· 特种铸造 Special Casting ·

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.01.013

精铸型壳智能柔性生产线规划设计与应用

徐世龙,张庆武,白晓松,张鹏伟
(中航工程集成设备有限公司,北京 100011)

摘　要:为了提高型壳制造品质和生产效率,改善人工作业环境,便于生产管理,规划设计了面向精铸型壳智能生产线系统架构,并描述了其关键技术及实现方法;搭建了以高度柔性化机器人为中心、配有感知功能的淋砂机、沾浆桶、干燥线等为主体关键设备,以 PLC 控制、数据采集、上位机管控、物联网等测控系统为手段的智能化型壳生产线。结果表明,可以提升型壳制造水平和传统制壳线的智能化升级改造,并提供有力的技术支撑和示范参考作用。

关键词:精铸;制壳线;智能生产;机器人
中图分类号:TG249　　文献标识码:A　　文章编号:1000-8365(2021)01-0043-03

Design and Application of Intelligent Flexible Production Line for Investment Casting Shell Mold

XU Shilong, ZHANG Qingwu, BAI Xiaosong, ZHANG Pengwei
(AVIC CAPDI Integration Equipment Co., Ltd., Beijing 100011, China)

Abstract: In order to make the shell mold production high-quality and efficiently, improve the working condition for the worker, and manage the manufacture easily; in this article system framework of the intelligent flexible manufacturing production line facing shell mold of Investment Casting is designed. Its implementation contents, key techniques and implementation methods are described. The production line is made based on the center of the flexible robot, integrated key Equipment with sensors including rainfall sanders, slurry tanks, primary/secondary drying lines etc., and measuring and controlling system using the method by PLC、SCADA、host computer and IOT etc. It provides an important reference value and plays an exemplary sole for making new shell production line or reforming old line.

Key words: precision casting; shell mold production line; intelligent manufacturing; robot

型壳制备作为精密铸造生产流程中的关键工序,对铸件尺寸精度、表面质量、后期铸件成品率至关重要[1]。目前,我国铸造厂多采用传统生产模式,存在设备分散、资源浪费大、生产效率低、人为干预多导致质量不稳定、人工劳动强度大,尤其粉尘作业环境对人体伤害较大等问题,整体制造水平仍然较低[2]。而智能化生产就是将自动化、柔性化设备基础上与智能传感技术及管控平台相结合,提高生产柔性、快速响应和制造能力,提升品质和效率,已满足多品种生产需求挑战。本文作者结合多年铸造厂房规划设计和自动制壳设备开发经验,开展了面向精铸型壳智能制造规划设计研究,通过实践证明,提出的技术规划路线可为制造商新建自动制壳线、传统制壳线智能化升级改造、质量及生产管理水平提升等方面提供有力的技术支撑和示范参考作用。

收稿日期:2020-08-02

作者简介:徐世龙(1982-),吉林长春人,硕士,工程师.主要从事制造装备及智能制造相关技术设计开发方面的工作.电话:15011421309, E-mail:XSL010116@163.com

1　总体技术路线

精铸型壳是由预湿用硅胶、粘浆料和砂料按照一定顺序涂覆于铸件蜡模表面并经多层交替干燥再涂装形成面层壳、过渡层和背层壳的一种物料[3]。通常情况下,面层和背层中砂料颗粒度大小和浆料成分不同。不同蜡模或铸件,型壳制备工艺也存在差异。根据型壳制备工艺及铸造厂产品类型特点,以型壳智能化制造为核心,在工厂新建制壳智能化生产线,设计了型壳智能生产单元规划路线,如图 1 所示。主要从降低工人作业强度并结合多品种蜡模类型便于进行识别生产与管理角度作为出发点,设计以智能装备为载体的柔性生产单元和生产测控管理系统,同时针对生产过程数据采集、识别与报警等数据流进行逻辑上设计,实现蜡膜型壳在制备工艺过程零失误,并有效避免各类安全事故发生。通过对生产过程可视化监测、实时数据采集与分析,结合物料识别设备的引用实现生产智能防错[4]。通过引入智能互联检测设备,确保生产设备对型壳智能化生产的安全确认。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

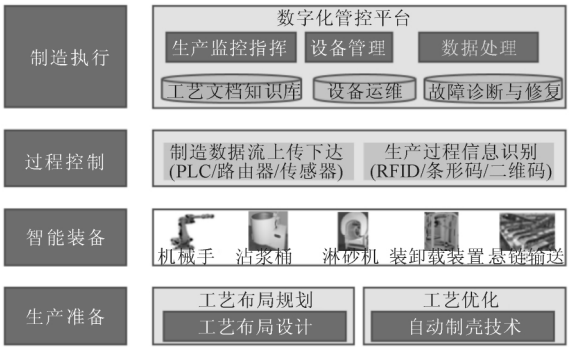


图 1 型壳智能生产线技术路线框架图

Fig.1 Roadmap framework of shell intelligent production technology

良好的工艺布局能够提高生产效率，节能减排，实现生产平衡，图 2 为 X 厂制壳生产单元工艺布局及系统组成图。主要以工业机器人为核心，上 / 下料装置、沾浆桶、淋砂机、预湿桶、双层悬链干燥线等组成的主体工艺设备以及测控系统构成制壳线生产单元。

2 关键智能化元素

上 / 下料装卸载装置、机械手、悬链干燥线、沾浆桶、淋砂机等设备自有控制系统，是执行机构；管控平台作为决策机构，是真正让执行结构变“聪明”的关键因素；温湿度传感器、液位传感器、料位计、温度传感器、位置传感器等检测识别传感器让单元拥有“感知”能力，型壳智能生产就是让这些设备根据传感感知结果结合过程逻辑控制和内部工艺和设备知识数据库进行自主决策的过程，从而获取高品质高效率模壳。

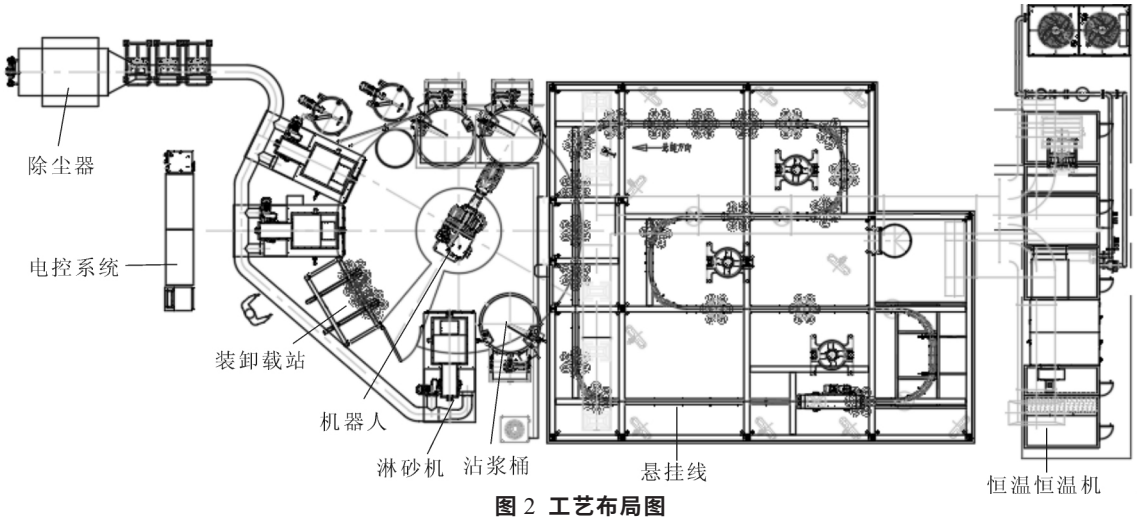


图 2 工艺布局图

Fig.2 Process layout

2.1 智能装备

工业机器人以其高度柔性化、易集成化等特点的工业生产中得到广泛应用，它的出现彻底解放了工人。根据制壳工艺要求，通常选用重复定位精度≤±0.5 mm 的 6 轴工业机器人，其末端负载、工作半径根据工件结构种类、重量、沾浆桶和淋砂机、干燥线层数量进行优化选择，其中为了满足工艺要求，末端执行器须具有无限旋转功能。装卸载装置主要用于蜡模上线和型壳出线，可以通过辅助设备实现工人轻松作业。淋砂机和沾浆桶作为主体智能工艺设备，其上分别装有砂位传感器、接近开关、液位传感器、温度传感器等传感监测仪器仪表，如图 3 所示，通过与机器人系统集成，实现自动柔性生产。

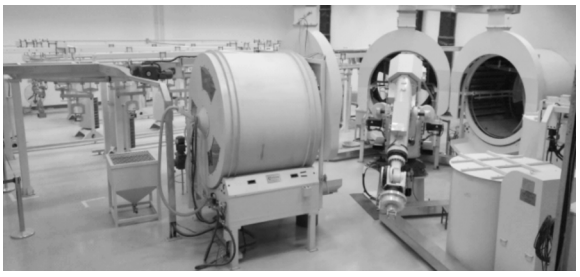


图 3 关键智能装备

Fig.3 Key intelligent Equipment

2.2 过程控制系统

过程控制系统通常是由 PLC 控制系统和生产过程物料识别系统组成，如图 4 所示。

PLC 逻辑控制系统已是现代工业设备控制中通用的控制手段[5]，在智能生产单元中其处于承接功能，上接上位机提供的生产指令，向下控制装卸载装置、沾浆桶、淋砂机、机械手以及悬链等实体设备启动、运行、停止以及异常报警，并将采集到的数据信息发送给上位机系统，供其进行数据处理、展示与决策。通常采用如西门子等知名品牌的 PLC 作为核心控制器件，通过 Profibus-DP 现场总线与机械手控制系统、RFID 识别系统等主从通讯，实现机器人完成各种生产动作[5]，同时与其他传感器识别系统关联，实现数据采集和异常信号反馈。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

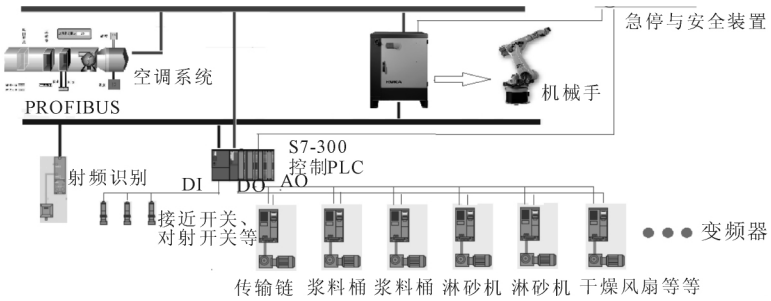


图 4 智能制壳生产线拓扑图

Fig.4 Topology diagram of intelligent investment shell production line

物料识别系统是指通过 RFID、视频、条形码扫描装置等对干燥线悬链或型壳挂架上的电子标签、条形码、二维码等标识进行识别的一种物联网技术，可将生产线上的物料、设备、工装、人员、工艺数据等进行唯一身份绑定识别，在上料位、干燥、型壳出线等过程中通过对身份自动识别、匹配以及运行，实时呈现或掌控型壳当前状态，并能起到防错效果。图 5 为干燥线上的条码扫描装置。

2.3 数字化管控平台

数字化管控平台是通过上位机系统实现，作为一个生产单元的“大脑”，是在 Wincc 环境下搭建，并运行于 Windows 7 操作系统下，具有型壳生产跟踪功能和型壳生产管理、设备管理等功能。图 6 为软件控制及数据监控图形用户界面。通过界面操作可以实现生产任务下发、设备运行监控、故障提示报警、工艺管理、设备运维管理、生产数据管理、生产效率、绩效展示等。还可快速查询设备相关信息、历史故障等；并且通过厂内局域网连接，上级管理人员能够在办公室即可随时监控现场生产情况。工人可通过物料识别装置在上位机软件对工件工艺进行编辑，对设备故障进行判断分析操作，同时也可以通过操作界面直观掌控生产进度如当前某工件在干燥线处于哪个位置及质量情况，达到基于时间空间准确掌握产品的生产动态以及各种生产要素的状态，实现生产透明化，管理可视化[5]。同时基于生产设备和工艺的知识库，在生产过程中发生技术与质量问题，智能采取应对措施，实现提升生产效率、质量及降低成本的目的[6]。利用服务器存储和备份功能，可以对历史数据进行追溯。



图 5 干燥线上条码扫描装置

Fig.5 Barcode scanner in the Drying line

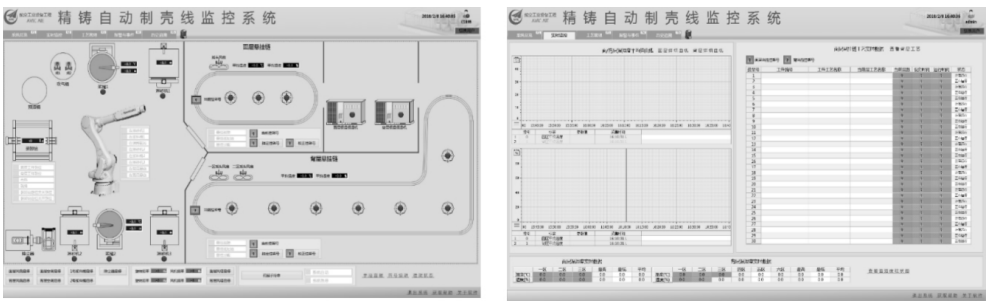


图 6 软件控制及数据监控界面

Fig.6 Software control and Data monitor GUI (Graphical User Interface)

3 结语

根据经验总结，设计了基于精铸制壳线的智能制造技术框架，依据框架指导，搭建了以工业机器人、沾浆桶、淋砂机、装卸载及悬链干燥线等智能设备为主体，结合过程控制系统和上位机制造执行系统的智能制壳生产线，实现了具有依据不同蜡膜执行结构能够对工艺进行快速响应匹配、质量一致性好、生产效率高、操作简单生产管理直观可视等特点的生产模式，为相关生产线的搭建提供了重要参考意义。

参考文献：

[1] 熔模铸造编写组. 熔模精密铸造(上册)[M]. 北京：国防工业出版社，1981.

[2] 王付. 熔模铸造涂料制壳自动线设计研究 [J]. 铸造技术，1992(4)：24-27.

[3] 张令涛，曲道奎，徐 方. 智能制模壳自动化生产线的设计与实现[J]. 仪器仪表学报，2007(4)：28.

[4] 李艳鹏. 焊装智能柔性化生产线规划与实践[J]. AI 制造业，2017(7)：22-25.

[5] 冯春雨，白晓松，张鹏伟，等. 精铸自动制壳线控制系统的应用研究[J]. 机电信息，2019(20)：42-43.

[6] 单继东，王昭阳. 航空发动机智能制造生产线的构建技术研究[J]. 航空制造技术，2016，59(16)：52-56.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net