

# 化学铣切保护涂料体系材料对化铣槽液性能影响研究

吴明霞, 于建龙, 李清材, 滕志春, 王卫国, 郑翔翔, 徐生亮, 李金虎

(中昊北方涂料工业研究设计院有限公司, 兰州 730101)

**摘要:** 化学铣切保护涂料体系材料主要由化学铣切保护涂料、化铣保护涂料快干修补胶、化铣保护涂料线密封剂构成, 本文研究了化学铣切保护涂料体系材料多批次工程化产品在经过化铣工序后产品的漆膜表面状况是否发生变化、加工零件的铣切边的平直性以及浸蚀比的大小是否满足要求, 判断化学铣切保护涂料体系材料经过三批次工程化产品的化铣工序验证之后是否会对化铣槽液产生影响。结果表明: 化学铣切保护涂料体系材料经过批次化铣加工之后, 化铣效果保持良好, 不会对化铣槽液产生影响。

**关键词:** 化铣; 化铣槽液; 浸蚀比

中图分类号: TQ637 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2024)04-0011-03

## Study on the Influence of Chemical Milling Protective Coating System Materials on the Properties of Chemical Milling Bath Fluid

WU Ming-xia, YU Jian-long, LI Qing-cai, TENG Zhi-chun, WANG Wei-guo, ZHENG Xiang-xiang,  
XU Sheng-liang, LI Jin-hu

(North Paint & Coatings Industry Research and Design Institute Co., Ltd. of China Haohua, Lanzhou 730101, China)

**Abstract:** Chemical milling protective coating system materials are mainly composed of chemical milling protective coating, milling protective coating quick dry repair adhesive and milling protective coating line sealant. This paper mainly studied whether the paint film surface condition of multiple batches of engineering products of chemical milling protective coating system materials changed after chemical milling process, and whether the straightness of milling edges of machined parts and the size of etch ratio meet the requirements, for determining whether the chemical milling protective coating system material will affect the milling bath liquid after three batches of engineering products milling process verification. The results showed that the chemical milling protective coating system materials maintained good milling effect after batch milling, which had no affection on the milling bath fluid.

**Key words:** chemical milling; chemical milling bath fluid; etch ratio

### 0 引言

国内外复合材料、铝合金以及钛合金等复杂金属结构的零件加工均采用化学铣切工艺对金属零件进行加工<sup>[1]</sup>。化学铣切(简称化铣)是依靠化学溶液对金属材料有控制的均匀腐蚀的一种加工技术, 即利用化学腐蚀的方法加工工件。

收稿日期: 2023-09-20

作者简介: 吴明霞(1986—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事可脆自剥离型放射性去污剂的研制。E-mail: wumingxia999@163.com。

化铣加工涉及化铣槽液配置(维护、处理)、刻型、化铣保护等关键过程<sup>[2-3]</sup>。化铣槽液成分复杂<sup>[4]</sup>, 由 NaOH、NaAlO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>S、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、三乙醇胺、水等组成。当工艺参数确定后, 严格监测化铣槽液中各个组分的变化是保证化铣质量的必要条件。化学铣切保护涂料体系材料在应用过程中会长时间浸泡在化铣槽液中, 当涂料体系对槽液产生影响时, 经过化铣工序加工的零件会出现铣切边不平直、浸蚀比变大等现象, 同时化学铣切保护涂料<sup>[5-6]</sup>、化铣保护涂料快干修补胶<sup>[7]</sup>、化铣保护涂料线密封剂<sup>[8-9]</sup>漆膜表面状况发生变化, 从而出现漏蚀损

坏零件本身。因此,化铣保护材料的选择至关重要。

化学铣切保护材料作为一种重要的化铣加工材料,在化铣加工工艺过程中起到关键作用,本研究主要采用中昊北方涂料工业研究设计院有限公司生产的化学铣切保护涂料、化铣保护涂料快干修补胶、化铣保护涂料线密封剂作为化铣保护材料进行试验。由于化铣槽液的高浓度、高杂质、高密度、高黏度理化特性,决定了使用化学分析的复杂性,若采用一般工业分析用体积计量的方法,由于取样量较小,则会引起较大的误差。因此试验通过多次化铣工序后,观察产品的漆膜表面状况是否发生变化以及化铣工序结果(铣切边平直性、浸蚀比)是否在指标要求范围内来判断化学铣切保护涂料体系是否会对化铣槽液产生影响。

## 1 试验部分

### 1.1 试验用原材料

化学铣切保护涂料(批号:20220621、20220722、20220824)、化铣保护涂料快干修补胶(批号:20220623、20220803、20220823)、化铣保护涂料线密封剂(批号:20220622、20220802、20220825):中昊北方涂料工业研究设计院有限公司;氢氧化钠(NaOH):工业级;三乙醇胺(TEA):工业级;硫化钠(Na<sub>2</sub>S):工业级;添加剂:工业级;铝合金试片(2024-T6):兰州市城关区振兴商行兰州佳吉化玻仪器有限公司;无气喷涂机:美国固瑞克公司;电火花检漏仪:海安迪斯凯瑞探测仪器有限公司。

### 1.2 试验过程

#### 1.2.1 化学铣切保护涂料体系材料样板制备<sup>[3]</sup>

1)化学铣切保护涂料样板制备:取 250 mm×150 mm×3 mm 表面干净光洁、无腐蚀的 2024-T6 铝合金试片 30 片,以轻脱氧方式对铝板进行表面处理。使用无气喷涂方式进行施工,将干膜厚度控制在 200~500 μm。25 ℃干燥 18 h 后使用电火花检漏仪以 8 kV 进行检漏,并用手术刀按规定图案进行刻型。

2)化铣保护涂料快干修补胶样板制备:在制备好化铣保护涂料的样板上刻型,剥除部分化铣保护涂料后在露出底材的部位刷涂快干型修补胶,或涂覆在化铣漆膜存在缺陷的地方,干膜厚度控制在 ≥180 μm,干燥好后备用。

3)化铣保护涂料线密封剂样板制备:在制备好化学铣切保护涂料的样板上进行手工刻型,使用毛刷沿刻型线方向刷涂两道密封剂,每道刷涂间隔 40 min,干燥好后备用。

#### 1.2.2 化铣槽液配置

按照化铣槽液成分配比配置化铣槽液,共配制 3 份化铣槽液,化铣槽液的配方及工艺如表 1 所列。

表 1 化铣槽液的配方及工艺

组分	质量/kg	浓度/(g·L <sup>-1</sup> )	温度/℃
NaOH	10 200	130~200	95~110
TEA	2 700	30~60	
Na <sub>2</sub> S	1 320	11~26	
添加剂	18	0~3	
铝板	1 200	15~80	
H <sub>2</sub> O	60 000		

#### 1.2.3 进行化铣工序

将制备好的样板分为 3 组,每组进行化铣工序的样板如表 2 所列。

表 2 化铣样板分组

分组	材料	批号
第 1 组	化学铣切保护涂料	20220621
	化铣保护涂料快干修补胶	20220623
	化铣保护涂料线密封剂	20220622
第 2 组	化学铣切保护涂料	20220722
	化铣保护涂料快干修补胶	20220803
	化铣保护涂料线密封剂	20220802
第 3 组	化学铣切保护涂料	20220824
	化铣保护涂料快干修补胶	20220823
	化铣保护涂料线密封剂	20220825

注:每组各化铣 5 次。

按化铣工艺要求进行化铣,定时观察化铣过程并随时向化铣槽中加水,保证水位不变,避免化铣槽液浓度发生变化。当化铣深度>2 mm 时,观察铣切边的平直性,测量浸蚀比并观察化学铣切保护涂料体系材料漆膜表面状态的变化。

## 2 结果与讨论

### 2.1 化学铣切保护涂料体系材料外观变化

经过 5 次化铣工序后,化学铣切保护涂料、化铣保护涂料快干修补胶、化铣保护涂料线密封剂 3 个产品的漆膜表面状况颜色无明显变化,证明槽液不会对化学铣切保护涂料体系产生破坏,涂料体系不会往槽液中引入其他杂质,也不会吸附槽液成分,即不会对槽液状态产生影响。

### 2.2 铣切边平直性

按化铣工序进行多次化铣后,观察样板铣切边平直性,结果如表 3 所列。

经过 5 次化铣工序后,样板的铣切边平直性满足加工要求,证明槽液可正常使用,化学铣切保护涂料体系不会对槽液产生影响。

表3 样板化铣后铣切边平直性

分组	第一到第五次化铣
第1组	铣切边平直,无锯齿状
第2组	铣切边平直,无锯齿状
第3组	铣切边平直,无锯齿状

2.3 浸蚀比测量

按化铣工序进行多次化铣后,测量样板浸蚀比,浸蚀比按下式计算: $K=(a-b)/2c$ ,式中, $a$ 为铣切后宽度, $b$ 为铣切前宽度, $c$ 为铣切深度。宽度、深度用千分尺测量,测量结果如表4所列。

表4 浸蚀比测量结果

分组	浸蚀比				
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
第1组	1.207	1.196	1.203	1.177	1.219
	1.186	1.173	1.182	1.136	1.117
	1.151	1.161	1.194	1.145	1.139
第2组	1.126	1.127	1.136	1.131	1.147
	1.203	1.196	1.185	1.201	1.186
	1.116	1.146	1.124	1.199	1.206
第3组	1.104	1.116	1.197	1.130	1.124
	1.112	1.135	1.204	1.191	1.201
	1.197	1.182	1.186	1.188	1.175

注:浸蚀比指标要求为  $1.2 \pm 0.1$ 。

经过5次化铣工序后,样板的浸蚀比测量数据均在指标要求范围内,证明槽液可正常使用,化学铣切保护涂料体系材料不会对槽液产生影响。

3 结语

1)化学铣切保护涂料体系材料在化铣槽液中多次进行化铣工序后材料的颜色及外观等漆膜表面状况不会发生变化,在槽液中不会被破坏,即化学铣切保护涂料体系不会向化铣槽液中引入其他杂质成分,也不会吸附槽液成分。

2)使用化学铣切保护涂料体系保护的铝型基材经过多次化铣加工后的浸蚀比以及铣切边平直性均满足装配的公差要求,即槽液的质量稳定没有变化,化学铣切保护涂料体系不会对化铣槽液产生影响。

参考文献:

[1] 毛大恒,张灿,周亚军,等.2197 铝锂合金化学铣切工艺的探讨[J].材料保护,2010(10):33-35.  
 [2] 王帅东,邹松华,尚洪帅,等.铝合金化学铣切激光刻型工艺

参数研究[J].电镀与精饰,2019(2):39-42.

[3] 许春芳.化学铣切样板的质量控制[J].航天工艺,1996(3):85.  
 [4] 周苗.2060 铝锂合金化铣加工与 2024 铝合金化铣槽液循环利用工艺研究[D].南昌:南昌航空大学,2020.  
 [5] 李清材,秦瑞,田永丰,等.新型化学铣切保护涂料的制备:CN102010643A[P].2011-04-13.  
 [6] 李清材,于建龙,范永宁,等.钛合金、不锈钢等酸性介质化学铣切专用保护胶:CN111073439A[P].2020-04-28.  
 [7] 李金虎,李清材,于建龙.一种可用于化学铣切的快干型修补胶及其制备方法:CN114163876A[P].2022-03-11.  
 [8] 李清材,于建龙,滕志春,等.化学铣切刻型线临时密封涂料:CN104530895B[P].2018-12-21.  
 [9] 李清材,于建龙,滕志春,等.化学铣切刻型线临时密封涂料:CN104530895A[P].2015-04-22.

(上接第 10 页)化漆膜干燥速度;3)A 组分助溶剂选择乙二醇丁醚与丙二醇丁醚复配,B 组分的稀释溶剂选择丙二醇二乙酸酯;4)施工过程预先将 A 组分与 B 组分搅拌均匀再加去离子水。

表3 漆膜性能测试结果

项目	结果	测试标准
漆膜外观	室温干燥 平整光滑,无痱子无缩孔 45 °C烘烤 平整光滑,无痱子无缩孔	目测
干燥速度	室温干燥 12 h 45 °C烘烤 45 min	GB/T 37362.1—2009
光泽/%	92	GB/T 9754—2007
铅笔硬度	H	GB/T 6739—2006
柔韧性/mm	1	GB/T 1731—1993
附着力/级	1	GB/T 9286—1998

参考文献:

[1] 李桂琴,罗晖,汤汉良,等.双组分水性羟基丙烯酸涂料用高浓度消光剂的研制[J].电镀与涂饰,2019,38(16):887-891.  
 [2] 丁鹏程,刘中生,万俊亮,等.高光泽水性漆的设计研究[J].现代涂料与涂装,2020,23(1):28-31.  
 [3] 贾昌任.消防车身漆膜缩孔实例分析及防治[J].涂层与防护,2018,39(6):33-35.  
 [4] 张玉萍,孙明道,唐红娟,等.水性涂料在轨道车辆涂装中的应用技术研究[J].新型工业化,2021,11(3):134-135.