

精铸桨转式大型沾浆桶的研发

王玫君 吴 桐 朱朋达 张庆武 张鹏伟
(中航工程集成设备有限公司)

摘 要 沾浆设备的尺寸决定了精密铸造工件的规模,大尺寸型壳沾浆设备的设计在我国仍待开发。介绍了一种直径大于2 m的桨转式大型沾浆桶的研发过程。首先分析了实际要求,提炼设计要点;结合有限元技术,进行了流场分析;最终研发得到桨转式大型沾浆桶的具体结构。

关键词 精密铸造;沾浆桶;结构设计;有限元分析

中图分类号 TG249.5 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.011.025

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research and Development of Paddle-rotated Slurry Tank for Investment Casting

Wang Meijun, Wu Tong, Zhu Pengda, Zhang Qingwu, Zhang Pengwei
(AVIC CAPDI Integration Equipment Co., Ltd.)

Abstract: The size of slurry tank determines the scale of investment castings, and the design of slurry tank for large-scale shell is still a technical gap in China. The research and development process of a paddle-rotated slurry tank with a diameter >2 m was introduced. Firstly, the actual requirements were given and the design points were extracted. The flow field was analyzed based on finite element method. Finally, the specific structure of paddle-rotated large-scale slurry tank was developed.

Key Words: Investment Casting, Slurry Tank, Structure Design, Finite Element Analysis

精密铸造是一种近净成形工艺,适用于生产形状复杂、精度要求高或无法通过其他工艺加工的零件^[1]。型壳制备作为精密铸造一个重要环节,对铸件尺寸精度、表面品质及铸件合格率十分重要。

沾浆是型壳制备过程中一个重要环节,沾浆桶是用于型壳沾浆的专用设备,传统的精密铸造生产线主要面向尺寸较小且形状复杂的零件。然而,铸件尺寸不断增加,对于生产设备的作业尺寸要求不断提高,急需面向大型铸件的新型生产设备,而目前针对大型型壳的沾浆设备在国内仍待开发。传统的沾浆桶一般采用“浆固定+桶旋转”的形式,不适用于大型沾浆桶。本研究提出“桶固定+浆旋转”的方案,对新型沾浆桶的结构和关键零部件进行了设计优化,研制面向大型铸件的大型沾浆桶。

1 设计要求及参数

在保证内部悬浊液浆液均匀混合的同时,需对浆液的温度、黏度和液面高度等参数进行实时控制。浆液的

混合工艺对型壳制备具有重要影响,浆液均匀混合是保证沾浆效果的前提,沾浆桶直径增大,浆液体积增加,进一步加大了浆液搅拌均匀的难度。浆液在一定温度范围内可以保持最佳状态,过高或者过低都会导致浆液失效,因此温度直接影响沾浆效果,要求在一定的温度范围内保证温度恒定。

参数设计要求如下:沾浆桶内有效工作尺寸 $\geq \phi 2\ 500\ \text{mm} \times 1\ 200\ \text{mm}$;搅拌桨形式为对称L型;转速为0~50 r/min,变频可调;温度控制范围为20~22℃,控制精度为 $\pm 1\ ^\circ\text{C}$;配套装置为冰水系统,浆液取样装置,激光液面高度检测装置。

2 结构设计

2.1 总体方案

设计的沾浆桶用于大型高温合金铸件沾浆。桶径过大时桶体过重,常规的“桶转型”沾浆桶对轴承负荷过大,进而导致带动桶体旋转所需功率过大。对沾浆桶结构进行设计优化,创造性地提出“浆转型”搅拌方式,将

收稿日期:2022-12-28;修改稿收到日期:2023-02-04
第一作者简介:王玫君,女,1998年出生,助理工程师,北京(102206),E-mail:hit_wangmeijun@163.com
通信作者:张鹏伟,男,1982年出生,高级工程师,北京(102206),E-mail:13910308945@163.com
引用格式:王玫君,吴桐,朱朋达,等. 精铸桨转式大型沾浆桶的研发[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(11):1 576-1 578.
WANG M J, WU T, ZHU P D, et al. Research and development of paddle-rotated slurry tank for investment casting[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(11):1 576-1 578.

浆作为旋转部件,浆与传动组件相连,皮带驱动浆转动,带动浆液转动,当浆液在转动过程中不断与浆发生接触碰撞,达到搅拌效果。

2.2 整体设计

沾浆桶整体结构见图 1,主要由底座、传动组件、桶体组件、搅拌组件、冷却组件、检测组件等组成。

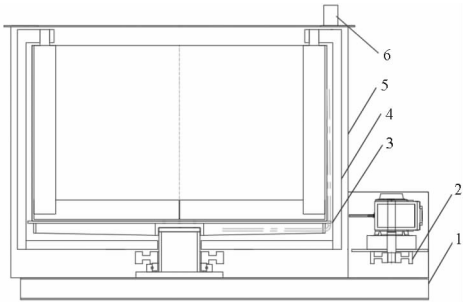


图 1 沾浆桶结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of slurry tank structure

1.底座 2.传动组件 3.冷却组件 4.搅拌组件 5.桶体组件
6.检测组件

(1)桶体组件 桶体组件主要包括内桶、外桶以及支撑桶的底托。浆液在内桶内进行搅拌,外桶起到防护作用,外桶上边缘处设置挡边,从而避免旋转过程中内桶中浆液溅出。

(2)传动组件 采用带传动方式,通过带轮将动力传给浆旋转部件,皮带传动运行平稳、有过载保护功能,结构相对简单,调整方便,两轴中心距调节范围较大。

(3)搅拌组件 搅拌组件主要由侧面挡板、底浆和浆固定架等组成,搅拌浆类型采用 L 型。

(4)冷却组件 冷却组件通过在桶壁一周缠绕冷却水管,吸收浆液搅拌过程中生成的热量,维持浆液温度在一定范围内。

(5)检测组件 检测组件包括液温、液位测量。液温检测是指浆液温度需控制在一定范围内,通过液温检测装置实时监测浆液温度,当浆液温度超过设置的温度范围则报警,并关联冷却水开关。液位检测主要是通过监测液位高低,根据液位变化调整机械手沾浆深度,从而保证型壳完全浸入浆液中。

2.3 关键零部件(搅拌浆)设计

搅拌浆是沾浆桶的核心组件,其结构形式直接影响搅拌效果。对于低、中粘度的固-液相物料混合,一般采用桨式搅拌器^[2],利用低黏度物料流动性较好的特点进行搅拌。搅拌浆由侧面挡板、底浆和浆固定架等组成,底浆通常有平直桨和斜叶桨两种形式。

在大型沾浆桶的搅拌组件的设计过程中,采取以下措施。

(1)底浆由平直桨改为斜叶式 平直叶桨(见图 2)

是典型的径向流型桨叶,不利于上部和下部液体的混合。斜叶桨(见图 3)考虑轴向流和径向流的结合,可向上推动底部浆液,防止沉淀,使搅拌混合更加均匀。

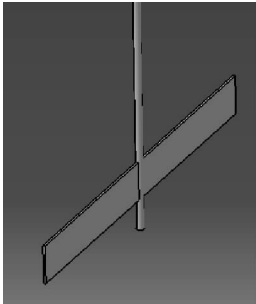


图 2 平直桨结构示意图

Fig.2 Schematic diagram of straight paddle

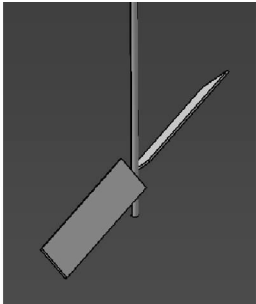


图 3 斜叶桨结构示意图

Fig.3 Schematic diagram of inclined paddle

图 4 为直叶搅拌桶轴截面速度矢量图,直叶桨属于径向流搅拌桨。可以看出,旋转桨叶在浆叶区产生径向射流,最大速度出现在叶片端部,因此叶轮端部附近的流动比较剧烈。叶片端部的水平射流在流动过程中夹带周围流体,迅速向搅拌槽边缘扩展,撞击到槽壁后,分成两股,一部分沿槽壁向上流动,大部分沿槽壁向下流动,然后转向成为径向流回到叶片根部,当流速达到一定水平时,桶中心产生上升流。

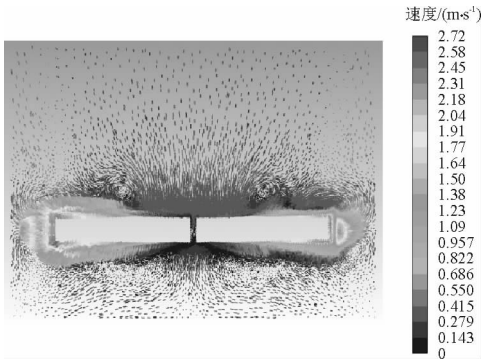


图 4 直叶搅拌桶轴截面速度示意图

Fig.4 Axial section velocity diagram of slurry tank with straight paddle

图 5 为斜叶搅拌器轴截面速度矢量图。可以看出,斜叶搅拌器最大速度也存在于桨叶端面处,但合成速度向上倾斜,尤其是在靠近搅拌浆处。说明斜叶桨产生径向和轴向分流,增加轴向流优化了搅拌器内搅拌效果,浆面对流体起上扬作用,搅拌桶内形成十分明显的循环流动,桶内流体整体混合效果更好。

(2)增加侧面挡板 搅拌槽内流体的核心运动是轴向运动^[3],为减少水流旋转运动并强化轴向运动,在浆上增加了侧面挡板。在挡板的作用下,液面凹陷问题得到缓解,切向速度减小,但径向和轴向速度增加,改善了混合效果^[4]。

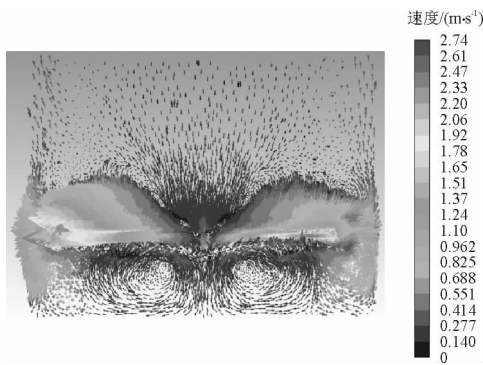


图 5 斜叶搅拌桶轴截面速度示意图

Fig.5 Axial section velocity diagram of slurry tank with inclined paddle

(3)结构设计上充分考虑设备的可用性、可维护性将搅拌组件做成可拆卸结构,在搅拌桨上部设置吊环,从而方便桨叶吊装。

3 技术特性及优势

3.1 与同类产品结构对比

设计的大型沾浆桶与传统沾浆桶结构对比见表 1。可以看出,两种桶型的区别主要体现在搅拌类型和冷却方式上。

表 1 两种桶结构对比表

Tab.1 Structure comparison of different slurry tanks

设备	搅拌类型	传动方式	桨结构	液温检测装置	冷却方式	配套设施
大型沾浆桶	浆转	皮带	旋转	非接触式	桶壁冷却	自动桶盖、内衬、在线监测装置等
传统沾浆桶	桶转	皮带	固定	接触式	浆冷却	手动桶盖、手动测量装置等

传统形式沾浆桶的皮带运动带动大皮带轮上的底托和内桶随之转动,此时内桶的浆液也会在惯性作用下转动,这种设计适用于小型浆桶,大型浆桶轴承负荷高,运行会产生巨大的摩擦力,摩擦损失在轴承内部主要转变为热量,因而致使轴承温度上升,轴承磨损严重。因此大型沾浆桶采用“浆旋转+桶固定”的方式,搅拌组件直接与传动组件相连,皮带带动浆转动,使内桶内的浆液在惯性作用下转动,浆液在转动过程中不断与浆发生碰撞,实现了桶内浆液的搅拌。与桶转的形式相比,浆转条件下轴承负荷降低,轴承寿命延长,且变速搅拌,桨叶混合更加均匀。

在冷却方式上,传统的浆内通冷却水的方式由于表面积有限,无法对大体积浆液进行冷却,而对于大型沾浆桶桶壁始终与浆液接触,并且接触面积更大,因此采用桶壁冷却的形式,在桶壁上均匀布置冷却水管,增加了冷却水与浆液的接触面积,提高了冷却速率^[5],测温

传感器实时监测浆液温度,与冷却水回路的开闭相关联。

3.2 设备技术特性

①该沾浆桶适用于大型型壳制备;②采用浆旋转的方式搅拌浆液,最大转速为 50 r/min,转速可调整;③采用桶壁冷却控制浆液的温度,避免浆液成分挥发,控制精度达 $\pm 1^{\circ}\text{C}$;④采用皮带传动,运行平稳,能够长时间运转;⑤配备液位检测装置,根据浆液液面的变化实时调整机械手的沾浆高度,保证型壳全部浸入浆液;配备测温冷却系统,采用非接触式红外温度传感器来检测浆液温度;⑥具备停转报警功能,用于检测浆液桶的机械运动;⑦在线浆液检测装备可实时监控生产过程中沾浆桶内浆液参数数据,包括浆液黏度、温度、液位,并提供故障报警功能,通过操作系统界面进行展示;⑧设计两路电源,当发生正常供电断电的情况下能够自动切换,保证浆桶继续运行,避免意外断电导致设备停止运行导致浆液在短期内凝固造成经济损失。

4 结 语

通过总结大型沾浆桶设计要求及参数,研制了一种“浆旋转+桶固定”的新型沾浆桶,对设备整体结构及组成进行了深入研究,并优化了搅拌桨等关键部件结构。

参 考 文 献

- [1] 樊振中,徐秀丽,王玉灵,等.熔模精密铸造技术在航空工业的应用及发展[J].特种铸造及有色合金,2014,34(3):285-289.
- [2] 马小欣.搅拌不同粘度溶液的搅拌器选择[J].中国新技术新产品,2016(7):63.
- [3] 周国忠.搅拌槽内流动与混合过程的实验研究及数值模拟[D].北京:北京化工大学,2002.
- [4] 周胜仁.搅拌器内流动特性的数值模拟研究[D].沈阳:东北大学,2015.
- [5] 王磊,胡文茂,窦锦娇,等.一种用于浆液降温的冷冻交换系统:中国,CN207365538U[P].2018-05-15.

(编辑:彭瑾)

欢迎关注
“特种铸造”
微信公众号



- 微官网
- 行业动态
- 联系我们
- 微商城
- 铸造前沿
- 免费推广
- 本刊会议
- 经典案例
- 铸造职场
- 收录动态
- 铸造学堂
- 产品库
- 稿件系统
- 专利与发明
- 企业库