

复杂形状压铸模具的制造工艺研究

刘 岩

一汽铸造模具设备厂 吉林 长春 130011

摘 要：本文详细探讨了复杂形状压铸模具的制造工艺，包括模具设计、材料选择、加工制造、质量控制与检测等方面。通过分析压铸模具的基本概念、工作原理及其在制造业中的重要性，本文系统地介绍了复杂形状压铸模具的制造工艺流程，旨在为相关领域的研究人员和工程师提供参考。

关键词：压铸模具；复杂形状；制造工艺；材料选择；质量控制

引言

压铸模具是用于在高压下将液态金属或合金注入模腔中，进行凝固并形成所需零件或产品的工具。复杂形状压铸模具的制造对于提高生产效率、保证产品质量具有重要意义。随着制造业的发展，对压铸模具的精度、寿命和制造效率的要求越来越高。因此，研究复杂形状压铸模具的制造工艺具有重要的现实意义。

1 压铸模具的基本概念与工作原理

1.1 基本概念

压铸模具由上模和下模组成，金属注入后通过高压充满模腔，冷却后打开模具取出成品。模具闭合时，上下模合拢形成一个封闭的模腔；注射金属时，液态金属或合金通过喷嘴被注入模腔中；充填模腔后，金属在高压作用下充满整个模腔；冷却凝固后，金属逐渐成型；最后开模取件，待金属完全凝固后取出成品零件。

1.2 工作原理

压铸模具的工作原理主要基于高压注射和快速冷却成型。在高压下，液态金属或合金被注入模腔，并在短时间内迅速冷却凝固，形成所需的零件或产品。这一过程中，模具的精度、材料和制造工艺对产品的质量和生产效率具有重要影响。

2 复杂形状压铸模具的制造工艺

2.1 模具设计

2.1.1 设计前的基础性准备

在设计复杂形状压铸模具之前，必须进行充分的基础性准备。首先，要深入研究产品对象，了解其结构特点、使用要求以及后续加工流程。这有助于设计师在模具设计时充分考虑产品的实际需求，确保铸件能够满足最终产品的功能和外观要求。同时，熟悉压铸机和模具制造知识也是必不可少的。压铸机是压铸生产的核心设备，其类型、规格和性能直接影响到模具的设计和制造。设计师需要了解压铸机的工作原理、操作规范以及

维护保养方法，以便在模具设计时充分考虑压铸机的实际运行状况。此外，现场压铸工艺知识也是设计师必须掌握的。这包括压铸合金的选择、压铸温度的控制、压铸压力的设定以及脱模剂等的使用。这些知识有助于设计师在模具设计时充分考虑压铸过程中的各种因素，确保模具能够适应实际生产环境^[1]。在基础性准备阶段，还需要对零件图进行工艺性分析。这包括对零件的形状、尺寸、精度要求以及表面质量等方面进行详细研究，以确定模具的结构形式和加工工艺方案。同时，对模具结构进行初步分析，选定合适的压铸机型号和规格，并绘制压铸毛坯图，为后续的模具设计提供依据。

2.1.2 设计压铸模的基本要求

设计压铸模时，需要满足一系列基本要求。首先，模具必须符合压铸毛坯的技术要求，确保铸件能够达到预定的形状、尺寸和精度要求。其次，模具要适合压铸生产工艺要求，包括合金的流动性、压铸温度、压铸压力等参数的设置，以确保压铸过程的顺利进行。同时，模具还要满足模具加工工艺要求。这包括模具零件的加工精度、表面质量以及装配精度等方面。设计师需要充分考虑模具的加工可行性和经济性，选择合理的加工工艺和装配方法，以降低制造成本和提高生产效率。此外，模具的结构应该简单合理，便于加工、装配和维修。设计师需要充分考虑模具的实用性和可靠性，确保模具在使用过程中能够保持稳定的工作状态。同时，模具还应该具有一定的标准通用性，以便于在不同型号和规格的压铸机上使用。

2.1.3 设计压铸模的具体步骤

设计压铸模的具体步骤包括模具结构的拟定与比较、绘制模具总装图及零件图以及模具图样的修正与定型。在模具结构的拟定阶段，设计师需要根据产品对象和压铸工艺要求，提出多种可能的模具结构方案，并进行比较和分析，选择最优方案。随后，设计师需要绘

制模具总装图和零件图。模具总装图展示了模具的整体结构和装配关系,是模具制造和装配的重要依据。而零件图则详细描述了模具各个零件的形状、尺寸和加工要求,是模具零件加工和检验的依据。在绘制完模具图样后,还需要进行图样的修正与定型。设计师需要对图样进行仔细审查,确保无误后进行修正和完善。最后,将定型的图样交给制造部门进行模具制造。

2.2 材料选择

2.2.1 耐热性

压铸过程需要承受高温和高压,因此模具材料必须具有良好的耐热性能。H13和H11钢是常用的耐热钢材。H13钢具有优异的耐磨性和热冲击性,适合用于高温下长时间工作的模具。其高温硬度较高,能够保持模具在压铸过程中的稳定性和精度。同时,H13钢还具有良好的淬透性和热处理性能,易于加工和制造。H11钢则具有较高的热强度和热震稳定性,适合制造大型模具或高压模具^[2]。在压铸过程中,大型模具或高压模具需要承受更大的压力和温度变化,因此要求材料具有更高的热强度和热震稳定性。H11钢能够满足这些要求,确保模具在恶劣的工作环境下保持稳定的工作状态。

2.2.2 耐磨性

模具在生产中会频繁接触金属液态状态,因此需要能够耐高速液态金属冲击和摩擦的钢材。718钢和NAK80钢是常用的耐磨钢材。718钢具有硬度高、磨损性能好的特点,适合制造要求高精度的压铸模具。其优异的耐磨性能够确保模具在长时间使用后仍能保持较高的精度和表面质量。NAK80钢则具有优良的耐磨性、耐热性和抗收缩性,适合制造高光洁度的压铸模具。在压铸过程中,模具需要保持较高的表面光洁度,以确保压铸件的表面质量。NAK80钢能够满足这一要求,同时其良好的耐热性和抗收缩性也能够确保模具在高温下保持稳定的工作状态。

2.2.3 尺寸稳定性

模具在高温高压下需要保持稳定的尺寸,因此选用具有较好尺寸稳定性的钢材非常重要。尺寸稳定性是模具性能的重要指标之一,它直接影响到压铸件的精度和质量。因此,在选择模具材料时,需要充分考虑其尺寸稳定性。一般来说,具有较高硬度和较低热膨胀系数的钢材具有较好的尺寸稳定性。

2.2.4 寿命和成本

综合考虑模具的使用寿命和制造成本,选择适合的钢材也是必不可少的因素。模具的寿命直接影响到生产效率和制造成本。因此,在选择模具材料时,需要充分

考虑其寿命和成本之间的平衡。一般来说,具有较高硬度和耐磨性的钢材能够延长模具的寿命,但也可能增加制造成本。因此,需要根据实际生产需求和经济条件来选择合适的钢材。

2.3 加工制造

2.3.1 制造加工

按照模具设计图纸,对模具零件进行车削、铣削、镗削、磨削等加工工艺。这些加工工艺是模具制造的基础,它们决定了模具零件的形状、尺寸和精度。在加工过程中,需要严格遵守加工工艺规程,确保加工质量和效率。车削主要用于加工模具的圆柱形零件和回转体零件。通过车削加工,可以得到较高的加工精度和表面质量。铣削则主要用于加工模具的平面、沟槽和型腔等零件。铣削加工具有较高的生产效率和加工灵活性,能够满足复杂形状模具的加工需求。镗削主要用于加工模具上的孔系零件。通过镗削加工,可以得到较高的孔位精度和孔径精度。磨削则是模具加工中的最后一道工序,它主要用于提高模具零件的表面质量和精度。通过磨削加工,可以消除前道工序留下的表面缺陷和加工痕迹,使模具零件达到预定的表面质量和精度要求^[3]。在完成模具零件的加工后,还需要进行上模、下模、滑块等模具零部件的组装。组装过程中需要确保各个零部件之间的配合精度和装配关系正确无误。同时,还需要对模具进行必要的调试和检验,以确保其性能和质量满足设计要求。

2.3.2 组装调试

组装模具零部件是模具制造过程中的重要环节之一。在组装过程中,需要严格按照设计图纸和装配工艺要求进行操作,确保各个零部件之间的配合精度和装配关系正确无误。同时,还需要对组装好的模具进行必要的调试和检验工作。开合调试是模具调试中的重要环节之一。通过开合调试,可以检查模具的开合动作是否灵活可靠,以及模具各个部件之间的配合是否紧密。在开合调试过程中,需要注意观察模具的开合速度、开合力度以及开合过程中的异常情况,及时调整和修复存在的问题。脱模测试也是模具调试中的重要环节之一。通过脱模测试,可以检查模具的脱模机构是否工作正常,以及压铸件是否能够顺利从模具中脱出。在脱模测试过程中,需要注意观察压铸件的表面质量、尺寸精度以及脱模过程中的异常情况,及时调整和修复存在的问题。最后,还需要对模具进行整体的精度和可靠性检验。通过检验,可以确保模具的性能和质量满足设计要求,为后续的压铸生产提供可靠的保障。在检验过程中,需要使用合适的检测工具和仪器,对模具的各个部位进行详细的测

量和检查,确保模具的精度和可靠性达到预定的标准。

3 复杂形状压铸模具制造工艺的未来发展趋势

在科技日新月异的今天,复杂形状压铸模具制造工艺正面临着前所未有的变革与发展。随着市场需求的不断变化和技术的不断进步,这一领域正朝着智能化、自动化、绿色化、环保化以及精密化、高效化的方向迈进,为压铸行业带来全新的机遇与挑战。

3.1 智能化与自动化

随着工业4.0和智能制造的浪潮席卷全球,复杂形状压铸模具的制造也迎来了智能化的新时代。在这一趋势下,模具制造企业将积极引入先进的自动化设备,如数控加工中心、机器人手臂、自动化装配线等,以实现模具加工、装配、检测等全过程的自动化操作。这些自动化设备不仅提高了生产效率,还大大降低了人为操作带来的误差,确保了模具的制造精度和一致性。同时,智能控制系统的应用也将成为模具制造的重要方向。通过集成传感器、物联网、大数据等技术,智能控制系统能够实时监测模具加工过程中的各项参数,如温度、压力、速度等,并根据实时数据调整加工策略,确保模具制造过程的稳定性和可靠性^[4]。此外,智能控制系统还能实现模具的远程监控和故障诊断,为模具的维护和保养提供便利。在智能化和自动化的推动下,复杂形状压铸模具的制造将变得更加高效、精准和柔性化。企业可以根据市场需求快速调整生产计划和模具设计,缩短产品上市周期,提高市场竞争力。

3.2 绿色化与环保化

随着环保意识的日益增强,绿色制造和可持续发展已成为全球共识。复杂形状压铸模具的制造也将积极响应这一号召,注重绿色化和环保化。在材料选择方面,企业将倾向于使用环保型模具材料,如可回收的合金钢、生物基材料等,降低模具制造过程中的环境负担。同时,绿色制造工艺的应用也将成为模具制造的重要方向。通过优化加工工艺、减少废弃物产生、提高材料利用率等措施,企业可以降低模具制造过程中的能耗和排放,实现节能减排的目标。此外,企业还将加强模具的回收和再利用,延长模具的使用寿命,减少资源浪费。

绿色化和环保化的发展趋势不仅符合社会可持续发展的要求,也为模具制造企业带来了新的商业机遇。通过提供环保型模具产品和服务,企业可以赢得更多客户的青睐和信任,拓展市场份额。

3.3 精密化与高效化

随着市场对高精度、高复杂度金属零件的需求不断增长,复杂形状压铸模具的制造也将朝着精密化和高效化的方向发展。为了满足这一需求,企业将不断优化模具结构设计和加工工艺流程,提高模具的制造精度和生产效率。在模具结构设计方面,企业将采用先进的CAD/CAM技术和仿真分析软件,对模具结构进行精确设计和优化。通过模拟压铸过程中的金属流动、温度分布等情况,企业可以预测并解决潜在的模具问题,提高模具的可靠性和使用寿命。在加工工艺方面,企业将引入高精度的加工设备和先进的加工工艺技术,如超高速切削、电火花加工、激光加工等,以提高模具的加工精度和表面质量。同时,企业还将加强模具的标准化和模块化设计,提高模具的通用性和可互换性,降低制造成本和生产周期。

结语

复杂形状压铸模具的制造工艺是一个涉及多个环节的复杂过程。通过合理的模具设计、材料选择和加工制造流程,可以制造出高精度、长寿命的压铸模具,满足制造业对复杂形状金属零件的需求。未来,随着科技的进步和制造业的发展,压铸模具的制造工艺将不断创新和完善,为制造业的转型升级提供有力支撑。

参考文献

- [1]叶能.大型一体化压铸模具制造工艺[J].模具制造,2023,23(10):160-162.
- [2]马广兴,超大型一体化压铸模具关键技术及应用.广东省,广州市型腔模具制造有限公司,2023-07-28.
- [3]吴耀荣,汽车核心零部件复杂精密压铸模具关键技术研究与应用.广东省,广州市型腔模具制造有限公司,2021-12-23.
- [4]白松.金属材料压铸模具的合理设计及应用[J].中国金属通报,2021,(05):236-237.