

热处理状态对 LD10 铝合金化铣表面质量的影响

王煜 王建光

(上海航天设备制造总厂, 上海 200245)

文 摘 为了解决运载火箭结构中口盖零件化铣后表面质量较差的问题,对 LD10 铝合金板材的化铣加工进行了试验研究。采取同批次、相同变形量、不同热处理状态(淬火+人工时效、淬火+过时效)的零件在相同的化铣工艺参数下进行试验,并对零件的化学成分、金相组织进行了分析。理论研究及试验结果表明:LD10 铝合金的化铣表面质量与加工前热处理状态有关,退火状态及淬火+人工时效状态的零件化铣后表面质量较好,在不影响力学性能的前提下,可采用过时效处理提高化铣表面质量。

关键词 LD10 铝合金,化铣,表面质量,热处理状态

中图分类号:V462

DOI:10.3969/j.issn.1007-2330.2014.01.016

Influence of Heat Treatment State on Chemical Milling Surface Quality for LD10 Aluminum Alloy

WANG Yu WANG Jianguang

(Shanghai Aerospace Equipments Manufacturer, Shanghai 200245)

Abstract The research of chemical milling for LD10 aluminum alloy plate have been studied in order to solve the problem of poor surface quality of cover which is processed by chemical milling used in the launch vehicle structure system. Experiment was conducted following same chemical milling process parameters for parts with same batch, same deformation and different heat treatment state (quenching and artificial aging, quenching and over aging). And the chemical composition and microstructure of the parts were analyzed. The results of theoretical study and experiment show that: surface quality of LD10 aluminum alloy parts processed by chemical milling is related with the heat treatment, moreover, the better surface quality belong to the part with annealing and quenching and artificial aging state. The surface quality of chemical milling part is improved by over aging without affecting mechanical properties.

Key words LD10 aluminum alloy, Chemical milling, Surface quality, Heat treatment state

0 引言

LD10(2A14)铝合金 Al-Cu-Mg 系铝合金,可进行热处理强化,强度较高,耐热性能和加工性能好,广泛应用于航空航天领域重要结构件^[1]。

本文针对口盖零件用 LD10 板材在钣金滚弯成形后进行化铣加工时,出现化铣表面粗糙,铣削比波动较大(即同批次同配方,铣削深度和宽度不一致)的情况,生产上难以控制产品加工质量的问题,进行了相关的工艺试验研究。

1 问题描述

口盖零件为航天运载器结构系统中的典型零部件,如卫星脱插口盖等,三维模型如图 1 所示。

口盖在工作状态时暴露于大气层中,属外部构件,服役环境较恶劣,同时零件结构上有各种规格的减轻筋格,使零件成形增加了技术难度。目前该类零件的典型制造工艺流程为下料→钣金成形→热处理→化铣→表面处理→入库,其中钣金和化铣为重要工序,直接影响零件的成形制造精度。化铣前热处理状

态一般为淬火+人工时效(自然时效状态表面质量较差),但生产上为保证材料性能,一般按通用的淬火(495~505℃)+人工时效(150~165℃/4~15 h)制度执行,易出现化铣后零件表面粗糙的问题,如图2所示,影响零件后续装配使用,亟须对影响化铣零件表面质量的因素进行工艺分析,提出解决措施。

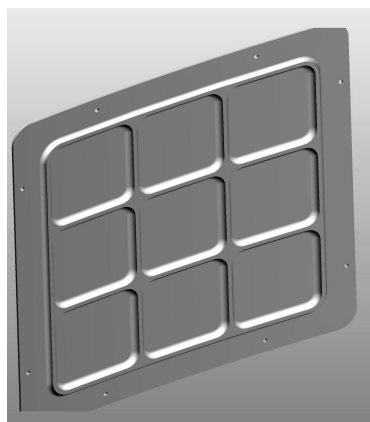


图1 典型口盖零件三维模型

Fig.1 3D module of typical cover part

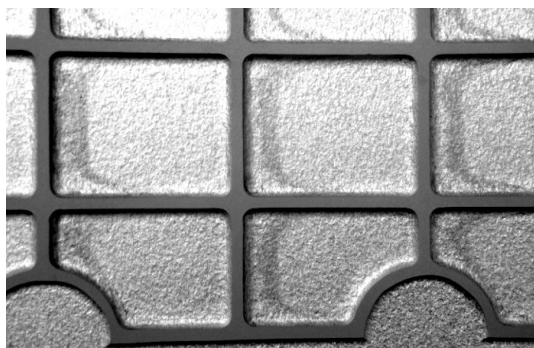


图2 化铣表面粗糙示意图

Fig.2 Schematic diagram of poor surface quality for chemical milling

2 工艺试验及结果

LD10 板材厚度 10 mm,化学成分如表 1 所示。化铣前热处理状态见表 2 所示。首先,按照典型口盖类零件进行滚弯成形,然后分别进行化铣,并标记零件状态。不同试样化铣后的表面质量如图 3 所示。

表1 LD10 铝材化学成分对比表

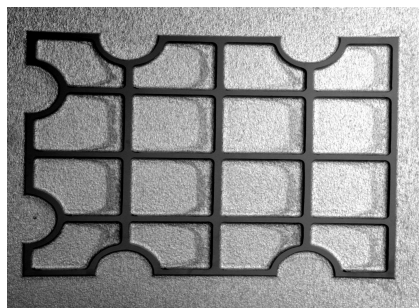
Tab.1 Chemical composition of LD10 aluminum alloy

数据来源	Mn	Si	Cu	Mg	Fe	Al
标准	0.40 ~1.0	0.6 ~1.2	3.9 ~4.8	0.40 ~0.80	0.70	其余
实测	0.68	0.90	4.43	0.56	0.233	其余

表2 两种热处理制度参数

Tab.2 Parameters of two kinds of heat treatment

处理制度	淬火保温		人工时效	
	固溶温度 /℃	保温时间 /h	时效温度 /℃	保温时间 /h
人工时效	495	0.5	165	8
过时效	495	0.5	165	12



(a) 人工时效



(b) 过时效

图3 不同热处理制度的化铣零件表面质量

Fig.3 Surface quality of chemical milling part for different heat treatment

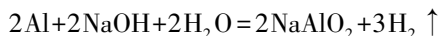
从试验结果可看出,零件的化学成分符合标准中的规定范围,经两种时效制度处理后,零件的化铣表面质量区别较大。其中,采用过时效处理的零件表面质量相比之下有明显的改善,符合相关标准要求。

3 分析与讨论

文献[2-3]论及,Al-Cu-Mg 系铝合金的化铣表面质量与其热处理状态、晶粒度、变形量等有密切的关系,零件热处理状态显著影响化铣加工的零件表面质量,其中,退火状态及淬火+人工时效状态的表面质量较好。

本次工艺试验中正常人工时效处理后表面质量较差的原因应从化铣加工的机理方面进行分析。

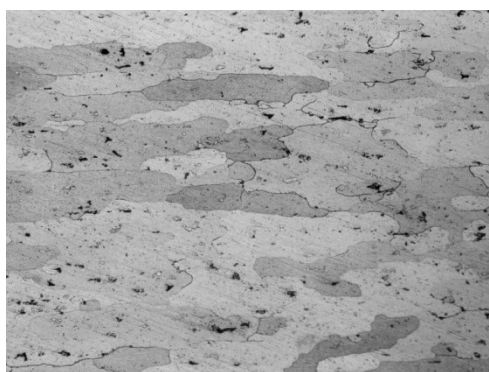
铝在碱性溶液中的化铣过程可理解为铝金属的一个化学溶解过程,化学反应方程如下:



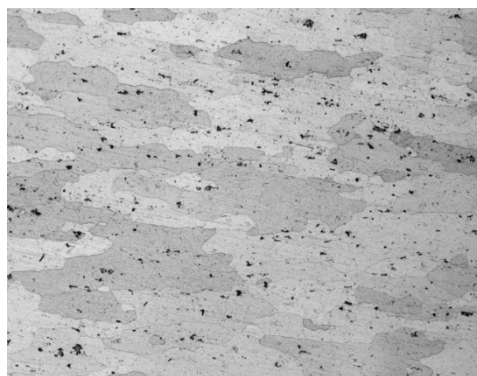
当化学反应在铝基体表面均匀进行时,化铣后表面质量较好。

面平滑连续;当反应在金属表面有选择或有顺序进行时,则化铣后表面表现为凹凸不平,较粗糙。LD10 铝合金在淬火状态下,其组织为过饱和的 α 固溶体,该固溶体为不稳定相,有自发析出的倾向。自然时效状态,由于沉淀相析出驱动力不足,组织状态为形成 G. P 区,该相的成分及电极电位与铝基体差距较大,电化学反应有明显的优先顺序,因此自然时效状态下,化铣零件的表面质量较差。当进行人工时效时,过饱和 α 固溶体中析出并长大成 θ'' 相,而 θ'' 相从成分及电极电位上均接近于稳定的第二相粒子 θ 相 (CuAl_2),该第二相粒子与铝基体的电极电位较近似,从而可使电化学反应平稳连续进行,无断层。因

此,一般人工时效后的化铣表面质量优于自然时效。在人工时效过程中,采用过时效处理,第二相 θ'' 将趋向于向稳定的 θ 相转变,且随着过时效程度增加,转变越充分。从电极电位的角度考虑, θ 相较 θ'' 相与基体铝的电位更接近,因此,当组织中第二相 θ 相越多时,化铣后,零件的表面质量越好。采用充分的过时效处理,可增加组织中第二相 θ 相的比例。根据上述理论,对两种热处理状态的零件进行了局部的金相试验及分析,如图 4 所示,可采用过时效处理后,组织内第二相较为均匀弥散的析出,与基体金属呈现较好的界面关系。



(a) 人工时效



(b) 过时效

图 4 不同热处理状态化铣零件金相照片 200 \times

Fig. 4 Microstructure photo of chemical milling part for different heat treatment state

4 结论

(1)从表面质量的优劣角度考虑,避免使用淬火+自然时效状态进行化铣加工,优先选用退火状态,次之选用淬火+人工时效状态。

(2)综合考虑零件的使用性能,优先选用淬火+过时效状态,既保证材料的力学性能,又达到保证零件表面质量的目的。

Al-Cu-Mg 系的铝合金零件化铣时影响表面质量的因素除上述论及的热处理状态,还牵涉到晶粒内部的结构及内部组织的分布等,机理较复杂。但从生产实践角度来讲,只要掌握好上述两个原则,则可保

证在化铣加工时保持良好的表面质量。

参考文献

- [1]肖亚庆. 铝加工技术实用手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2005:127
- [2]刘旭升,黄绍林,姜枫,等. LD10 网格加强肋结构壁板的化学铣切工艺研究[J]. 宇航材料工艺,2011,41(6): 88-90
- [3]张彩碚,孙威,潘浩,等. 不同热处理制度对 LY12 铝合金厚板化铣腐蚀坑的影响[J]. 东北工学院学报,1987(4):527-531,538

(编辑 任涛)