

基于砂型 3D 打印技术的铝合金异形联通管铸造实践

黄耀光
(百色学院材料学院)

摘要 针对铝合金异形联通管难分型,砂芯难设计制造的特点,采用砂型 3D 打印技术铸造工艺方案设计,实现快速无模制造。采用这种砂型 3D 打印技术可以实现快速无模生产,能提高尺寸精度,缩短生产周期,降低新产品开发费用,为类似零件成形提供参考依据。

关键词 砂型 3D 打印技术;铝合金异形联通管;砂芯设计

中图分类号 TG146.21;TP311

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.05.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Casting Practice of Aluminum Alloy Special-shaped Connected Tube Based on Sand Mold 3D Printing Technology

Huang Yaoguang
(School of Material, Baise University)

Abstract: In view of the characteristics of the aluminum alloy special-shaped connecting pipe is difficult to separate and the sand core is difficult to design and manufacture, the casting process design of sand mold 3D printing technology is adopted to realize the fast moldless manufacturing. The sand mold 3D printing technology can realize fast moldless production, improve dimensional accuracy, shorten production cycle, reduce the cost of new product development, and provide a reference for similar parts in the future.

Key Words: Sand Mold 3D Printing Technology, Aluminum Alloy Special-Shaped Connected Pipe, Sand Core Design

对于一些单件、小批量铸件的生产,采用传统铸造方法,需要制造多套模具,存在制造周期长、研发成本高等问题^[1]。相对于传统砂型铸造,砂型 3D 打印技术无需制作木模、模样等,具有响应速度快、周期短、灵活性强、稳定性好、砂芯一体化制造及可制造出任意复杂形状等特点^[2],特别适合单件、小批量铸件生产试制,具有广阔的应用前景^[3]。复杂管类铸件在发动机中的应用非常广泛,在传统发动机新品开发中,常采用木模完成生产试制,但是尺寸精度低、外观品质差。本课题将砂型 3D 打印技术应用于复杂管类铸件试制生产中,讨论高尺寸精度的复杂管类零件生产的可行性。

图 1 为某公司新品开发设计的铝合金异形联通管,该异形联通管是复杂管类配件,具有双通道,形状怪异,管内双通道是三维空间弯曲管类形状,呈不同角度扭曲。试制前期主要采用砂型铸造,木模加工困难,分型复杂,采用多个辅助砂芯,砂芯制作需要多种侧抽活块,铸件尺寸精度差,表面分型线多,各种因拔模斜度造成

的多肉或缺肉使铸件外观达不到要求,因此砂型铸造很难成形。为此,砂型改用 3D 打印技术成形,实现快速无模制造,成功实现新品试制生产。

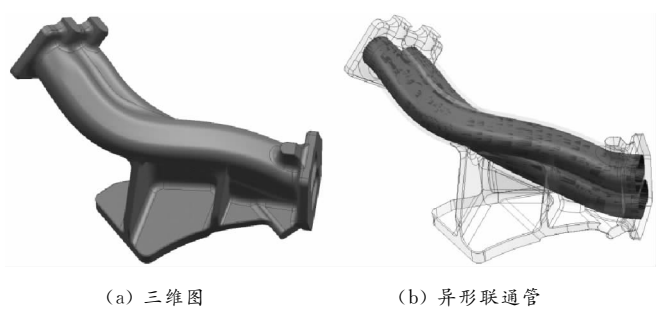


图 1 异形联通管
Fig.1 Special-shaped connected pipe

1 铸造工艺方案

异形联通管材质为 ZL104 合金,轮廓尺寸为 340 mm×330 mm×225 mm,质量约为 1.7 kg,壁厚为 4~

收稿日期:2021-02-02;修改稿收到日期:2021-02-20
基金项目:2020 年度广西职业教育教学改革研究项目(GXGZJG2020B001);百色学院 2016 年度本科专业核心课程资助项目(2016HXKC01)
作者简介:黄耀光,男,1979 年出生,高级工程师,广西百色(533000),E-mail:269942601@qq.com
引用格式:黄耀光. 基于砂型 3D 打印技术的铝合金异形联通管铸造实践[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(5):611-613.
HUANG Y G. Casting practice of aluminum alloy special-shaped connected tube based on sand mold 3D printing technology[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(5):611-613.

14 mm,未注壁厚为 5 ± 0.5 mm,铸件应无气孔、夹砂、结疤、裂纹等缺陷。该产品结构外型有多处筋条,随型管内通道空间扭曲,分型面为复杂空间曲面,需要多个辅助砂芯,铸造工艺设计困难,是一种结构复杂的管类零件。

砂型 3D 打印技术复合铸造工艺方案无需考虑砂芯制作的脱模问题,主要考虑砂型 3D 打印制作后的清砂操作以及砂芯组芯过程干涉问题。铸件采用平卧浇注,分型面采用曲面分型,见图 2。砂芯树脂砂芯组合而成,全部砂芯采用 3D 打印制作,见图 3。

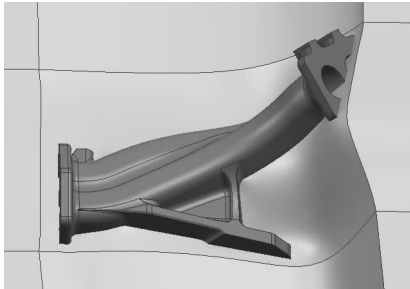
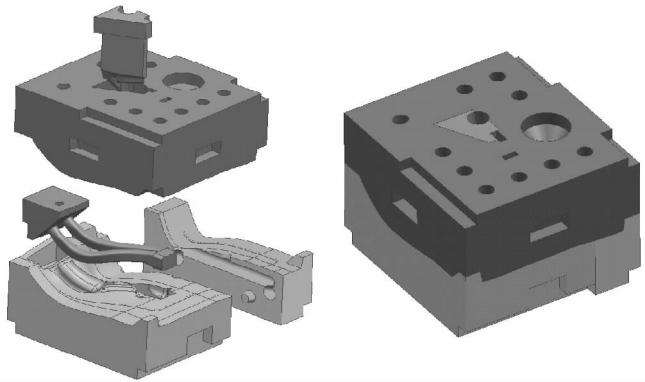


图 2 分型面方案
Fig.2 Parting line



(a) 砂芯方案 (b) 砂芯装配图

图 3 全组芯式树脂砂芯方案
Fig.3 Full-core resin core

全组芯式树脂砂芯需要 5 个砂芯,砂芯的设计上与传统有模砂芯类似,设计有抬手位、砂芯排气孔、定位芯头等。考虑到砂型装配过程中的误差,采用整体结构可以提高砂芯的尺寸精度和强度。另一方面,考虑到砂芯的清理、表面涂刷涂料、组芯等操作便利,局部设计需在必要时进行一定的分块^[4]。该方案中砂芯组配合间隙值设计为 0.3 mm,涂料层厚度预涂为 0.2 mm,砂型涂刷水基涂料。

砂芯制作时表层会有大量的浮砂,需要特别注意砂芯的清理,要保证将砂芯的内腔每个角落清理干净,不能有浮砂。同时在分型分芯设计时,也要避免出现清砂死角^[5]。为了保证内浇道及横浇道的清砂及涂料的涂敷,将下砂型分为两个砂芯,内浇道采用扁平结构,分型

面采用随型曲面分型,最大限度地减少倒扣形状,使得形状面尽可能展露出来,有利于使用气枪吹除和刷子清理浮砂,保障清理效果,同时方便砂芯的组芯。

2 生产实践

2.1 砂芯的制作

异形联通管砂芯采用国产砂型打印设备(PCM-500)制造,打印材料选用 100/140 目大林焙烧砂,夫喃树脂 PCM-BINDER 粘结剂、PCM-CATALYST 固化剂选用国产辅材,打印铺砂层厚为 0.4 mm,打印篇幅为 500 mm×500 mm×500 mm。打印完毕后,取出砂芯并用 0.6 MPa 压缩空气清除表面浮砂。采用 FAS201 水基涂料涂刷,涂层厚度控制在 0.2~0.3 mm,涂刷后将砂芯安放在平整度高的托板上,避免烘干后砂芯变形,烘干温度为 120 ℃,烘干时间为 3 h。

2.2 砂芯缺陷

异形联通管砂芯 3D 打印过程中易出现断芯问题。上型芯在烘烤后出现断裂,分型线呈直线,断面大且平整。断裂的原因主要是砂芯的强度低,砂芯强度由砂芯结构、砂芯粘接技术、制芯工艺决定。而粘接剂喷墨截面打印效果、粘结固化强度与砂芯粘接质量有直接关系。图 4 为断裂砂芯分层的喷墨截面图。可以看出,截面中有一条条空白条纹,是造成砂芯断裂的主要因素。这种空白条纹的产生是由于打印喷墨头不能及时得到有效清理,随着使用时间延长而逐渐恶化,到一定程度甚至会发生喷墨孔堵塞^[6],导致打印过程有局部位置无法喷射粘结剂而产生空白条纹。砂芯在打印过程中可以分为若干层,每层都在相同的位置出现空白条纹,如果不及时解决,层层叠加,就会累积形成空白断面。这些空白断面处的砂粒在打印初期因为没有粘结剂不能发生固化反应,随着打印时间的继续,周围的粘结剂会不断向空白断面处扩散渗透,空白断面会发生固化反应,但是因为渗透的粘结剂的量不多,粘结固化的效果

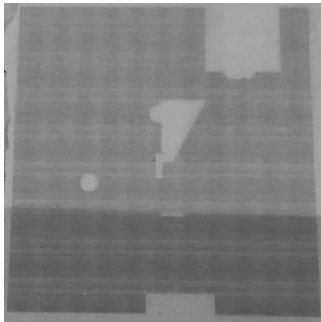


图 4 空白条纹截面
Fig.4 Blank stripe section

达不到强度的要求,所以强度很低,是整个砂芯薄弱的地方。消除空白条纹的办法是定期清洁喷墨孔,通过压墨、清洗剂清洗喷墨头等方式,使喷墨孔不堵塞,提高打印品质。

2.3 砂芯装配

定期清洁喷墨孔,确保打印品质后,重新 3D 打印固化的砂芯见图 5,经过涂刷涂料,烘干后,用于浇注的砂芯组见图 6。

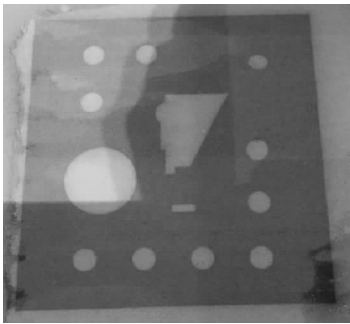


图 5 3D 打印固化的砂芯

Fig.5 Sand cores solidified by 3D printing



(a) 烘干后的砂芯

(b) 砂芯装配

图 6 砂芯组芯

Fig.6 Sand core group

2.4 铸件加工验证

浇注好的铝合金铸件进行去浇冒口、打磨、热处理后见图 7,外观洁净,表面粗糙度小,表面分型线少,铸件毛坯采用平台划线、管壁卡规测量,尺寸达到技术要求。



图 7 合格铸件

Fig.7 Qualified castings

3 结 论

(1)对于铝合金异形联接管类铸件,采用砂型 3D 打印技术,能实现快速无模制造。

(2)砂芯方案的设计及 3D 打印砂芯的品质是保证快速制造的关键。

(3)采用随型曲面分型,最大限度地减少倒扣形状产生,有利于砂芯的清理及组芯操作。

(4)通过定期清洁喷墨孔、压墨、用清洗剂清洗喷墨盒等方式,保证喷墨孔不堵塞,消除 3D 打印空白条纹能提高砂芯强度,防止砂芯断裂。

参 考 文 献

[1] 赵国强,刘庆义,倪允强,等.大型复杂铸件无模快速制造的技术研究与应用[J].机械制造,2018, 56(12):7-10.

[2] 朱佩兰,徐志峰,余欢,等.无模精密砂型快速铸造技术研究进展[J].特种铸造及有色合金,2013,33(2):136-138.

[3] 司金梅,吕三雷,李晶晶,等.基于工艺仿真和 3DP 砂型的大型薄壁电子机箱骨架制造[J].特种铸造及有色合金,2020,40(12): 1 384-1 387.

[4] 洪润洲,周永江,左强,等.基于仿真与 3D 打印砂型的复杂铝合金壳体制造[J].特种铸造及有色合金,2019, 39(11):1 192-1 194.

[5] 唐松,夏繁.气缸体 3D 打印工艺开发[J].大型铸锻件,2018(2):3-4.

[6] 王洪涛,高喜军,王伟.铸造 3D 打印砂型表面粘附问题评估与分析[J].铸造,2020, 69(2):204-208.

(编辑:栗万仲)

魏桥宏和轻量化汽车项目实现量产

魏桥轻量化基地的宏和公司正加紧生产一批发往敏实公司的新能源汽车电池端板,这些产品将被应用在大众汽车公司的新能源汽车上。作为基地第一个建成投产的轻量化汽车项目,宏和公司目前已启动了 17 个模具设计和制造项目,其中 4 个项目已经实现量产。

魏桥轻量化基地是邹平市重点打造的高端铝业生产基地,充分利用魏桥铝电一体化的资源优势和多年来形成的产学研优势,吸引科研能力强、市场占有率高的铝产品研发应用企业落户基地,围绕铝产品的轻量化加大科技研发力度,推动邹平高端铝产业发展。

(摘自压铸周刊)