

硅烷应用于农机涂装前处理线的问题分析

齐立新, 金佳慧, 朱晓萍, 陈爽
(沈阳瑞驰表面技术有限公司, 沈阳 110000)

摘要: 介绍了目前常见的农机涂装工艺及运行参数, 主要分析了硅烷应用过程中工件闪锈、槽液发黄的原因, 并给出相应的解决办法。

关键词: 农机涂装; 硅烷工艺; 工件闪锈原因; 槽液发黄

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)02-0062-03

Problem Analysis of Silane Applied to Agricultural Machinery Coating Pretreatment Line

QI Li-xin, JIN Jia-hui, ZHU Xiao-ping, CHEN Shuang
(Shenyang Rise Surface Technology Co., Ltd., Shenyang 110000, China)

Abstract: This article introduces the current common agricultural machinery coating processes and operating parameters, mainly analyzes the causes of workpiece flash rust and tank liquid yellowing during silane application, and provides corresponding solutions.

Key words: agricultural machinery coating; silane process; cause of workpiece flash rust; tank liquid yellowing

0 引言

据报道, 2021 年全国农作物耕种收综合机械化率达 71.25%, 农业机械的发展也迎来新的高峰。随着技术的成熟, 人们对农机的要求也就不再局限于机械质量, 更多地转向了产品的使用寿命和外观状态^[1-2]。这就加速了农机涂装工艺向更成熟的汽车涂装工艺的发展。

随着环保压力的增加, 越来越多的农机制造企业在增设前处理、电泳工艺的同时, 整个前处理工艺也由传统磷化工艺向更加环保的硅烷工艺过渡^[3]。在这个过渡过程中, 由于对传统磷化工艺操作习惯的依赖和设备的改造缺陷等原因, 造成了农机涂装工艺中硅烷的使用极难推进。本文详细阐述硅烷在农机整车涂装过程中的控制参数, 着重分析工件闪锈、硅烷槽液发黄两大问题, 并总结了现场经验。

收稿日期: 2022-12-24

作者简介: 齐立新(1993—), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事涂装废水的无害化处理工作。E-mail: 18802403861@163.com。

1 农机涂装工艺的介绍

农机涂装线前处理自动化输送设备主要分为自行葫芦和龙门自行车两大类^[4], 本文以龙门自行车设备现场为例。硅烷处理工艺流程为: 上件→热水洗→预脱脂→主脱脂→自来水洗→自来水洗→纯水洗→硅烷→纯水洗→纯水洗→电泳, 各工位控制参数见表 1。

热水洗、预脱脂、主脱脂、硅烷槽需带有过滤装置, 根据实际情况调节过滤袋的目数。与传统磷化工艺相比, 减少了锌系磷化表调工艺。但硅烷槽液抗污染能力较弱, 配制需要使用纯水^[4], 工件表面洁净度要求不能有油脂及其他污染物残留。此时, 通常会增设预脱脂之前的热水洗, 热水洗不仅可以清洗掉大量工件表面的灰尘, 降低对预脱脂的污染, 还能对工件进行预热, 使油脂润湿, 确保在脱脂工序将工件表面清理干净。再辅助槽体内的水体流动, 效果会得到进一步提升。硅烷成膜颜色在淡黄色到蓝紫色之间, 成膜厚度只有 10~100 nm, 仅为锌系磷化成膜的十分之一左右^[5], 因此合理设计工序间的时间也是线体顺利运行的关键。区别于乘用车涂装线, 农机涂装线是各个部分配件在同一条前

表 1 农机涂装工艺各工位控制参数

工艺参数	热水洗	预脱脂	脱脂	自来水洗	纯水洗	硅烷	纯水洗	纯水洗
温度/℃	40~50	40~50	40~50	常温	常温	常温	常温	常温
浓度/%		3	2			3		
时间/min	1	5	3	1	1	3	1	1
控制参数	浊度<20 NTU	游离碱:33~36 pt	游离碱:22~24 pt	pH:7~9	pH:7~8	pH:4.5~5.5	pH:6~7	pH:6.5~7.0

处理线进行处理,其中大小、形状、内部结构等因素,都造成预想不到的问题。

2 硅烷槽的日常维护数据

硅烷是一类硅基的有机、无机杂化物,其基本分子式为: $R'(CH_2)_nSi(OR)_3$ 或 $Y-SiX$ 。其中 OR(或 X)为水解基团,可进行水解反应并生成硅羟基($-SiOH$)基团,具有与钢铁、铝材、镀锌板、镀铝锌板等常见材质的键合能力; R' (或 Y)为有机官能团,可以提高硅烷与聚合物的反应性和相容性; $(CH_2)_n$ (或 R)是直链烷基,可以把 Y 或 R' 与 Si 原子连接起来。硅烷在水溶液中发生水解反应生成硅醇,硅醇可以与金属表面的氧化物或羟基通过缩水反应形成结合力较强的 $Si-O-Me$ (Me 代表金属)吸附于金属表面,剩余的硅烷分子则通过硅醇基团之间的缩合交联,在金属表面上形成具有 $Si-O-Si$ 三维网状结构的硅烷膜,使基材、硅烷和涂层之间通过化学键形成稳固的膜层结构,从而增加树脂基料和无机材料间的结合力。

基于硅烷在水中的反应机理,可以判断硅烷的最佳使用环境一定是纯水,杂质离子的增加无疑会影响硅烷的成膜。农机制造行业区别于乘用车,一方面是产量,另一方面是配件的材质和结构的复杂性。年产量超过 5 000 台的玉米收割机企业已经算是大型农机制造企业了。一条单工位 90 t 的生产线,单日产量约 30 台,每台车的涂装面积约为 280 m²。由于车架等结构件存在内腔,大量走件不可避免地存在带液问题,再加上工件存在打砂和打磨的情况,会有大量铁离子引入槽体。因此日常维护不能只单一检测硅烷的 pH,具体检测参数见表 2。

表 2 硅烷槽液检测参数

检测项	参数范围
槽液温度/℃	15~35
电导率/($\mu S \cdot cm^{-1}$)	<3 500
活化点	5~7
pH	4.5~5.5
浊度/NTU	<20
铁离子含量/($mg \cdot L^{-1}$)	<30

3 硅烷应用过程中常见问题分析及解决办法

3.1 工件闪锈

农机整车配件的材质通常为锰钢、型材、热轧板和冷轧板,这些工件的锈蚀分为硅烷工艺前发生和硅烷工艺后发生,下面对这两种情况进行分析。

3.1.1 硅烷工艺前锈蚀

硅烷工艺前锈蚀也分为来件自带锈蚀和前处理过程中锈蚀。来件自带锈蚀,例如外协厂制作的钣金件周转防护不到位,结构件打砂不彻底等。一旦发现必须严格管理,首先从源头外协厂处解决,已经入厂的必须彻底除锈。其次就是工件内部周转的规范化,当出现周转停滞,需将工件储存在干燥通风的库房中,做好防锈处理。

来件经过上件工人的检查和打磨,确保没有锈蚀情况下,再次发生锈蚀主要在前处理工艺上面。硅烷工艺前返锈基本可以确定为除油不彻底或者沥水时间过长。除油是否彻底依据国标水膜法,使用手电照射迎光观察即可,若水膜连续铺满整个工件,平稳下淌则表示表面张力一致,此时除油彻底;反之,则不合格。

工件的防锈主要来源于金属表面存在的油脂类的保护层,脱脂工艺恰好就是为了增强金属表面洁净度的,经过脱脂工艺以后,工件的防锈能力完全依赖于脱脂剂的防锈性能。经过水洗以后,脱脂剂被漂洗掉,完整的水膜就变成了隔绝金属基材和氧气的关键屏障。

合理的沥水时间是需要进行试验验证后确认的。从工件完全离开水面开始,到再次完全浸没水面为止,通常沥水时间不超过 2 min。检测是否锈蚀的方式是使用洁净的白色纸张直接擦拭完成脱脂工艺漂洗后工件,观察带水纸张的颜色变化。若无锈蚀情况,则纸张由湿转干表面不会发生颜色变化;若已经锈蚀,目视即可观察到工件表面轻微发黄,部分材质也会出现灰绿色,使用干净纸巾擦拭,纸巾有明显的黄色锈迹。此时通常采用加强脱脂槽防锈能力、更换漂洗水或者漂洗水外加防锈剂的方式解决。

3.1.2 硅烷工艺后锈蚀

作为电泳涂装线的硅烷药剂,一般为酸性硅烷,其

pH 控制在 4.5~5.5 之间,酸性环境更容易导致工件的锈蚀。一般分析有两种原因:一种是硅烷槽液污染,导致成膜缺陷,基材裸露形成锈蚀;另一种是硅烷向后串液严重,漂洗水的酸性环境,加速了工件锈蚀。

首先考虑的是硅烷槽液本身参数超标。硅烷本身的使用是需要纯水配制的,一般要求纯水电导率不超过 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$,在使用中会受到整个涂装工序的污染,通常控制硅烷槽液电导率不超过 3 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。一旦槽液杂质离子富集,参数超标,极易导致本就成膜极薄的硅烷膜成膜缺陷,后续防锈能力不足,导致工件锈蚀。此时最直观的表现就是工件硅烷后表面有无规律发黄区域存在,检测槽液电导率超标等表现。

此种情况下的解决办法是需要加强槽液维护,每 2 月倒槽 1 次,补加新液和纯水。倒槽结束后,检测槽液电导率仍然超标,此时应该通知供应商进行槽液杂质离子的处理;若仍然无法处理,则达到槽液使用寿命,建议完全更换,一般硅烷槽液寿命在 1 年以上。

其次是考虑硅烷后漂洗水污染。硅烷后的水洗也必须是纯水,第一道纯水漂洗 pH 为 6~7,电导率不超过 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$,第二道纯水漂洗(电泳前)pH 为 6.5~7.0,电导率不超过 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。此时只需要严格执行工艺参数即可,通常采用溢流的方式稳定漂洗水参数。

3.2 硅烷槽液发黄

我们结合实际应用案例进行槽液发黄问题分析。90 t 硅烷槽采用纯水,按照 3%浓度配制,调节槽液 pH 至 4.5~5.5,此时槽液清澈见底。交付客户使用后,客户每天涂装四行玉米收割机 30 台,1 月后接到客户反馈,槽液出现发黄,但未影响涂装效果,需要及时调整,此时对发黄问题进行分析,寻找解决方案。

3.2.1 新涂装线线体调试的影响

取客户现场发黄的硅烷槽液 300 mL 置于干净的 500 mL 烧杯中,静置 44 h 后观察,此时 300 mL 槽液趋于澄清,在水瓶的底部沉淀了一层薄薄的黄色沉淀物。

取沉淀物到实验室检测,此沉淀物 99%为铁的化合物。初步判断为客户前期设备调试过程中,停线导致工件在水中或槽液中长时间驻留,致使工件生锈,生锈的工件继续运行,导致锈蚀在酸性硅烷中大量溶解,造成硅烷槽液的铁离子超标、黄变。

解决方案:槽液发黄确定为铁离子超标后,使用铁离子螯合剂对硅烷槽液进行处理。经过充分循环后,将槽液静置 24 h,开始对槽液进行倒槽处理,倒槽结束后,持续开启过滤罐,槽液恢复清澈。此时硅烷 pH 升高至 5.5,活化点检测 4.5,需要补加硅烷原液进行槽液调整,调整到正常范围后,继续使用。

3.2.2 过滤不彻底导致的硅烷槽液发黄

稳定运行 2 个月后,再次出现槽液发黄。对槽液复检并未发现槽液数据的异常,怀疑过滤系统对目前的槽液过滤程度不够。此时客户已经处于生产旺季,不可能进行停线静置倒槽,只能是线上解决问题。

解决思路:客户目前采用压力罐式滤袋过滤器,罐内设有 5 套滤袋,滤袋精度为 50 μm 。取相同厂家过滤袋 50 μm 、25 μm 、5 μm 3 个规格滤袋分别验证,结果发现 5 μm 的效果最好,但实际应用压力罐中发现,由于孔径小,造成压力罐压力过大,导致滤袋破裂,失去过滤效果。反复验证后,第一次采用 5 个 25 μm 的滤袋,压力罐的压力由 0.4 MPa 降到 0.3 MPa。第二次采用 3 个 25 μm 的滤袋加上 2 个 5 μm 的滤袋,压力罐压力 0.4 MPa,连续过滤 3 d 后,槽液颜色由发黄浑浊转变为微黄澄清,但仍未达到初始配槽状态。

最后判断槽液使用过程中也会不断引入铁离子等杂质,此时槽液需不断保持过滤,3 d 为一个更换过滤袋的周期,才能始终保持槽液的清澈洁净,进而保证涂装效果。

4 结语

硅烷应用于农机涂装前处理线,在解决传统磷化工艺能耗高、污染环境的同时,也随之出现各种弊病。本文仅就工件闪锈和槽液发黄两个方面,结合现场实际情况进行总结。由于涂装的复杂性和系统性,硅烷在农机涂装线的应用依然存在着巨大的挑战,这需要我们不断发现问题,试验验证问题,积累足够丰富的配套经验,确保硅烷工艺的合理应用。

参考文献:

- [1] 罗艺军.浅谈农机产品外观质量及涂装前预处理[J].新疆农机化,2005(2):60-61.
- [2] 柳琪.从全国会看国内农机行业十大发展趋势[J].当代农机,2018(11):40-41.
- [3] 马春庆,张冰冰,赵保刚,等.环保涂装工艺在农机涂装中的应用浅析[J].涂料技术与文摘,2016(8):10-11.
- [4] 王冲冲,刘霞,杨启帆,等.农机涂装线前处理自动化输送设备的应用[J].拖拉机与农用运输车,2018(4):64-65.
- [5] 张健,叶超,李佳兴,等.硅烷薄膜前处理在汽车涂装线应用中的问题分析[J].现代涂料与涂装,2020(3):63-64.
- [6] 周杰,成亚君.薄膜前处理技术在汽车涂装中的应用[J].涂料工业,2021(12):83-87.

