

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2020.01.007

2195 铝锂合金碱性化学铣切工艺探究

王帅东*, 张昕宇, 赵武军, 李笑亮, 郑世辑

(天津航天长征火箭制造有限公司, 天津 300462)

摘要: 初步研究了 2195 铝锂合金碱性化学铣切(简称化铣)工艺。结果表明,在一定条件下,通过添加一定浓度的添加剂 A、B 和 C, 2195 铝锂合金平板试片化铣均匀性好,化铣速度为 0.0297mm/min,侧切率为 0.988,粗糙度基本保持不变。研究结果对 2195 铝锂合金产品化铣加工工艺优化可提供参考。

关键词: 2195 铝锂合金;侧切率;化学铣切速度;均匀性;粗糙度

中图分类号: TG5 **文献标识码:** A

Study on the Alkaline Milling Process of 2195 Al-Li Alloy

WANG Shuaidong*, ZHANG Xinyu, ZHAO Wujun, LI Xiaoliang, ZHENG Shiji

(Tianjin Aerospace Long March Rocket Manufacturing Co. Ltd., Tianjin 300462, China)

Abstract: The basic milling process of 2195 Al-Li alloy was studied. It was found that 2195 Al-Li alloy plates were milled evenly by adding certain concentration of additives A, B and C under certain conditions. Chemical milling speed is 0.0297 mm/min, side cutting is 0.988, the roughness basically remains unchanged. It provides a reference for the optimization of milling process of 2195 Al-Li alloy.

Keywords: 2195 Al-Li alloy; side cutting rate; chemical milling speed; uniformity; roughness

相对常规的铝镁、铝铜合金,铝锂合金具有密度低、比强度高优点,在航空航天等领域具有广阔的应用前景,特别是对于大型、重型运载火箭提高运载能力的研制工作,具有重大意义^[1-2]。

目前,国内对第三代新型铝锂合金的成型、热处理和变形机理等工艺研究较多^[3-4],但是对于表面处理工艺的研究较少。本文对 2195 铝锂合金试片的碱性化学铣切工艺进行了初步研究,得出 2195

铝锂合金试片化铣的工艺技术,为后期型号中的 2195 铝锂合金产品化铣工艺研究提供参考。

1 实验

1.1 试验材料

本实验采用的试样是 200 mm×200 mm×8 mm 的 2195 铝锂合金平板试片作为基体材料,且厚度差≤0.02 mm,具体化学成分见表 1。

表 1 2195 铝锂合金化学成分明细表(wt.%)

Cu	Li	Mg	Ag	Ti	Si	Fe	Al
3.70~4.30	0.80~1.20	0.25~0.80	0.25~0.60	≤0.10	≤0.15	≤0.10	余量

收稿日期: 2019-12-07

修回日期: 2019-12-24

通信作者: 王帅东, email: wsdl200112@sina.com

采用美国 COHERENT 的 J-2-9.4 激光器,化铣保护胶为 SBQ-1 室温固化可剥漆,粗糙度测量设备为 MarSurfm400 型表面结构测量仪。

1.2 工艺流程

工艺流程如下:化铣前处理→涂胶→刻型→化

铣→性能检测。

通过控制涂胶工艺参数,保证试片表面胶层厚度为 0.3~0.6 mm,并按照规定进行单面刻型。化铣过程采用平铣的方式,化铣深度约 5 mm,化铣溶液参数见表 2。

表 2 2195 铝锂合金试片化铣溶液参数

NaOH/(g·L ⁻¹)	Al ³⁺ /(g·L ⁻¹)	添加剂 A/(g·L ⁻¹)	添加剂 B/(g·L ⁻¹)	添加剂 C/(g·L ⁻¹)	温度/℃
80~200	40~90	45	30	30	80±5

2 化铣性能

2.1 化铣速度

在试片中心进行单面刻型,保护区域采用激光

刻型,宽度约为 20 mm,保护区域(即肋条)化铣前、后的宽度分别为 A 和 a ,并在两个化铣区域内,各取 5 个厚度测量点,具体见图 1。

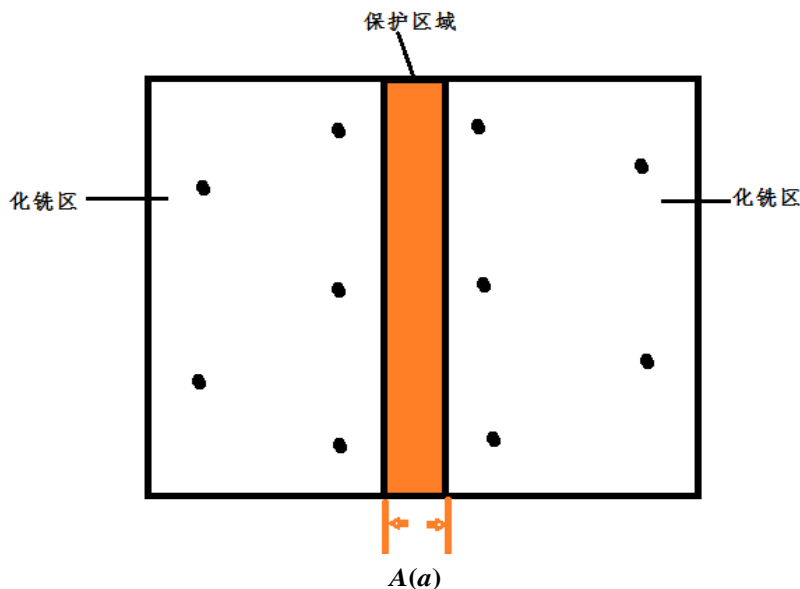


图 1 2195 铝锂合金试片单面刻型示意图

分别测量化铣前和化铣后各测量点的厚度 H 和 h ,并计算平均值 $H_{\text{平均}}$ 和 $h_{\text{平均}}$,结合化铣时间 T (min),则化铣速度 $v = (H_{\text{平均}} - h_{\text{平均}}) / T$ 。一般要求, $v_0 = 0.025 \sim 0.035$ mm/min。最终计算结果见表 3。

在型号生产过程中,化铣速度 v 偏大,不利于操作人员对化铣过程的精确把控;化铣速度过小,则影响生产效率。所以从表 3 中可以得出, $v=0.0297$ mm/min,位于要求范围的中限,说明化铣工艺参数的制定非常符合化铣速度的控制要求。

2.2 化铣侧切率

对保护区域均匀取 5 处进行宽度的测量,平均值为 $A_{\text{平均}}$;对化铣后的肋条宽度进行同位置的测

表 3 化铣速度计算参数表

工艺参数	参数值
化铣前厚度平均值 $H_{\text{平均}}$ /mm	7.98
化铣后厚度平均值 $h_{\text{平均}}$ /mm	2.93
化铣时间 T /min	170
测量化铣速率 v /(mm·min ⁻¹)	0.0297
化铣速率要求值 v_0 /(mm·min ⁻¹)	0.025~0.035

量,平均值为 $a_{\text{平均}}$,则侧切率 $K = (A_{\text{平均}}/2 - a_{\text{平均}}/2) / (H_{\text{平均}} - h_{\text{平均}})$ 。一般要求, $K_0 = 0.9 \sim 1.1$ 。最终计算结果见表 4。

在型号生产过程中,侧切率 K 偏大或者偏小,

表4 化铣侧切率计算参数表

工艺参数	参数值
化铣前宽度平均值 $A_{\text{平均}}/\text{mm}$	20.02
化铣后宽度平均值 $a_{\text{平均}}/\text{mm}$	10.04
化铣前厚度平均值 $H_{\text{平均}}/\text{mm}$	7.98
化铣后厚度平均值 $h_{\text{平均}}/\text{mm}$	2.93
化铣侧切率 K	0.988
化铣侧切率要求值 K_0	0.9 ~ 1.1

都不利于操作人员对铣缺、掀胶部位的精确补救,容易导致补救不到位产品报废,或者补救过多,产品增加不必要的重量。所以从表4可以得出, $K=0.988$,基本位于要求范围的中限,说明化铣工艺参数的制定非常符合化铣侧切率的控制要求。

2.3 化铣均匀性

化铣后,试片厚度测量点最大的厚度值为 $h_{\text{最大}}$,最小的厚度值为 $h_{\text{最小}}$,则厚度均匀性: $h_{\text{极值}} = h_{\text{最大}} - h_{\text{最小}}$;化铣后,肋条的最大值为 $a_{\text{最大}}$,最小值为 $a_{\text{最小}}$,则肋条均匀性: $a_{\text{极值}} = a_{\text{最大}} - a_{\text{最小}}$ 。一般要求, $h_{0\text{极值}} \leq 0.05 \text{ mm}$, $a_{0\text{极值}} \leq 0.5 \text{ mm}$ 。最终计算结果见表5。

表5 化铣均匀性计算参数表

工艺参数	参数值
化铣后厚度最大值 $h_{\text{最大}}/\text{mm}$	2.95
化铣后厚度最小值 $h_{\text{最小}}/\text{mm}$	2.92
化铣后宽度最大 $a_{\text{最大}}/\text{mm}$	10.18
化铣后宽度最小 $a_{\text{最小}}/\text{mm}$	9.87
化铣后厚度均匀性 $h_{\text{极值}}/\text{mm}$	0.03
化铣后宽度均匀性 $a_{\text{极值}}/\text{mm}$	0.31
化铣后厚度均匀性要求值 $h_{0\text{极值}}/\text{mm}$	0~0.05
化铣后宽度均匀性要求值 $a_{0\text{极值}}/\text{mm}$	0~0.50

厚度化铣均匀性越好,则越有利于化铣过程中的产品厚度控制,避免产品出现局部厚度超差。侧向铣切均匀性越好,则越利于产品加强肋、点焊凸台和焊接区域的宽度控制,便于型号生产中的运载火箭箱体重量精确控制。说明由表5可以看出, $h_{\text{极值}}$ 为0.03 mm, $a_{\text{极值}}$ 为0.31 mm,基本位于要求范围的中间,说明化铣工艺参数的制定非常符合化铣厚度均匀性和侧向铣切均匀性的控制要求。

2.4 化铣粗糙度

按照厚度测量点的分布,对化铣前、后的试片

进行粗糙度检测并计算平均值,分别为 Ra_1 和 Ra_2 ,一般要求, $Ra_0 \leq 6.3 \mu\text{m}$ 。最终计算结果见表6。

表6 化铣粗糙度计算参数表

工艺参数	参数值
化铣前粗糙度 $Ra_1/\mu\text{m}$	2.1
化铣后粗糙度 $Ra_2/\mu\text{m}$	2.3
化铣后粗糙度要求值 $Ra_0/\mu\text{m}$	≤ 6.3

由表6可以看出,试片化铣5 mm深度后,粗糙度由2.1 μm 增加至2.3 μm ,变化较小,且远小于6.3 μm 。说明化铣溶液中的NaOH和 Al^{3+} 比例较好,且配合添加剂A、B、C的添加,缓解了化铣过程中局部原电池效应的影响,未出现明显粗糙现象。所以,化铣工艺参数的制定符合产品化铣粗糙度的控制要求。

铝合金化铣的粗糙度,不但与材料本身的化学成分有关,也与成形变形量、热处理状态有关^[5]。所以,对于正式型号产品的化铣工艺需进行进一步的优化。

3 结 论

(1)在一定条件下,配合一定浓度的添加剂,可满足2195铝锂合金试片化铣要求。

(2)对于正式的2195铝锂合金型号产品,需根据产品的热处理状态、成型变形量等情况,在现有化铣工艺参数的基础上进行优化。

参考文献

- [1] 肖金涛,陈妍,邢明秀,等.工艺参数对2195铝锂合金阳极氧化膜的耐蚀性影响[J].中国腐蚀与防护学报,2019,39(5):431-438.
- [2] 熊焕.低温贮箱及铝锂合金的应用[J].导弹与航天运载技术,2001(6):33-40+46.
- [3] 赵天章,金龙,高铁军,等.2198铝锂合金的熔炼、轧制和热处理[J].稀有金属材料与工程,2019,48(7):2305-2309.
- [4] 叶凌英,杨栋,李红萍,等.5A90铝锂合金超塑性变形机理的定量研究[J].材料工程,2019,47(11):163-170.
- [5] 王煜,王建光.热处理状态对LD10铝合金化铣表面质量的影响[J].宇航材料工艺,2014,44(2):75-77.