

电动汽车导入时涂装车间电泳烤箱改造方案探究

李海霞

(北京奔驰汽车有限公司,北京 100176)

摘要: 本公司计划导入一款电动车型,与传统车型相比,电动汽车下边梁结构更复杂。本文对烤箱改造方案进行逐步探究,并同时借助烘烤仿真模拟等先进科学技术手段来验证方案的有效性,进行方案可行性研究。通过不断尝试,最终确定了优化风嘴、增加循环加热箱、延长烤箱相结合的方案。

关键词: 烤箱; 烘烤; 仿真模拟; 改造方案

中图分类号:TQ639

文献标志码:B

文章编号:1007-9548(2024)06-0045-03

Exploration on the Modification Scheme of Electrophoretic Oven in Painting Workshop during Electric Vehicles Introduction

LI Hai-xia

(Beijing Benz Automotive Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: The company plans to import an electric vehicle model. compared with traditional models, the lower side beam structure of electric vehicles is more complex. In this paper, the oven modification scheme is explored step by step, and the effectiveness of the scheme is verified with the help of advanced scientific and technological means such as baking simulation, and the feasibility study of the scheme is carried out. Through continuous experimentation, the scheme of optimizing the air nozzle, adding a circulation hot box and extending the oven was finally determined.

Key words: oven; bake; simulation; modification scheme

0 引言

涂装是汽车制造技术四大工艺之一,是指将涂料涂覆于物面上,经干燥固化成膜的工艺,主要起到保护和装饰作用。固化是工业涂装线的三大基本工序之一,是漆膜形成的重要工序,所用烤箱是涂装线的关键设备,烘干规范的选用和执行是否正确会直接影响涂层质量^[1]。由于电动车型下边梁几何结构与常规车型不同,层数增加,导致该位置电泳漆膜无法满足烘干规范要求,不能达到应有的耐腐蚀性能。烤箱改造往往停产工期长、改造成本高、影响范围大,本文拟对电泳烤箱的改造方案进行探究,制定合理科学的改造方案,对后续电动车型的导入具有很好的指导和借鉴意义。

收稿日期:2023-04-11

作者简介:李海霞(1989—),女,硕士,工程师,主要从事涂装车间烤箱、送排风规划等工作。E-mail:13810452643@139.com。

1 涂装车间工艺流程

涂装车间工艺流程为:从焊装白车身上线依次经过预处理、电泳、电泳烘干、密封胶涂刷、密封胶烘干、色漆喷涂、色漆烘干、清漆喷涂、清漆烘干、精修、注蜡等工艺过程,最后输送到总装。

2 烤箱结构与功能原理

2.1 烤箱的常规要求

质量要求:要求对车身均匀加热的加热曲线,必须达到特定的保温温度和时间,要避免形成冷凝物,不允许有“溶剂巢窝”(溶剂堆积)。

节能要求:从节能角度出发,烤箱一般都配有能量热回收装置,烤箱进出口都有与外部绝缘的气封,烤箱外表面装有隔热层避免热量损失。

清洁要求:所有新鲜空气都必须过滤,所有再循环风都必须过滤,烤箱内绝对不能有任何灰尘和脏污,传送装置不能产生磨屑,烤箱要定期进行清洁,不能使用

任何含硅树脂的材料,要特别注意加热区域的清洁状况,因为在该区域漆膜仍然是湿的。

换气要求:必须遵守干燥系统内溶剂浓度的某些限制,务必确保充分换气(换气次数直接取决于所用漆液的溶剂含量),确定每种溶剂在空气中的浓度上限(爆炸下限 LEL)。理论上,在爆炸下限的 0%~100% 范围内,工业过程可以安全地进行。然而,几乎所有的公开技术规范都要求增加附加安全系数,即将操作时的浓度限制在低于爆炸下限 25% 的范围内。

2.2 烤箱特性

2.2.1 烤箱参数

烤箱的产能由漆液类型所决定,已知所需产能后,即可计算烤箱的长度,产能已在设计期间确定。如果需要缩短烤箱长度,可将烤箱设计为双通道(两个烤箱通道并行)或降低传输装置的速度。烤箱结构参数包括:烤箱的最低/最高温度、干燥时间、传输装置速度、烤箱长度、溶剂和分解产物的数量,通过这些参数可计算热能的量、废气量和新鲜空气的量。

2.2.2 炉温曲线

若要确认温度条件是否正确,需要测量炉温曲线。漆液的精确温度只能在涂装目标物上直接测量,这也是在汽车车身上固定一个炉温仪的原因。炉温仪连同汽车车身一起通过烤箱,炉温仪包括一个耐热记录单元,配备传感器,传感器将温度传输给数据记录单元。循环完成后,可读取数据并进行评估。图 1 为炉温曲线示例。

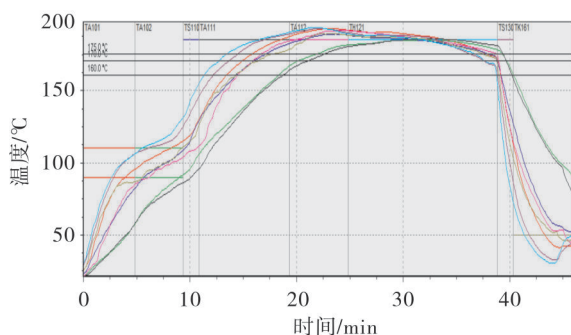


图 1 炉温曲线示例

所有的特性曲线都必须在该窗口内保持一段保温时间,与传感器的安装位置有关的不同加热时间会被记录,薄板和车顶的加热速度相对较快,门槛、地板组、底盘和立柱则需要更长的时间,各条单独的线就是各温度记录器的特性曲线,水平线显示包含最高和最低温度的温度窗口。

2.3 干燥过程

漆液和漆膜形成/干燥过程为:涂覆在车身表面上的材料将从液态变为固态,溶剂和分解产物从漆液中

挥发,只有颜料和结合剂仍附着在汽车表面上,二者的晶界互相结合,当温度足够高时,漆液将经历一个干燥以及硬化或固化过程,当漆液中的结合剂交叉结合时,材料会硬化,车身表面变得更耐机械和化学影响。

2.4 干燥原理

烤箱的热传递原理是热对流,通过热空气传递热能对车身直接进行加热。空气在热交换器中得到加热,然后被吹进烤箱内,然后被吸回到热交换器中进行加热,由来自中央废气热处理净化装置或单独的气体燃烧器的热气/空气混合物进行加热,烤箱的循环空气和热气不直接接触,能量传递在热交换器中进行(通常在单独的所谓“加热箱”中进行),循环空气在烤箱中被加热到所需的温度,并在流过车身时将热能传递给车身,空气在对流区域内以高流速通过喷嘴(加热区域),或以低流速通过过滤器箱(保温区域)。即使是复杂的几何结构,通过热对流仍能获得均匀和快速的加热,直接传递热能,加热过度的危险性很小。空气运动以及热载体与车身的直接接触有导致脏污的危险,空气必须不断进行过滤,烤箱必须保持绝对无尘。

2.5 烤箱结构

基本上所有烤箱都包含以下部件:入口气封、加热区域、保温区域、出口气封、冷却区域。循环风单元用于加热和循环空气,冷却单元用于调节冷却区域的空气。

图 2 为烤箱结构示意图,分别为空气被废气热处理净化装置排风清洁系统加热(上)和空气被多个独立燃烧器加热(下)。

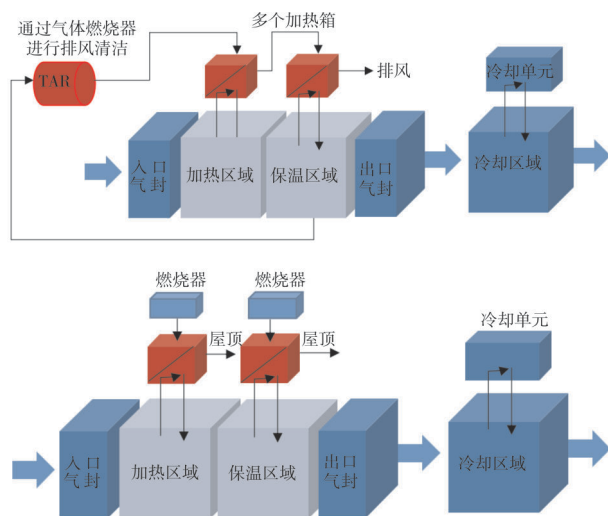


图 2 烤箱结构示意图

3 烘烤仿真模拟

烘烤过程中的不确定性会直接影响最终的漆面效果,更需要在增加巨额投资之前提前仔细规划烤箱和烘烤工艺的可行性,从而缩短项目设计周期,降低风

险,加快回报期。使用可靠高效的烘烤模拟软件进行模拟是目前的最佳解决方案。烘烤仿真软件集成了强大的网格处理模块和流体解模块,可以模拟烘烤物体的温度场分布,打造操作方便、计算效率高、精度高的专用仿真平台。

3.1 烘烤仿真必要性分析

在设计研发阶段,通过烘烤仿真分析,快速评估烤箱结构设计及工艺设备能力是否满足涂料固化窗口要求,避免因烤箱结构设计缺陷或工艺设备能力不足等因素引起的电泳/面漆烘烤不良、冷却后车身温度过高等风险,减少烤箱投产后的设计变更费用及避免电泳烘烤存储区过大造成空间浪费。

3.2 烘烤仿真流程

在使用烘烤模块进行烘烤模拟之前,先梳理仿真流程与分析烘烤过程中的影响因素,收集准确的相关参数,为后续计算提供支持。1)信息收集:精确收集车型数模、烤箱布局结构、风口位置尺寸数量、链速和送排风温度;2)烤箱建模:以烤箱图纸(或CAD)为基础,根据图纸中各段(从预加热到冷却)烤箱的外形图、空气的进气形状、喷射角度等创建烤箱模型;3)仿真计算求解;4)仿真结果输出,仿真结果与实测温度进行对比,符合度能达到90%以上。

4 烤箱改造方案

4.1 问题分析

针对即将引入的电动汽车,分析其炉温测量点,与传统车型相比,电泳烤箱新增的炉温测量点位于下边梁内部,且电动汽车下边梁结构复杂,不易烘烤,需要对区域的测量点进行分析,评估烤箱是否需要改造及确定有效的改造方案。根据工艺要求,电泳车身烘干至少需要满足150℃以上维持保温时间15 min。

4.2 烘烤仿真初模拟

由于该车型还处于设计阶段,现场没有样车用于测量炉温曲线,所以本项目将借助烘烤模拟仿真软件进行炉温曲线的模拟,这样可以提前为电动汽车的导入做准备。首先,收集车型数模、烤箱布局结构、风口位置尺寸数量、风嘴出口风速、烤箱链速和烤箱实际运行参数等。另外,由于设备运行多年,为了减小图纸与烤箱实际尺寸的误差,本项目应用了3D扫描技术,对烤箱内部尺寸进行精准测量。数据收集完成后,再进行烤箱建模,仿真计算求解,得到炉温模拟曲线,结果发现,烘烤150℃以上保温时间最短的为下边梁区域的S01测量点,其保温时间仅为2.4 min,远远小于烘烤要求。

4.3 初步改造方案尝试

根据基于现有烤箱的炉温曲线模拟结果,下边梁区域测量点与烘烤下限差距大,因此很难通过简单提

升烤箱温度或增加循环风量(目前烤箱循环风机已接近满频运行)来解决问题。另外,通过分析车身在烤箱内与风嘴的相对位置,发现烤箱内没有与下边梁炉温测量点对应的风嘴,热风很难通过对流的形式集中烘烤该区域。

初步尝试改造方案:首先优化烤箱内风嘴布局,在对应车身下边梁的位置增加多个直径为DN100的风嘴,集中烘烤下边梁区域。其次,为了加大对流,根据现场空间布局,在加热升温段增加两个循环加热箱,增强热交换效果。

基于以上两项优化,再次进行烘干模拟,炉温模拟曲线如图3所示。通过模拟结果可以看出,S01的保温时间由原来的2.4 min提高到7.0 min,改善效果明显,但是仍然无法满足最低保温时间15 min的要求。

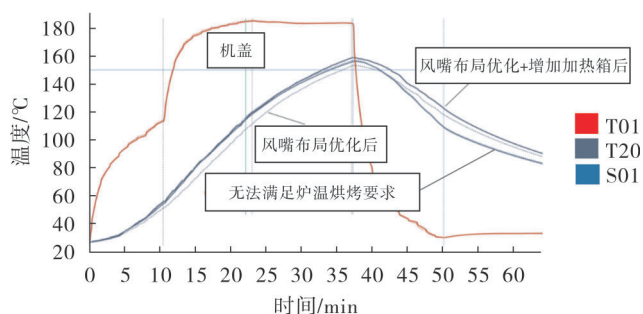


图3 炉温模拟曲线-基于初步方案

4.4 最终方案确定

基于初步方案仍然无法满足烘烤要求,在保证烤箱产能不受影响的前提下,计划在初步方案的基础上再通过延长烤箱的方法增加烘烤时间来达到烘烤要求。现有烤箱节拍为46.8 JPH,一个节拍时间为77 s,方案为延长8个烤箱模段,烘烤工艺时间增加10.3 min。

基于风嘴优化、增加循环加热箱、烤箱延长相结合的方案,再次进行烘干模拟,炉温模拟曲线如图4所示,其中实线为初步方案炉温模拟曲线,虚线为最终方案炉温模拟曲线。

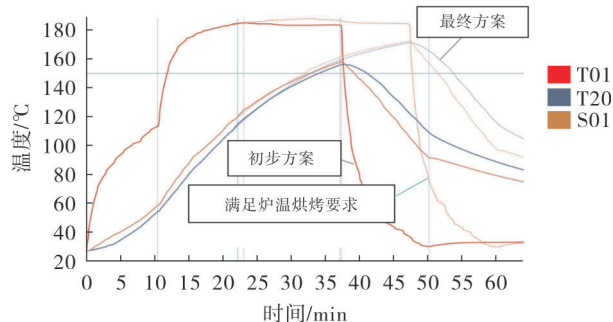


图4 炉温模拟曲线-基于最终方案

可以看出,S01的保温时间由初步(下转第51页)