

激光快速成形与传统精铸技术的组合应用

Integrated Application of Laser Rapid Prototyping and Traditional Investment Casting Technology

沈阳中航动力精密铸造科技有限公司技术科 孙长波 尚伟 周君华 邹建波



孙长波

高级工程师,主要从事精密铸造及铸造凝固模拟仿真技术研究。

快速自动成形(Rapid Prototyping)技术是近年来发展起来的直接根据CAD模型快速生产样件或零件的成组技术总称^[1]。该技术解决了计算机辅助设计(CAD)中三维造型的“看得见,摸不着”的问题,能将屏幕上的几何图形快速自动实体化。它集成了CAD技术、数控技术、激光技术和材料技术等现代化科技成果,是先进制造技术的重要组成部分。快速自动成形本质是用积分法

快速自动成形技术与铸造车间现有的精密铸造工艺相结合,使铸造车间有能力快速生产各类大尺寸、结构复杂熔模精密铸件所用蜡模,减少大量外协费用,同时对于单件、小批量熔模精密铸件的生产可以不用模具,从而节省大量模具加工费用,缩短生产周期约60%,使新产品研制和开发获得了大量宝贵时间,降低了生产成本,而且也使铸造车间精密铸造水平有所提高,为确保后续型号产品中精密铸件生产任务的顺利完成打下了良好的基础。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.10.048

制造三维实体,将计算机中储存的任意三维模型信息传递给成形机,通过材料逐层添加法直接制造出来,而不需要特殊的模具、工具或人工干涉。

国内外动态和发展趋向

美国在发展快速自动成形技术方面一直处于领先地位。一些著名的高校,如麻省理工学院、得克萨斯大学和一批研究机构从政府和工业界取得了大笔开发、研究经费,用于该项技术的进一步研究^[1]。各大公司纷纷购入成形机,以满足争分夺秒的市场需求。日本、德国、英国等都

在研究新的成形技术,开发新产品。现已有2500多套快速成形机分布在世界各地的不同领域。

自从快速自动成形问世后,国外就很重视其与传统精密铸造技术相结合,继而产生了快速铸造^[2]。快速成形技术在熔模精密铸造中的应用可以分为3种:一是消失成形件(模)过程,用于小量件生产;二是直接型壳法,也用于小量件生产;三是快速蜡模模具制造,用于大批量生产。这3种方法与传统精密铸造相比,解决了传统方法的蜡模制造瓶颈问题,其流程如图1所示。

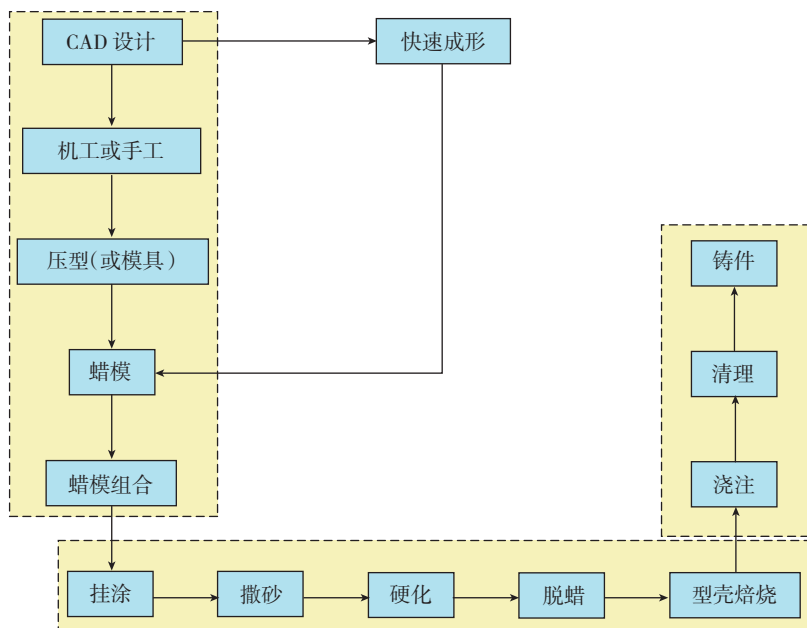


图1 快速铸造流程示意图

国内目前主要有北京隆源、华北工学院、华中科技大学等在进行快速成形设备生产与工艺研究。使用快速自动成形技术生产精铸用蜡模的厂家主要有北京航空材料研究院、中航工业北京钢铁研究总院、沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司、西安航空发动机(集团)有限公司等,取得了良好的经济效益。目前,该项技术已经应用于航空、航天、机械、化工、医药等领域。

本公司选用的是北京隆源快速成形公司生产的 AFS-320MZ/Q 设备(图2)^[3]。该设备采用固态粉末材料逐层选区激光烧结技术,目前主要是与公司现有的精密铸造工艺相结合,生产用于熔模铸造的蜡模。

蜡模的激光快速成形

本公司在引进快速成形技术前,采用图1所示的传统精铸工艺生产(虚线框内)。对于新产品的研制,生产周期相当长,其中压型的设计及生产又占据了较长的时间。图3所示的支架类零件形状并不复杂,如果采用设计压型进行生产,其模具的设计、生产周期约需2~3个月,从模具投入生产到得到铸件还需半个月的时间。

而快速成形设备恰好具备这方面的优势,利用其特点,3天内可以得到零件蜡模样件,再花半个月即可得到铸件。

使用激光快速成形设备制作蜡模,最关键是要控制蜡模尺寸和变形,同时尽可能提高蜡模表面质量。

1 蜡模尺寸控制

本公司使用 Ungraphics NX3.0 进行三维造型,并将其转换成 STL 文件格式;再使用 Magics RP 软件导入

该 STL 文件,合理放置后进行切片处理,导出 CLI 格式文件;然后使用隆源公司的 ARPS 软件将其转换为设备使用的 AFI 文件;最后导入快速成形设备进行生产。

要控制蜡模尺寸,先需根据合金收缩率、模壳膨胀系数、工艺方案给出蜡模 X、Y、Z 方向上的线收缩率。该收缩率确定后,可以在 Magics RP 软件对零件处理时首先进行放缩,这样即可得到理想尺寸的蜡模,继而获得铸件。通过对铸件尺寸的测定,反过来可再次对蜡模尺寸进行协调,最终获得合格的蜡模和铸件。如某型号铸件,按最初的工艺方案生产,设定其综合收缩率为 2%,经过对铸件的实测,其综合收缩率变为 1.7%,只需在 Magics RP 软件下,对模型的放缩进行调整即可校正蜡模尺寸。如果采用压型生产,该收缩率的调整将可能导致压型报废,除造成成本大幅度提高,其生产周期至少耽误半年以上。

对于铸件生产过程中存在阻碍收缩等非自由收缩情况,导致铸件非线性收缩严重,继而影响到铸件尺寸精度时,可以在使用 Ungraphics NX2.0 进行三维造型时考虑,直接根



图2 北京隆源快速成形机

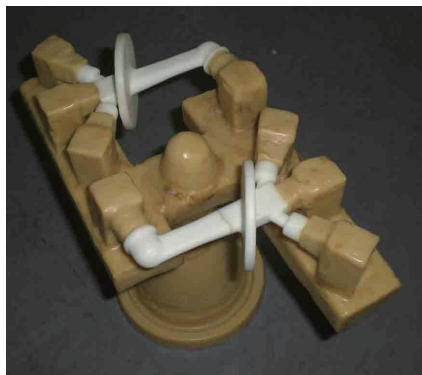


图3 典型结构件

据其收缩关系绘出实际使用的蜡模尺寸,最终获得合格的铸件。

2 蜡模变形控制

如何有效地控制蜡模的变形,需要先了解激光选区的烧结原理。北京隆源选区激光烧结成形系统的主体结构是:在一封闭成形室中装有两个活塞筒,一个用于供粉,另一个用于成形。加工开始时,供粉活塞上移一定量,铺粉滚筒将粉均匀地铺在加工平面上,激光束在计算机的控制下,透过激光窗口以一定的速度和能量密度扫描,激光束扫过之处,粉末烧结成一定厚度的片层,未扫过的地方仍然是松散的粉末,这样零件的第一层就制造出来了。这时,成形活塞下移一定距离,这个距离与设计零件的切片厚度一致,而供粉活塞上移一定量。铺粉滚筒再次将粉末铺平后,激光束开始依照设计零件第二层的信息扫描。激光扫过之后,所形成的第二个片层同时也烧结在第一层上。如此反复,一个三维实体就制造出来了(图4)。



图4 激光快速成形件

选区激光烧结成形与其他许多快速成形方法不同,不需要先搭支架。在激光烧结前未烧结的松散粉末作了自然支架。这对含悬臂结构(Overhangs)、中空结构(Hollowed areas)、槽中套槽(Notches with notches)结构的零件制造很有效。对这些松散的粉末进行加热处理可以使之粘结,加热温度越高其板结程度越高,对零件的支撑作用就越显著,可以更好地防止零件(蜡模)变形;但加热温度越高,未烧结粉末越板结,蜡模清理就越困难;因此,需要采取多种措施来防止蜡模的变形。

以下是几个典型零件的示例。

(1) 支座。

支座类零件(图5)壁厚差别大,按0.2mm一层切片,激光22.5W。烧结制造的蜡模薄壁和厚壁交接处沿圆周方向有一圈缩陷,沿零件轴线方向约10mm,中间缩陷最深处约1.2mm。其产生原因是该处壁厚差别大,有热节,粉末烧结收缩不匀。因此,对蜡模的三维原型进行了镂空处理,同时在悬空凸台部位加上一些支撑薄片,防止变形,处理后零件如图6所示。

可以看出镂空后的三维原型壁

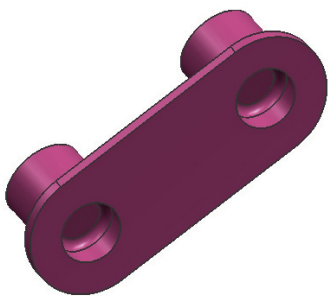


图5 支座类零件

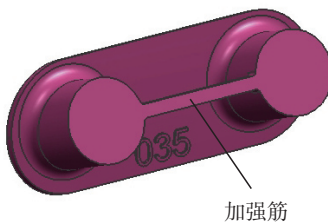


图6 增加加强筋后的支座

厚4mm,均匀。然后使用原烧结参数对该模型进行切片、激光选区烧结,获得的蜡模无缩陷,强度能满足后续工作要求。并且该镂空及壁厚均匀化处理极大地缩小了蜡模的截面积,使激光选区烧结的时间从原来的8.5h减少到现在的4.5h,缩短了约一半的激光烧结时间;同时,由于蜡模内部PSB粉末未曾烧结,钻孔倒出后可节约大量粉料,而且蜡模镂空后还能缩短浸蜡时间。综上所述,该零件蜡模镂空处理后可极大地降低原材料成本、生产成本,同时由于蜡模重量的减轻可降低后续工作的劳动强度。

(2) 盒子。

盒子类零件(图7)最小壁厚2mm,最大轮廓尺寸大于400mm。考虑到薄壁大平面易变形问题,采用了加筋工艺,同时零件尺寸超出了设备成形缸的尺寸,只有采取分块烧结最后组合的工艺方案。为了最大可能地保证蜡模尺寸精度,采用以下方案。

如图7所示,将该零件分成两部分,保证其主要结构尺寸,切除后零件尺寸满足设备生产要求,然后对两部分进行组合。设定切层厚度0.15mm,激光功率25W,粉末表面加热温度95℃。从激光烧结的角度来说,选区烧结激光束按X、Y方向交替扫描,旋转45℃后同样能量的激光通过扫描器后烧结的长度变短,作用于单位面积上能量提高,有利于提高烧结原型强度。

(3) 多通零件。

多通零件(图8)法兰角度要求很高,通过加筋不能防止变形,最后采用反变形法,将两法兰的角度人为增加,蜡模加工完后,测量角度刚好在公差范围内,同时在悬空的法兰和弯管处增加支撑薄片,防止变形。此外如果是大型件,快速成形机将不能对铸件进行整体烧结,需把铸件分为多个块,单独烧结,将各分体蜡模按

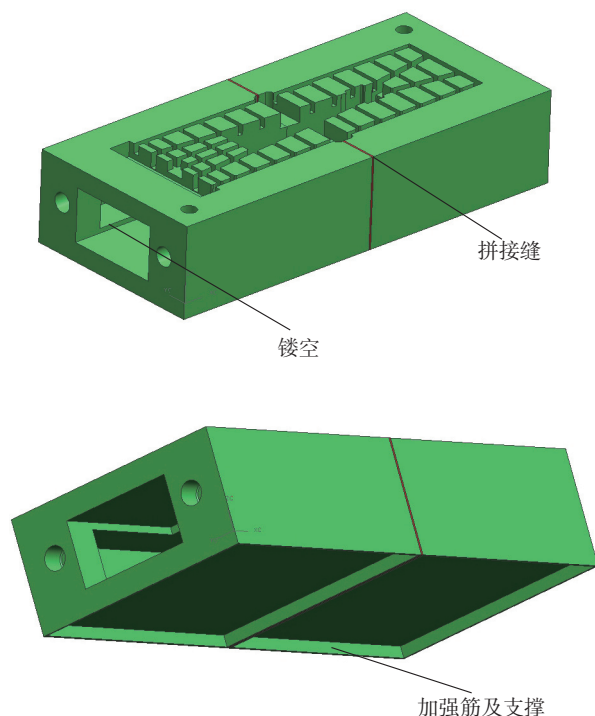


图7 盒子类零件

整体蜡模相应结构进行拼接,中间黏结物使用粘结蜡。

图8中沿径向黄色部分,并在相邻接触缝隙间垂直于接缝方向每隔20~30mm的距离用小刀开出小槽填充上粘结蜡以加强两块分体蜡模间的黏结强度。将各个分体蜡模依次按照理论模型拼接完成后对各条接缝进行处理,保证表面光洁平整。整体黏结修整完毕后使用薄片状绳索将蜡模外环上下安装边各缠绕3~5圈并勒紧蜡模底部,然后用相应厚度小蜡块黏结在悬空的安装边上以避免蜡模因悬空放置而产生变形影响

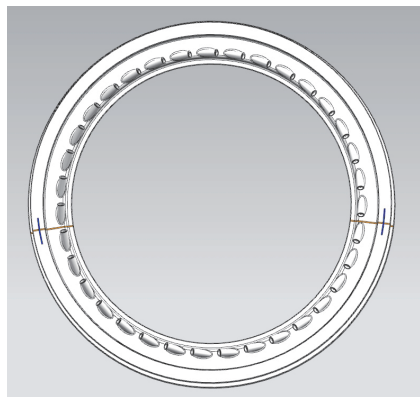


图8 多通类零件

最终尺寸,缠绕绳索在整体蜡件组合完毕后去除。

以上是几种典型的变形现象,加以归纳总结,可以运用于其他零件,减少失误,增大模型烧结的一次成功率。

3 蜡模表面质量控制

快速成形机制出蜡模原型后,首先要把附在原型上未烧结的粉末清理干净,然后浸润,把蜡模原型放入65℃~70℃的蜡液中浸润,待无气泡溢出后,再把蜡模取出静置,使多余的蜡析出。待蜡模冷却至室温,再进行精整处理后就能得到表面光滑的蜡模。

快速成形蜡模与精铸工艺结合

对精铸工艺而言,蜡模用于后续工序的有蜡模组合、涂料、脱蜡。激光快速成形蜡模要满足精铸工艺生产,就必须在以下3方面达到其使用要求。

1 蜡模组合

激光成形蜡模需要按工艺要求

进行浇冒口组合。根据试验,使用车间现有的中温蜡料即可对激光成形蜡模进行修补、组合、粘接,两者的结合强度足以满足制壳的强度需求。因此,根据成本、机加、生产周期,浇冒口一般选用车间现有浇注系统。由于浇冒口形状简单,即使车间浇注系统不合适,加工其压型也很方便、快捷。

2 模组涂料制壳

经过试验,快速成形蜡模的涂挂性很好,完全可以利用原有工艺进行涂料配制,模组涂挂制壳,面层为硅溶胶和锆英粉,加强层为硅酸乙酯和煤矸石涂料。

3 模壳脱蜡、焙烧、浇注、铸件清理

模壳脱蜡、焙烧、浇注、铸件清理和原精铸工序相同。

结束语

目前该技术已成功应用于多种型号航空产品的研制中。快速自动成形技术与铸造车间现有的精密铸造工艺相结合,使铸造车间有能力快速生产各类大尺寸、结构复杂熔模精密铸件所用蜡模,减少大量外协费用,同时对于单件、小批量熔模精密铸件的生产可以不用模具,从而节省大量模具加工费用,缩短生产周期约60%,使新产品研制和开发获得了大量宝贵时间,降低了生产成本,而且也使铸造车间精密铸造水平有所提高,为确保后续型号产品中精密铸件生产任务的顺利完成打下了良好的基础。

参考文献

- [1] 孟宝全,赵淑玉.快速自动成形技术的原理及其发展趋势.装备制造技术,2008(4):114-138.
- [2] 薛旷华.RP技术在熔模铸造中的应用研究[D].无锡:江南大学,2007.
- [3] 韩大平,顾欣,潘波涛,等.基于快速成形技术的机匣盖的快速铸造.铸造,2013,62(7):658-665.

(责编 春草 深蓝)