

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2019.01.001

化铣保护胶自动浸涂影响因素分析及研究

尚洪帅, 邹松华, 王帅东, 徐方强, 张子炫, 郭志辉

(天津航天长征火箭制造有限公司, 天津 300462)

摘要: 本文对化铣保护胶自动浸涂过程中的胶液温度、胶液黏度、浸胶停留时间、浸胶次数等影响因素进行了分析和研究。结果表明, 温度过高或过低均影响胶液流动性, 不利于胶层厚度均匀性要求; 保证总厚度情况下, 浸胶次数越少, 越利于胶层均匀性控制; 胶液黏度在 45~55 s 时, 可以有效避免胶层质量缺陷; 工件在胶液的停留时间对胶层质量稳定性影响不明显。

关键词: 保护胶; 自动浸涂; 影响因素

中图分类号: TQ637

文献标识码: A

Analysis of Influencing Factors of Chemical Milling Protective Adhesive Automatic Dipping

SHANG Hongshuai, ZOU Songhua, WANG Shuaidong, XU Fangqiang, ZHANG Zixuan,
GUO Zhihui

(Tianjin Long March Launch Vehicle Manufacturing Co. Ltd, Tianjin 300462, China)

Abstract: Influencing factors in automatic dipping process of protective adhesive for chemical milling, such as adhesive temperature, adhesive viscosity, dipping residence time, dipping times and so on, were analyzed and researched in this paper. The results show that excessive or low temperature will affect the fluidity of the adhesive, which is bad for the uniformity of the adhesive layer thickness. When the total thickness is kept constant, the less the dipping times are, the better the control of the uniformity of the adhesive layer is. When adhesive viscosity was 45—55 s, coating defects could be avoided. Effect of dipping residence time on the stability of adhesive quality is not obvious.

Keywords: protective adhesive; automatic dipping; influencing factor

化学铣切(简称化铣)作为铝合金、钛合金零件的重要加工成型方法,广泛应用于航空航天零部件的减薄、减重加工^[1]。铝合金化铣过程中手工刷胶极易产生保护胶层厚度不均匀,大面积流痕等质量缺陷,对后续化铣型面刻型影响较大。刷涂过程中还容易出现气泡、夹杂等异常缺陷,引起保护胶层结合力不佳,容易导致化铣部位漏蚀,导致零件超差或报废。同时,化铣保护胶多以苯系物为组份,

人工刷涂过程中对人体职业健康有巨大伤害^[2-5]。

采用自动浸涂工艺可有效提高胶层质量,满足后续化铣质量可靠性和稳定性,同时减轻人工操作强度,减少人体伤害。

本文主要对化铣保护胶自动浸涂过程中的胶液温度、胶液黏度、浸胶停留时间、浸胶次数等影响因素进行研究,探索不同范围值对胶层质量的影响规律。

1 实验部分

1.1 实验材料及设备

采用 2219 铝合金试件, 尺寸为 300 mm×400 mm×10 mm; 化铣保护胶 HX-1; 自动浸涂生产线。

1.2 实验方案

针对胶液温度(A)、胶液黏度(B)、浸胶停留时间(C)、浸胶次数(D)4 个影响因素, 结合现有化铣保护胶涂覆工艺参数范围, 每因素选取 5 水平安排正交试验, 正交试验因素水平如表 1 所示。选择 L25(54) 正交表安排试验, 具体试验方案见表 2。

表 1 正交试验因素水平表

水平因素	胶液温度 $A/^{\circ}\text{C}$	胶液黏度 B/s	浸胶停留时 间 C/min	浸胶次数 $D/\text{次}$
一	20	20	0.5	4
二	30	30	1	5
三	40	40	2	6
四	50	50	3	7
五	60	60	4	8

1.3 性能测试

1.3.1 胶层厚度

试件完全固化后, 采用胶层测厚仪对试件进行厚度测量, 要求每个平面均布测量 6 个点。找出最大测量值 H_{\max} 和最小测量值 H_{\min} , 通 $H_{\max} - H_{\min}$ 计算厚度差值 ΔH , ΔH 越小表明胶层厚度均匀性越好。

1.3.2 胶层结合力强度

按照国标 GB/9286—1998 要求, 涂层结合力采用划格法进行测试。在试片上划出贯穿涂层到达基体的 100 个小方格, 采用胶带进行粘附后再用软毛刷沿方格两对角线方向轻轻刷掉切削, 然后按照切口边缘或检查处涂层的脱落或分离面积 S 百分比表示胶层结合力强度等级, 百分比越小表示胶层结合力越好。

2 结果与分析

2.1 影响程度分析

对胶液温度、胶液黏度、浸胶停留时间、浸胶次数 4 个因素进行分析, 试验结果如表 2 所示。依据极差大小, 得出各个因素对胶层厚度差值及结合力强度影响的程度从大到小的顺序为: $A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C$, 即胶液温度 > 浸胶次数 > 胶液黏度 > 浸胶停留时间。

表 2 直观分析表

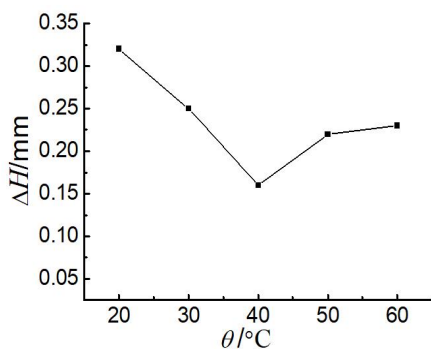
试验 编号	$A/^{\circ}\text{C}$	B/s	C/min	$D/\text{次}$	厚度差值 $\Delta H/\text{mm}$	结合力强 度 $S/\%$
1	20	20	0.5	4	0.45	8
2	20	30	1.0	5	0.34	10
3	20	40	2.0	6	0.21	16
4	20	50	3.0	7	0.28	10
5	20	60	4.0	8	0.28	8
6	30	20	1.0	6	0.31	12
7	30	30	2.0	7	0.24	15
8	30	40	3.0	8	0.25	14
9	30	50	4.0	4	0.31	9
10	30	60	0.5	5	0.11	15
11	40	20	2.0	8	0.21	8
12	40	30	3.0	4	0.15	5
13	40	40	4.0	5	0.09	10
14	40	50	0.5	6	0.11	8
15	40	60	1.0	7	0.22	6
16	50	20	3.0	5	0.11	7
17	50	30	4.0	6	0.21	11
18	50	40	0.5	7	0.22	12
19	50	50	1.0	8	0.31	7
20	50	60	2.0	4	0.25	5
21	60	20	4.0	7	0.21	8
22	60	30	0.5	8	0.18	15
23	60	40	1.0	4	0.25	8
24	60	50	2.0	5	0.25	13
25	60	60	3.0	6	0.27	13
K1	0.31	0.26	0.23	0.22	$\Delta H=0.25$	$S=10.12$
k1	10.4	8.6	11.6	7.0		
K2	0.25	0.24	0.29	0.22		
k2	13.0	11.2	8.6	11.0		
K3	0.16	0.30	0.28	0.24		
k3	7.4	12.0	11.4	12.0		
K4	0.22	0.27	0.23	0.23		
k4	8.4	9.4	10.0	10.2		
K5	0.23	0.22	0.26	0.30		
k5	11.4	9.4	9.2	10.4		
R	0.16	0.08	0.06	0.08		
r	5.6	3.4	3.0	5.0		

表中 K : 因素 5 水平对应 ΔH 平均值; k : 因素 5 水平对应 S 平均值; R : 因素 5 水平对应 ΔH 综合值的极差; r : 因素 5 水平 S 综合值的极差。

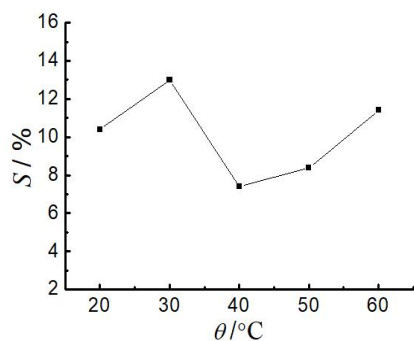
2.2 影响因素分析

2.2.1 胶液温度影响分析

从图1结果分析,随着胶液温度不断升高,胶层厚度差值逐渐变小,说明胶层厚度均匀性变好。这主要是因为低温下,胶液流动性差,导致胶层容易出现局部不均问题。胶液温度到40℃后,胶层厚度差值和结合力强度均达到最佳值。继续提高胶液温度,胶液的流动性增强,浸胶后胶液流淌和滴落时间将同时变长,会导致每次浸胶局部胶层偏薄,影响胶层厚度均匀性。



(a) 胶液温度对 ΔH 影响



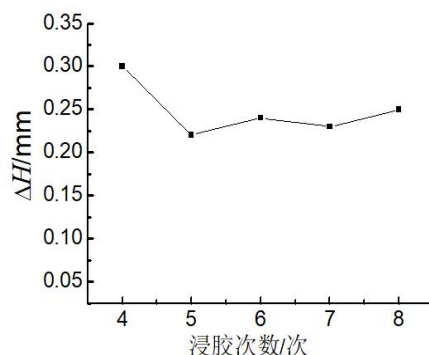
(b) 胶液温度对 S 影响

图1 胶液温度对胶层性能的影响

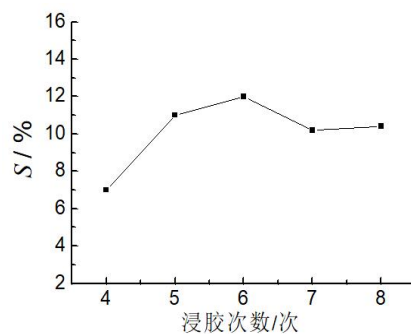
2.2.2 浸胶次数影响分析

图2为浸胶次数对胶层性能的影响。从图2结果可以看出,第5次浸胶后若继续增加浸胶次数,胶层厚度差值会持续上升,表明随着浸胶次数的增多,胶层在总厚度不断增加的同时,厚度均匀性会逐渐变差。结合力强度变化趋势表明,浸胶次数由4次增加到6次时,结合力强度逐渐变差。同时通过测量发现,当浸胶次数超过6次时,胶层总厚度超出了0.3~0.6 mm的工艺范围值,具体浸胶次数与胶层总厚度值如表3所示。因此,在保证总厚度同

时,浸胶次数越少,越有利于胶层均匀性的控制。



(a) 浸胶次数对 ΔH 影响



(b) 浸胶次数对 S 影响

图2 浸胶次数对胶层性能的影响

表3 浸胶次数与胶层总厚度值关系

序号	浸胶次数/次	总厚度 H/mm
1	4	0.32~0.54
2	5	0.38~0.60
3	6	0.41~0.65
4	7	0.51~0.75
5	8	0.58~0.88

2.2.3 胶液黏度影响分析

图3为胶液黏度对胶层性能的影响,黏度是采用涂-4黏度杯测定一定量的试样在一定温度下从规定孔径的孔流出的时间,单位为s。从图3结果可知,胶液在20~40 s低黏度值时,由于胶液本身流动性大,在浸胶后固化过程中滴速会增大,部分胶液在工件底部留存、堆积,势必造成工件上端和下端的胶层厚度差值非常大。同时胶液黏度值过低,会导致工件上胶率不足,需要增加浸胶次数才能满足总厚度需求,反而会造成生产效率降低等问题出现。因此,从实验结果看,当胶液黏度在45~55 s时,可以有效避免胶层的质量缺陷。

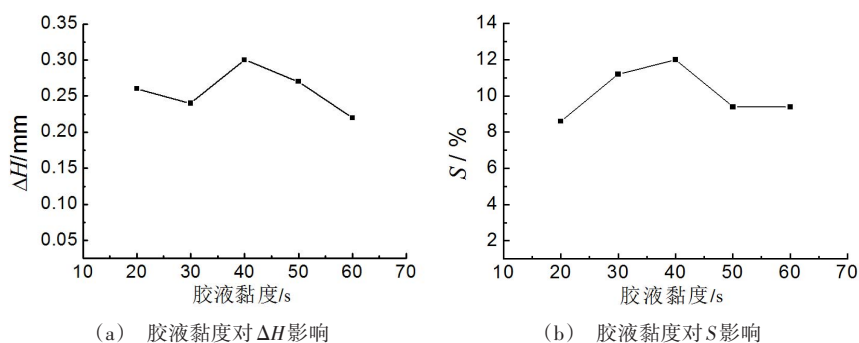


图3 胶液黏度对胶层性能的影响

2.2.4 浸胶停留时间影响分析

将试片浸入胶液后开始计数,经过一段时间,将试片取出表干、固化。从因子影响程度看,工件在胶液的停留时间对胶层质量稳定性的影响不明显。停留时间过短时,胶层总厚度偏薄,若停留时

间过长,生产效率变低。从图4可以看出,停留时间在3 min时,胶层厚度差值最小,均匀性良好,结合力强度 $\leq 10\%$,说胶层与基材具有较好的结合力强度。因此,综合各项指标,停留时间在3 min时,胶层性能达到最佳值。

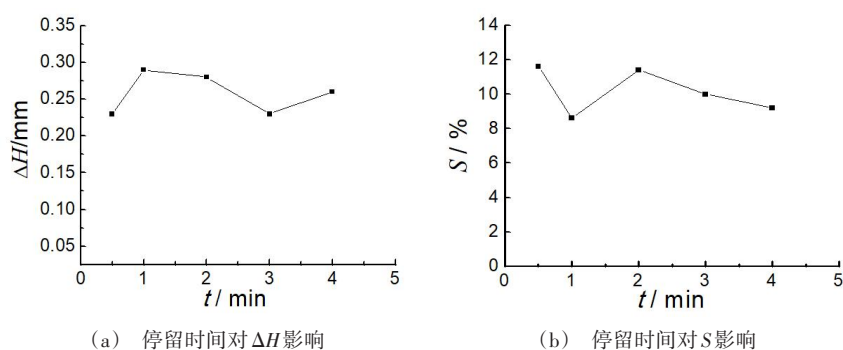


图4 停留时间对胶层性能的影响

3 结论

(1)四种因素对胶层厚度差值及结合力强度影响程度从大到小的顺序为:胶液温度>浸胶次数>胶液黏度>浸胶停留时间。

(2)温度过高或过低均影响胶液流动性,不利于胶厚度均匀性要求。胶液温度在40℃时,此时胶层厚度差值和结合力强度均达到最佳值。

(3)浸胶次数越多,胶层的厚度均匀性逐渐变差,结合力强度降低。

(4)胶液低黏度值时,容易造成工件上端和下端胶层厚度差。同时造成工件上胶率不足,生产效率降低。

(5)工件在胶液的停留时间对胶层质量稳定性

影响不明显。在停留时间在3 min时,胶层性能的各项指标为最佳。

参考文献

- [1] 李善芝,柳丕,李文光.运载火箭贮箱壁板化铣旋转设备的设计[J].航天制造技术,2010(1): 58-60.
- [2] 王辉,杜兴盛,杨俊坤.钛合金化铣尖边化学法去除工艺研究[J].电镀与精饰,2018,40(1): 35-39.
- [3] 张震,李丽,王颖,李在兴,荣海宏.环保型可剥性保护涂料的研制[J].电镀与涂饰,2011,30(4): 68-70.
- [4] 王帅,于钦泰,杜丽梅.环保型水基化铣可剥胶与溶剂型产品在航天铝合金材料化铣加工中的性能对比研究[J].云南化工,2012,39(1): 9-12.
- [5] 王颖,周春艳,张震.环境友好型化学铣切保护涂料的研制[J].现代涂料与涂装,2008,11(7): 30-31.