

铝灰资源化利用的自动化技术

虞铭钱 丁旭伟 王珊

湖州威能环境服务有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i4.7314

[摘要] 近年来,随着铝工业的快速发展,大量的铝灰产生量迅速增加,产生大量的铝灰,这既是对环境的污染,也是对资源的巨大浪费。废铝灰中含有多种资源,若能加以有效回收,将会有很大的开发利用价值。铝灰分类为HW48(321-024-48, 321-026-48, 321-034-48),属于有害垃圾。铝灰具有三大特征:有毒,且大部分属于危险废物;在我国,年排放量以百万吨计;有金属铝,铝化合物,有很高的利用潜力。本文以“一次铝灰球磨熔融制备铝锭+二次铝灰熔融制备铝酸钙”作为主要技术手段,利用高温分解铝灰中的氮化铝、碳化铝等有害物质,又能生产钢厂需要的铝酸钙产品,实现铝灰的减量化、资源化、无害化,同时实现可观的经济效益。

[关键词] 铝灰渣;资源化利用;自动化技术

Automation Technology for Resource Utilization of Aluminum Ash

Yu Mingqian, Ding Xuwei, Wang Shan

Huzhou Weineng Environmental Services Co., Ltd

[Abstract] In recent years, with the rapid development of the aluminum industry, a large amount of aluminum ash has been generated, which is not only a pollution to the environment but also a huge waste of resources. Waste aluminum ash contains various resources, and if it can be effectively recycled, it will have great development and utilization value. Aluminum ash is classified as HW48 (321-024-48, 321-026-48, 321-034-48) and belongs to hazardous waste. Aluminum ash has three major characteristics: toxic, and most of it belongs to hazardous waste; In China, annual emissions are measured in millions of tons; There is metal aluminum and aluminum compounds, which have high potential for utilization. This article takes "primary aluminum ash ball milling and melting to prepare aluminum ingots+secondary aluminum ash melting to prepare calcium aluminate" as the main technical means. By using high-temperature decomposition of harmful substances such as aluminum nitride and aluminum carbide in aluminum ash, it can also produce calcium aluminate products required by steel mills, achieving the reduction, resource utilization, and harmless treatment of aluminum ash, while achieving considerable economic benefits.

[Key words] aluminum ash slag; Resource utilization; Automation technology

引言

依据《强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案》国办函(2021)47号、《“无废城市”建设试点工作方案》国办发(2018)128号中指出的强化危险废物源头管控的措施中,推动源头减量化并进行污染物资源化利用。支持研发、

推广减少工业危险废物产生量和降低工业危险废物危害性的生产工艺和设备,促进从源头上减少危险废物产生量、降低危害性,同时实现危险废物资源化。

湖州地区拥有众多的铝材生产加工企业,每年会产生1.5万吨以上的铝灰渣。寻找低成本且高效的方法来利用和

处理铝灰渣,一方面将提高铝行业的经济效益,在实现资源的有效循环利用的同时,还会对实现经济、社会的可持续发展产生重要的影响。

1. 生产工艺

铝灰渣采用吨袋包装,汽车运输进厂后在原料库暂存,铝灰渣不进行人工筛选。铝灰渣首先进入铝灰渣分离生产线,使用球磨机、滚筒筛使铝、灰分离,筛选出粗铝粒和二次铝

灰渣,粗铝粒定点委托其他单位熔炼。二次铝灰渣按客户质量要求添加氧化钙粉等辅料进行配料,采用干式压球机压制成药造粒,再进入电弧炉在 1500℃ 以上高温熔化约 60 分钟,氧化铝和氧化钙发生反应,生成铝酸钙熔液。铝酸钙熔液经过钢包,在钢包中冷却成型,再按客户要求对铝酸钙进行破碎,小袋包装、吨袋包装后送入成品。

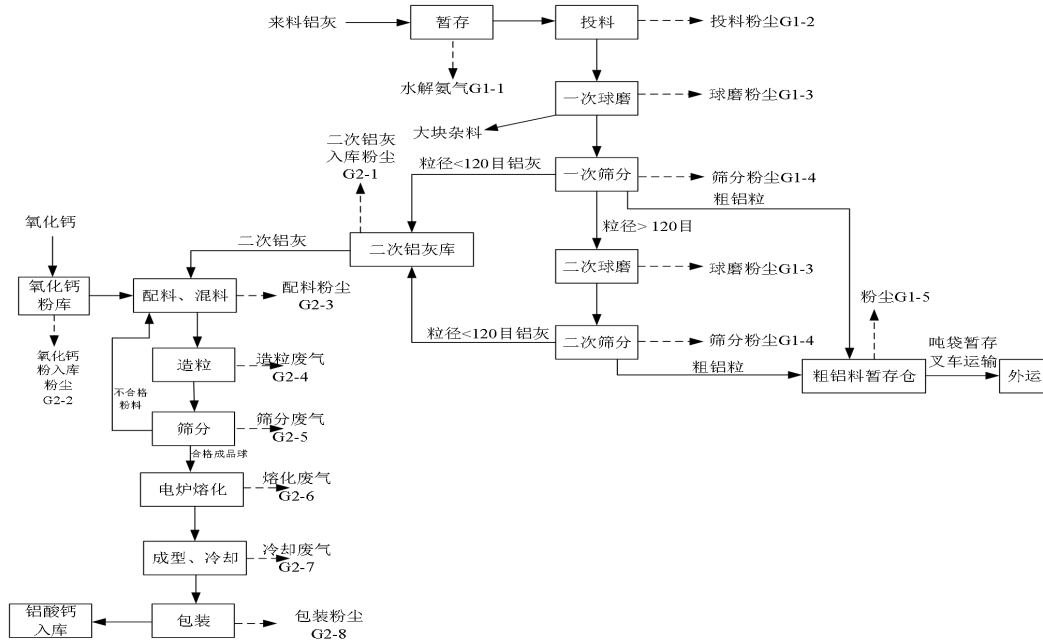


图 2-1 工艺流程图

2.1 铝灰渣分选系统

铝灰分选系统主要是利用 PLC (可编程控制器) 对铝灰分选进行自动控制,实现铝灰回收的目的。该系统的控制过程为:在控制系统中,将铝灰分选系统中的分选机、除铁机和酸洗机等设备组成一个闭环控制系统。利用铝延展性较好的特性,通过球磨机内钢球的冲击将铝灰渣中的金属铝颗粒敲成片状或不规则形状,而铝灰渣中除金属铝以外的成分即铝灰渣由于延展性不好而被进一步粉碎成细粉,再通过滚筒筛按 120 目筛分出筛上物金属铝粗铝料和筛下物二次铝灰渣细粉料。二次铝灰渣采用螺旋输送机连接气力输送送至二次铝灰渣筒仓,用于生产电熔铝酸钙使用;粗铝粒采用螺旋输送和提升机送入粗铝料仓,粗铝粒定点委托其他单位熔炼。

2.1.1 投料

通过叉车、起重机将铝灰渣吨袋吊入吨包卸料机,人工解开吨包底部扎口,关闭小门。铝灰渣从吨包底部进入吨包卸料机进口,吨包卸料机底部采用封闭管道输送设备进入球磨机进行球磨。

2.1.2 球磨筛分

球磨机为卧式筒形旋转装置,外沿齿轮传动,两仓,格

子型球磨机。物料由进料装置经入料中空轴螺旋均匀地进入磨机第一仓,该仓内有阶梯衬板或波纹衬板,内装不同规格钢球,筒体转动产生离心力将钢球带到一定高度后落下,对物料产生重击和研磨作用。物料在第一仓达到粗磨后,经单层隔仓板进入第二仓,该仓内镶有平衬板,内有钢球,将物料进一步研磨。粉状物通过卸料箅板排出,完成球磨作业。球磨的主要目的是将小块的铝灰渣完全破碎,使铝灰渣中的铝颗粒和铝灰渣完全分离,同时球磨过程由于铝单质具有较强的延展性,通过研磨可以将较小的铝颗粒挤压到一起,使铝颗粒在研磨过程中有所变大,后续更容易分选^[1]。球磨机内自带磨后筛,将大块杂料筛出通过杂料出口外排。

经过球磨的物料利用提升机进入滚筒筛进行筛分。滚筒筛的工作原理:滚筒装置倾斜安装于机架上,电动机经减速机与滚筒装置通过联轴器连接在一起,驱动滚筒装置绕其轴线转动。当物料进入滚筒装置后,由于滚筒装置的倾斜与转动,使筛面上的物料翻转与滚动,使细物料(筛下产品)经滚筒后端底部的出料口排出,粗物料(筛上产品)经滚筒尾部的排料口排出。由于物料在滚筒内的翻转、滚动,使卡在筛孔中的物料可被弹出,防止筛孔堵塞。物料在进出滚筒筛

会有粉尘产生。设置2套球磨、筛分系统,为串联使用,大部分铝灰渣经过2次球磨、筛分,可以达到下一步加工标准,少量不合格铝灰渣,采用螺旋输送送入返料料仓进行第二遍和第三遍加工,筛选出铝粒上残留的铝灰渣,分级粒度均为150目上下。

2.1.3 铝灰渣分选系统物料传送

原料铝灰渣通过叉车、起重机将铝灰渣吨袋吊入吨包卸料机,铝灰渣从吨包底部进入吨包卸料机进口,吨包卸料机底部采用封闭输送设备送入进入球磨机进行球磨。球磨后,由密闭管道输送至滚筒筛进行筛分。筛分后,粗铝粒由输送带送至吨包,再通过叉车转运至粗铝粒暂存车间;二次铝灰渣通过气力输送至二次铝灰渣筒仓内。

2.1.4 铝灰渣分选系统设备集气

吨包卸料机:吨包卸料机四周及顶部均为密闭状态,仅有吨包吊带进出槽无法密闭。在吨包卸料机进料口顶部设置集气口。

球磨机:球磨过程为全封闭作业,物料在进入球磨机时,输送管和球磨机转筒间有大约1cm间隙无法做到全密闭。企业在此间隙外设置全包围式集气罩,可大大降低该处外溢无组织粉尘。

滚筒筛:筛分过程为全封闭作业,物料在进入筛分机时,输送管和筛分机转筒间有大约1cm间隙无法做到全密闭。企业在此间隙外设置全包围式集气罩,可大大降低该处外溢无组织粉尘。

2.2 电熔铝酸钙生产系统

电熔铝酸钙工艺的工艺流程包括:原料储备、配料,混料、造粒、电弧炉熔化、成型,冷却、包装。在该控制中,要监测原材料制备及配料、电炉熔炼、焙烧等各环节的工艺参数,并将相关数据反馈至DCS,从而达到对生产全过程的控制。

在电熔铝酸钙生产系统中,采用DCS实现了以下几个方面的目标:通过对生产线的实时监测,及时地发现和解决问题。同时,利用DCS系统,可以对生产过程中的各种参数进行闭环控制,确保了整个生产流程的正常运行。此外,DCS还具有汇总、分析、处理和自动控制等功能^[2]。

2.2.1 原料储备

铝灰渣分离后的二次铝灰渣通过气力输送至二次铝灰渣筒仓内,采购粒度0~3mm的氧化钙粉状物料,使用普通粉体罐车运输,并采用气力输送贮存在氧化钙粉筒仓。

2.2.2 配料、混料

二次铝灰渣和氧化钙通过仓底螺旋计量秤按用户质量要求采用DCS控制进行精确配料,集中进入螺旋输送机送至双

轴搅拌机中进行充分混料。

2.2.3 造粒

混料后的二次铝灰渣和氧化钙,从造粒料仓依靠重力进入干式压球机进行压球造粒,造粒粒径25~35mm。压球机成品球进入筛分机将粉料筛出后输送至成品球仓生产电熔铝酸钙,筛出的粉料采用输送设备返回造粒料仓。

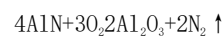
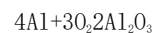
2.2.4 电弧炉熔化

经过干式压球机造粒制成的成品球由密闭式斗式提升机送入成品球仓,在经过提升机、皮带机输送至炉顶料仓,根据生产需要定量放料至直流电弧炉,依靠电弧炉两根电极之间产生的电弧进行加热熔炼,熔融温度根据产品成分要求不同控制在1380~1450℃之间,完全熔融后,采用打眼机将电弧炉侧面的出料口打开,将熔融物料放出至中间包。熔化工序会有熔化废气产生。

主反应:



副反应:



电弧炉采用加盖设计,工作时全密闭,成品球通过管道输送进入电弧炉,电弧炉废气由通气口抽风至废气处理设施。

投料时间约20分钟,加热时间约60~90分钟,出料时间约30分钟,每批次约2小时。平时生产时炉盖不打开,仅在设备检修时打开。电弧炉熔融废气大部分由通气口抽风送至废气处理设施,降低了废气无组织排放量。

2.2.5 成型、冷却

将全部熔融的铝酸钙熔液从电弧炉匀速流放到中间包内,通过中间包上的出口将溶液分布在钢包上冷却成型后,经过脱模破碎形成颗粒状铝酸钙(4~45mm),出来后提升至熟料库。

2.2.6 包装

将成品通过熟料库底部的带式输送机送至小袋包装秤料仓,小袋包装后采用皮带输送至吨袋包装机包装,包装工序会有包装粉尘产生。包装后的产品运送至产品仓库。

3. 铝灰资源化利用的自动化技术分类

3.1 物理处理技术

由于铝灰渣中所含的铁、铜、铝等元素的物理特性与铝渣相似,所以通常采用铝灰渣作为原料,并对其进行物理加工。目前主要采用的是磁选和浮选两种方法。

磁力分选:基本原理是利用磁场将金属微粒集中起来,从而达到分选目的;浮选方法是利用浮选过程中金属和非金

属元素的浓度差异进行分选的。其基本原理是:在一定的磁场作用下,金属微粒在水里所受的浮力而进行分选;但是,由于铝灰渣中含有大量的铁、铜和铝等金属粒子,所以浮选不能得到充分的分离。

3.2 化学处理技术

铝灰中的金属如铁、铜、铝等,在特定的浓度下,可以发生化学反应,生成氢氧化亚铁、氢氧化铜、氢氧化铝等金属化合物,它们与铝灰中的碳、硅、铝等发生反应,生成固体或液态产品,达到从铝灰中分离金属的目的。

化学处理工艺要有一定的条件,如铝灰的化学反应要有合适的温度、压力和时间;为了使铝灰中的金属得到再利用,在反应完成后,还需除去铝灰中的铁。一次铝灰的处理技术一般包括炒灰法、回转窑处理法、等离子速溶法、电选法及机械筛分法等;二次铝灰的处理技术主要有脱氮化处理、脱氟处理和脱硅处理。资源化利用则是在不损伤环境的基础上,通过物理或化学的方式将废弃物作为原料再次利用,从而达到无害化处理的目的^[3]。

3.3 生物处理技术

利用微生物吸附铝灰中的金属离子,从而达到循环再利用的目的。在特定的条件下,微生物可以降解铝灰,因此,生物法是一种新型的铝灰处理工艺。目前应用最多的是细菌与真菌,前者对污染物的选择能力强,降解速率快;而真菌的生长速度较快,寿命也较长。而生物法是一种对温度和湿度非常敏感的工艺,在铝灰的资源化过程中必须严格控制。

4. 自动化工厂的意义

随着时代的发展和进步,国际间的贸易和科技交流不断加深,电气自动化在工业生产中的有效运用,可以提高我国的工业生产能力,促进我国工业行业健康发展,也对我国工业行业增强国际竞争力有重要意义^[4]。

(一) 工业电气自动化对信息化发展具有促进作用

我国的工业生产活动中,需要运用不同的自动化设备对整个生产过程进行控制和监视,使各种生产设备可以在工业生产中保持良好的在工作状态,保证工业生产的连续进行,进而保证工业产品质量。所以,电气自动化的发展和壮大是我国工业生产发展和壮大的根基。我国工业化时代在时间上要先于信息化时代,如果我国没有顺利实现工业化,那么信息化时代也不会顺利实现。因此,信息化与工业化二者之间有密切的关系,工业自动化的健康发展就是将信息化与工业化同步发展,二者共同作用,既可以帮助传统的工业企业摆脱落后的生产模式,还能够加快工业企业的信息化建设,以促进我国工业企业的全面电气化。目前我国的工业企

业中已经全面实现了机械化作业,电气自动化与机械化作业相比,可以有效减少失误率,其操作基础为计算机网络和软件,与信息化操作基础一致,因此,发展工业电气自动化能够有效地促进信息化的发展,信息化的发展壮大也会带动电气自动化发展。

(二) 电气自动化有利于工业企业实现节能减排

目前我国大力提倡节能减排,对工业生产也提出了相关环保要求。电气自动化生产厂家也增加了电气设备环保功能研发。例如:在配电方案设计上,在电气自动化设备设计上注重配电方案设计,不但可以保证设备在生产中可以减少电能浪费,节约生产企业的电力成本,也保证了电气设备在工业生产中运行的稳定性,还符合我国的能源可持续发展要求。

总结

我国铝灰量大、品种多、资源丰富,将其资源化是解决这一难题的关键。目前,我国每年产生铝灰超过一亿吨。铝灰中含有大量的氧化铝和氧化钙,其主要成分是CaO和MgO,除此之外还含有Fe₂O₃、SiO₂等多种物质。以铝灰为原料制取高质量CaO,可使其对环境无二次污染。铝灰的回收是实现铝灰产率的源头控制,降低生产成本的有效途径。同时,对铝灰中的有害组分进行资源化处理,使其成为一种廉价的产品。由此可见,铝灰的回收利用是一项极具发展潜力的环境友好型工艺。着科技的进步,我国的工业企业已经全面实现机械化,但是由于机械化限制因素较多对于工业企业发展有一定的阻碍,所以为了保证工业企业的稳定发展,工业企业必须要发展电气自动化^[5]。工业企业的电气自动化将工业化和信息化有机结合,通过共同作用,以实现工业企业的稳步发展。在我国铝灰资源化利用研究领域中,自动化技术可以发挥重要作用。

[参考文献]

- [1]王珣,陈开斌,王莹玮,等.DCS控制系统在铝电解大修渣无害化处置中的设计与应用[J].世界有色金属,2020(21):1-3.
- [2]王之.铝灰处理及资源化利用技术的发展现状[Z].生物化工,2023,9(3):186-189.
- [3]冯玉香.铝灰渣综合利用项目环境影响评价编制要点分析[Z].化纤与纺织技术,2023,52(7):16-18.
- [4]马顺成.电气自动化在工业生产中的重要性与发展方向的研究[J].科技信息,2011(33).
- [5]陈万法,崔宁,刘岚.关于我国电气自动化的现状与发展趋势[J].科技创新与应用,2012(14).