DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.08.010

3D 打印技术在多级泵铸件中的应用研究

徐继坤,刘克新,郑　霏
(洛阳双瑞特种装备有限公司,河南 洛阳 471000)

摘　要:以多级泵整体砂芯为例,分别从制芯、合箱和模具存储环节分析了传统手工制芯工艺现状,介绍了喷墨 3D 打印机在多级泵砂型铸造中的应用。结果表明,与传统的手工制芯相比,3D 打印砂芯表面光洁,均匀一致,外观质量好,无明显缺陷,强度能够满足生产需求;通过 1:1 设计的砂芯比例验证了铸件流道尺寸,铸件流道表面质量明显比手工芯好,无劈缝、流痕、砂眼、结疤、缺肉等铸造缺陷。3D 砂型打印减少制造环节,节约时间和原材料,提高铸件的尺寸精度和表面质量,降低了复杂结构产品的生产难度。

关键词:3D 打印;多级泵;整体砂芯

中图分类号:TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)08-0749-04

Application Study of 3D Sand Printing Technology in Multistage Pump Casting

XU Jikun, LIU Kexin, ZHENG Fei
(Luoyang Sunrui Special Equipment Co., Ltd., Luoyang 471000, China)

Abstract: Taking the integral sand core of multistage pump as an example, the status quo of traditional manual sand molding process was analyzed from the aspects of core making, box closing and mold storage. The application of ink-jet 3D printer in multistage pump sand mold casting was introduced. The results show that compared with the traditional manual mold making, the 3D printed sand mold has smooth surface, uniform and consistent appearance, good quality, no obvious defects, and the strength can meet the production requirements. The casting runner size is verified by 1:1 sand mold ratio, and the surface quality of casting runner is obviously better than that of manual core, without casting defects such as split seam, flow mark, sand hole, scar and lack of flesh. 3D sand printing reduces the manufacturing process, saves time and raw materials, improves the dimensional accuracy and surface quality of castings, and reduces the production difficulty of complex structural products.

Key words: 3D printing technology; multistage pump; whole sand core

近年来,鉴于 3D 打印制造具有众多无法替代的优点,比如生产周期短、尺寸精度高、降低产品难度等,各种原材料的 3D 打印技术获得迅速的发展,引起各个国家和行业的普遍关注[1-3]。我国作为制造大国,国家政策非常重视 3D 打印技术的发展。砂型 3D 打印越来越广泛的应用于砂型铸造用模具的制造,其基本原理是:系统在打印工作台上铺一层预混固化剂(酚醛或者呋喃)的砂粒,打印喷头根据切片软件生成的二维数据在砂床上喷出树脂粘接剂,以此完成一个打印层面,同时工作缸下降一个层厚(砂型层厚 0.3~0.5 mm),系统不断重复直到完成所有截面的打印,最后固化的砂型从工作缸中取出,去除多余砂粒,得到最终所需的砂型[4]。

收稿日期:2020-05-09

作者简介:徐继坤(1988-),山东菏泽人,硕士,工程师.主要从事不锈钢精密铸造方面的工作.电话:13383799159,E-mail:xjkcumtcailiao@163.com

国内砂型 3D 打印技术正处于关键发展期,大规模采用 3D 打印技术制造铸件的企业越来越多,相应的设备原材料成本不断下降,其效率、环保优势愈发体现。本文以公司特征产品多级泵为例,借助宁夏共享 3D 打印机直接打印多级泵整体流道砂芯,完成 3D 打印与手工砂型对比和应用分析,在未来 3D 打印技术的快速发展过程中,适应特种泵阀新结构和新材料的快速市场反应和高品质要求。

1　产品结构简介

多级泵作为工程领域用于多级加压输送液体介质的输送设备,其功能相当于整合串联多个单级泵产生更高的扬程,因此具有产品集成度高、内部结构复杂、尺寸精度高等特点。选用的某型 8 级多级泵属于中小型铸件,铸件尺寸为 1 177 mm×714 mm×315 mm,铸件重 590 kg,铸件主要壁厚 16 mm,最薄处 6 mm,流道处最窄 22 mm,铸件结构如图 1。铸件

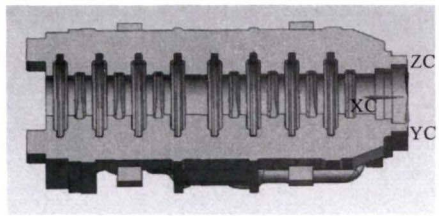


图 1 铸件三维模型
Fig.1 3D model of casting

内流道为过流面，要求无冷隔、劈缝、凸起、夹砂等缺陷，由于铸件流道窄且弯曲，一般的打磨工具很难处理，因此砂型铸造在不开天窗情况下，一次检验合格难度很大。

2 与砂型 3D 打印相比传统手工砂型工艺现状

2.1 制芯环节

传统手工制芯使用的砂粒较粗，制芯过程捣砂借助人力，某些流道区域存在捣不实情况，砂芯的致密度会受影响，强度不均匀，外观质量较差，虽然后期修补但可能成为粘砂、裂纹劈缝的源头。

2.2 合箱环节

多级泵砂芯合箱过程中将十几个砂芯组合成一个整体芯，然后固定、翻转合箱，难度极大。组合数量越多，芯子间隙越多，尺寸固定和翻转的难度越大，随之出现合箱质量问题的风险加大。

常见的合箱质量问题是砂芯破损，砂芯跑偏，组合间隙修补不到位等，这都会造成铸件外观和尺寸方面的质量问题。

2.3 芯盒储存环节

由于传统手工制芯的局限性，复杂多流道铸件的芯盒设计需要将流道和外皮拆分很多的部分，然后在合箱过程中组装浇注。一套八级的多级泵流道芯，手工造型最少需要设计 5 种芯盒，9 个砂芯组装而成。而且多级泵多种类少批量生产模式，芯盒模具大量制作堆积，使用完后重复利用低，占据大量资源。

3 3D 打印试制多级泵整体砂芯的应用分析

借助 3D 打印机直接打印多级泵整体流道砂芯，完成 3D 打印多级泵整体型芯试用性研究，从外观、尺寸、铸件质量方面评价传统砂铸和 3D 打印砂模的优劣。

3.1 砂芯致密性检测

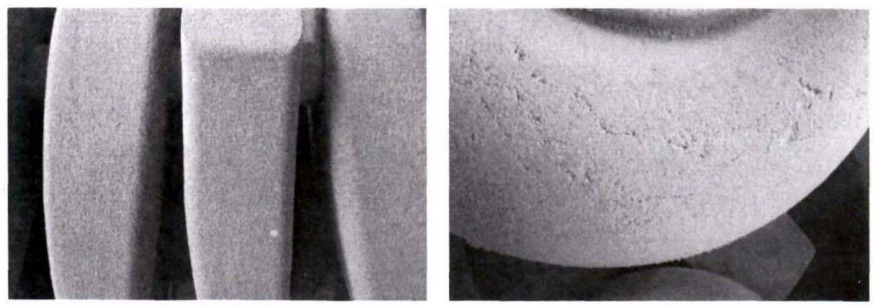
颗粒的大小与成型制件的表面质量有着直接的关系[5]。手工砂和 3D 打印的颗粒尺寸存在差别，手工砂颗粒较粗，目数在 40~70 目，而 3D 打印砂的目数在 70~140 目。另外 3D 打印的方式是铺一层砂，铺一层粘结剂，层层规律打印。图 2(a)和(b)分别为 3D 打印砂型宏观形貌和手工砂型宏观形貌，通过对比 3D 砂芯致密度均匀一致，表面光洁，外观质量基本无缺陷。

3.2 砂芯强度检测

为了防止浇注过程受到浮力，或者便于翻转组芯，合箱过程中需要将一些砂芯进行固定，这就需要砂芯具有一定的强度。在树脂和固化剂比例相近的情况下，3D 打印砂芯的强度相对较高。但是手工砂芯可以在砂芯内部埋入钢制芯骨人为增加砂芯的强度，而 3D 打印技术是一层层的铺砂然后叠加成型，无法放置芯骨，砂芯(型)的强度也需要研究是否满足生产。

为了方便转运和吊装，打印多级泵整体砂芯过程中我们采取了两种方法增加砂芯的强度：一是在流道之间设置砂制加强筋，合箱完成后切割去除；二是在整体流道轴孔位置处预留圆孔，合箱过程中塞入同直径的钢管，利用钢管的强度将砂芯固定。3D 打印的整体流道砂芯如图 3。

经过现场操作证明，3D 砂芯翻转合箱，去除加强筋后，只有出口芯断裂，这是因为出口芯为单端单点固定，且固定端比较细小，其他两点固定砂芯强度可以满足生产需求。



(a)3D打印砂型　(b)手工砂型

图 2 3-D 打印的和手工制作的砂芯
Fig.2 3-D printed and hand-made sand core



图 3 3D 打印的整体流道砂芯

Fig.3 The 3D printed one-piece flow channel sand core

3.3 砂芯收缩率检测

合金从液态向固态转变过程中各个方向的线尺寸都会减少，收缩率与铸造合金的种类、铸件结构、浇冒口系统结构、铸型种类（含砂型和砂芯的退让性）等因素有关，具体表现为自由收缩和受阻收缩，需要放置适当的内缩和外缩。对于多级泵而言，影响多级泵尺寸和外形的主要参数有流道截面中心之间缩尺、流道宽度缩尺以及流道截面长度缩尺。

根据经验设置合适的缩尺，铸造浇注完成后清理打磨干净，对主要的参数进行测量，结论证明包括中心线缩尺、流道宽度、流道截面长度缩尺基本和工艺一致，上下偏差能控制在±0.15%。

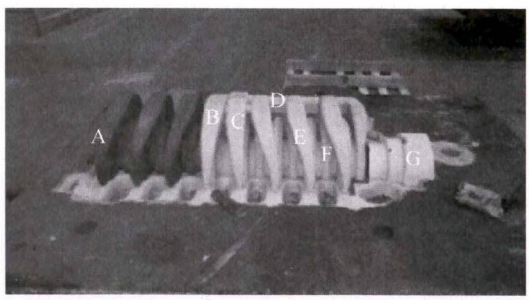
3.4 铸件目视检测

材料为常规的 CA6NM，浇注温度 1 580±10 ℃，所有浇注条件与常规工艺条件相同，无需特殊的工艺处理。3D 打印砂用的改良的呋喃树脂，砂型的溃散性能虽比不上酚醛树脂，但铸件清理比较容易。

图 4 为清理喷砂后铸件内外的表面目视形貌。A 处为 3D 打印砂芯未喷涂涂料，可见砂型烧损严重，表面质量很差，见图(a)；B 处为砂型加强筋放置的流道区域，加强筋去除后经后期弥补，仍有产生粘砂可能，见图(b)；C 处为手工打制的流道芯，有粘砂结疤的情况，见图(c)；D、E、F 处是 3D 打印浸涂后的砂芯，可见表面质量较好，无明显缺陷，见图(d)、(e)、(f)；G 为手工打制的半轴孔芯，半圆表面有劈缝、留痕、缺肉等铸造缺陷。由上可见，3D 打印砂芯制作的铸件内流道，表观质量好，基本不需要打磨焊补，喷砂后即可满足客户要求。

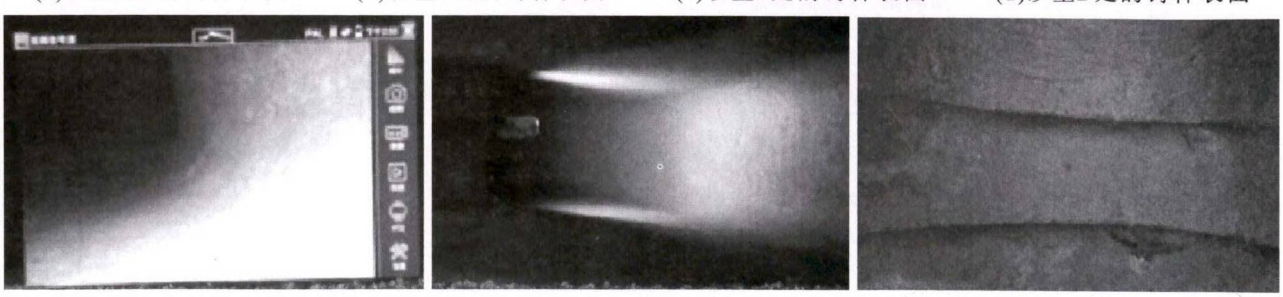
4 结论

(1)3D 打印的砂芯致密度好，表面光洁，均匀一





(a)砂型A处的铸件表面　(b)砂型B处的铸件表面　(c)砂型C处的铸件表面　(d)砂型D处的铸件表面



(e)砂型E处的铸件表面　(f)砂型F处的铸件表面　(g)砂型G处的铸件表面

图 4 多级泵铸件不同区域表观目视照片

Fig.4 Surface morphology of multistage pump castings in different areas

致,外观质量无可见明显缺陷。整体打印的砂芯强度通过辅助工装设计可以满足吊运、翻转的操作,但是去除工装后,只靠一端单点固定的出口砂芯不能承受自身重量,出口砂芯后续可以考虑单独手工制作。

(2)通过1:1设计的砂芯比例验证铸件流道芯的收缩率,主要的尺寸收缩率基本与工艺设计一致。3D打印砂芯的铸件流道明显比手工芯铸件表面光洁度高,无劈缝、流痕、砂眼、结疤、缺肉等缺陷。

参考文献:

[1] 张小艳. 砂型3D打印技术的发展前景分析 [J]. 铸造,2012,61(12):1388-1392.

[2] 张希平. 3D打印技术及我国的发展现状 [J]. 信息技术与标准化,2015(6):17-21.

[3] 王华明. 高性能大型金属构件激光增材制造:若干材料基础问题[J]. 航空学报,2014,35(10):2690-2698.

[4] 杨永泉.喷墨砂型三维打印技术在发动机缸体试制上的应用[C]//2014中国铸造活动周论文集. 河南:中国机械工程学会铸造协会,2014:97-102.

[5] 田乐. 复杂铸造砂芯3D打印关键工艺参数及材料的应用研究[C]//2014中国铸造活动周论文集. 湖南: 中国机械工程学会铸造协会,2015:268-274.

招贤纳士

襄阳聚力新材料科技有限公司

一、招聘销售工程师

任职要求:

1. 本科及以上学历,铸造、耐火材料、冶金、有色金属专业,熟悉二维、三维绘图软件者优先考虑。
2. 2年以上铸造行业耐火材料销售或铸造涂料销售经验者。
3. 2年以上铸造行业用中频炉或压铸行业工业炉销售经验者。
4. 2年以上铸造行业铁合金生产或销售经验者。
5. 2年以上耐火材料技术研发或产品应用经验者。
6. 2年以上铸造涂料技术研发或产品应用经验者。
7. 2年以上有在铸造厂工作经验,对中频炉熔炼或造型工艺熟悉者。
8. 在压铸厂或铝厂工作2年以上,对有色金属铜铝熔炼工艺流程熟悉者。

二、招聘销售经理

任职要求:

1. 大专及以上学历,铸造、耐火材料、冶金、有色金属专业,熟练掌握办公软件,懂产品市场宣传,营销策划者优先考虑。
2. 5年以上铸造行业耐火材料销售、铸造涂料或类似工业品销售经验者。
3. 5年以上铸造行业用中频炉或压铸行业工业炉销售经验者。
4. 性格外向,诚信可靠,乐观向上,抗压力强。
5. 逻辑思维清晰,做事干净利落,工作效率高。
6. 善于多部门或多层次沟通协调。

三、销售助理

任职要求:

1. 男性,30岁以下,本科学历,身体健康,适合经常出差。
2. 性格外向,诚信可靠,乐观向上,抗压力强。
3. 逻辑思维清晰,做事干净利落,工作效率高。
4. 善于多部门或多层次沟通协调。

有意向者请将简历发送至邮箱 wuhaiyan@xyjllc.com