

铝合金压铸件金属切削加工工艺研究

黄凯

(江西凤凰光学科技有限公司 江西 上饶 334000)

摘要: 在传统加工工艺的基础上,引入金属切削加工工艺原理,提出了一种全新的加工工艺。选取铝合金压铸材料,利用三维软件,建立铝合金压铸件的三维模型,模拟并设计金属切削加工工艺的最佳参数,采用金属切削工艺加工铝合金压铸件,并对铝合金压铸件进行缺陷检测。通过应用分析可知,通过提出的工艺加工的铝合金压铸件,其抗拉强度较高,综合力学性能得到了显著提升。

关键词: 铝合金;压铸件;金属切削加工

0 引言

铝合金作为工业生产与制造中的重要组成材料,具有较好的导热性、致密性与耐腐蚀性,且较其他工业生产材料相比,铝合金具有较大的使用强度,广泛应用于各个行业领域^[1]。铝合金压铸件属于铝合金产品的一种,是通过特殊的铸造方法,在铝合金液上施加一定大小的压力,进而使其充满型腔,生成的铝合金产品^[2]。基于广义角度分析,铝合金压铸件根据制造时施加压力的不同,划分为低压压铸件与高压压铸件^[3]。虽然两种压铸件的种类不同,但是其内部包含的化学成分相同,均由大量的铝元素与少量的镍元素、铁元素、镁元素、铜元素、硅元素等合金元素组成^[4]。铝合金压铸件的工艺性能较好,对凝固温度区间的要求较低,能够有效地减少凝固过程中内部收缩孔洞的缺陷,实现快速凝固的目标^[5]。铝合金压铸件还具有较小的线收缩率,在压铸压力较大的情况下,可以避免压铸件出现变形与裂纹,进而提高压铸件的尺寸精度,保证产品质量^[6]。

现阶段,我国对于铝合金压铸件工艺制造方法的研究日益成熟,然而,实际应用过程中仍然存在不足。为了改善这一问题,本文在传统铝合金压铸件加工工艺的基础上,引入金属切削加工原理,提出了一种全新的加工工艺。

1 金属切削加工工艺设计

1.1 选取铝合金压铸材料

本文设计的铝合金压铸件金属切削加工工艺中,首先,根据压铸件加工需求与规范,选取铝合金压铸材料。本文选取应用范围较广泛的Al-Si-Cu系合金,其加工制作的铝合金压铸件能够应用于传感器支架、活塞、汽

车轮毂等多个领域,较其他合金材料相比,能够更好地满足力学性能的要求。

如表1所示,为本文选取铝合金压铸材料的化学成分及对应含量,为了保证后续铝合金压铸件金属切削加工工艺的质量与效率,应当实时注意压铸材料的属性变化。

表1 Al-Si-Cu系合金化学成分

| 编号 | 成分 | 含量 /% | 编号 | 成分 | 含量 /% |
|----|----|-------|----|----|-------|
| 1 | Si | 10.35 | 7 | Ni | 0.04 |
| 2 | Cu | 1.84 | 8 | Sn | 0.01 |
| 3 | Mg | 0.24 | 9 | Cd | 0.01 |
| 4 | Zn | 0.71 | 10 | Ti | 0.01 |
| 5 | Mn | 0.25 | 11 | Fe | 0.72 |
| 6 | Pb | 0.02 | 12 | Al | 85.80 |

1.2 基于金属切削工艺加工铝合金压铸件

铝合金压铸材料选取完毕后,采用金属切削工艺,加工铝合金压铸件,对铝合金压铸件金属切削加工流程进行全方位设计。在加工流程设计过程中,综合考虑加工工艺的质量与效率。在金属切削加工前,利用三维软件,建立铝合金压铸件的三维模型,根据三维模型的实际结构与特征,设计压铸件的浇筑系统,并模拟压铸件的充型过程。在此基础上,进行铝合金压铸件金属切削加工,设计的流程如图1所示。

从图1中可以看出,在铝合金压铸件三维模型建立完毕后,利用计算机数值模拟技术,模拟压铸件的浇筑系统,并设计金属切削加工工艺的最佳参数。压铸件的浇筑系统中,采用直浇道与U型横浇道,能够有效地减少加工过程中产生的卷气与夹杂物含量,提高浇筑系统的性能。利用上述选取的铝合金压铸材料,制

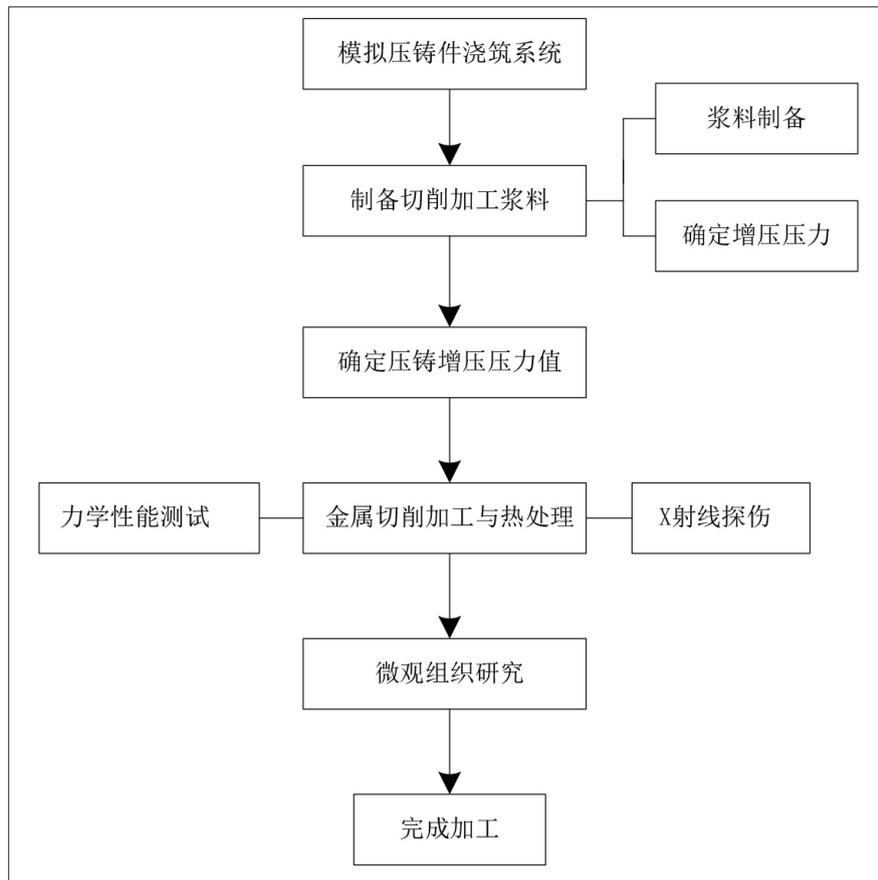


图1 铝合金压铸件金属切削加工流程

备切削加工所需的浆料，结合浆料的物理与化学特性，确定后续压铸制造所需的增压压力值^[7]。采用热处理工艺与金属切削加工工艺相结合的工艺方法，确定铝合金材料的快速落刀切屑根部位置，在需要热处理与切削处理的材料自由表面，保留其正在形成的切屑节段，沿着材料剪切，形成具有完整锯齿形切屑的部分^[8]。在热处理过程中，需要注意铝合金压铸材料的浇注温度与压射速度，保证浇注温度符合浆料进入压铸件型腔充型温度要求，控制浆料的固相分数在0.3~0.7范围内。对于压射速度，应当严格按照最大压射比压要求进行控制，铝合金压铸件加工工艺最大压射比压公式为：

$$P_{\max} = \frac{4F_{\max}}{pd^2}$$

式中： P_{\max} —铝合金压铸件加工工艺最大压射比压；

F_{\max} —铝合金压铸件加工工艺最大压射力；

d —铝合金压铸件压射直径。

基于最大压射比压，控制铝合金压铸件金属切削加工过程中的压射速度，避免压射速度过大，从而影响压铸件的压射型腔容积。在此基础上，采用微观组织研究的方法，对金属切削加工后的铝合金压铸件进行力学性能测试与X射线探伤检测。力学性能测试与X

射线探伤检测合格后，完成铝合金压铸件金属切削加工。

1.3 铝合金压铸件质量检测

在上述铝合金压铸件金属切削加工流程设计结束后，完成压铸件的加工。在此基础上，对铝合金压铸件进行质量检测，检测通过后，方可投入工业生产中使用。

在铝合金压铸件质量检测中，主要检测其质量是否存在缺陷。因此，采用缺陷检测方法，对加工后的铝合金压铸件进行缺陷检测，重点检测铝合金压铸件中较为常见的表面孔类缺陷，判断压铸件是否存在缺陷。需要明确的是，造成铝合金压铸件孔类缺陷的主要原因在于整个加工制造过程中，温度过高，产生了大量的蒸汽，压铸件模具无法快速排出蒸汽，其滞留在压铸件内部，进而产生了不同大小的孔类缺陷。本文采用换能器探头扫查的方法，对压铸件表面进行扫查，按照一定的扫查路径进行多次扫查，

通过显示器显示扫查结果，若扫查结果无异常，则通过铝合金压铸件质量检测，若扫查结果存在异常，则需要明确异常原因与孔类缺陷所在具体位置，进行二次加工。

2 应用分析

上述内容，为本文提出的铝合金压铸件金属切削加工工艺的整体流程。严格按照上文设计的流程与步骤，加工生产铝合金压铸件，并将其投入到工业使用中。实时记录铝合金压铸件的使用情况与动态变化，检测经本文设计加工工艺制造的铝合金压铸件，在应用过程中是否存在缺陷，进而验证本文设计加工工艺的可行性与适用性。

采用ZL101A铝合金压铸件平底孔模拟孔类缺陷，并对其缺陷检测。选取本次铝合金压铸件缺陷检测所需的仪器设备。采用型号为YUT2600的超声波探伤仪，其外形尺寸为270mm×190mm×60mm，工作频率为0.5~15MHz，采用脉冲回波与双晶的工作方式，对铝合金压铸件的内部进行多种缺陷探测。采用型号为DW20K-50176.5-4B的换能器探头，设置其调整频差为0.1MHz，负载电容为14000pF，通过设定的探测路径，

对铝合金压铸件进行缺陷扫查探测。采用三自由度扫描架,控制换能器探头的运行,保证探头能够按照既定路径探测压铸件缺陷,提高检测的效率与精度。

如图2所示,为本次试验中三自由度扫描架的初始扫查路径。在扫查过程中,综合考虑换能器探头的参数变化,结合铝合金压铸件的阵列孔径特征,实时调整扫查路径。利用工控主机对其他各个仪器设备进行控制,避免仪器设备探测范围与探测目标出现偏差。将铝合金压铸件缺陷检测结果通过显示器的成像功能,实时展示给工作人员,可知铝合金压铸件金属切削加工工艺缺陷检测结果符合相关要求。

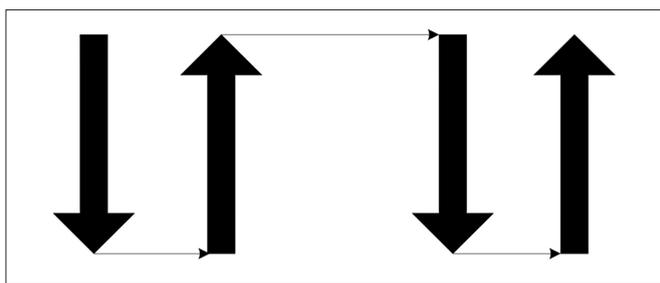


图2 三自由度扫描架初始扫查路径示意图

在此基础上,采用抗拉强度检测方法,全方位检测铝合金压铸件金属切削加工后,其抗拉强度的动态变化,进而反映其综合力学性能。为了使检测结果更加直观,采用对比分析的试验方法,将本文设计的铝合金压铸件金属切削加工工艺,与文献[1]提出的基于热处理的铝合金压铸件加工工艺、文献[4]提出的基于半固态流变压铸的铝合金压铸件加工工艺进行对比。随机选取6组模具预热温度与尺寸大小不同的铝合金压铸件,分别标号为YZJ-01、YZJ-02、YZJ-03、YZJ-04、YZJ-05、YZJ-06。采用有限元分析软件与MATLAB分析软件,分别测定6组铝合金压铸件的抗拉强度,对比结果如表2所示。

从表2的结果可以看出,在三种铝合金压铸件加工工艺中,本文提出的金属切削加工工艺,其加工制造的压铸件抗拉强度较高,综合力学性能较好;较另外两种加工工艺相比,根据本文工艺加工制造的铝合金压铸件质量较高,优势显著。

3 结语

综上所述,金属切削加工工艺对制造铝合金压铸件

表2 三种工艺铝合金压铸件抗拉强度对比/MPa

| 标号 | 本文工艺加工后压铸件抗拉强度 | 文献[1]工艺加工后压铸件抗拉强度 | 文献[4]工艺加工后压铸件抗拉强度 |
|--------|----------------|-------------------|-------------------|
| YZJ-01 | 253.4 | 215.1 | 241.2 |
| YZJ-02 | 259.7 | 223.8 | 229.7 |
| YZJ-03 | 261.3 | 215.7 | 205.9 |
| YZJ-04 | 257.2 | 206.7 | 236.4 |
| YZJ-05 | 268.4 | 226.8 | 251.4 |
| YZJ-06 | 284.9 | 234.9 | 229.4 |

具有重要意义,为了改善传统金属切削加工工艺在铝合金压铸件制造应用中存在的不足与问题。本文在传统工艺的基础上,作出了优化改进,提出了一种全新的加工工艺。通过本文的研究,对铝合金压铸件材料与工艺的特性作出了深入的分析,根据其具体属性与结构特征,有针对性地提高了切削的速度与质量,优化了铝合金压铸件的综合性能。

参考文献:

- [1] 林枫,陆文兴,吴孟武. 热处理对压铸铝合金ZL102力学及导热性能的影响[J]. 铸造,2022,71(06): 683-688.
- [2] 傅可清,马源,伍缘杰,等. 铝合金压铸件X射线成像典型缺陷特征提取算法与实现[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(12):1472-1477.
- [3] 文浩,夏德志,王福泉,等. 汽车用铝压铸件内部缺陷无损检测技术与标准简析[J]. 中国标准化,2021(S1):152-156.
- [4] 龙文元,龚杰,宋国金. 中小型铝合金铸件半固态流变压铸技术研究[J]. 铸造,2021,70(06):651-656.
- [5] 唐淳,阚洪贵,鲁后国. 某车型铝合金减震器塔压铸材料和工艺设计研究[J]. 汽车实用技术,2021,46(01):127-131.
- [6] 周建锋,徐峰. 特殊固溶时效处理对ADC12铝合金组织和性能的影响[J]. 轻合金加工技术,2020,48(09):58-64.
- [7] 黄智,马明. ZL101A铝合金外壳压铸模拟与制备工艺优化[J]. 铸造,2020,69(06):606-611.
- [8] 樊振中,袁文全,王端志,等. 压铸铝合金研究现状与未来发展趋势[J]. 铸造,2020,69(02):159-166.