

ABB机器人在等离子熔炼系统中的应用

肖雄, 李勇, 王欢, 吴喜龙, 王金营, 贺小塘, 赵雨*

(贵研资源(易门)有限公司, 贵研铂业股份有限公司 稀贵金属综合利用新技术国家重点实验室, 昆明 650106)

摘要: 介绍了 ABB 机器人的硬件组成和软件系统, 通过程序编辑、修改和位置教学的功能介绍, 阐述了 ABB 机器人在等离子熔炼炉中的自动控制及对生产带来的便利和效益。

关键词: ABB 机器人; 等离子炉; 硬件组成; 软件系统; 程序编辑; 自动控制

中图分类号: TF355.2, TP242.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2017)S1-0169-05

Application of ABB Robot in Plasma Smelting System

XIAO Xiong, LI Yong, WANG Huan, WU Xilong, WANG Jinying, HE Xiaotang, ZHAO Yu*
(Sino-Platinum Metals Resources (Yimen) Co. Ltd., State Key Laboratory of Advanced Technologies for Comprehensive Utilization of Platinum Metals, Sino-Platinum Metals Co. Ltd., Kunming 650106, China)

Abstract: The hardware composition and software system of ABB robot were introduced. Through the introduction of program editing, modification and location teaching, the automatic control of ABB robot in plasma melting furnace and the convenience and benefit to production are expounded.

Key words: ABB robot; plasma furnace; hardware composition; software system; program editing; automatic control

铂族金属是一种稀有但重要的资源, 大量用于减轻化石燃料驱动的汽车排放造成的环境污染。因此, 回收铂族金属具有很大的环境效益^[1-5]。我国铂族金属二次资源回收利用产业正处于蓬勃发展时期, 技术水平、装备能力都有了显著提升, 与国际贵金属巨头公司的差距正在不断缩小。贵研资源(易门)有限公司等离子熔炼系统使用等离子体高温熔炼技术, 它可以很好地从失效汽车尾气催化剂和其它废料中以富集金属合金的方式回收铂族金属, 使贵金属更好地循环利用。

目前机器人正广泛应用于工业领域。ABB机器人在工业领域最具竞争力的是为用户提供整套解决方案, 能为客户带来价值和很好的服务。ABB机器人高水平的机械灵活度和角度、运动精度、抗碰撞性, 适用于工业环境复杂的场合, 以减少人为干扰, 保障产品质量, 提高生产效率^[6-8]。等离子炉熔炼富集中, ABB机器人承载着等离子炉熔炼系统的高

温、危险的体力劳动, 实现了等离子体热量的均匀化分布。

1 ABB 机器人控制系统简介

1.1 硬件结构

1.1.1 机器人结构

ABB 机器人是由机械手、控制系统、伺服驱动系统和检测传感装置构成, 是一种仿人操作, 自动控制、可重复编程、能在三维空间完成各种作业的机电一体化生产设备。机器人和控制系统^[9]如图 1 所示, 其中 Axis1(轴 1)在底座摆动整个机械手; Axis2(轴 2)和 Axis3(轴 3)是互相配合移动机械手, 实现向前、向后、向上和向下移动; Axis4(轴 4)沿着轴 3 的 Z 轴旋转; Axis5(轴 5)以轴 4 为中心旋转, Axis6(轴 6)是工具末端, 用于拿取等离子枪。

收稿日期: 2017-06-07

基金项目: 云南省国际科技合作项目(2015IA033)。

第一作者: 肖雄, 男, 工程师, 研究方向: 贵金属二次资源回收。E-mail: 371828715@qq.com

*通讯作者: 赵雨, 男, 高级工程师, 研究方向: 贵金属二次资源回收技术研究。E-mail: 306736970@qq.com

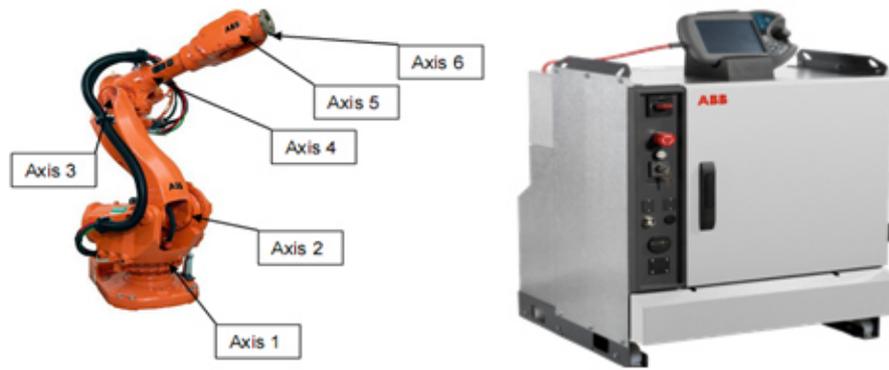


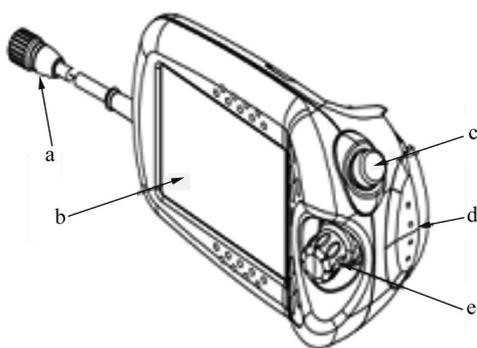
图 1 机器人和控制系统

Fig.1 Robot and control system

机器人 6 杆开链机构组成运动三维空间,理论上可达到运动范围内任何一点。六转轴由直流伺服电机驱动,电机速度用编码器精确地控制。为了承担更大的负载,每个电机都带有一个减速箱,有利于及时刹车。机器人运动精度可以达到正负 0.05 mm 至正负 0.2 mm。机器人示教器拥有三位按钮,用于维修时使用;机器人带有平衡气缸和弹簧,防止机械碰伤和设备意外伤害;机器人带有串口测量板(SMB),测量板自带 6 节可充电的镍铬电池,用于储存程序和运动数据^[9-12]。

1.1.2 控制系统

控制系统由机器人计算机板、控制运动与输入/输出通讯,存贮板、选项板插槽,通讯板、示教器(Teach Pendant)等构成^[10]。示教器如图 2 所示。



a. 连接器; b. 触摸屏; c. 紧急停止按钮; d. 使能装置; e. 三维操纵杆

图 2 示教器

Fig.2 Teaching pendant

示教器是 ABB 控制系统中的人机接口系统,它具有人机交互功能,用于处理与机器人系统操作相关事件。示教器由窗口键、菜单键、功能键、运动键、数字键、导航键、急停键等构成。通过它可

以实现机器人点动操作、在线编辑、修改和调试程序,对计算机系统进行软件备份、恢复等维护工作,同时还提供故障报警和故障处理等提示信息^[11]。操作人员利用它可以预知控制系统故障,对 ABB 机器人进行维修和维护等工作,以便因系统故障而引起的停机,缩短设备检修时间,提升等离子炉熔炼效率。

1.2 伺服系统

伺服系统^[10-11]如图 3 所示。

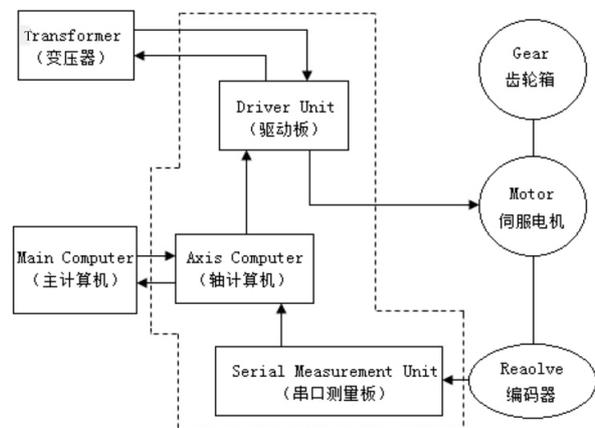


图 3 伺服系统

Fig.3 Servo system

伺服系统由伺服电机、编码器、齿轮箱、驱动板、轴计算机、串口测量板、变压器、主计算机等组成。伺服电机内部的转子是永磁铁,驱动器控制的三相电形成电磁场,转子在此磁场的作用下转动,同时电机自带的编码器反馈信号给驱动器,驱动器根据反馈值与目标值进行比较,调整转子转动的角度,且通过编码器计算精度进行精确的位置控制。

1.3 软件系统

ABB 应用系统使用 FlexPendant 或 RobotStudio 来操作和管理机器人。FlexPendant 最适合用于修改程序，如位置和路径，而 RobotStudio 适用于配置、编程及其它与日常操作相关的任务，它具有所见即所得的功能，可使机器人的应用更简便、快捷，其次是不不断扩大机器人的使用领域^[9-11]。等离子熔炼系统中，ABB 机器人的控制采用 FlexPendant 实现程序的现场修改、路径跟踪和位置教学，应用程序存放于示教器的存储器中。系统控制程序，只允许存在一个主程序，所有例行程序与数据无论存在于哪个模块，全部被系统共享，所有例行程序与数据除特殊定义外，名称必须是唯一的。应用程序(Program)关系^[11]如图 4 所示，由 Main module(主模块)、Main routine(主程序)、Program data(程序数据)、Program modules(程序模块)、Routines(例行程序)、System modules(系统模块)、System data(系统数据)等组成，它们由主程序管理和调用。

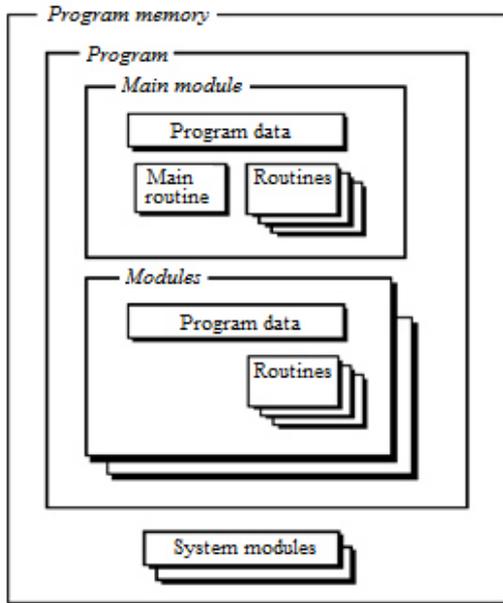


图 4 应用程序关系

Fig.4 Application relationship

2 ABB 机器人在等离子熔炼炉中的应用

2.1 程序编辑、修改和位置教学

ABB 机器人在等离子炉熔炼系统中的优势，它可以通过示教器对整个机器人的控制进行编程、修改、路径跟踪和位置教学、手动操控、控制单个轴、线性点动和旋转任何轴。操纵杆通过按钮选择不同

的维度空间，对生产现场进行有效控制，轴旋转、线性运动或者对 6 个轴的全部控制，可以选择移动：a) 轴 1、2 和 3；b) 轴 4、5 和 6；c) 旋转；d) 线性运动^[11-13]。手动控制可以自由组合机器人的轴运动，让其在 X、Y、Z 方向上进行三维运动。正是由于 ABB 机器人具有以上功能，所以它能快速响应生产需求，对等离子炉的位置精准定位，为连续运行等离子炉提供强有力的保障，增加贵金属富集的运行时间，提高贵金属的回收效率。

2.1.1 程序编辑、修改在等离子炉中的应用

等离子炉熔炼回收贵金属的特殊性，对控制系统的要求非常严格，它不但要满足生产的连续性、快速性和精准性，而且还要满足熔炼系统的稳定性。为了满足以上要求，ABB 机器人可以通过程序编辑器满足生产需求，程序编辑器如图 5 所示。



图 5 程序编辑器

Fig.5 Program editor

如果生产现场受外界因素的影响，且对等离子熔炼系统造成一定的破坏，这时 ABB 机器人可以快速地解决以上问题，通过点击 Program Editor 按钮，进行路径跟踪和位置的修改；如果要选择熔炼轨迹，点击 Debug 按钮，选择运行程序，显示屏中出现梯级号，梯级号区域有两个程序指示针，第一个程序指示针是一个黄色箭头，是等离子枪所在位置；第二个 ABB 机器人指针，即动作指针(MP)等离子枪上次位置。确定现场位置和机器人位置后，按 pp to cursor 按钮^[14-16]，查找等离子枪精准位置，定位程序选择，就可以执行等离子枪的程序，将等离子枪按运动轨迹快速投入使用。这是目前其他设备和机器人无法比拟的，它具有储存位置和引导位置的功能，使整个熔炼更加快捷、方便，满足等离子熔炼贵金属连续生产的要求。

2.1.2 位置教学

等离子熔炼炉的复杂性就决定了控制系统的适

应性范围要广,在自动控制领域,模糊控制能很好地解决此类问题,但是需要建模和专门的计算机软件,才能控制位置的模糊性,相比复杂的控制系统,ABB 机器人控制是最明智的选择,它预先载入一个模糊程序,该程序包括常规的位置和数据。根据等离子熔炼的变化,选择程序编辑器来检查和教学等离子枪的位置,从而更好地满足等离子体热量的均匀分布,提供贵金属富集所需热量,从而节省熔炼成本,提高等离子炉富集铂族金属二次资源的回收率。

2.2 等离子炉系统中的实际应用

2.2.1 控制轨迹最优化

等离子炉采用了 ABB 控制与 ControlLogix 控制平台相结合,代表了当今自动化发展的新趋势,从传统单一的 PLC 和 DCS 控制模式演变为 PLC 和 DCS 融合发展的控制模式,它采用梯形图和结构文本相结合的编程语言,对 AB-PLC 进行应用程序编写^[17-19],完成等离子炉熔炼系统的联锁控制。ABB 机器人在等离子熔炼炉中,利用 ControlLogix 和 Robot Ware 编程和组态,通过 AB-PLC 远程调用 ABB 控制主程序,再由主程序管理调用子程序,从而使等离子枪 1 和 2 在规定的轨迹自动运行(轨迹如图 6 所示)。

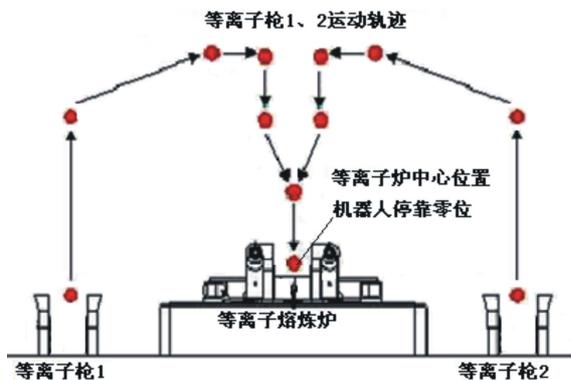


图 6 等离子枪运动轨迹

Fig.6 The trajectory of the plasma gun

等离子熔炼过程中,ABB 机器人控制等离子枪沿着运动轨迹行驶,可以精准定位每一个关键点,误差可控在 ± 0.05 mm,达到等离子炉中心后,为等离子熔炼提供最佳条件。

2.2.2 控制方式最优化

等离子炉熔炼失效汽车尾气催化剂过程中,等离子枪火焰温度可达 10000℃,使物料瞬间熔化,

逐渐变成熔池,形成稳态环境,所以要求等离子炉是微真空状态,这就要求等离子枪入口处口径要足够小,但是要保证炉子的热量和均匀融化物料,等离子枪还要做旋转运动,这样才能保障物料的熔化和熔池的温度,它是兼容稳定性和响应快速的自动控制,经过设备的选型和自动控制的最优模式,ABB 机器人可以满足以上需求。

2.2.3 ABB 机器人在等离子炉熔炼的应用

ABB 机器人在等离子炉熔炼中,取代了传统的行车前后左右上下 6 个方向的轨迹运动,而且还融入了关键的旋转加热功能。

正常生产时,机械人控制等离子枪在等离子炉的中心处,通过远程控制的数据监测与采集系统(SCADA)调用程序来控制机器人。此时,由罗克韦尔 PLC 程序命令机器人执行设定程序,使用 integer 选择运行程序,用一组数据控制它们的进程^[19-21]。操作人员根据所需的熔炼温度:可以实时调整等离子枪的高度,让其在垂直位置上下运动;可以实时调整等离子枪的旋转角度,让其在炉内做匀速圆周运动,使其热量均匀分布,有利于铂族金属的富集,提高等离子炉富集铂族金属二次资源的回收率。

非正常情况下,由于等离子枪是等离子熔炼的直接能量来源,等离子枪本身供给温度超高,所以工作一段时间后需要更换,但是更换时又不得影响连续生产,ABB 机器人完美地实现了以上要求;如遇突然停电,ABB 机器人反映灵敏,它可以自行启动刹车,让其等离子枪不会掉入熔池中,避免爆炸事故,提高了操作人员的安全性。

2.3 使用效果

目前,贵研资源(易门)有限公司用 Factory Talk View 组态并统一实现人机界面控制机器人,在人机界面上方便、快速地进行等离子枪 1 和枪 2 的启动、停止和自动更换,确保等离子炉内温度不迅速变化,有效地避免了操作人员直接接触高温(1700℃左右)和繁重的体力劳动、高压触电和热辐射等活动。在中控室,操作人员通过人机界面执行各种操作指令,方便地控制机器人,可以迅速地改变等离子枪的高度、旋转角度,进行圆周加热运动,从而高效均匀地分布等离子枪发出的热量,提高等离子熔炼炉回收失效汽车尾气催化剂富集金属回收效率。

3 结语与展望

ABB 机器人成功地实现了等离子炉的自动化

生产,它承载着等离子熔炼系统的核心控制。ABB 机器人以高可靠性,稳定性和精准性成功地解决了等离子炉的热量分布。实际生产进一步表明,使用 ABB 机器人可以提高产品的回收率和降低铂族金属的回收成本,提高等离子炉的使用效率,降低操作人员误操作带来的风险,减少用工成本,减少等离子熔炼炉的电损耗等。当前,自动控制技术在贵金属加工行业中起着越来越重要的作用,贵研资源(易门)有限公司正构想让机器人替代操作人员摆脱繁重劳动和简单的重复劳动,以及替代人到有辐射、强腐蚀、高温等危险环境中进行作业。由此可见,机器人必将对加快企业发展和提高企业竞争力起到举足轻重的作用。

参考文献:

- [1] 韩守礼, 吴喜龙, 王欢, 等. 从汽车尾气废催化剂中回收铂族金属研究进展[J]. 矿冶, 2010, 31(2): 80-83.
HAN S L, WU X N, WANG H, et al. Research progress on platinum group metals recovery from spent automobile catalyst[J]. Mining and Metallurgy, 2010, 31(2): 80-83.
- [2] 贺小塘, 郭俊梅, 王欢, 等. 中国的铂族金属二次资源及其回收产业化实践[J]. 贵金属, 2013, 34(2): 82-89;
HE X T, GUO J M, WANG H, et al. Reviews of platinum group metals secondary resource and recycling industries in china[J]. Precious Metals, 2013, 34(2): 82-89.
- [3] 张方宇, 李庸华, 张邦安, 等. 从废催化剂中回收铂族金属的方法: CN94118736.5[P]. 1994-11-30.
ZHANG F Y, LI Y H, ZHANG B A, et al. Recovery of platinum family elements from waste catalysts: CN94118736.5[P]. 1994-11-30.
- [4] 张方宇, 王海翔, 李耀星, 等. 从重整废催化剂中回收铂、铼[J]. 中国物资再生, 1999(2): 2-4.
ZHANG F Y, WANG H X, LI Y X, et al. Recovery of platinum and rhenium from the reforming waste catalyst[J]. Chinese material regeneration, 1999(2): 2-4.
- [5] 贺小塘, 李勇, 吴喜龙, 等. 等离子熔炼技术富集铂族金属工艺初探[J]. 贵金属, 2016, 37(1): 1-5.
HE X T, LI Y, WU X N, et al. Study on the process of enrichment platinum group metals by plasma melting technology[J]. Precious metals, 2016, 37(1): 1-5.
- [6] J M 霍兰. 机器人概论[M]. 北京: 新世界出版社, 1985.
- [7] F 科依费特, M 奇罗兹. 机器人技术导论[M]. 湖南: 国防科技大学出版社, 1991.
- [8] 顾震宇. 全球工业机器人产业现状与趋势[J]. 机电一体化. 2006, 12(2): 6-10.
GU Z Y, Industrial robots: global actualities and trends[J]. Mechatronics, 2006, 12(2): 6-10.
- [9] ABB User'S Guide[Z]. Sweden, 2007-2012.
- [10] ABB product Manual[Z]. Sweden, 2007-2012.
- [11] ABB Rapid reference[Z]. Sweden, 2007-2012.
- [12] 朱力. 目前各国机器人发展情况[J]. 中国青年科技, 2003(11): 38-39.
ZHU L. Current development of robots in different countries[J]. Science and China Youth Technology, 2003(11): 38-39.
- [13] FRED G MARTIN. 机器人探索-工程实践指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [14] 杜志俊. 工业机器人的应用及发展趋势[J]. 机械工程师, 2002(5): 8-10.
DU Z J. A survey of industrial robots in their application and development[J]. Mechanical engineer, 2002(5): 8-10.
- [15] 方建军, 何广平. 智能机器人[M]. 化学工业出版社, 2004.
- [16] 朱世强, 王宣银. 机器人技术及其应用[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001.
- [17] 杜志俊. 工业机器人的应用将越来越广泛[J]. 机电国际市场, 2002(1): 20-22.
DU Z J. The application of industrial robots will be more and more extensive[J]. Machinery & electronic products market, 2002(1): 20-22.
- [18] 朱浩翔. 工业机器人及其应用[J]. 装备机械, 2003(4): 11-12.
ZHU H X. Industrial robots and their applications[J]. The magazine on equipment machinery, 2003(4): 11-12.
- [19] 石庚辰. 微机电控制系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [20] 胡寿松. 自动控制原理简明教程(2 版)[M]. 北京: 科学技术出版社, 2008.
- [21] 郑阿奇. 罗克韦尔 PLC 应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.