

# MMS: 新型绿色蒙皮加工系统

## MMS: The Latest Green Skin Machining System

中航工业规划建设发展有限公司咨询设计事业部第二设计研究所 张志国 徐学民

**[摘要]** MMS 蒙皮镜像铣切系统是 DUFIEUX 公司研制的最新型蒙皮加工系统,该系统是新一代绿色加工技术,可以代替手工修整和化铣工艺。本文介绍了 MMS 蒙皮镜像铣切系统的工作原理及应用状况,并将该系统与传统的蒙皮加工工艺进行对比,得出了该系统具有先进性、环保性及可推广性的结论。

关键词: MMS 化铣 蒙皮加工

**[ABSTRACT]** Mirror milling system(MMS) is the latest skin machining system developed by DUFIEUX company, also it's the latest green machining technology which can replace the hand dressing and the chemical milling. This paper introduces the working principle and the application status of the MMS, compared with the traditional skin machining system, MMS is an advanced, environment protected and promotional system.

**Keywords:** MMS Chemical milling technology Skin Machining

MMS (Mirror Milling System) 蒙皮镜像铣切系统是 DUFIEUX 公司研制的最新型蒙皮加工系统,该系统拥有 2 个同步运动的六自由度主轴头,一个主轴头为切削头,另一个主轴头为支撑头,2 个主轴头能够保证镜像随动对蒙皮进行法向支承和法向铣削,形象地讲系统加工时它们就像两只手对在一块进行加工(如图 1 所示)。



图1 MMS镜像铣切系统加工示意图

Fig.1 Mirror milling system (MMS) process program

该系统能够完全代替现有的化铣生产工艺,将拉形后的蒙皮通过 1 次装夹便可完成传统加工工艺中的化铣、修边等工艺。与化铣工艺相比, MMS 蒙皮镜像铣切加工工艺采用绝对尺寸和厚度的控制,加工精度高,零件加

工的废屑可回收,加工时无污染物排放。目前空客公司已经大规模使用该加工工艺并计划在 3 年内淘汰化铣工艺,图 2 为采用 MMS 蒙皮镜像铣切系统加工工艺的空客公司 A380 机头天窗蒙皮。



图2 空客公司A380机头天窗蒙皮

Fig.2 Skin at the head skylight of Airbus A380

## 1 加工原理及过程

### 1.1 加工原理

MMS 蒙皮镜像铣切系统由柔性定位系统、可翻倾柔性周边夹持系统和加工室组成,加工室由激光扫描系统和 3D 蒙皮镜像铣切加工系统组成。

柔性定位系统用于蒙皮的水平安放,该系统可在 30s 内生成零件的外形,零件安放后在零件周边采用激光打点确定可翻倾柔性周边夹持系统的夹持位置。

可翻倾柔性周边夹持系统用于蒙皮零件的夹持和翻转,该系统由万向夹持臂组成。装夹时工人可以将夹持臂拉至激光定点处然后锁紧,装夹完毕后翻转系统进入加工室,当需要加工另一侧表面时翻转系统进行回转 180° 自动换面,无需重新装夹蒙皮,即可加工另一侧表面。

加工室由激光扫描系统和 3D 镜像铣切加工系统组成。激光扫描系统用于零件实际外形的扫描,扫描后将实际扫描数据与零件理论数据进行对比修正,进而生成加工程序;3D 镜像铣切加工系统主要由 2 个同步运动的六自由度主轴头组成,其中一个主轴头用于铣削,另一个主轴头用于随动顶持,从而保证加工精度。MMS

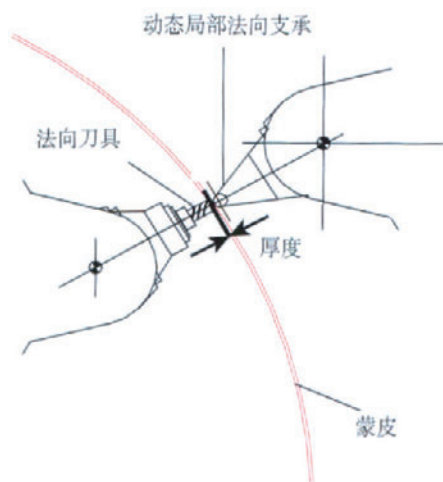


图3 MMS蒙皮镜像铣切系统加工原理  
Fig.3 Processing principles of mirror milling skin with mirror milling system

蒙皮镜像铣切系统的加工原理如图3所示。

## 1.2 加工过程

MMS蒙皮镜像铣切系统外形图如图4所示,加工过程如图5所示。

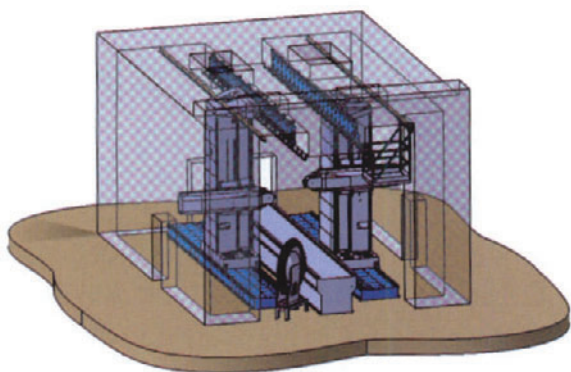


图4 MMS蒙皮镜像铣切系统外形图  
Fig.4 Outline of mirror milling system

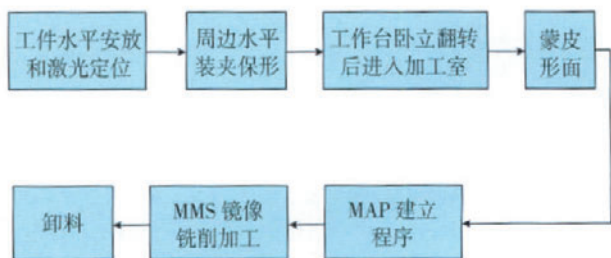


图5 MMS蒙皮镜像铣切系统加工过程  
Fig.5 Machining process of mirror milling skin with mirror milling system

## 2 MMS蒙皮镜像铣切系统的先进性

### 2.1 与化铣工艺的对比

将采用化铣的工艺流程图(图6)与采用MMS蒙皮

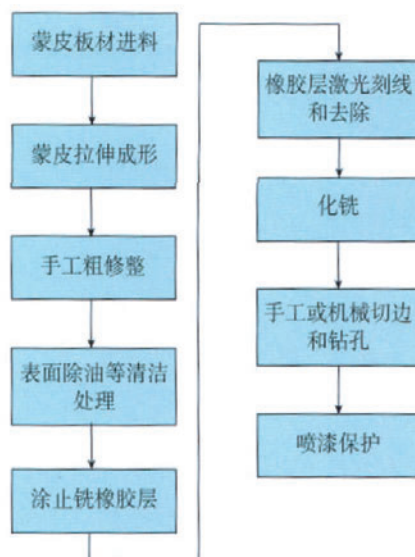


图6 采用化铣的工艺流程  
Fig.6 Process of chemical milling

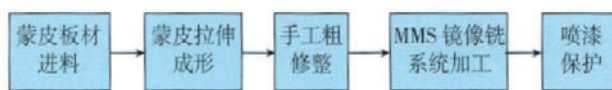


图7 采用MMS蒙皮镜像铣切系统的工艺流程  
Fig.7 Process of mirror milling skin with MMS

镜像铣切系统的工艺流程图(图7)进行对比,得出以下结论。

(1)通过工艺流程的对比可以看出采用MMS蒙皮镜像铣切系统的工艺流程明显短于采用化铣的工艺流程。

(2)从加工精度上分析,采用化铣加工工艺,零件至少需要两次进行装夹,重复装夹会影响精度,另外化铣工艺采用相对尺寸和厚度得到控制;而加工精度很难控制,采用MMS蒙皮镜像铣切系统的加工工艺,零件仅需一次装夹,设备采用绝对尺寸和厚度控制,加工精度很容易得到控制。

(3)从加工过程中污染物的排放、效率、经济性上进行分析。以空客公司的统计数据为例,以年产7000张蒙皮,2种工艺加工所需物质的消耗对比和加工时间分别如表1、表2所示。

### 2.2 与龙门铣配柔性夹持系统对比

MMS蒙皮镜像铣切系统是21世纪初的最新技术,系统采用卧式铣削,蒙皮夹持和加工支承分开,互不干扰,镜像对称。随动连续加工支保证证高的刚性和加工精度,适合加工薄蒙皮和双曲蒙皮;卧铣有利于排屑散热,从而减少对工件的热影响;可以取代蒙皮拉形后的手工修整作业和化铣。

龙门铣配柔性夹持系统是10年前发展的技术,系

表1 加工所需物质消耗对比

作业消耗和副产物 / 年	化铣加工	MMS 加工
耗水 H <sub>2</sub> O/m <sup>3</sup>	225 000	0
产生二氧化碳 CO <sub>2</sub> /t	6 200	0
消耗溶剂 Solvent /t	6 200	0
产生普通工业废料 /t	300	0
产生特殊工业废料 /t	9 000	0
产生挥发性有机混合物 /t	850	0
耗电 / (MW·h)	7	3
铝屑回收 /t	0	700

表2 加工时间对比

零件	化铣加工作业时间 /h	MMS 加工作业时间 /h
A320 下机壳中央蒙皮	26	10.75
A320 横向中左蒙皮	36.75	8

统采用立式铣削,蒙皮夹持和加工支撑合一,离散、间隔支承。需精心设计夹持点以避免加工干涉;加工薄蒙皮有震颤,影响加工精度和零件质量;立铣不利排屑和散热,对工件有热变形影响;其工艺只能取代蒙皮拉形后的手工修整作业,不能替代化铣。

### 2.3 从经济性上考虑

国内钣金生产技术正处于从第一代向第二代的转变过程中,国内各大主机厂均已建成了化铣生产线,龙门铣配柔性夹持系统也处于招标状态中。从生产线所配备的设备投资分析,以典型的化铣加修边为例,一条线投资额大约在 1000 万美元以上(龙门铣配柔性夹持系统 500 万美元,激光刻型机 500 万美元),与目前 MMS 蒙皮镜像铣切系统 1000 万美元的报价相比,在投资上相当。

## 3 结束语

通过上述分析可以看出,MMS 蒙皮镜像铣切系统与化铣系统相比在加工时间上可减少 50%,作业周期成本可减少 50%,总收益(以年产 7000 张蒙皮计算)节约资金 500 万欧元,而在环境保护上 MMS 蒙皮镜像铣切系统几乎没有任何污染物。因此从长远发展来看,该系统是钣金制造的一个很好的发展方向,但考虑到国内各主机厂的实际情况,在短期内引进该设备意义不是很大,所以可以作为长远发展方向,但对于大客公司来说,引进该技术可以协助大客公司在钣金制造领域上站在更高的起点,意义重大。(责编 泰山)

(上接第 83 页)

S<sub>3</sub> 和 S<sub>2</sub> 的磨损行为具有很多共同点,但 S<sub>3</sub> 的磨损行为相对复杂。在摩擦起始阶段,磨屑颗粒应是剥落的 MoS<sub>2</sub>,随着试验时间的增加,MoS<sub>2</sub> 减磨层可能被破坏,导致对偶件与铜合金基体有直接接触,使得磨屑颗粒会包括剥落的铜合金颗粒及氧化铜颗粒,这个过程在 S<sub>3</sub> 的摩擦系数曲线中得到了反映。

比较 S<sub>2</sub> 和 S<sub>3</sub> 的摩擦系数曲线和线性磨损率(图 1,表 1),可以看出 MoS<sub>2</sub> 涂层能有效降低铜合金的摩擦系数和磨损率,并提高铜合金摩擦的稳定性。但采用涂刷法涂敷的 MoS<sub>2</sub> 涂层在加载的条件下容易被破坏,又限制了 MoS<sub>2</sub> 涂层的降摩减磨作用。S<sub>1</sub> 的磨损表面形貌与 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> 完全不同,在摩擦面没有发现犁沟和磨屑颗粒,反映了炭/炭复合材料具有自润滑特性。由测得的线性磨损率(表 1)可知,S<sub>1</sub> 比 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> 的耐磨性好得多。

表1 三种样品的线性磨损率

试样编号	载荷 /N	滑动频率 /Hz	试验时间 /h	平均磨损深度 /μm	线性磨损率 / (μm·次 <sup>-1</sup> )
S <sub>1</sub>	3	4	1	7.2	0.0005
S <sub>2</sub>	3	4	1	43.2	0.003
S <sub>3</sub>	3	4	1	14.4	0.001

## 3 结论

(1) 该轴承用铜合金的摩擦系数达到 0.65 左右,线性磨损率约为 0.003μm/次,存在加速磨损现象。在其表面涂敷 MoS<sub>2</sub> 涂层,可以将其摩擦系数降低至 0.25~0.3,线性磨损率减少 2/3,但该涂层容易被破坏,不能满足铜合金轴承长期使用的工况要求。

(2) 炭/炭复合材料的摩擦系数在 0.11~0.13 之间,且摩擦稳定性好,线性磨损率为 0.0005μm/次,仅为铜合金线性磨损率的 1/6,并表现了良好的自润滑耐磨特性。

### 参考文献

[1] 吴良奎,焦明华,俞建卫,等. 基体材料对铜合金镶嵌轴承摩擦磨损性能的影响. 润滑与密封,2005,(3):92-94.  
 [2] 陈青华,邓红兵,肖志超,等. 影响炭/炭复合材料摩擦性能的因素分析:材料的性质. 材料导报,2007,21(专辑):413-416.  
 [3] 葛毅成,易茂中. 基体碳结构对轴间密封环用 C/C 复合材料摩擦磨损特性的影响. 航空学报,2004,25(6):619-624.  
 [4] 于澍,黄伯云,熊翔,等. 不同刹车压力下炭/炭复合材料的摩擦磨损性能. 新型炭材料,2008,23(2):127-132.  
 [5] 徐慧娟,熊翔,黄伯云,等. 不同热解炭结构的炭/炭复合材料的摩擦特性. 摩擦学学报,2003,23(4):344-349.  
 [6] 刘玉文,刘建华. 载荷和摩擦速度对多元铜合金摩擦磨损性能的影响. 材料热处理技术,2008,37(16):41-43.

(责编 泰山)