

铸造钛合金保温冒口形态优化及其对浇注过程的影响分析

林 辉

宝鸡钛业股份有限公司 陕西 宝鸡 721014

摘要：本文深入研究铸造钛合金保温冒口形态的优化及其对浇注过程的影响。通过对比分析不同形态保温冒口在钛合金铸造过程中的应用效果，发现优化后的保温冒口能够显著提高浇注过程的稳定性和铸件质量。优化设计的保温冒口不仅改善铸件内部的温度分布，减少缩孔、裂纹等缺陷的产生，还提高铸件的尺寸精度和表面质量。同时，优化冒口形态还有助于降低浇注过程中的能源消耗和材料浪费，为企业带来显著的经济效益。

关键词：铸造钛合金；保温冒口形态；浇注过程；影响分析

1 铸造钛合金的重要性

铸造钛合金的重要性体现在多个层面。第一、钛合金具有卓越的机械性能，其高强度、低密度以及优异的耐腐蚀性能，使得钛合金在航空航天、医疗器械、化工等领域具有广泛的应用前景。通过铸造技术，我们可以将钛合金精确成型为各种复杂结构的零部件，满足这些领域对高性能材料的需求。第二、铸造钛合金对于推动科技进步和产业发展具有重要意义，随着科技的不断发展，对材料性能的要求也在不断提高。钛合金作为一种高性能材料，其铸造技术的研究和应用，有助于提升相关产业的竞争力，推动产业升级和转型^[1]。第三、铸造钛合金还有助于节能减排和可持续发展，相较于其他传统材料，钛合金具有更长的使用寿命和更低的维护成本，有助于减少能源消耗和环境污染。钛合金的回收再利用性也较好，有助于实现资源的循环利用，促进可持续发展。

2 铸造钛合金保温冒口形态的分类与特点

2.1 保温冒口形态的分类

保温冒口在铸造过程中起着至关重要的作用，它们能够维持铸件在凝固过程中的温度稳定，防止缩孔和裂纹的产生。根据不同的铸造需求和铸件特性，保温冒口可以设计成多种形态。常见的保温冒口形态分类；（1）圆柱形保温冒口：圆柱形是最常见且简单的保温冒口形态。它适用于大多数标准铸造应用，尤其是当铸件具有规则的几何形状时。圆柱形冒口易于制造，能够提供均匀且稳定的热保温效果。（2）球形保温冒口：球形冒口设计用于那些需要全方位均匀散热的铸件。由于其形态，球形冒口在各个方向上的热传递效率都相对较高，适用于大型或复杂的铸造结构。（3）扁形保温冒口：扁形冒口特别适用于较宽的铸件或那些需要在特定方向上控制热量散失的情况。通过调整冒口的宽度和高度，可以更有效地管理铸件在冷却过程中的温度梯度。（4）异

形保温冒口：异形冒口是根据特定铸件的形状和铸造要求定制的。这些冒口能够紧密地配合铸件的轮廓，提供精确的保温效果，通常用于具有复杂几何形状或特殊铸造需求的铸件。

2.2 各形态保温冒口的特点与适用场景

各形态保温冒口在铸造过程中展现出不同的特点，适用于不同的场景，以满足铸件质量和生产效率的需求。圆柱形保温冒口具有结构简单、制造方便的特点，适用于大多数标准铸造工艺。其稳定的保温性能使得铸件在凝固过程中温度分布均匀，减少缩孔和裂纹的产生。特别适用于中小型铸件以及需要均匀散热的场合。球形保温冒口则以其全方位的散热性能而著称，其圆润的形态使得热量在各个方向上都能得到有效传递，适用于大型铸件或复杂结构的铸造。球形冒口能够有效地减少铸件内部的温度梯度，提高铸件的整体质量。扁形保温冒口适用于较宽的铸件或在特定方向上需要控制热量散失的情况，其扁平的形态能够更好地贴合铸件的表面，实现局部区域的精确保温。扁形冒口在铸造宽体结构或需要控制水平方向上温度梯度的铸件时表现出色。异形保温冒口则是根据铸件的特定形状和要求进行定制的，能够紧密地配合铸件的轮廓，实现精确的保温效果。异形冒口在铸造具有复杂几何形状或特殊要求的铸件时发挥重要作用，如特殊形状的航空航天部件或医疗器械^[2]。

某汽车零部件制造商在生产轮轴这一中小型铸件时，遇到了铸件内部温度分布不均、容易产生缩孔的问题。为了改善这一问题，决定采用圆柱形保温冒口。圆柱形保温冒口的设计非常简单且规则，易于制造。其稳定的热保温效果可以确保轮轴在凝固过程中温度分布均匀，有效避免缩孔和裂纹的产生。在实际应用中，这种圆柱形保温冒口显著提高轮轴的铸造质量。铸件内部

的温度梯度得到有效控制，缩孔问题得到显著改善。同时，由于铸件质量的提升，汽车的整体性能和可靠性也得到了提高。

3 保温冒口形态优化及其对浇注过程的影响分析

3.1 优化方法与原则

保温冒口形态的优化对于提升铸造过程中的热传递效率和铸件质量具有显著影响。在优化过程中，应遵循以下原则：确保冒口形态与铸件形状相适应，以充分利用其保温效果；优化冒口的尺寸和比例，以平衡热传递速度和铸件冷却时间；考虑材料的热物理性能，选择导热性能良好的材料以提高保温效果。优化方法主要包括对现有冒口形态进行改进和创新设计。例如，通过增加冒口的表面积或改变其内部结构，以提高热传递效率；或采用复合材料制造冒口，以改善其热物理性能。还可利用数值模拟技术对冒口形态进行仿真分析，以预测和优化其在浇注过程中的热传递行为。保温冒口形态的优化对浇注过程的影响主要体现在几个方面：优化后的冒口能够更好地控制铸件的温度分布，减少缩孔、裂纹等缺陷的产生；优化冒口形态有助于提高铸件的冷却均匀性，从而提高铸件的整体质量；通过优化冒口形态，还可以减少能源消耗和生产成本，提高生产效率。

3.2 保温冒口形态优化对浇注过程的影响

优化后的保温冒口能够更有效地控制铸件在浇注过程中的温度分布和冷却速度，从而显著提高铸件质量。优化后的保温冒口能够提供更加均匀的保温效果，减少铸件内部温度梯度，防止因局部过冷或过热而产生的缩孔、裂纹等缺陷。这有助于提升铸件的力学性能和整体质量。优化冒口形态能够改善铸件的冷却均匀性，通过调整冒口的形状、尺寸和导热性能，可以实现对铸件不同部位冷却速度的精确控制，从而避免因冷却不均导致的变形和应力集中等问题。保温冒口形态的优化还有助于提高浇注过程的稳定性和可控性，优化后的冒口能够更好地适应浇注系统的要求，减少热量的散失和波动，确保浇注过程的顺利进行。

4 钛合金保温冒口形态优化在工业生产中的应用

4.1 工业生产中冒口形态优化的重要性

随着钛合金材料在各领域的广泛应用，对铸件质量的要求也不断提高。因此，优化钛合金保温冒口形态成为提升铸件质量和生产效率的关键环节。在工业生产中，钛合金保温冒口形态的优化能够显著影响铸件的凝固过程和热传递效率。通过调整冒口的形状、尺寸和导热性能，可以实现铸件内部温度分布的优化，减少铸造缺陷的产生。优化后的冒口能够更好地适应不同铸件形

状和尺寸的需求，提高浇注过程的稳定性和可控性。钛合金保温冒口形态的优化还有助于降低生产成本和提高生产效率，通过减少热量散失和波动，可以节约能源消耗和材料浪费。同时，优化后的冒口能够减少铸件后处理的工作量，缩短生产周期，提高生产效率。

4.2 铸造钛合金生产中保温冒口设计实践

在铸造钛合金的工业生产中，保温冒口形态的优化设计实践发挥着至关重要的作用。保温冒口作为控制铸件凝固过程和热传递效率的关键部件，其形态设计直接影响到铸件的质量和生产效率。在钛合金铸造生产中，保温冒口的设计实践注重与铸件形状、尺寸和工艺要求的紧密结合。设计师们通过深入分析钛合金的物理特性和铸造工艺特点，针对性地优化保温冒口的形态。可能采用计算机模拟技术，对冒口的形状、尺寸和内部结构进行精确设计，以实现铸件内部温度分布和冷却速度的精确控制。这些优化设计的保温冒口在工业生产中得到广泛应用，不仅能够提供更均匀、更稳定的保温效果，减少铸件内部温度梯度和铸造缺陷的产生，还能适应不同铸件形状和尺寸的需求，提高浇注过程的稳定性和可控性。在航空领域，钛合金因其高强度和轻质特性，被广泛用于发动机部件的制造。某知名航空发动机制造商在生产一种关键钛合金部件时，遇到铸件内部温度分布不均、冷却速度难以控制的问题，导致铸件质量不稳定。针对这一问题，该制造商决定对保温冒口进行形态优化。在此基础上，团队利用计算机模拟技术，设计了新型保温冒口，优化其形状和内部结构，以确保热量能够更有效地传递给铸件，并实现对铸件内部温度分布和冷却速度的精确控制。经过多次实验验证和优化，新型保温冒口被成功应用于实际生产中。结果表明，优化后的保温冒口显著提高了钛合金发动机部件的铸造质量。铸件内部温度分布更加均匀，冷却速度也得到了有效控制。这不仅减少缩孔、裂纹等铸造缺陷的产生，还提高生产效率。由于铸件质量得到了提升，发动机的性能和可靠性也得到显著提升。

5 保温冒口形态优化对铸造质量与成本的影响评估

5.1 铸造质量指标优化与提升

保温冒口形态优化对铸造质量与成本的影响评估是一个多维度、综合性的考量过程。优化保温冒口形态能够显著提高铸造质量，同时降低生产成本，为企业带来实质性的经济效益。从铸造质量指标优化与提升的角度来看，保温冒口形态的优化起到了至关重要的作用。铸造质量主要包括铸件的表面质量、内部质量以及尺寸精度等方面。优化后的保温冒口能够更好地控制铸件在

凝固过程中的温度分布和冷却速度,减少缩孔、裂纹等铸造缺陷的产生,从而提高铸件的致密性和机械性能。优化冒口形态还有助于改善铸件的表面光洁度,减少砂眼、气孔等表面缺陷,使铸件外观更加美观^[3]。尺寸精度方面,优化后的保温冒口能够更好地适应铸件形状和尺寸的变化,减少因热应力导致的变形和尺寸偏差,提高铸件的尺寸精度和互换性。保温冒口形态优化对降低生产成本也具有重要意义,优化后的冒口设计能够减少铸造过程中的材料浪费和能源消耗。通过精确控制冒口的尺寸和形状,可以减少冒口与铸件之间的热阻,提高热传递效率,从而减少能源消耗。优化冒口形态还能够缩短铸件的冷却时间,提高生产效率,降低生产成本。

5.2 成本与效益分析

通过深入分析和评估保温冒口形态优化所带来的成本与效益,可以更加清晰地认识到其重要性和价值所在。从成本角度来看,保温冒口形态优化有助于显著降低生产成本,传统的保温冒口设计往往存在热传递效率不高、材料浪费严重等问题,导致铸造过程中的能源消耗和生产成本居高不下。而经过优化设计的保温冒口,能够更精确地控制铸件的温度分布和冷却速度,减少热量散失和材料浪费,从而降低了能源消耗和材料成本。此外,优化后的冒口还能够减少铸造缺陷的产生,降低废品率和返修率,进一步减少了生产成本。然而,保温冒口形态优化的实施也需要一定的投入成本,包括研发成本、设备成本以及人工成本等。但这些投入成本通常是一次性的,而且随着技术的不断成熟和应用的推广,单位成本会逐渐降低。从长远来看,保温冒口形态优化的投入成本与其所带来的成本降低效益相比,是微不足道的。再来看效益方面,保温冒口形态优化带来的效益

是显著的。优化后的冒口能够显著提高铸造质量,减少铸造缺陷,提高铸件的力学性能和可靠性。这不仅能够满足客户的更高需求,提升产品竞争力,还能够减少因质量问题带来的客户投诉和退货损失。优化冒口形态还能够提高生产效率,缩短生产周期,降低库存成本,增加企业的现金流。通过减少能源消耗和材料浪费,企业还能够降低对环境的影响,实现绿色生产,提升企业的社会形象和市场声誉。保温冒口形态优化对铸造质量与成本的影响评估表明,其带来的成本与效益之间存在着显著的正向关系^[4]。

结束语

综上所述,铸造钛合金保温冒口形态优化对浇注过程的影响显著,是提升铸件质量和降低生产成本的有效途径。随着科技的不断进步和工艺的不断完善,相信未来会有更多创新性的保温冒口形态被开发和应用,为钛合金铸造行业带来更大的发展空间和市场潜力。因此,我们呼吁铸造企业和研究机构加强合作,共同推动保温冒口形态优化技术的研发和应用,为铸造行业的可持续发展贡献智慧和力量。

参考文献

- [1] 李晓明,张伟,刘志军.钛合金铸件保温冒口设计优化及其实验研究[J].铸造技术.2021.42(3):218-222.
- [2] 王峰,刘志国,韩德刚.基于数值模拟的钛合金保温冒口形态优化研究[J].热加工工艺.2021.50(4):78-81.
- [3] 张敏,王强,刘涛.钛合金铸造过程中保温冒口形态对浇注效果的影响[J].材料科学与工程学报.2021.39(2):309-314.
- [4] 陈伟,黄继东,周建新.基于响应面法的钛合金保温冒口形态优化设计[J].中国铸造装备与技术.2021.56(1):23-27.