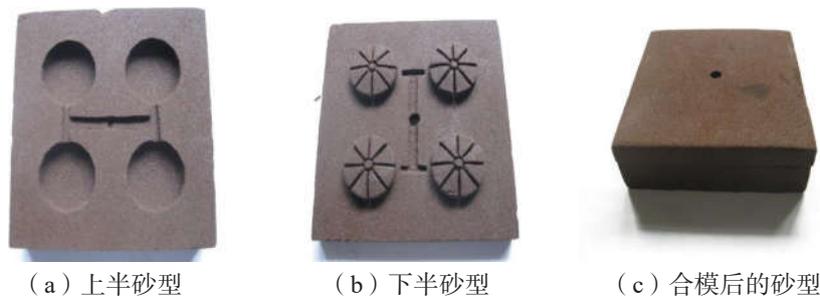


(a) 上半砂型 (b) 下半砂型

图10 经过清砂的铸型

4 覆膜砂型壳后处理

在铸型初步烧结成型过程,激光并可能将全部砂粒表面树脂膜熔化,所以必须对它进行加热固化,以增加其强度。在加热固化过程中,树脂几乎全部熔化,让覆膜砂充分紧紧地固化粘结在一起。将制件置于电热鼓风干燥箱中,后处理的工艺参数选择已经优化参数:加热温度240°C,保温时间4小时。经过加热固化的铸型如下图11所示。



(a) 上半砂型 (b) 下半砂型 (c) 合模后的砂型

图11 经过后处理的铸型

5 结论

利用Pro/E中的模具设计模块,对圆形盖铸件模型进行反求,成功地得到铸型3D模型。然后激光烧结覆膜砂,制成铸型,再对铸型进行后处理。通过分析发现铸型各方面的性能良好,可以用来进行铸件的浇注加工。

参考文献

[1]王鹏程,肖军杰,李进福.基于SLS的无模砂型制造工

艺研究[J].铸造,2008,2:57.

[2]孙玉文,刘伟军,刘建.CAD/RP系统间数据模型的转换方法与发展[J].航空精密制造技术.2001,37(2):19-22.

[3]赵剑峰,张建华,余承业等.激光烧结铸造型壳强度试验分析[J].南京航空航天大学学报.2001(2):41-45.