

动力电池组件粉末涂装的应用现状及发展趋势

李航, 唐力明, 倪晨阳

(中国联合工程有限公司, 杭州 310051)

摘要: 随着国内新能源电动汽车行业的快速发展,其动力电池组件的粉末涂装产业近年来也迅速增长。相比于一般粉末涂层的要求除装饰性及耐候性外,动力电池组件的粉末涂层还需具备抵抗高压击穿的特性,因此对粉末涂层的厚度要求更高,通常达到 200~300 μm 。本文主要分析了动力电池相关部件粉末喷涂的工艺及特点,并阐述了当前应用现状及发展趋势。

关键词: 动力电池; 粉末喷涂; 涂装工艺

中图分类号: TQ639

文献标志码: A

文章编号: 1007-9548(2024)12-0035-03

Application Status and Development Trend of Powder Coating of Power Battery Components

LI Hang, TANG Li-ming, NI Chen-yang

(China United Engineering Corporation Limited, Hangzhou 310051, China)

Abstract: With the rapid development of the new energy electric vehicle industry, the powder coating industry for its power battery components has also an sudden growth. Compared to the decorative and weather-resistant requirements of general powder coatings, powder coatings for power battery components also need to have high voltage breakdown resistance. Therefore, the coating thickness for power components is higher, usually reaching 200~300 micrometre. The article analyzed the process and characteristics of powder coating for power battery related components, and expounded on the current application status and development trends powder coating for power battery related components.

Key words: battery; powder coating; coating process

在动力电池的粉末喷涂行业中,金属基材需要较厚的粉末涂层来保证绝缘稳定性,膜厚要求范围为 200~300 μm ,喷涂后的产品需要通过高压击穿测试,耐压性能大于 35 kV/mm,通常导致失效的位置发生在涂层厚度不足处,这就要求涂装生产线对各个工艺环节有更高的控制,每个环节关键参数的波动都会最终导致涂层质量的不稳定,从而导致产品良率下降。

1 动力电池组件粉末涂装工艺和特点

1.1 动力电池组件粉末喷涂工艺

动力电池组件中的液冷管由铝合金制成,针对铝

合金工件的自动化涂装线的常规工艺主要有:自动上件→前处理(预脱脂→脱脂→纯水洗 1→纯水洗 2→新鲜纯水洗→吹水)→水分烘干→水分强冷→第一道喷粉→胶化红外→胶化烘干→胶化强冷→第二道喷粉→固化红外→固化烘干→固化强冷→自动下件。动力电池组件中的电池包由铝合金及铁制成,针对复合材料工件的自动化涂装线的常规工艺主要有:前处理(酸洗→碱洗→纯水洗 1→纯水洗 2→纯水洗 3→成膜→纯水洗 4→纯水洗 5→纯水洗 6→吹水)→水分烘干→水分强冷,喷粉之后工艺同上,如果对膜厚的均匀性有更高的要求,可额外增加一道喷粉。该类型生产线还配备有输送系统、纯水机组、冷热水机组及废水废气处理系统。

各工艺设备的功能如下:1)自动上下件设备通过

收稿日期: 2024-09-03

作者简介: 李航(1994—),男,硕士,工程师,主要从事涂装设备设计工作。E-mail: lihang@chinacuc.com。

机器人或抓取机构取代人工重复性的搬运工作;2)前处理设备主要由水泵、过滤器、换热器及喷淋室体构成,工件经过含药剂的溶液清洗油污及除锈,再由纯水喷淋将工件表面电导率降低至不影响粉末涂层的质量;3)水分烘干设备主要由烘房及加热单元组成,烘房内温度需达到 200 ℃,能将工件表面及内部微通道内的水分完全蒸发;4)强冷设备由强冷室体及空调机组组成,可将工件快速降温至固定温度;5)粉末喷涂设备主要由粉房、往复机或机器人佩带喷枪、大旋风装置、过滤装置及供粉系统组成,粉末经过喷枪静电处理后附带电荷,通过静电效应吸附至工件表面;6)红外设备通过不同波段的红外输出,迅速让工件表面粉末达到熔融状态;7)胶化及固化烘干设备主要由烘房及加热单元组成,粉末进一步在热空气对流环境中进行胶化及固化反应;8)自动输送设备负责携带工件通过各个工艺段;9)纯水设备将自来水进行过滤浓缩,生产出低电导率的纯水用于前处理设备;10)废水及废气处理设备对生产线产生的废水及废气进行处理,使之达到当地排放标准。

1.2 动力电池组件粉末喷涂特点

1)粉末膜厚要求高,相比于工程机械及一般工业涂装对于涂层的装饰性及耐候性的要求,动力电池组件更注重绝缘的功能性。而粉末膜厚在超过 150 μm 时出现不良表现的概率更高,如流挂和橘皮。这是因为粉末涂层膜厚在达到 150 μm 左右时,与工件的接地导电能力会显著下降,导致静电吸附能力不足,粉末无法均匀地附着在工件表面。

2)粉末涂层均匀性要求高,动力电池组件在喷涂完成后,工件均需要经过高压击穿检测,即工件需连接高压测试是否漏电,这就要求工件的全部喷涂区域膜厚不可太薄,否则会被高压击穿造成产品不合格,也不可太厚造成电池其余组件安装配合精度不合格。

3)粉末用量大,动力电池组件的粉末涂装通常采用连续式输送机,较厚的膜厚以及连续不间断的生产模式都注定了巨大的粉末消耗量,对涂装产线的稳定性也提出了更高的要求。

4)洁净度要求高,洁净度体现在前处理对工件清洗的洁净程度,即无油和电导率低,以及对产线整体的洁净度高要求,产线需采用全封闭设计,减少任何外在的灰尘对产品洁净度的污染。

5)自动化程度高,由于较大的粉末用量及工件产量,对粉末喷涂及工件上下件要求最大程度的自动化以减轻人工作业的负担。

2 动力电池组件粉末涂装应用现状

受益于国内新能源汽车的快速发展,动力电池组

件的粉末喷涂应用也愈加广泛,其涂装生产线因场地、产量、工件尺寸不同,当地安监环保政策体现出了高度的非标准化。目前我国涂装厂家在其产线设计能力、加工制造水平及海外出口方面优势明显。但涂装产线中新工艺的研发以及关键的设备如喷枪系统、红外加热系统等,国内自主品牌与国外知名厂家相比差距仍然明显。

2.1 涂装设备自动化程度高

动力电池组件由于工件结构相对单一,从工件上件至输送机后的前处理、烘干、强冷、粉末喷涂已实现全过程自动化。粉末喷涂设备配合往复机或机器人可以实现喷涂过程的无人化,自动供粉系统可以实现远端传输粉末至喷涂设备,操作人员无需进入喷涂作业粉末环境中。根据工件结构设计工装挂具,可实现工件自动组挂、遮蔽以及上下件。但由于动力电池组件膜厚高,粉末用量大,对应粉末喷涂设备耗材消耗周期短,设备维护要求高,尤其是国产喷涂设备,对易损件和耗材的消耗量明显高于进口品牌。

2.2 涂装设备能耗高

涂装车间作为工厂的能耗大户,动力电池组件的涂装由于其绝缘粉末的特性导致其能耗也是居高不下。前处理药剂槽溶液的加热量、水分烘干及固化烘房温度大于 200 ℃的所需要的热量,以及必要的红外设备所需的热量累加动辄上千 kW,导致动力电池涂装产线运营成本很高。

2.3 涂装设备模块化程度高

动力电池粉末涂装因各个工艺段相对独立,设备通常被预制加工为单独的模块,方便运输及现场安装。前处理的水槽在工厂完全加工完成并进行试漏测试,前处理棚体内部管路及喷头均全部预制,烘房保温壁板按照货车或集装箱尺寸搭建,加热单元及空调的模块化已经非常成熟。高度的模块化助力出口,以更少的人工、更高的效率完成安装。但即使模块化程度已经很高,仍少不了大量的风管、管路拼接,工厂各大车间中涂装车间的设备安装时间仍最长,安装难度也最大。

2.4 粉末喷涂设备安监消防要求高

由于粉末与空气按一定比例混合后遇明火会发生燃爆,对于喷涂设备的安监和消防必然是各地方安监及消防部门关注的重点。我国相继颁布国标规范,对防爆分区及相应安监设备、消防设备要求做出明确规范。但不同的地区对于规范又有不同的解读,导致安监及消防的配置很难标准化,且存在部分生产企业为了降低投入成本而减配的情况,这大大滞缓了国内高端安监及消防设备的发展,导致涂装出口必须被动选用国际品牌的安监消防系统,不利于我国涂装与国际化接轨。

3 动力电池组件粉末涂装发展趋势

我国《新能源汽车产业发展规划(2020—2035)》中提出到2025年新能源汽车新车销量占比达到20%，2035年，纯电动汽车成为新销售车辆的主流，公共领域用车全面电动化。除了国内自主品牌外，传统车企也逐步在新能源电动车市场发力，动力电池相关组件的粉末涂装预期在未来几年仍会蓬勃发展。

3.1 智能制造

设备智能化是实现高端涂装的重要途径。动力电池的粉末涂装虽已经实现了自动化，但在一些关键工艺段设备的联动上仍有发展空间。比如在线膜厚检测技术和喷涂设备参数自动调节相结合，喷涂设备如喷枪在使用中，其供粉气压值会随着粉泵输粉管的磨损而发生波动，在动力电池组件的粉末涂装中由于粉末用量大导致此问题更加明显，如果可以通过在线膜厚检测技术实时将工件表面粉末涂层的厚度变化反馈给喷枪系统进行参数修正，就不需要频繁地进行人工干预，如果此技术能得以实现则可以大幅减少设备工程师的工作量及提高产品良率。

3.2 绿色环保

涂装产线会产生废水、废气以及固废，满足当地排放标准是涂装的必要条件。未来相关部门会对环境保护的要求更高，涂装发展会从工艺及设备两方便进行

变革。发展出更清洁的药剂及粉末以减少污染物的产生，研发出更高效的废水、废气及固废处理设备。

3.3 信息追溯

动力电池组件因其功能的特殊性，涉及到车辆及人身安全，当发生产品不合格的情况，要求可以追溯涂装过程中的关键参数值。但受限于如今工业PLC的处理能力，并不能真正实现全过程追溯。更适用于涂装的可视化追溯技术，与当今数字孪生、物联网、云制造相结合是涂装的发展趋势。

3.4 质量把控

对于动力电池组件的涂装质量，不应局限于涂装本身，对涂装上下游工艺的更高颗粒度的掌控会更有利于提高涂装质量。在经过涂装之前包括铝型材的钎焊、氦气检漏、以及中转过程、经过涂装之后的高压测试都应视为涂装质检的一环。产品全过程质量把控是未来动力电池组件涂装发展的必然趋势。

4 结语

动力电池组件粉末涂装水平的提高极大地推动了我国新能源电动汽车行业的发展。随着动力电池组件粉末涂装需求的增加，在生产实践中，应向高端涂装看齐，加强涂装出口，与国际涂装接轨，促进我国涂装工业的发展。

(上接第34页)

4.2 重防腐涂料小批量调色设备配置

在确定涂料调色方案和服务供应商后，还需选择安全、环保措施充分合规的室内现场作为调色操作间，操作间内进行了防渗地坪施工，配置可燃气体报警装置，具有VOC气体捕集管道，并纳入工厂VOC处理实施进行集中处理并达标排放。小批量调色设备于2022年7月份完成引进、安装、调试工作。在接通了传输网络后，涂料配方可从供应商远端进行调用，设备配置完成后，具备了重防腐涂料小批量调色应用的硬件条件。

4.3 重防腐涂料小批量调色应用范围确定

为推进项目实施，由工艺技术部门、施工部门与涂料供应商，讨论了项目实施目标和范围，为验证现场调色生产质量稳定性、控制调色设备前期风险，确定了现场调色涂料主要用于项目施工过程中因库存不足导致的紧急涂料需求、项目构件用漆量小或特殊颜色的构件涂料、小批量使用的铭牌、LOGO涂料，并在完成调色设备、调色涂料质量可靠性验证后，逐步进行推广应用。

4.4 重防腐涂料小批量调色生产应用

由施工现场物资部门、施工部门、涂料供应商三方

约定，不改变制造工厂原涂料申购及领用流程前提下，补充了小批量调色涂料申购及领用实施办法。根据施工需要，施工部门在2022年8月至2023年8月，实现涂料小批量现场调色达到8000L以上，满足了多个项目部件紧急涂料使用需求，并全面推广了颜色多样、用量极少的铭牌、LOGO涂料小批量调色生产。小批量调色涂料供货周期由常规工厂采购涂料的7~15d缩短至1d内完成供应，确保了项目制造周期可控，并实现了项目完成后涂料材料无剩余目标。

5 结语

通过开展重防腐涂料现场小批量调色，可有效提升港口机械制造重防腐涂料供货保供能力，减少因供货不足、不及时导致的生产延误，可避免因临近交期紧张施工阶段，涂料超量采购而导致产品交付后涂料材料的剩余，降低施工材料消耗成本，减少涂料材料专业贮存仓库成本。因此，在重防腐港口机械制造工厂现场设置小批量一体化调漆系统，推广应用现场调色技术应用，可有效实现涂料保供能力及涂料成本控制能力的提升。