

离心铸管工艺和设备及其应用

刘刚 郭丽 张建朝 宗哲

安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司, 河南 安阳 455133

[摘要] 离心铸管工艺是一种常用的金属铸造工艺, 通过将熔融金属注入旋转模具中, 利用离心力使金属在模具内壁上均匀分布并凝固形成管状产品。离心铸管工艺具有高生产效率、优质产品、可实现自动化生产等优点, 被广泛应用于各个领域。离心铸管设备是支撑离心铸管工艺的关键装备, 主要包括浇注机、离心铸管机、拔管机、冷却系统和气、液控制系统等。离心铸管机是离心铸管设备的核心部件, 它通过高速旋转实现金属在模具内壁上的均匀分布。浇注机负责将熔融金属输送至旋转模具中, 并保证流体的稳定性和连续性。冷却系统则用于快速冷却和固化金属, 以确保产品质量, 同时对设备降温保证寿命。总之, 离心铸管工艺及设备是一种重要的金属铸造技术, 在多个领域都有广泛应用。通过不断改进工艺和设备, 可以提高生产效率、产品质量和生产自动化水平, 推动相关行业的发展。

[关键词] 离心铸管工艺; 工艺设备; 应用策略

DOI: 10.33142/ect.v1i5.10106

中图分类号: TG249.5

文献标识码: A

Centrifugal Casting Technology and Equipment and Their Applications

LIU Gang, GUO Li, ZHANG Jianchao, ZONG Zhe

Angang Group Yongtong Ductile Cast Iron Pipe Co., Ltd, Anyang, He'nan, 455133, China

Abstract: Centrifugal casting process is a commonly used metal casting process, which involves injecting molten metal into a rotating mold and utilizing centrifugal force to evenly distribute and solidify the metal on the inner wall of the mold to form a tubular product. The centrifugal casting process has the advantages of high production efficiency, high-quality products, and the ability to achieve automated production, and is widely used in various fields. Centrifugal pipe casting equipment is a key equipment supporting the centrifugal pipe casting process, mainly including pouring machines, centrifugal pipe casting machines, pipe drawing machines, cooling systems, and gas and liquid control systems. The centrifugal pipe casting machine is the core component of the centrifugal pipe casting equipment, which achieves uniform distribution of metal on the inner wall of the mold through high-speed rotation. The pouring machine is responsible for conveying molten metal into the rotating mold and ensuring the stability and continuity of the fluid. The cooling system is used for rapid cooling and solidification of metals to ensure product quality, while also cooling the equipment to ensure its lifespan. In summary, the centrifugal casting process and equipment are important metal casting technologies that are widely used in multiple fields. By continuously improving processes and equipment, production efficiency, product quality, and production automation level can be improved, promoting the development of related industries.

Keywords: centrifugal casting process; process equipment; application strategy

引言

离心铸管是一种通过离心力将液态金属或合金注入模具中进行固化制造零部件的工艺。离心铸管工艺具有高生产效率、制造成本低、产品质量高等优点, 被广泛应用于工程建设、航空航天、军工、汽车等领域。离心铸管设备包括离心机、浇注机、拔管机等, 其中离心铸管机是其核心设备。离心铸管工艺的应用领域包括制造铸造工程管件、结构件、零件外壳、涡轮叶片等。在航空发动机领域, 离心铸管技术被应用于制造高温合金涡轮叶片和复杂结构零件, 为提高发动机性能做出了重要贡献。

1 离心铸管设备分析

1.1 离心机

离心铸管设备中的核心部分是离心机, 它是用于产生离心力并实现金属液体在模具中均匀流动的关键设备。本

次离心机采用的是离心式球墨铸管机型号: DN80-400×6000mm, 铸管规格: DN80, DN100, DN150, DN200, DN250, DN300, DN350, DN400。

离心机通常由旋转机头、电机、转子和模具支撑结构等组成。主轴通过电机驱动旋转, 产生离心力, 管模旋转装置安装于离心主机承口端, 用于固定管模具。管模旋转机头与机身紧密配合安装, 承载模具并提供稳定的工作环境。离心机需要具备可调节的旋转速度控制功能, 不同规格的产品和材料可能需要不同的旋转速度来实现最佳的铸造效果, 控制系统可以监测和调整旋转速度, 以满足特定需求。离心机的设计要考虑产生足够的离心力和加速度, 使金属液体在模具中均匀分布, 离心力和加速度的大小取决于模具尺寸、材料性质和铸造要求。离心机需要具备良好的安全性措施, 以确保操作人员的安全。同时, 稳定性

也是离心机设计和制造中关键的考虑因素,以保证设备运行时的平衡和稳定性。现代离心机通常配备自动化和控制系统,用于监测和调整工艺参数,这些系统可以实时监测旋转速度、温度、压力等关键参数,并进行相应的调节,以实现精确的控制和优化的生产过程^[1]。

1.2 中频炉

离心铸管设备中的一个重要组成部分是中频炉,它用于加热金属材料至熔化温度,并提供所需的熔融金属液体。中频炉通常由感应线圈、电源系统、冷却系统和控制系统等组成,感应线圈产生高频电磁场,将电能转化为热能,使金属材料加热至熔点,电源系统提供稳定的电能输入,以满足加热要求,冷却系统用于维持炉体和感应线圈的合适温度,确保设备正常运行。控制系统用于监测和调节加热过程的参数,如功率、频率和时间。中频炉需要具备精确的温度控制和调节功能,通过控制电源系统的功率和加热时间,可以实现对金属材料温度的准确控制,以满足不同材料和铸造要求。中频炉具有高效的加热效果和能源利用率,感应加热的工作原理使得加热效率较高,大部分电能都被转化为热能,而无需通过传导或对流来传递热量。这使得中频炉在能源消耗和生产效率方面具有优势。

1.3 退火炉

离心铸管设备中的一个重要组成部分是退火炉,它用于对铸件进行热处理,使其获得所需的力学性能和组织结构。退火炉通常由加热室、加热系统、温度控制系统和输送系统等组成,加热室提供一个封闭的环境,分段保持不同温度对管件进行热处理工艺,加热系统可以使用点火装置和气体燃烧等,提供热量,温度控制系统用于监测和调节加热室内的温度。输送系统负责将待处理的铸件输送进出退火炉。退火炉需要具备精确的温度控制和调节功能,根据不同的铸件材料和处理要求,可以通过控制加热元件的功率和周期性来实现温度的升降和保持稳定。退火炉可以采用不同的点火和加热方式,能对炉内进行分段温度精确控制,加热段、高温段、保温段温度可根据管型进行调整,具体取决于铸件材料、壁厚等产品具体要求。且退火炉通常需要具备可靠的输送系统,以便将待处理的铸件从炉口端送入退火炉,伴随输送链经过各温度端处理后,随输送链到达下个工序,输送系统大多采用合金输送链传动,也可以采用传送带、辊道或者机械手等^[2]。

2 离心铸管工艺分析

2.1 离心机浇注工艺

离心铸管是一种常用的铸造工艺,它通过离心力将熔融金属或合金注入到旋转铸型中,使金属在铸型内壁上凝固形成管状铸件。制作具有中空形状的铸型,通常使用高温合金磨具和耐火材料,如高强度合金、陶瓷或石膏,铸型应具有适当的形状和尺寸,以确保最终铸件的质量和尺寸符合要求。将铸型放入预热炉中,使其达到适当的温度,

预热可以提高铸件表面质量,并减少金属与铸型之间的热应力。将预热的铸型模具安装到离心机主机内,并确保其稳固,铸型应正确定位,以确保金属在铸型内部均匀分布。将所需的金属或合金加热至熔点以上的温度,并保持在合适的熔化状态。通常会使用电炉或其他加热设备进行金属加热。一旦金属达到适当的温度和熔化状态,启动离心机,使铸型开始旋转。将熔融金属通过浇口或喷嘴注入旋转的铸型中,由于离心力的作用,金属会沿着铸型壁均匀分布,并在内壁上凝固形成管状铸件。待金属充分填充铸型后,继续旋转铸型并等待金属完全成型,这个过程的时间取决于金属成分和管件尺寸。一旦金属完全成型,停止离心机的旋转或变为低速旋转,利用设备或工具取出铸件,通常需要对铸件进行修整、去除余料和表面处理^[3]。

2.2 离心机流槽工艺

离心铸管工艺中的离心机流槽工艺是其中一种常见的制造工艺。首先制备好需要铸造的模具,并在模具中设计好流道和浇口等结构。将即将铸造的金属液体,通过流槽输送到离心铸管机中,流槽通过与落槽紧密配合,承接上个工序输送的高温金属液体,将其导流至高速旋转的离心设备中。一台浇注机一般配用两根流槽,在连续生产过程中,需要不断调整双工位流槽位置,高效交错使用提高生产效率,流槽使用前需预热至一定温度并涂刷耐高温涂料,以保证金属液体注入导流过程中,流槽不会因温度骤变而变形,也不会对金属液体温度及质量产生影响。流槽在交替使用过程中需不断涂刷和清理金属残渣,防止残渣进入离心机内影响产品质量,杜绝高温液体导流过程中飞溅伤人。离心机流槽工艺的主要优点是可以更加精细控制高温金属液体流动,具有高精度、高质量、高效率等特点。同时,由于在铸造导流过程中可以进一步清除渣滓、排出气泡,因此可以得到质量更加稳定、更加均匀的铸件^[4]。

2.3 离心机上芯工艺

离心机上芯工艺的主要特点是在离心机高速旋转铸造时,利用砂芯对管件承口端进行控制,使得铸件承口端同时具有外形和内部结构,满足管件连接时精细尺寸要求,起到主要固型作用。砂芯通过精密制芯设备利用砂、树脂、三乙胺等凝固成型,运送至离心铸管机旁,在浇注管件时,将砂芯固定到铸管机承口型芯安装装置上,伴随管模旋转装置高速转动,浇注高温液体到达砂芯处后,会根据砂芯外形对管件承口端固定。管件成型拔出时,砂芯会随之破碎掉落,然后安装新砂芯继续生产。上芯工序实现半自动生产模式,精度高、节奏快,根据生产管型规格情况还需对型芯对中位置进行调整。砂芯表面刷有耐高温涂料,防止砂芯接触高温金属液体瞬间膨胀变形而破裂,上芯工艺直接决定离心机生产节奏和效率,对控制管件承口端尺寸精度至关重要。

2.4 退火炉调温工艺

退火炉调温是离心铸管工艺中非常重要的一环,它在

离心铸管中的作用是消除合金材料的内部应力,提高铸件的机械性能和耐蚀性。退火炉是一种用来加热材料并使其逐渐冷却的设备,在离心铸管中,要使用高温退火炉进行材料处理,通常采用气体或电热加热的高温退火炉,以确保材料达到足够高的温度。退火炉加热时间的掌握是离心铸管的关键环节之一。加热时间过短,材料的内部应力不能完全消除;加热时间过长,材料的机械性能和耐蚀性会降低。因此,在离心铸管中需要仔细控制加热时间,以确保最佳的退火效果。退火炉加热温度的掌握也是非常重要的。温度过高会导致材料的变形和熔化,而温度过低则无法完全消除内部应力。因此,在离心铸管中需要根据不同的金属材料 and 铸造形式,选择最适合的加热温度。退火炉加热后,需要逐渐降温。退火后逐渐降温的过程称为“退火冷却”,退火冷却的速度过快或过慢都会对金属材料的机械性能和耐蚀性产生负面影响。因此,在离心铸管中需要根据不同的金属材料 and 铸造形式,选择最适合的冷却速度。

2.5 中频炉配电工艺

中频炉配电工艺在离心铸管工艺中也起到非常重要的作用,它直接影响到铸件的质量和生产效率。首先,中频炉是一种高频电炉,用于加热金属材料并将其熔化,中频炉有多种型号和功率,为了满足不同的生产需求,需要选择合适的中频炉进行铸造。中频炉的电源系统包括电缆、变压器、电容器、电阻器等多个组件,在设计中需要考虑到配电系统的稳定性、容量和效率等因素。电缆是中频炉的重要组成部分,需要选择质量好、导电性能好的电缆,在铸造过程中,电缆需要经常承受高温和高压,因此电缆的材质要能够耐高温,耐腐蚀。其次,电容器的选择要根据中频炉的功率和铸造的材料来决定,在选择电容器时需要考虑容量、电压、质量等因素。中频炉在铸造过程中需要控制电流的强度和变化速度,电流强度和变化速度的控制会影响到铸造的质量和效率^[5]。

2.6 中频炉炉前工艺

中频炉炉前工艺主要包括四个方面,第一,铸型制备。铸型的制备通常包括模具设计、模型制作、砂型制备等多个步骤,在离心铸管工艺中,铸型制备的质量和精度会直接影响铸件的准确度和表面质量。因此,在制备铸型时需要注意铸型的尺寸和形状精度,以及砂型的密实度和稳定性。第二,熔炼操作。在离心铸管工艺中,中频炉用于加热金属材料并将其熔化。在进行熔炼操作时,需要选择合适的熔炼材料,控制熔炼温度和保持时间,保证熔炼材料的纯度和质量。同时,需要注意防止氧化、碳化等问题的发生,以保障铸件的质量。第三,炉前试样/为了确保铸件的质量和稳定性,通常会在熔炉前进行炉前试样。炉前试样可以检测金属材料的成分和性质,以及检测砂型的密实度和性能,从而评估铸件的质量和可靠性。第四,炉前准备。在进行离心铸管工艺时,需要对熔炉进行预热和准

备工作。具体包括清洁熔炉、装入熔炼材料、设置电源等多个步骤。在炉前准备时,需要注意安全操作,严格遵守操作规程,以确保操作的安全和可靠性。

2.7 中频炉自动加料工艺

中频炉自动加料工艺是离心铸管工艺中的一种自动化生产方式,它通过自动化加料设备来控制熔炼材料的添加量和时间,以保证熔炼材料的质量和稳定性,提高生产效率和产品质量。熔炼材料添加量和时间可精确控制,避免了人工操作误差和时间不足的问题,提高了熔炼材料的质量和稳定性。自动加料设备能够快速响应生产线上的生产需求,确保加料操作的及时性和准确性。自动加料设备能够减少工人劳动强度,降低劳动成本,提高生产效率和产品质量。自动加料设备能够根据生产要求进行自动化控制、报警和故障处理,提高生产线的可靠性和稳定性。

3 离心铸管机的应用

3.1 工程建设

离心铸管在工程建设领域中有着广泛的应用,球墨铸铁管广泛用于供水管路、排污管路系统,在能源输送方面也有应用。球墨铸铁管具有运行安全可靠,破损率低,施工维修方便、快捷,防腐性能优异等优点。球墨铸铁的抗拉强度远远超过灰口铸铁,且与钢相当,综合性能优异。

3.2 石油工业

离心铸管在石油工业中主要应用于油井套管和钻杆等关键部件的制造。油井套管是钻井过程中的重要组成部分,需要具备耐腐蚀、高强度和耐高温等特性。离心铸管技术能够生产出无缝、均匀壁厚且质量稳定的油井套管,提高了井口封隔能力和抗压能力^[6]。

3.3 航空航天

离心铸管在航空航天领域中有着广泛的应用。它可以制造航空发动机喷管、涡轮叶片、燃气涡轮和其他高温材料等关键零部件。这些零部件需要具备高温强度、抗氧化和耐磨损等特性,而离心铸管技术可以实现复杂形状和精密尺寸的生产,满足航空航天领域对材料性能和工艺要求的高标准。

3.4 能源行业

离心铸管在能源行业中主要应用于核电站的冷却管道和其他关键部件。核电站对于冷却系统的要求非常严格,需要具备高耐压、高温和抗腐蚀等特性。离心铸管技术可以提供无缝连接、稳定性能和优异的材料特性,确保核电站运行的安全性和可靠性。

3.5 交通运输

离心铸管在汽车工业中被广泛应用于制造引擎缸体、曲轴箱和排气系统等关键部件。离心铸管可以提供高强度、轻量化和耐磨损的产品,有助于提高发动机性能、降低燃油消耗,并满足汽车行业对环保和节能的要求。

此外,离心铸管工艺还可以应用于冶金、化工、建筑

和船舶等行业。例如,在冶金领域,离心铸管可以用来制造大型钢铁件;在化工领域,它可用于制造化学反应器和管道系统;在建筑领域,它可用于制造钢结构件和装饰构件;在船舶领域,它可用于制造船体零部件。

4 结语

总之,离心铸管工艺和设备是一种非常重要的制造技术,它的应用领域非常广泛。其在制造航空发动机等高端设备的方面具有至关重要的作用,能够提高产品的性能和质量,同时也有助于降低生产成本和提高制造效率。相信在未来,离心铸管技术将不断得到完善和推广,为各个领域的制造业发展作出更大的贡献。

【参考文献】

[1] 寻梦华,骆合力,李尚平等.L605 离心铸管凝固组织数值模拟及试制研究[J].特种铸造及有色合金,2023,43(6):800-804.

[2] 李杰,张研,黄帅.离心铸管机气路稳压改造[J].山西冶金,2021,44(4):263-264.

[3] 韩少丽,骆合力,李尚平等.K4169 合金离心铸管工艺模拟及试制研究[J].铸造,2021,70(3):373-377.

[4] 李杰,张研,樊永辉.离心铸管机高温作业区气路改造[J].山西冶金,2020,43(6):143-144.

[5] 夏浩,戴玉明,钟海彬等.国产新工艺离心铸管与Inconel 600 进口轧制管耐腐蚀性能对比研究[J].现代冶金,2018,46(3):16-18.

[6] 李甫.浅谈离心铸管生产设备及工艺与瓶颈[J].山东工业技术,2015(9):25.

作者简介:刘刚(1993.2—),毕业学校:辽宁科技大学;专业:机械设计制造及其自动化;单位:永通球墨铸铁管有限责任公司铸管车间;职务:车间设备技术员;职称:机械助理工程师。