

铝合金轮毂制造的关键技术与质量提升

荆晓元 杨国超 李向前

三门峡戴卡轮毂制造有限公司 河南 三门峡 472100

摘要: 铝合金轮毂因其美观、轻便、耐用等特性,在现代汽车制造业中得到了广泛应用。本文旨在探讨铝合金轮毂制造的关键技术,并分析如何通过技术优化来提升产品质量。文章首先概述了铝合金轮毂的制造流程及主要技术,随后详细分析了重力铸造、低压铸造等关键技术,并提出了质量提升的策略和方法。

关键词: 铝合金轮毂; 关键技术; 质量提升

引言

随着汽车工业的发展,轻量化、节能环保成为行业发展的重要趋势。铝合金轮毂以其独特的优势,逐渐成为汽车轮毂的主流选择。然而,铝合金轮毂的制造过程中仍存在诸多技术挑战,如何提升制造技术和产品质量成为行业关注的焦点。

1 铝合金轮毂制造技术概述

铝合金轮毂的制造是一个多环节、精细化的过程,每一步都关乎最终产品的质量和性能。以下是对各个环节的具体概述:

1.1 材料准备

材料准备是铝合金轮毂制造的首要环节。这一阶段主要涉及铝合金原料的选择、检验与预处理。原料的选择需根据轮毂的设计要求、使用环境和成本考虑,通常选用具有良好铸造性能、力学性能和耐腐蚀性能的铝合金牌号。在材料入库前,必须进行严格的化学成分和物理性能检验,以确保原料质量符合标准。此外,还需对原料进行预处理,如去除表面氧化物、油污等杂质,为后续的熔炼过程提供纯净的原料。

1.2 熔炼

熔炼是将准备好的铝合金原料加热至液态的过程。这一阶段的关键在于控制熔炼温度和熔炼时间,以确保合金元素充分溶解并均匀分布。同时,还需采取措施减少熔炼过程中的氧化、吸气和夹杂等有害反应。通常,熔炼炉会配备先进的温度控制系统和气氛保护装置,以实现熔炼过程的精确控制。

1.3 铸造

铸造是将熔融的铝合金液注入模具中,待其冷却凝固后形成轮毂毛坯的过程。铸造技术直接影响轮毂的内部组织和表面质量。目前,常用的铸造技术包括重力铸造、低压铸造等。重力铸造依靠重力作用使铝液充型,适用于简单形状的轮毂;而低压铸造则通过施加低压使

铝液平稳充型,适用于复杂形状和高性能要求的轮毂。在铸造过程中,需严格控制模具温度、浇注速度和冷却速率等参数,以确保轮毂毛坯的质量。

1.4 热处理

热处理是通过加热、保温和冷却等操作,改变铝合金轮毂内部组织结构和性能的过程。热处理的主要目的是消除铸造过程中产生的内部应力、提高力学性能和耐腐蚀性。常见的热处理方法包括退火、固溶处理和时效处理等^[1]。在热处理过程中,需根据轮毂的材质和性能要求选择合适的处理工艺,并严格控制加热温度、保温时间和冷却方式等参数。

1.5 机械加工

机械加工是将热处理后的轮毂毛坯进行切削、钻孔和磨削等操作,以达到设计要求的尺寸和形状的过程。这一阶段主要涉及车削、铣削、钻孔和磨削等工序。在机械加工过程中,需选用合适的刀具、夹具和切削参数,以确保加工精度和表面质量。同时,还需采取措施减少加工过程中的变形和残余应力等问题。

1.6 表面处理

表面处理是提高铝合金轮毂外观质量和耐腐蚀性的重要环节。常见的表面处理方法包括喷砂、抛光和涂装等。喷砂可以去除轮毂表面的氧化皮和毛刺等缺陷,提高表面粗糙度;抛光则可以使轮毂表面更加光滑亮丽;而涂装则可以增加轮毂的美观性和耐腐蚀性。在表面处理过程中,需根据轮毂的用途和要求选择合适的处理方法,并严格控制处理工艺和时间等参数。

2 关键技术分析

2.1 重力铸造技术

2.1.1 工作原理

重力铸造,顾名思义,主要依赖地球的重力作用来驱动熔融金属(在本例中为铝合金)填充模具型腔。这一过程中,熔融铝合金从熔炉中倒出,通过浇口缓慢注

入预热的模具中。随着金属的冷却和凝固，它逐渐占据模具的内部形状，最终形成与模具型腔一致的轮毂毛坯。

2.1.2 技术特点

重力铸造技术因其简单的设备和操作流程，相对于其他铸造方法（如低压铸造、压铸等）具有更低的成本。它不需要复杂的压力控制系统或高精度的机械部件，从而降低了设备投资和维护成本。由于重力铸造过程相对快速且易于自动化，它非常适合大批量生产。通过优化模具设计和铸造参数，可以实现高效、稳定的生产流程，满足大量市场需求。尽管重力铸造成本较低，但对材料利用率和产品质量控制有着较高的要求。为了减少材料浪费和确保产品质量，必须严格控制铝合金的成分、熔融温度、浇铸速度以及模具的预热温度等关键参数。此外，还需要对铸件进行严格的检验和测试，以剔除可能存在的缺陷（如气孔、夹杂物、缩孔等）^[2]。重力铸造技术适用于多种铝合金材料，可以根据不同的轮毂设计需求调整模具形状和铸造工艺参数，从而生产出具有不同尺寸、形状和性能的轮毂毛坯。

2.1.3 技术挑战与改进方向

重力铸造过程中容易出现气孔、夹杂物等缺陷，这些缺陷会影响轮毂的力学性能和外观质量。为了减少缺陷的产生，需要优化熔融金属的处理工艺、改进模具设计以及加强铸造过程的监控。虽然重力铸造适合大批量生产，但其在生产效率上仍有提升空间。通过引入自动化和智能化技术（如机器人浇铸、自动化检测线等），可以进一步提高生产效率和产品质量稳定性。随着环保意识的增强，重力铸造技术也面临着更加严格的环保要求。为了减少铸造过程中的能耗和排放，需要采用更加节能的熔炼设备和环保的铸造材料，并加强废弃物的回收和再利用。

2.2 低压铸造技术

2.2.1 工作原理

低压铸造技术是一种精密的金属成型工艺，它利用气压差作为驱动力，将熔融的铝合金从密闭的坩埚中平稳地压入模具型腔中。具体来说，熔融铝合金被置于一个密封的坩埚内，坩埚上方通过管道与压缩空气或惰性气体源相连。当气体压力逐渐升高时，熔融金属在压力的作用下沿着升液管上升，并通过浇口平稳地填充模具型腔。在金属冷却并凝固后，即可获得组织致密、力学性能优良的轮毂铸件。

2.2.2 技术特点

由于低压铸造过程中熔融金属是在压力作用下充型，因此能够更有效地排除模具型腔中的气体，减少气

孔和缩孔等缺陷的产生。同时，压力作用还有助于金属液更好地贴合模具壁，形成更加致密的凝固组织，从而提高轮毂的力学性能（如强度、韧性等）。低压铸造技术允许对铸造过程进行精确控制，包括熔融金属的温度、压力、充型速度等关键参数。这种精确控制有助于确保每个轮毂铸件都能达到一致的质量标准，提高产品的一致性和可靠性。由于低压铸造过程中熔融金属能够更精确地填充模具型腔，因此可以减少材料的浪费和回收成本。此外，该技术还适用于多种复杂形状的轮毂设计，提高了材料的利用率和灵活性。低压铸造技术通常使用惰性气体（如氩气）作为压力介质，避免了有害气体的排放。同时，由于该技术能够实现精确控制，减少了废品率和材料浪费，从而有助于降低对环境的影响。

2.2.3 技术挑战与改进方向

低压铸造技术所需的设备相对复杂且成本较高，包括密闭坩埚、升液管、压力控制系统等。此外，设备的维护和保养也需要一定的专业知识和技术支持。因此，降低设备成本和提高维护效率是未来的改进方向之一。虽然低压铸造技术能够生产高质量的轮毂铸件，但其生产效率和自动化程度仍有提升空间。通过引入更先进的自动化控制系统和机器人技术，可以进一步提高生产效率、降低劳动强度并提升产品质量稳定性^[3]。为了满足不同应用场景对轮毂性能的需求，需要不断优化铝合金的成分和性能。这包括开发新的铝合金材料、调整合金元素的含量以及改善合金的微观组织等。通过这些优化措施，可以进一步提升轮毂的力学性能、耐腐蚀性和疲劳寿命等关键指标。

3 铝合金轮毂制造的质量提升策略

3.1 优化材料选择与配比

铝合金轮毂制造的质量提升，首要策略便是优化材料的选择与配比。在选择铝合金材料时，应考虑其强度、延展性、耐腐蚀性以及加工性能等多方面因素。例如，A356和6061铝合金因其高强度和良好的加工性能，常被选为制造轮毂的优质材料。A356铝合金，以其良好的铸造性能和气密性，适合制造结构复杂的轮毂。同时，它的耐腐蚀性也相对较高，经过热处理后，能显著提高塑性和强度，非常适合轮毂的高强度和刚度要求。而6061铝合金则以其轻质高强度的特点受到青睐，它能有效减轻轮毂重量，提升燃油经济性，同时保持良好的强度和刚性，确保行车安全。在材料的配比上，精确控制铝、硅、镁等主要元素的含量至关重要。例如，适当提高硅的含量可以改善合金的流动性，有利于铸造过程中的填充和成形；而镁的含量则影响合金的强度和耐腐

蚀性。通过科学的配比,可以使得铝合金轮毂在保持足够强度的同时,尽可能减轻重量,提高耐腐蚀性。此外,还可以加入微量的其他元素如钛、锶等,以细化晶粒,提高合金的力学性能和热稳定性。优化材料选择与配比,需要从实际出发,根据轮毂的具体使用环境和性能要求进行综合考虑,这是提升铝合金轮毂质量的关键步骤。

3.2 精确控制铸造工艺参数

在铝合金轮毂的制造过程中,精确控制铸造工艺参数是确保轮毂质量的关键环节。铸造过程中的温度、压力和时间等参数,每一个细节都直接影响着轮毂的最终品质。首先,温度的控制至关重要。铝合金的熔炼温度、浇注温度以及模具的预热温度,都需要精确到位。过高或过低的温度都会导致铸造缺陷,如热裂、冷隔等。因此,采用先进的温控系统和热电偶传感器,实时监测并调整温度,确保整个铸造过程在最佳温度范围内进行。其次,压力的控制也不容忽视。在铸造过程中,无论是低压铸造还是高压铸造,都需要对压力进行精确控制。压力的大小直接影响着铝合金液的充填速度和凝固过程。通过先进的压力传感器和控制系统,可以实时监测并调整压力,确保铝合金液能够均匀、快速地充填模具,避免产生气孔、缩孔等缺陷。最后,时间的控制也是关键。铸造过程中的每一个阶段,如熔炼时间、保温时间、冷却时间等,都需要精确把握。时间过长或过短都会影响轮毂的内部组织和力学性能。因此,制定合理的铸造工艺流程,并通过计时器精确控制每个阶段的时间,是确保轮毂质量的重要手段^[4]。通过精确控制铸造过程中的温度、压力和时间等参数,可以有效减少铸造缺陷,提高铝合金轮毂的质量和性能。这不仅需要先进的设备和技术支持,更需要严谨的工艺管理和质量控制体系。

3.3 加强热处理与机械加工控制

在铝合金轮毂的制造流程中,热处理和机械加工是两个至关重要的环节,对轮毂的最终质量有着决定性影响。热处理是铝合金轮毂制造中不可或缺的一步,它能够有效地消除轮毂内部的残余应力,进而提升其力学性能和耐腐蚀性。这一过程中,轮毂被加热到适当温度,

并保持一定时间,随后以控制的方式冷却。通过精确控制加热温度、保温时间以及冷却速率,可以显著改善轮毂的微观结构,提升其强度和硬度,同时增强其抗腐蚀能力。此外,热处理还能使轮毂的组织更加均匀,减少内部缺陷,从而提高其使用寿命和安全性。机械加工则是确保轮毂尺寸精度和表面质量的关键步骤。在这一过程中,选用合适的刀具至关重要。不同类型的刀具对轮毂材料的切削效果和加工质量有着显著影响。同时,切削参数的选择也十分重要,包括切削速度、进给量和切削深度等。这些参数不仅影响加工效率,还直接关系到轮毂的尺寸精度和表面粗糙度。通过精确控制这些参数,可以确保轮毂的加工质量,并最大程度地减少加工过程中的材料浪费和次品率。加强热处理和机械加工的控制,对于提升铝合金轮毂的质量至关重要。这不仅需要先进的设备和技术,更需要严谨的操作规程和质量控制体系。通过这些措施的实施,可以确保每一只铝合金轮毂都达到最高的质量标准,从而满足现代汽车对安全性和性能的高要求。

结语

铝合金轮毂制造技术的优化与质量提升是推动汽车工业发展的重要环节。通过深入分析关键技术并采取相应的质量提升策略,可以显著提高铝合金轮毂的性能和可靠性,满足现代汽车对轻量化、节能环保的需求。未来,随着新材料、新工艺的不断涌现,铝合金轮毂制造技术将迎来更多的发展机遇与挑战。

参考文献

- [1]童水光,高强度轻量化汽车铝合金轮毂系列化设计制造关键技术研究.浙江省,浙江大学,2021-03-27.
- [2]陈永利,轻量化铝合金轮毂制造关键技术及应用.重庆市,重庆科技学院,2020-07-30.
- [3]李月樵,铝合金轮毂质量安全风险预警评价体系与失效分析模式的关键技术研究与应用.浙江省,金华市计量质量科学研究院(国家机动车机械零部件产品质量检验检测中心(浙江)),2021-12-22.
- [4]葛炳灶,轻量化高强度铝合金轮毂产业化设计制造技术及关键成型装备开发.浙江省,浙江今飞凯达轮毂股份有限公司,2019-05-20.