

新能源汽车电机壳压铸成型工艺及性能研究

李 豪

广州德利汽车零部件有限公司 广东 广州 510800

摘 要：本文围绕新能源汽车电机壳压铸成型工艺及性能展开研究。阐述压铸成型工艺原理、电机壳结构功能需求与材料选择；深入探讨模具设计、工艺参数优化及仿真模拟等工艺要点；分析电机壳力学、散热、密封与耐腐蚀性能；通过案例验证工艺优化效果。研究表明，合理工艺可提升电机壳质量，未来该工艺将朝着环保、可持续方向发展。

关键词：新能源汽车；电机壳压铸成型；工艺研究

1 新能源汽车电机壳压铸成型工艺概述

1.1 压铸成型工艺原理

压铸成型工艺是一种高效的金属成型技术，其原理基于高压高速将熔融金属注入模具型腔，待金属冷却凝固后，打开模具取出成型零件。该工艺的核心在于利用压铸机提供的强大压力，通常压力范围在几十到几百兆帕之间，使金属液在极短时间内充满复杂形状的模具型腔，快速凝固成型。在压铸过程中，金属液的高速流动（流速可达10-70m/s）能够精确复制模具的细微结构，保证零件具有较高的尺寸精度和表面质量^[1]。高压作用促使金属在凝固过程中实现致密化，有效减少内部气孔、疏松等缺陷，提升零件的力学性能。压铸成型工艺具有生产效率高、产品质量稳定、可成型复杂结构件等显著优势，被广泛应用于汽车零部件制造领域，新能源汽车电机壳的生产便是其中的典型应用。

1.2 新能源汽车电机壳的结构与功能需求

新能源汽车电机壳是电机关键承载部件，其结构与功能需求依电机运行特性而定。结构上，多为薄壁中空圆筒状，内部设加强筋与散热筋片，增强强度、刚性并优化散热；同时，还设有安装孔、定位销孔等接口结构，以保证各部件精确装配。功能需求方面，电机壳需具备良好力学性能，承受电机运行振动、扭矩及外部冲击，保障电机稳定。散热性能至关重要，需快速传递电机运行产生的热量，避免过热影响性能与寿命。此外，优异的密封性能可阻挡灰尘、水分进入电机，良好的耐腐蚀性则确保其适应复杂环境，延长使用寿命。

1.3 压铸成型材料选择

新能源汽车电机壳压铸成型材料的选择至关重要，直接影响电机壳的性能、质量和成本。目前，铝合金是新能源汽车电机壳压铸成型的首选材料。铝合金具有密度低、比强度高、导热性好、耐腐蚀性强以及良好的

铸造性能等优点，能够满足电机壳轻量化、高强度、高散热等多方面的性能需求。常见的压铸铝合金材料包括ADC12、A380等。ADC12铝合金具有良好的流动性和填充性，适合成型复杂结构的电机壳，但其力学性能相对较低；A380铝合金则在保证较好流动性的同时，具有更高的强度和硬度，能够承受更大的载荷。除了铝合金，镁合金也因其密度更低，在轻量化方面具有更大优势，逐渐受到关注。然而，镁合金的耐腐蚀性较差，表面处理工艺相对复杂，且成本较高，目前在新能源汽车电机壳领域的应用还受到一定限制。随着材料技术的不断发展，新型压铸材料如铝基复合材料等也在探索应用中，这些材料通过添加增强相来进一步提升材料的综合性能，有望为新能源汽车电机壳的制造带来新的突破。

2 新能源汽车电机壳压铸成型工艺研究

2.1 压铸模具设计

压铸模具是实现新能源汽车电机壳压铸成型的关键装备，其设计质量直接影响电机壳的成型精度、生产效率和模具寿命。在压铸模具设计过程中，首先需要根据电机壳的结构特点和尺寸要求进行模具分型面的设计，合理的分型面能够保证模具的开合模动作顺利进行，同时便于零件脱模和浇注系统的布置。浇注系统设计也是压铸模具设计的重要环节，包括主流道、分流道、浇口和溢流槽等部分。合理的浇注系统能够控制金属液的流动方向和速度，使金属液均匀、平稳地填充模具型腔，避免出现涡流、卷气等问题^[2]。浇口的形式和尺寸选择尤为关键，不同的浇口形式（如侧浇口、顶浇口、潜伏式浇口等）对金属液的填充效果和零件的成型质量有显著影响。为了保证模具的温度平衡和冷却效果，冷却系统的设计也不容忽视，通常采用冷却水道的方式，通过控制冷却水的流量和流向，使模具各部分温度均匀，加速金属液的凝固过程，提高生产效率。

2.2 压铸工艺参数优化

压铸工艺参数对新能源汽车电机壳的成型质量和性能有着重要影响,需要进行合理优化。主要的压铸工艺参数包括压铸压力、浇注温度、模具温度、充型速度和保压时间等。压铸压力直接影响金属液的填充能力和零件的致密性,压力过大可能导致模具磨损加剧、零件粘模等问题,压力过小则会造成填充不足、气孔等缺陷。一般来说,新能源汽车电机壳压铸的压力范围在50-120MPa之间,具体数值需要根据零件结构和材料特性进行调整。浇注温度和模具温度会影响金属液的流动性和凝固速度。较高的浇注温度可以提高金属液的流动性,但过高的温度会增加金属液的收缩率,导致缩孔、缩松等缺陷;模具温度过低则会使金属液快速冷却,降低填充效果,产生冷隔、浇不足等问题。通常,铝合金压铸的浇注温度在620-720℃之间,模具温度控制在150-250℃范围内。充型速度和保压时间也需要根据实际情况进行优化,合适的充型速度能够保证金属液快速、平稳地填充型腔,保压时间则可以在金属液凝固过程中持续施加压力,补缩金属液的收缩,提高零件的致密度。

2.3 压铸过程仿真与模拟

随着计算机技术的发展,压铸过程仿真与模拟成为优化压铸工艺、提高产品质量的重要手段。通过运用专业的压铸模拟软件,如MAGMASOFT、AnyCasting等,可以对压铸过程中的金属液流动、温度场分布、应力应变等物理现象进行数值模拟。在压铸模具设计阶段,仿真模拟可以帮助工程师提前预测金属液的填充情况,优化浇注系统和冷却系统的设计,避免潜在的成型缺陷。在压铸工艺参数优化方面,仿真模拟能够直观地展示不同工艺参数对成型质量的影响,通过建立参数与成型质量之间的关系模型,快速找到最优的工艺参数组合。压铸过程仿真还可以用于预测模具的热疲劳寿命,为模具的设计和维护提供参考,降低生产成本。

3 新能源汽车电机壳性能研究

3.1 力学性能分析

新能源汽车电机壳的力学性能是保证电机正常运行的关键,主要包括抗拉强度、屈服强度、硬度和疲劳强度等指标。在力学性能分析中,通过拉伸试验可以测定电机壳材料的抗拉强度和屈服强度,评估材料在受力时抵抗变形和断裂的能力。硬度测试则可以反映材料表面抵抗局部塑性变形的能力,常用的硬度测试方法有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。疲劳强度是电机壳在循环载荷作用下的重要性能指标,由于电机在运行过程中会产生振动和交变载荷,电机壳需要具备良好的疲劳性

能,以防止疲劳裂纹的产生和扩展。通过疲劳试验,模拟电机壳实际工作中的载荷工况,可以测试电机壳的疲劳寿命,分析影响疲劳强度的因素,如材料成分、组织结构、表面质量等。有限元分析方法也常用于电机壳的力学性能研究,通过建立电机壳的三维模型,施加相应的边界条件和载荷,可以精确计算电机壳在不同工况下的应力分布和变形情况,为电机壳的结构优化提供理论依据。

3.2 散热性能研究

散热性能是新能源汽车电机壳的关键性能之一,直接影响电机的工作效率和使用寿命。电机在运行过程中产生的热量如果不能及时散发出去,会导致电机温度升高,进而影响电机的性能和可靠性。为了研究电机壳的散热性能,通常采用热分析方法,如热成像技术、热电偶测温法等,测量电机壳表面的温度分布情况,分析散热路径和热阻^[3]。在散热性能研究中,电机壳的结构设计起着重要作用。散热筋片的形状、尺寸和布置方式会直接影响散热面积和散热效率。通过优化散热筋片的设计,如增加筋片数量、提高筋片高度、合理调整筋片间距等,可以增大散热面积,促进空气对流,提高散热效果。材料的导热性能也是影响散热的关键因素,铝合金良好的导热性使其成为电机壳散热的理想材料。表面处理工艺如阳极氧化、喷涂散热涂料等也可以改善电机壳的表面散热性能,降低热阻。

3.3 密封性能与耐腐蚀性测试

新能源汽车电机壳需要具备良好的密封性能和耐腐蚀性,以适应复杂的使用环境。密封性能测试主要通过气密性试验和水密性试验来进行。气密性试验通常采用氦质谱检漏仪等设备,检测电机壳在一定压力下的气体泄漏量,判断其密封性能是否满足要求。水密性试验则通过将电机壳浸泡在水中或施加水压,观察是否有漏水现象,评估电机壳的防水能力。耐腐蚀性测试是评估电机壳在不同环境介质(如潮湿空气、酸碱溶液等)中抵抗腐蚀的能力。常见的耐腐蚀性测试方法包括盐雾试验、湿热试验和化学腐蚀试验等。盐雾试验通过模拟海洋或工业大气环境,将电机壳暴露在盐雾箱中,观察其表面腐蚀情况,评估材料的耐腐蚀性能。湿热试验则在高温高湿环境下测试电机壳的耐腐蚀性,化学腐蚀试验通过将电机壳浸泡在不同化学溶液中,分析材料的腐蚀速率和腐蚀机理。通过这些测试,可以了解电机壳的密封和耐腐蚀性能,为表面处理工艺的选择和优化提供依据,延长电机壳的使用寿命。

4 新能源汽车电机壳压铸成型工艺案例分析

以某新能源汽车企业生产的一款电机壳为例,该电机壳采用ADC12铝合金压铸成型。在压铸模具设计阶段,工程师根据电机壳的结构特点,设计了侧浇口的浇注系统,分流道采用梯形截面,以保证金属液的均匀分配。冷却系统采用螺旋式冷却水道,确保模具温度均匀。在压铸工艺参数方面,初始设定压铸压力为80MPa,浇注温度680℃,模具温度200℃,充型速度40m/s,保压时间8s。在试生产过程中,发现电机壳存在气孔和缩松缺陷。通过对压铸过程进行仿真模拟,分析发现是由于充型速度过快导致金属液产生涡流,卷入气体,同时保压时间不足,无法有效补缩金属液的收缩。针对这些问题,对工艺参数进行调整,将充型速度降低至35m/s,保压时间延长至10s。经过优化后,再次进行试生产,电机壳的气孔和缩松缺陷明显减少,产品合格率从75%提高到92%。在性能测试方面,对优化后的电机壳进行力学性能测试,抗拉强度达到220MPa,屈服强度180MPa,硬度为85HB,满足设计要求。散热性能测试显示,电机壳表面温度分布均匀,在电机满负荷运行时,最高温度不超过85℃,能够有效保证电机的正常运行。密封性能测试中,电机壳在0.5MPa的气压下,气体泄漏量小于0.1mL/min,水密性测试无漏水现象。盐雾试验表明,电机壳在经过48小时盐雾测试后,表面无明显腐蚀现象,耐腐蚀性良好。该案例充分展示了压铸成型工艺在新能源汽车电机壳生产中的应用以及工艺优化和性能测试的重要性。

5 新能源汽车电机壳压铸成型工艺的发展趋势

5.1 压铸成型工艺的环保要求与节能减排措施

随着全球环保意识的不断提高和环保法规的日益严格,新能源汽车电机壳压铸成型工艺面临着更高的环保要求。压铸过程中产生的废气、废水和废渣对环境造成一定的污染,因此节能减排成为压铸行业的重要发展方向。在废气处理方面,采用先进的废气净化设备,对压铸过程中产生的油烟、粉尘等污染物进行有效过滤和净化,减少有害气体的排放。在废水处理方面,建立完善的废水处理系统,对压铸过程中产生的含油、含重金属的废水进行处理,使其达到排放标准或实现循环利用。在节能减排措施上,优化压铸工艺参数,提高设备的能源利用效率,采用

节能型压铸机和加热设备,降低生产过程中的能源消耗。同时推广清洁生产技术,减少生产过程中的污染物产生,实现压铸成型工艺的绿色化发展。

5.2 可持续材料在电机壳制造中的应用探索

可持续材料的应用是新能源汽车电机壳制造未来的重要发展趋势。除了目前广泛应用的铝合金,生物基材料、可回收材料等可持续材料逐渐成为研究热点。生物基材料具有可再生、可降解的特点,将其应用于电机壳制造可以减少对传统金属材料的依赖,降低资源消耗和环境污染^[4]。可回收材料的应用也是实现电机壳可持续制造的重要途径。通过采用可回收的铝合金或其他金属材料,在电机壳报废后能够进行高效回收和再利用,减少资源浪费。开发新型的表面处理技术,减少表面处理过程中的环境污染,提高材料的耐腐蚀性和使用寿命,也是可持续材料应用的重要研究方向。随着材料科学和制造技术的不断发展,可持续材料在新能源汽车电机壳制造中的应用将不断拓展,为新能源汽车行业的可持续发展提供有力支持。

结束语

综上所述,对新能源汽车电机壳压铸成型工艺及性能的研究,为提升电机壳制造水平提供理论与实践依据。从工艺优化到性能提升,有效保障了电机稳定运行。面对行业发展需求,未来需持续推进压铸工艺的绿色化与可持续材料应用,不断探索创新,以适应新能源汽车产业的高速发展。

参考文献

- [1]郭少杰,王军雷,夏天,等.基于专利分析的新能源汽车驱动电机冷却技术发展现状分析[J].汽车文摘,2020, No.532(05):12-16.
- [2]陈林凯.新能源汽车电机控制技术及其性能优化策略[J].汽车与新动力,2023,6(03):65-68.
- [3]王凤阳,刘勇,孙聪.新能源汽车电机驱动控制技术研究[J].汽车测试报告,2023(10):59-61.
- [4]徐松.新能源汽车电机控制技术分析[J].汽车测试报告,2023(08):62-64.