

飞机类铸件质量提升及新技术应用

刘军锋 惠云龙

中航西安飞机工业集团股份有限公司西飞民机 陕西 西安 710089

摘 要：随着铸件在飞机制造领域的广泛应用以及客户日益提高的铸件质量需求，我国对铸造技术的研究不断增强，吸收行业内的先进技术，以期达到进一步促进飞机类铸件质量有效提高的目的。针对于此，本文主要结合国内铸造技术的现行发展情况，针对砂型铸件在飞机制造领域应用所浮现出的相关质量问题，进一步指出提高砂型铸件质量或替代砂型铸造工艺的技术措施，仅供参考。

关键词：砂型铸造；树脂砂3D打印；工艺方法；消失模铸造

随着我国飞机制造业规模的不断扩大，对生产制造周期的压缩及零件一次加工合格率也提出了更高的要求，一个个精品工程的出现离不开每一个零部件的高质量生产配套。随着铸造业的制造技术不断革新，根据实践效果来看，可以通过利用新兴的技术替代传统工艺制造方法，使得飞机类铸件质量得到进一步提高，随之生产效率也得到进一步的提升。为进一步促进现有飞机类铸件质量的有效提升，还需要相关人员结合现有的技术力量，过程控制严格把关，做好飞机类铸件质量的技术管理工作。

1 飞机类铸件制造技术现状

公司内部现有铸件自主生产的工艺方法为砂型铸造、熔模铸造。

砂型铸造是指在砂型中生产铸件的方法。型砂、芯砂通常是由硅砂、黏土或粘结材料和水按一定比例混制而成。型砂、芯砂要具有“一强三性”，即一定的强度、透气性、耐火性和退让性。公司内部砂型铸件用的主要为砂型铸造中的分模造型，分模造型的方法特点是：操作人员纯手工操作，模样在最大截面处分成两半，两半合拢时用定位销定位，两半模样分开的平面常常就是造型时的分型面。造型时，两半模样分别在上、下两个砂箱中进行。这种造型方法适用于最大截面在中间的形状较复杂的铸件，这种制造方法对操作者技能水平要求高，铸件分型面处易产生毛刺，铸件外观及精度较差。

熔模铸造又称精密铸造、失蜡铸造，它的工作原理就是将石蜡直接制造成熔模，然后还需要对熔模进行反复的沾染一些耐火材料和撒上很多的耐火砂的操作，然后将这些模壳进行干燥处理，下一步骤使用高温蒸汽融化掉模壳中的熔模，这样就获得了可以进行浇注的模壳型腔，模壳焙烧后浇注金属材料至型腔内，冷却后进行脱壳处理和清砂之后，就得到了精度非常高的精密铸造

成品了。它的产品精密复杂、接近于零件最后形状，可不加工或很少加工就直接使用，是一种近净形成的制造工艺。相对于传统砂型铸造工艺，精密铸造获的铸件尺寸更加精准，表面光洁度更好。

2 铸件加工过程中显现的质量问题

2.1 XXX-150铸件局部结构砂铸表面粗糙。

砂型铸件因其工艺的特殊性，内外形主要有砂型成形，在金属液浇注过程中冷却后，铸件表面不可避免的会呈现出砂粒状的毛面，分型面及局部的披缝也需要打磨清理（见图1），在客户对质量要求日益提高的今天，铸件的表面质量控制显得尤为重要。以日常生产为例，机加单位在对铸件加工完成后装配时发现（左驾驶柱组件的主体零件为XXX-150，右驾驶柱组件的主体零件为XXX-160），这两项零件交付时表面状态存在差异性。经查阅图纸，该表面为铸件形成表面，依据铸件制造过程，分析造成两项铸件相似部位表面质量存在差异性的原因，主要是由于在砂型铸造过程中该部位为上、下型分模面，合箱后由于存在合模间隙铸件成型后存在金属毛边需打磨去除，XXX-160铸件经风动铣刀打磨后又对刀痕进行了抛光圆滑处理，而XXX-150铸件经风动铣刀打磨后未对刀痕进行抛光圆滑处理，故造成了两项铸件相似部位表面质量存在差异性问题出现，还在其他部位发现铸件砂粒状表面粗糙，需要打磨抛光处理，满足客户需求。

2.2 XXX-140铸件局部结构不符合图纸，存在表面粗糙、打磨刀痕未抛光过度。

机加单位在零组件装配时发现，XXX-140零件存在局部结构与图纸不符且表面质量粗糙等问题，依据现场产品状态进行分析，在砂型铸造过程中该部位在下箱成形与成形局部圆弧的型芯连接，造型及下芯过程中该部位圆弧过渡结构型砂破损未及时修补造成该部位浇注后产生铸件多肉缺陷，型芯成形部位因铸件打磨吹砂后不

易发现局部粗糙面导致抛光作业有遗漏，局部表面不平整呈砂粒状。成型冷铁根部与圆弧结构相接，浇注后冷铁与铸件接触面粗糙需打磨抛光，后处理人员作业时圆角根部打磨后未圆滑过渡导致局部圆弧过渡面存在下陷。（见图2）

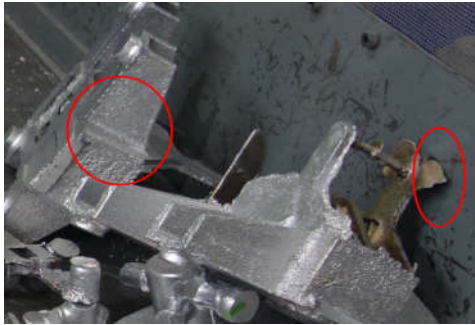


图1 铸件粗糙表面及披缝



图2 铸件缺陷部位

2.3 加工后尺寸问题

因铸造过程中操作者使用带故障的模具及工装生产、铸造工人技能高低对铸型制造过程的影响、型芯与铸型配合存在偏差、合箱造成的错型（见图3）等都会造成铸件的结构尺寸存在偏差，如未经发现造成故障逃逸后最终造成机加客户加工过程中因尺寸问题零件报废，



图4 裂纹-缩松-气孔-夹渣缺陷示例

不同类型的铸件可能会有特定的外观检查标准，例如精铸件、砂型铸件、压铸件等。在进行铸件外观检查时，通常需要使用适当的检测工具和方法，如目视检查、量具测量、探伤检测等。同时，检察人员应具备一定的专业知识和经验，以确保检查结果的准确性和可靠性。

4 铸造新技术应用情况

4.1 树脂砂3D打印

严重影响生产进度。



图3 错位缺陷

3 铸件外观检查标准

通常包括以下方面：

3.1 表面缺陷

铸件表面应无裂纹、缩孔、缩松、气孔、砂眼、夹渣等缺陷（见图4）。

3.2 多肉和凹陷

铸件表面应平整，无多肉或凹陷现象。

3.3 飞边和毛刺

铸件的边缘和分型面处应无明显的飞边和毛刺。

3.4 表面粗糙度

铸件表面的粗糙度应符合相关标准或技术要求。

3.5 尺寸精度

铸件的尺寸应符合设计要求，包括长度、宽度、高度、直径等。

3.6 形状精度

铸件的形状应符合设计要求，无明显的变形或扭曲。

3.7 表面清洁度

铸件表面应无油污、锈蚀、灰尘等杂质。

4.1.1 数字化3D无模具造型和制芯技术是本世纪初发展起来的新型应用技术，也称为快速打印成型技术，是利用喷墨打印机原理、CAX技术、自动控制技术、新材料技术，直接借助数据模型，无需模具完成直接造型，快速制造铸造用砂型和砂芯的一门多学科综合技术。

3D打印树脂砂技术集中了计算机辅助设计和制造技术，其技术原理是：利用计算机技术，按照传统砂型铸

造工艺的模型需求将设计人员提供的三维图形转化成三维铸件模型，采用3D打印技术快速完成铸造铸型、砂芯的制作，实现铸件的生产，整个过程实现无图化生产、无模具制造。打印出的砂型尺寸精度高，操作人员

只需对砂型进行捞件后清砂即可装配后使用，装配砂型时尺寸偏差小，且浇注后铸件表面质量一致性好，能够满足客户需求。（图5）



图5 打印方案数模-打印成品树脂砂型-树脂砂型组合-浇注成形铸件

4.1.2 为了验证树脂砂3D打印技术成形后的铸件其尺寸是否满足图纸要求，在对铸件进行定位标点粘贴后使用手持激光扫描仪进行实体数据扫描，并应用Geomagic Control软件对扫描后成型的实体数据进行处理后与理论数模进行尺寸对比，经过软件的数据模拟分析可以看出铸件尺寸满足图纸要求，详细扫描比对数据见图6。

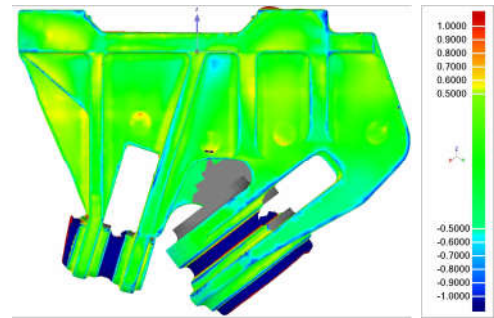


图6 零件扫描后与数模尺寸对比简图

4.1.3 树脂砂3D打印技术与传统砂型铸造方法对比及分析

4.2 消失模铸造

消失模铸造是将与铸件尺寸形状相似的石蜡或泡沫模型粘结组合成模型簇，刷涂耐火涂料并烘干后，埋在干石英砂中振动造型，在负压下浇注，使模型气化，液体金属占据模型位置，凝固冷却后形成铸件的新型铸造方法。此方法是一种近无余量、精确成形的新工艺，该工艺无需取模，无分型面、无砂芯、因而铸件没有飞边、毛刺和拔模斜度，减少了由型芯组合而造成的尺寸误差。铸件表面光洁度高。加工余量少，可大大减少机械加工的费用，和砂型铸造相比，可以减少40%至50%的机械加工时间。铸件产品质量能够满足客户的质量和进度需求，此种工艺方法在国内铸造厂应用广泛，同类型企业发展十分迅速。

表1 实测零件局部尺寸对比

图纸要求尺寸(mm)	Ø70	10	Ø30	33	105
传统砂型铸件实测尺寸(mm)	Ø72.2	10.5	Ø31	33.5	106
树脂砂3D打印铸件实测尺寸(mm)	Ø70.3	10.1	Ø30.1	33	105.2

表2 各项指标综合对比

制造方法	模具状态	铸件状态 (见图7)	铸件重量 (kg)	试棒抗拉强度 (Mpa)
传统砂型铸件	受存放环境影响，开工时需返修，影响尺寸精度。	局部尺寸肥大	3.74kg	325~340
树脂砂3D打印铸件	打印尺寸稳定，镶块及合模时配合间隙小。	尺寸均匀	3.52kg	276~306



图7 两种方法所生产零件尺寸精度对比简图

5 结束语

采用树脂砂3D打印和消失模铸造技术应用于铸件的生产，其替代了传统的砂型铸造方法，无需造型和制芯及砂处理设备、无需模具制造、100%的数字化控制，实现了短流程、节能和环保、经济性强。其铸件模型结构设计灵活，工艺方案布置不受模具结构的影响，试制后工艺方案迭代更新快可有效的对铸件

裂纹、缩孔、缩松、气孔、夹渣等缺陷进行有效的预防，铸型制造周期相比传统的木模制造由几个月缩短至几天，大大的提高了铸件的研发效率。成型后的铸件尺寸精度高，无拔模角度，铸件减重显著，减轻了客户在后续加工的负担。目前，随着各行业的快速发展，铸件需求呈现“品种多样化、结构复杂化、更新换代快”等特点，对铸造厂生产的快速、优质能力提出了更高的要求，3D打印树脂砂、消失模铸造工艺技术的应用为企业提升竞争力，生产出优质的飞机类铸件提供了一条全新的途径。

参考文献

- [1]王雪莹.D打印技术与产业的发展及前景分析[J].中国高新技术企业,2012,(09)
- [2]黄群.砂型铸造模具设计及制造[J].中国设备工程.2017-01-25
- [3]吕三雷;孔软芹;许广涛;张锦志;薛孟照.基于快速成形技术的树脂砂型快速铸造[J].特种铸造及有色合金.2014-05-20
- [4]杨卯生.宝音.马进元.等.消失模铸造生产系统的设计及其应用[J]铸造设备研究,2001(4):1-5.