

# ZA45高铝锌基合金半固态浆料制备研究

田银兰 陶 彧 蒋惠萍 陈敏君 覃介甜

(百色学院 广西 百色 533000)

**摘要** 高铝锌基合金是一种新型多系列铸造合金。该系列合金比重小,熔点低,机械性能好,耐摩擦性能好,工艺性能优越。在许多场合都可以替代巴氏合金和铜合金,已逐渐成为重要的替代合金。半固态触变成形技术是一种继承了铸造和锻造工艺综合优势的近净成形技术。与铸造相比,半固态触变成形技术具有设备寿命长、成形温度低、精度高、力学性能高、组织均匀等优点。为此,对ZA45高铝锌基合金半固态浆料的制备进行研究,以促进高铝锌基合金半固态加工技术的应用。

**关键词** 高铝锌基合金; 半固态; 触变成形

**DOI** 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.06.1117

半固态成形技术是近年来发展起来的一项新技术。其优点是材料的形成温度较低,设备的摩擦磨损在形成过程中很小,设备的使用寿命很长,获得的零件的尺寸精度高,材料浪费少,产品的组织密度和力学性能较高,可接近或达到锻件的性能,整个半固态成形所需的温度相对较低,在半固态成形过程中,随着金属结晶潜热的释放,节约了能源,降低了成形温度,有效地提高了生产效率<sup>[1]</sup>。ZA45高铝锌基合金具有硬度高、抗拉强度高、阻尼好、摩擦系数小、摩擦温升低的优点,在工业上,它已经部分取代了青铜、黄铜、灰口铸铁,甚至球墨铸铁和其他结构材料,在模具材料等领域的应用也在不断发展和扩展,它是一种在国内外发展迅速的新型合金<sup>[2]</sup>。因此,充分地研究ZA45高铝锌基合金半固态浆料制备,对提高ZA系列合金零件的力学性能、优化零件组织具有重要的意义。

## 1 ZA45高铝锌基合金半固态浆料的制备

研究发现,不同铝含量的高铝锌基合金的高温力学性能,合金的抗拉强度、硬度和伸长率均随着铝含量的增加而逐渐增大<sup>[3,4]</sup>。在室温下,ZA45高铝锌基合金综合力学性能最佳,因此在熔炼过程中降低熔炼温度,防止元素氧化和烧损。样品采用金属模具(铸铁)浇铸,浇铸温度为650℃,浇铸温度不宜过高,过高的温度会导致晶粒粗化。为便于观察,制定半固态浆料制备技术路线,如图1所示。

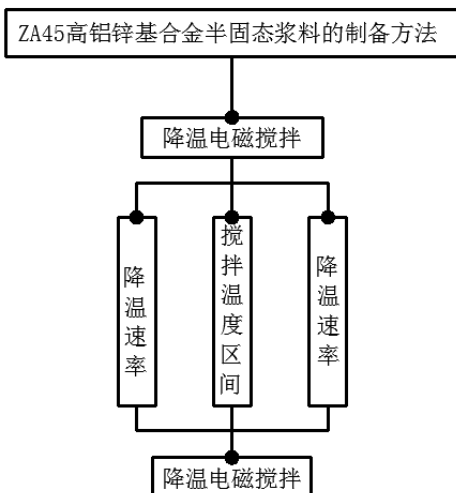


图1 半固态浆料制备技术路线

### (1) 实验设备

实验设备是电磁搅拌装置,其组成是电源控制柜、水冷电感、水风冷装置。模具中熔化的金属液上会有电感产生的磁场发生,并与熔化的金属液发生相对运动。感应电流在熔化的金属中产生。电流与电感器产生的电磁场相互作用产生电磁力,电磁力促进熔融金属的运动,如图2所示<sup>[5]</sup>。

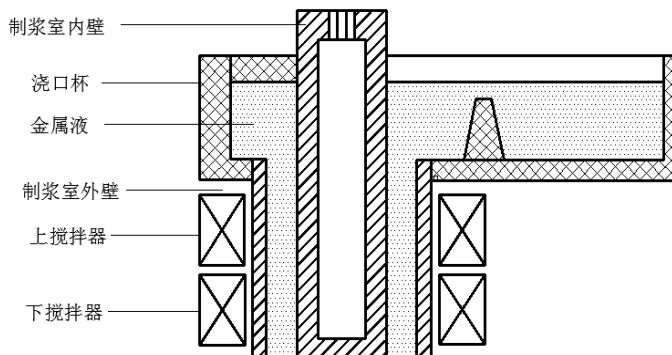


图2 复合电磁搅拌器示意图

### (2) 实验方法

采用多向电磁场增加熔体的紊流来抑制和控制成核。同时,为了提高剪切搅拌效果,在制浆室中心放置芯棒,见图2<sup>[6,7]</sup>。采用这种方式制备ZA45高铝锌合金半固态浆料,可以得到均匀、细小的半固态组织。电磁搅拌制备半固态浆料的主要优

点有:无污染,交变磁场与熔体的能量作用属于无接触转换,电磁能直接转换成金属熔液的动能,是一种没有污染的加工方法;电磁搅拌的电磁感应的各项参数都可以人为精确的控制,便于工艺优化;浆料在交变的磁场的作用下,做整体运动,不存在搅拌死角,可以对浆料进行全方位的搅拌。

### (3) 降温搅拌

在实验过程中,浆料的制备的电磁搅拌方式主要有三种:①先静置后搅拌,先静置熔体,使温度缓慢降温至液固两相区,然后开始搅拌,直到浆料制备完成;②先搅拌后静置,在高于液相线温度开启后搅拌,至稍高于液相温度停止搅拌,然后令熔体缓慢降至所需要的温度;③全程搅拌,在高于液相线的温度点开始搅拌,直到熔体降温至固液两相区所需温度<sup>[6]</sup>。

### (4) 熔体降温速率的控制

为了避免反馈系统在控温方面的迟滞性,将炉膛预热至不同温度后,要关闭仪器加热功能,令盛放金属液的坩埚在炉膛中自然冷却,通过金属液与炉膛初始温度差的不同控制冷却速率。将ZA45高铝锌基合金高铝锌基合金高铝锌基合金高铝锌基合金放入坩埚中,加热到合金彻底融化后,除渣、静置,设置三个炉膛的温度预热点,待金属液相温度稳定后,将盛放有金属液的坩埚从电阻炉移入电磁搅拌炉膛中,关闭电磁搅拌仪器自带的加热功能,令金属熔体在顶部炉盖和冷却水这两个散热途径下自然降温。炉膛的预热温度越低,金属熔体与外界的温度差越大,降温速率越快。

### (5) 电磁搅拌的参数

实验过程中需要对电磁搅拌仪器的两个参数进行控制,搅拌频率和搅拌强度。搅拌强度体现的是电磁场向熔体中输入的能量多少,是正弦曲线的波峰高值。搅拌频率体现的是磁感线对熔体的“穿透力”,也就是搅拌效率的高低,实质是通过缠绕在硅钢片上线圈内交变电流的变化频率,控制的是交变电流正弦曲线单位角内的震动次数。实验过程中,将搅拌频率固定在90% (仪器能够设置的最大值),在冷却速率、搅拌温度区间不变的情况下,设置搅拌频率点。

### (6) 降温电磁搅拌对半固态浆料的质量影响

金属熔体从高温降至固液两相区最后成为半固态浆料的过程,涉及冷却速率、搅拌温度区间、搅拌频率等诸多变量。冷却速率过快、搅拌温度区间过窄,初生相有可能因为得不到充分的搅拌而无序生长,导致浆料质量不均匀。冷却速率过慢、搅拌温度区间过宽,则会延长浆料制备周期,增加生产成本。

半固态浆料搅拌过程是一个热量不断从熔体向坩埚壁散失的过程,由于搅拌开始时坩埚与熔体之间存在温度差,在搅拌引起的强烈混合对流作用下,熔体的液相转为固相过程中潜热不断从坩埚侧壁释放。在电磁搅拌工艺中,通过控制降温速度、搅拌温度区间和搅拌频率,能够制备出数量众多、尺寸均匀的球状初生相。随着熔体降温速度的放缓,初生相的尺寸和形貌越来越好,晶粒之间的粘接能够得到明显改善。随着搅拌温度区间的扩大,初生相的尺寸变化规律是先减小后增加,形貌规整程度一直增加。随着搅拌频率的增加,初生相的尺寸变化规律是先减小后增加,形貌规整程度无明显变化规律<sup>[7]</sup>。

## 2 高铝锌基合金半固态加工技术的应用

半固态浆料中初相的大小、均匀性、形状和分布直接影响着半固态浆料的后续工艺和最终产品质量。因此,在采用电磁搅拌技术制备半固态浆料时,应有效控制非枝晶的形成。

半固态浆料具有成型光滑、无湍流和飞溅、温度低的优点,并能释放部分结晶温度,这样可以减少热对灌装装置特别是模具的冲击,大大提高模具寿命。同时,半固态浆料凝固时间短,可以提高生产效率。结果表明:半固态浆料成型零件表面光滑,内部组织致密,晶粒尺寸细小,力学性能高,铸件尺寸精度高。由于半固态浆料的流动能力较低,因此半固态浆料可用于形成结构复杂、速度快的零件。另一方面,半固态浆料粘度高,可与颗粒或短纤维均匀混合,制备出金属基复合材料。半固态触变成形技术存在流程较长、坯料制造成本高等问题,但它的适用范围广阔,可以用于各种难铸造、难变形高铝锌基合金以及复合材料的加工成形。尽管汽车的轻量化促进了半固态加工技术的应用,但是与全世界每年消耗2000多万吨高铝锌基合金相比,半固态高铝锌基合金所占的比例还非常小,这主要与制备半固态坯料的成本以及市场容量有关。

## 3 总结

目前,关于高铝锌基合金熔炼工艺及强化技术的研究已经取得了一定的成果,这为高铝锌基合金的进一步发展及推广奠定了基础。随着市场竞争的日趋激烈,如何充分的发挥传统金属材料的潜在性能,并降低生产成本,是企业而言是必须要思考的问题,因此,对于高铝锌基合金在半固态浆料的制备方面还需要深入研究。而与传统热加工、塑性变形相比,半固态成形技术的优势更加明显,半固态成形技术已经成为当今冶金材料工业的重大前沿课题之一,因此,充分地研究高铝锌

基金半固态浆料的制备、探索其变形规律,对全面掌握高铝锌基金半固态成形过程,优化合金组织、提高合金的力学性能具有重要的研究意义。

#### 参考文献

- [1] 牛海侠. 半固态A357铝合金的触变性能研究[J]. 黑河学院学报, 2019, 10(08): 210-212.
- [2] 邹勇志. 高铝锌合金的相变与热物理性能研究[D]. 广西大学, 2004.
- [3] 曹凤江, 张俊杰, 谭建波, 李洁静. 压铸工艺参数对半固态ZA43合金组织及力学性能影响[J]. 铸造技术, 2018, 39(09): 2023-2027.
- [4] 闫淑卿. 微合金化及不同冷速作用下ZA48合金的微观组织、性能研究[D]. 郑州大学, 2009.

[5] 王培培. 螺旋推进一斜坡冷却法制备半固态坯料装置设计及过程模拟[D]. 哈尔滨工业大学, 2008.

- [6] 刘占勇, 左孝青, 钟子龙, 李威威. 半固态触变挤压对ZA27合金组织和力学性能的影响[J]. 材料工程, 2017, 45(06): 17-23.
- [7] 徐骏, 田战峰, 曾怡丹, 张志峰, 石力开. 铝合金半固态加工技术的应用研究[J]. 特种铸造及有色合金, 2007(S1): 334-338.

#### 作者简介:

田银兰, 1998年1月, 女, 汉族, 广西乐业, 本科, 材料成型及控制工程。  
项目: 2019年自治区级大学生创新创业训练计划立项项目(201910609077)

## 基于石油化工产业的产教融合实训基地建设的研究

吴巍

(辽宁石化职业技术学院 辽宁 锦州 121000)

**[摘要]**为了持续推进现代职业教育的发展,各大职业院校必须对原有的教育目标及教育模式进行深化改革。在这种情形下,产教融合实训基地的建设为职业院校培养应用型和技术型人才提供了重要的物质保障。本文对石油化工产业产教融合的实训基地取得的建设成果和预期成效等进行了探索分析。

**[关键词]**产教融合; 校企合作四位一体

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.06.1118

国务院所颁发的《国家中长期教育发展规划纲要》已经明确指出:“以服务为宗旨,以就业为导向,推进教育教学改革实行工学结合、校企合作、顶岗实习的人才培养模式。”各大职业院校必须对原有的教育模式进行相应的改革与创新,努力探索学校与企业合作的模式开展教学。在这种教学理念下,产教融合型的实训基地是非常重要的载体与平台之一。本文结合学院现状,将对石化化工产业产教融合的实训基地目前建设成果和预期成效进行深入的研究和探讨。

### 一、院校校企合作背景

辽宁石化职业技术学院在2002年,经辽宁省政府批准,辽宁省教育厅与中国石油锦州石化公司签订校企共建办学协议,将辽宁石油化工大学和锦州石化公司职工大学合并,组建成为省内第一所政府与企业共建的省属公办独立高职院校。目前,学院和锦州石化公司校企共建实训基地已初具规模,国内领先,企业提供场地,共同投资、共同使用、共同管理。现有使用面积23952.4平方米,设备总数量1759台套,设备总值7493.2万元,其中大型运行装置30多台套。

### 二、产教融合的实训基地已取得的成果

(一)以“校企共赢”为基础,建设完成了“四位一体”功能的实训基地

按照《学院实训基地建设五年发展规划》设计思想,学院实训基地的具体建设内容分为基础建设、平台建设和核心建设三部分。

#### 1. 基础建设

基础建设内容包括:实训课程体系构建、双师型师资队伍、技能鉴定功能设计、实习实训机制建设、基地管理模式设计、实训评价体系设计六个方面,并将它们做实、做细,努力打造一个底子牢靠的建设基础。

#### 2. 平台建设

实训基地以构建实训课程体系等六大支柱为基础,搭建教学资源共享和社会服务能力两个平台。

#### 3. 核心建设

改扩建化工设备维修实训车间等6个,新建苯乙烯半实物仿真装置、常减压实训装置、油品储运与计量装置、模块化集成式自控装置、仪表维修职业技能鉴定装置、化工产品研究所和21个实训室,其设备均是针对各专业工学结合课程需求自主研发,按企业真实生产装置以一定比例缩建,采用企业真实工艺流程、DCS控制系统、安全环保,能同时供石化、炼油、自动化、机械等各专业使用,具有规模大、装置集中、多功能等特点。建设特点可以概括为:实物介入信息化型、替代物料型、自主研发型和科技服务型。

(二)以“双师素质”为主线,培养完成了适应“四位一体”需要的师资队伍

学院围绕实训基地五年建设规划,开展青年教师质量培养工程、骨干教师培养工程、兼职教师培养工程,创新了“引、聘、训、评”闭环培训系统。通过制定教师参与企业技能培训、顶岗实习及技术研发等实施方案,出台《教师实践能力考核办法》,有效促进了“双师”能力的提升。学院围绕“双师”结构和“双师”素质这一主线,以专业教学团队建设为抓手,外引内培,深化校企深度融合。

(三)以“提高质量”为目标,建设成了支撑“四位一体”方向的实训资源

为适应“工学结合”的人才培养模式,学院根据各专业教学计划所确定的课程体系及培养目标,着力调查石化行业的新需要,努力搜集生产装置新操作规程及管理新方法,来充实专业实训课程内容。选拔并培养各个专业中典型的编制案例,以点带面实现全面提高,最终开发一批基于工作过程的实训教材。

(四)以“企业模式”为标准,制定了适应“四位一体”管理的规章制度

在实训基地实施企业化管理模式,实行门禁、ISO9000管理、“6S”现场管理、目视化管理等企业化管理手段。树立了良好的对外窗口形象,形成了学院实践

教学的特色品牌。

(五)以“校企文化”为核心,营造了融入“四位一体”精神的文化氛围

在实训基地中植入企业文化气息,所有的厅廊、实训室、装置等在空间的环境设计上均体现石化企业品质、效益、共赢的文化特色,在“严谨、求实、创新、和谐”为核心价值观的校园文化和“精品、责任、执行”为企业精神的企业文化的基础上,以大庆精神、铁人精神、“三老四严”工作作风为核心,构建活力、创新、实用、特色鲜明的实验环境,营造企业文化氛围,通过形象设计、办学理念凝练,将个人价值观、学院愿景、企业理念与社会效益有机整合,构建“和精行”校企文化体系。

### 三、产教融合实训基地建成后预期成效

(一)实训基地3D软件的开发丰富了课程资源,实现了教学资源的多样性

实训基地结合教学和实践的需求,相继组织了大型装置的3D仿真软件资源开发,有效地解决了课程教学过程中存在的设备结构复杂、抽象难讲解、反应过程难理解及操作过程容易忘等难点,满足教师的教学需求和学生的学习需求,实现个性化学习。将装置仿真资源碎片化处理,以知识点为核心,细化资源结构,分离出适合学习的个性化资源,使大型资源和个性化资源相辅相成。

(二)建设共享资源平台,实现辐射引领作用

作为辽宁石油化工职教集团的牵头单位、辽宁省石油化工数字资源建设项目的牵头学校,本着服务辽宁,辐射引领的原则,积极向同类院校和行业企业适度开放企业级仿真管理平台、装置仿真软件资源,共享使用,逐步实现仿真培训的远程应用和管理。开放的资源平台解决了学习场所对学习者的限制。优质的学习资源,开放的学习空间,满足了学习者的教育需求。

(三)开发新的培训领域、拓展新的培训功能、拓宽培训服务范围

学院将充分发挥学院西区多功能实训基地的优势,与锦州石化公司联合申请中石油职工培训基地。学院充分发挥服务社会职能,强化与企业合作,为区域经济发展,为企业的转型升级、产品优化服务,实现学院专业资源的优化整合。

### 四、结束语

产教融合实训基地的建设为培养技术型、应用型人才提供了最关键的保障,是能够实现学校教学与企业人才实际需求相互对接的重要平台和载体,并且为学校的实践教学提供了重要的场所,是学校和企业共同研发实践专业课程和开发教学资源的前提。所以,不管是学校还是企业,都应该提高对产教融合实训基地建设的重视程度,采取积极有效的方式和途径解决当前实训基地构建过程中遇到的困难和难题,为推进高职院校的教育改革而努力。

#### 参考文献

- [1] 国务院办公厅. 关于深化产教融合的若干意见[Z]. 国办发[2017]95号, 2017-12-19.
- [2] 张小冰. 产教结合的生产型实训基地建设与研究[J]. 教育与职业, 2011(06): 160-162.
- [3] 陈年友, 周常青, 吴祝平. 产教融合的内涵与实现途径[J]. 中国高校科技, 2014(08): 40-42.
- [4] 王宇. 产教结合生产型实训基地建设实践与思考[J]. 职业技术教育, 2012(01): 13-14.

#### 作者简介:

吴巍(1975-),男,满族,辽宁省北镇市,大学本科,副教授,实训基地管理。

本文为辽宁石化职业技术学院2019年度学院课题(LSHYY1935)成果。