

# Comparative Research on New Cooling Device of Low Pressure Casting Die for Automobile Wheel Hub Based on Patent Analysis

Tiancheng Shen<sup>1</sup> Zhang Zhang<sup>1</sup> Jia Yao<sup>2</sup> Yunkun Feng<sup>1</sup>

1. Changzhou Vocational College of Mechanical and Electrical Technology, Changzhou, Jiangsu, 213164, China  
2. Jiangsu Ocean University, Lianyungang, Jiangsu, 222005, China

## Abstract

In order to further improve the casting quality and production efficiency of wheel hub mold, this paper takes aluminum alloy automobile wheel as the research object, and focuses on the cold zone mode of wheel hub in mold production. Firstly, the influence of the traditional air cooling and water cooling technology on the production of wheel mould was compared. Then, the general situation of three typical wheel mould cooling device invention patents and their shortcomings were compared and analyzed, and the broad prospect of applying selective laser sintering (SLS) process to the production of wheel mould was further proposed. Finally, according to the shortcomings of cooling system in the production process of wheel hub die summarized above, a new water cooling device for wheel hub die is proposed and its beneficial effects are analyzed.

## Keywords

aluminum alloy wheel; selective laser sintering; conformal cooling; casting mould

# 基于专利分析的汽车轮毂低压铸造模具冷却新装置对比研究

沈天成<sup>1</sup> 张章<sup>1</sup> 姚佳<sup>2</sup> 冯运坤<sup>1</sup>

1. 常州机电职业技术学院, 中国·江苏常州 213164  
2. 江苏海洋大学, 中国·江苏连云港 222005

## 摘要

为进一步提高轮毂模具铸造质量、提高生产效率, 论文以铝合金汽车轮毂为研究对象, 重点研究了轮毂在模具生产中的冷区方式。首先对比了传统的风冷与水冷技术对轮毂模具生产的影响, 接着对比分析了知网上三项典型的轮毂模具冷却装置发明专利概况及其不足之处, 进一步提出将选择性激光烧结 (SLS) 工艺应用于模具生产的广阔前景, 最后根据前文概括的轮毂模具生产过程中冷却系统的不足, 提出了一种新的轮毂模具水冷装置并分析了其有益效果。

## 关键词

铝合金轮毂; 选择性激光烧结; 随形冷却; 铸造模具

## 1 引言

低压金属型铸造是将液态金属在压力作用下充填型腔、凝固从而获得铸件, 此过程中铸件可以得到充分补缩, 获得组织致密、力学性能高的铸件。并且金属液利用率较高, 浇注系统相对简单, 适用各种铸型材料, 是一种被自动化生产所接受的铸造工艺。但其缺点也较明显, 铸造周期长、生产

效率低。而铸件的冷却占据了模具大部分生产周期, 因此不断优化该工艺下的冷却系统, 缩短冷却节拍, 提高冷却均匀性很有必要。

## 2 风冷、水冷应用于轮毂生产

风冷系统作为一种点冷方式, 一般有着风管的紧密排布, 通过吹风使轮毂表面温度快速下降。而在轮毂周围环境中, 轮毂主要是从内到外温度从高到低。因此, 铝合金熔液会朝着冷却风口对应点收缩。这样会使冷却点位置发生偏移, 从而发生表面冷缩情况, 进而造成铸件表面冷热不均匀, 产生应力裂纹。

水冷系统作为一种面冷方式, 有着优于风冷的冷却效果,

【基金项目】2021年江苏省大学生实践创新训练计划项目 (项目编号: 202113114019Y)。

【作者简介】沈天成 (2001-), 男, 中国江苏无锡人, 在读本科生, 从事机械设计制造及其自动化研究。

但冷却铜管的使用仍会带来许多不足,并且模具型腔内部复杂的结构会导致铸件局部受热冷却不均,产生局部缺陷等。而在水冷技术上,随形冷却水路的设计有着重要研究意义。

### 3 轮毂模具冷却装置研究概况与不足

目前大多数模具冷却装置都是采用不同直径的铜管或者钢管弯曲的方法加工成形,然后装配在模具上加工出来的冷却槽中,通过铜管或者钢管中的低温冷却介质,主要以热传导的方式将模具和铸件中的热量以热交换的方式带走,从而实现模具和铸件局部冷却的目的。

如果铸件曲面结构复杂,局部位置壁厚差别过大,如铝合金轮毂的轮辐、轮辐与外轮缘相交(热节)处,这就造成了模具上机械加工出来的冷却槽距离模具内腔表面的距离存在不同程度的差异,难以获得均匀的温度场分布,无法做到随形冷却,从而使得铸件产生壁厚不均、翘曲变形等缺陷;另外,由于铸件局部壁厚不均匀,经常会在壁厚变化过度区域产生铸造缺陷,甚至因冷却不均导致内应力过大而出现裂纹,如轮辐根部、轮辐与外轮缘交界处等。

其次在生产中,铸造模具需要经常下机维护保养,这种冷却管需要反复拆卸和安装,不仅影响生产效率,而且存在漏装或者错装的风险,造成不必要的损失。最后此类水冷盘或者风冷盘的铜管与外部冷却介质还需要对接,一般是采用焊接的方法,使用寿命短,而且经常漏水漏气,不仅影响产品质量和生产效率,而且给生产线的6S管理带来诸多麻烦。

如申请号为CN201210089113.4的中国发明专利“汽车轮毂低压铸造真空水冷模具系统”,其公开的车轮顶模冷却装置包括不锈钢风管、铜管、冷却铜塞,冷却铜塞上钻有圆形孔,铜管装配在冷却铜塞的圆形孔内,不锈钢风管装配在铜管内部,冷却铜塞、铜管、不锈钢风管相互连接在一起组成的顶模冷却装置<sup>[1]</sup>。其冷却配置较多(约为3~21个),耗时较长。冷却方法大致为:通过低压铸造机的冷却系统控制冷却风的温度与朝向(吹向冷却铜塞),由此将铜塞吸收的热量(来自轮辐及轮缘)释放到模具体外。这样的风冷系统难以达到随形冷却目的,在凝固过程中经常会在壁厚变化过度区域产生铸造缺陷,降低铸件局部力学性能。

如申请号为CN201911390671.2的中国发明专利“一种模具水冷装置及系统”,其公开的模具水冷装置特征在于水冷通道有两组,其进水口位于冷盘上部,出水口位于下部。分别位于所述水冷盘的两个半圆环内,并绕着环形水冷盘的中心轴线呈180°对称旋转,通过在顶模中心位置、底模中心位置或底模外轮缘位置设置环形水冷盘或者风冷盘<sup>[2]</sup>。其

明显的不足在于,水冷装置耗汽量较多,节电不节能,热效率低;运行条件(密封真空环境)较严格,外气易渗入,降低冷却效率。同时,设备建造需专用冷却塔、冷却水泵、冷冻水泵等设备,初期投资较大;需使用循环水,对水资源消耗多且对冷却水水质要求较高。最后,溴化锂溶液对碳钢具有强烈的腐蚀性,影响机组寿命和性能。

如申请号为CN201721626559.0的中国发明专利“低压铸造铝合金车轮用冷却装置”,通过设置水冷盘,在底模与水冷盘之间设置若干用于传递热量的导热片,导热片位于轮辐部与轮缘部的连通处,以解决现有导热片覆盖面积大但不能对底模热节点进行精准散热的问题<sup>[3]</sup>。虽然有效避免了整圈导热片中部分导热片悬空不能进行有效散热的问题,但不足的是,需要在底模上设置若干用于固定所述导热片的凹槽,并且每个轮辐部位对应至少一个所述凹槽,凹槽设置数量大,操作麻烦。脱离整体结构的设计,分散设置导热片加大了工作量,并且导热片精度要求高,后续的拆卸与保养维护容易对导热片造成不良影响。

### 4 SLS 工艺应用于模具生产

选择性激光烧结(SLS)作为一项快速成型技术,理论上说,任何加热后能够形成原子间链接的粉末材料都可以作为SLS的成形材料,并且未烧结的粉末可收集二次利用。由于成形材料多样,因此SLS适合于多项领域,如原型设计验证、模具母模、精铸熔模、铸造型壳和型芯等。

SLS工艺不仅成形过程与零件复杂程度无关,无需设计和制造复杂的支撑系统,实现了自由制造,其整个工艺过程以数字化形式呈现,包括CAD模型的建立和数据处理阶段、铺粉阶段、烧结阶段以及后处理等过程<sup>[4]</sup>,生产周期短,适用于新产品的开发。对比传统模具冷却水路,金属3D打印技术以其高成型自由度的特性很好地解决了模具制造的成形限制。面对铸造模具内部结构具有的深肋位置,通过该工艺制造的模具随形冷却水路可以突破传统水道布局的限制,提高铸件冷却均匀性,实现铸件的快速顺序凝固,有效缩短冷却周期,进一步减小了铸件翘曲变形量、提高模具零件性能和延长模具使用寿命<sup>[5]</sup>。

### 5 SLS 工艺应用于轮毂模具冷却新装置

为解决上文提到的铝合金汽车轮毂模具铸造专利方案中存在的诸多不足,现结合SLS工艺通过制造模具随形冷却水路提供一种新的模具水冷方案,具体是通过SLS工艺在在模仁基座上打印出带冷却通道和接口的模仁镶件,模仁

镶件内部设置随形冷却水路，并确定模仁镶件和模具相接触处为冷却面，使得模仁镶件内部的冷却通道中心与冷却面保持等距离，从而实现模具的随形冷却<sup>[6]</sup>。

由于模具冷却面与模仁镶件直接接触，减少了热量传输的界面，有利于模具和铸件中热量的传递。因此增加了模具和铸件的温度梯度，一方面有利于减少铸造缺陷的产生，降低局部冷却不均导致铸件缩松或铸件应力裂纹的可能性，从而有效提升铸件成品率。另一方面有利于缩短生产节拍，提高生产效率。

而经 SLS 工艺在模仁基座上打印出的带冷却通道和接口的模仁镶件与模仁基座共同组成一套模具冷却装置，使其成为一个完整的、结构稳定的整体，可以有效避免冷却介质的渗漏，下机维护保养时无需拆卸，增加了模仁镶件的使用寿命<sup>[7]</sup>。这一设计省去了铜管传输冷却介质，相对于传统的冷却装置，减少了模具壁厚，节省了模具用料，此外不需要加工安放铜管的槽，因此节省了模具生产成本。

## 6 结语

通过金属 3D 打印技术设计的模具随形冷却水路对于铸件在模具中的生产在行业内有着被人们广泛接受的积极意

义，同时作为教具在教育行业的应用也日益增多。而应用在模具铸造上的金属 3D 打印技术仍需进一步提高自动化程度，丰富打印材料体系，降低使用成本，以提质增效为目标不断进发。

## 参考文献

- [1] 邱立宝,刘杰.汽车轮毂低压铸造真空水冷模具系统:CN201210089113.4[P].
- [2] 张启文,余得标,聂晓鹏,等.一种模具水冷装置及系统:CN201911390671.2[P].
- [3] 张川吉,刘会战,王晓朝,等.低压铸造铝合金车轮用冷却装置:CN201721626559.0[P].
- [4] 邓琦林.选择激光烧结陶瓷粉末的研究[J].制造技术与机床,1998(12):26+28.
- [5] 董志家,王小新,管航,等.基于3D打印的注塑模随形冷却水路优化设计[J].现代塑料加工应用,2020,32(4):48-51.
- [6] 黄少兵.冷却介质对铝合金轮毂铸造工艺与使用性能的影响[D].秦皇岛:燕山大学,2014.
- [7] 贺斌,李显达,胡平,等.基于数值模拟和3D打印的热冲压模具随形水道设计制造研究[J].机械工程学报:2016,52(19):180-188.