

学术会议文集

中国航空学会工艺专业分会
航空工艺技术研究开发中心

1997

内部资料 注意保存

学术会议文集

中国航空学会工艺专业分会
航空工艺技术研究开发中心

1997

编 者 的 话

广泛开展学术交流是中国航空学会工艺专业分会的主要活动。由于客观条件的限制,我们将不同年度不同专业的学术交流论文汇集在一本论文集中奉献给读者。以便于科技信息的传播、交流和储存。根据出版需要,未经作者同意将部分论文的内容加以修改和编辑,不妥之处敬请指正。参加本论文集编辑工作的有刘忠祥、张士霖、刘丽华等学会工作人员。航空工艺技术研究开发中心对论文集的出版给予鼎力协助特此致谢!

1997.8

目 录

飞 机 工 艺

- 1 提高钣金件制造质量途径探讨 吴志恩(1)
- 2 再谈钣金冲压技术改造 李育本(3)
- 3 喷丸加工技术在飞机制造和维修中的重要作用 彭月友(7)
- 4 采用柔性技术促进飞机装配工艺的发展 余公藩等(9)
- 5 滚弯带筋壁板的时效应力松弛校形 周贤宾等(12)
- 6 蒙皮零件生产及展望 戴美云等(18)
- 7 薄板超塑胀形材料参数 $m \cdot K$ 值的测定 王卫英等(22)
- 8 模锻过程的热力耦合分析 詹艳然等(26)
- 9 TC4 钛板扩散连接后疲劳断裂特性的初步研究 吴永瑞等(32)
- 10 薄板超塑性胀形的数值分析模拟 运启冀(39)
- 11 对成组套裁集中下料的思索 李育本(46)
- 12 钣金冲压件一模多次成形法的应用 孙启龙(50)
- 13 橡皮囊液压成形常见缺陷分析 戴美云等(55)
- 14 机头罩环在液压机上的成形 吕国才(61)
- 15 飞机进气道唇口蒙皮拉深成形分析 吕坤升(64)
- 16 数控叶轮抛丸机的方案分析和试验 曹庚顺(69)
- 17 叶轮式数控抛丸试验机研制 罗小玲(76)
- 18 表面工程制备质量对飞行安全的影响 彭月友(80)
- 19 飞机架内装配制孔的新方案 王志远(83)
- 20 应力波铆接技术在新型号研制中的作用 曹增强等(87)
- 21 复合材料结构用单面紧固件的研制 瞿履和(91)

- 22 改善飞机机身机翼对合接头孔的粗糙度及同轴度方法..... 李海存(98)
- 23 相位法三维型面无接触检测及在航空制造中的应用..... 曹 康等(101)
- 24 铝蜂窝胶接结构修补工艺研究 李延明等(107)
- 25 复合材料桨叶共固化成形技术 李 萌(119)
- 26 轻型飞机复合材料部件工装设计与制造 袁关章等(122)
- 27 提高数控加工切削效率和产品质量攻关措施分析 王兰荪(126)
- 28 高温合金切削温度的试验研究 张桂木等(131)
- 29 飞机整体油箱的氦质谱检漏技术 姚任远(135)
- 30 飞机用钛合金复杂结构件等温精锻成形工艺与应用..... 王家宣等(139)
- 31 丝印技术在军机座舱表板标识上的应用 王茜芸(144)
- 32 产品集成建模及其关键技术的研究 聂 明等(147)

发 动 机 工 艺

- 1 TiAl 金属间化合物合金激光表面改性新工艺研究 ... 王华明等(153)
- 2 激光气体合金化——钛合金耐磨表面改性新工艺的研究 王华明等(156)
- 3 航空发动机零件异形小孔加工技术——激光-电火花复合加工工艺... 王 健(159)
- 4 数控展成电解加工整体叶轮的研究..... 徐家文等(162)
- 5 磨粒流挤压抛光技术的研究和应用..... 杨贵铭(167)
- 6 整体导向器热胀窄缝的电火花加工..... 毛晓军等(171)
- 7 EB-PVD 热障涂层技术在航空发动机上的应用 徐惠彬等(175)

- 8 新型航空发动机气膜小孔数控电火花加工技术研究 任中根等(181)
- 9 等离子辅助制造技术..... 武洪臣等(188)
- 10 高压涡轮导向叶片高温真空钎焊 任耀文等(193)
- 11 压气机叶片叶身型面加工 刘家富(198)
- 12 特种加工技术在新型发动机上的应用 梅方清等(201)
- 13 超塑成形/扩散连接技术在发动机空心整流叶片上的应用研究 侯冠群等(205)
- 14 金属蜂窝在某型涡喷发动机上的应用 储 让(210)
- 15 前轴颈喷丸工艺研究 杨 清(214)
- 16 计算机控制小孔喷丸机 张丽萍(218)

辅 机 工 艺

- 1 日本超精密加工技术的发展..... 王先逵(222)
- 2 精密磨削中的砂轮在线平衡技术..... 张鸿海等(229)
- 3 用光探测器测量激光陀螺反射镜的前、后向散射——研究表面粗糙度及波度对散射的影响 曹麟祥等(234)
- 4 柱塞泵转子孔的加工方法..... 靳庆方(240)
- 5 超精密典型零件加工的探索..... 唐秀云(244)
- 6 精密端齿分度盘在同轴背孔零件加工工艺中的应用..... 张灿海(249)
- 7 超精密车削装置及断续切削..... 杨 辉(255)
- 8 精密及超精密加工及其应用——SM-001 级进模具的加工工艺 杨军祥(259)
- 9 “Hastelloy NiCHR”镍基高温合金以车代磨的精细加工 李新民(264)
- 10 圆孔拉刀加工薄壁铜套产生环状波纹浅析 杨和平(266)

- 11 射流管式伺服阀的几何量测试 金用万(268)
- 12 短面内锥大径测量 郭英勇(270)
- 13 珩磨技术在模具标准件加工中的应用 韩芳惠(272)
- 14 精密型测量机滑架及 Z 轴系统设计 张永新等(274)
- 15 在轴颈抛光机上加工精密小平面的工艺研究 翁金钟(277)
- 16 泵类壳体零件的精加工 贺凯旗(287)
- 17 高精度双坐标测量系统的分布式实时定位与协调控制.....
..... 吴晓峰(293)
- 18 气动测量在伺服阀滑阀加工中的应用 龚达平(299)
- 19 正交试验在精密加工中的应用 王祖诚等(304)
- 20 大批量生产高精度机件时确定精加工工序精度的探讨.....
..... 赵 京等(308)
- 21 衬套内孔珩磨与 MBC-1804 珩磨机的利用 索国栋(311)
- 22 高精度数控电火花磨床的研制及工艺试验 宠淑云等(314)
- 23 大直径油缸缸筒的强力珩磨 李元惠等(321)

提高钣金件制造质量途径探讨

哈尔滨飞机制造公司 吴志恩

〔论文摘要〕本文结合近年来国外航空工业的发展和国际合作的需要,并针对我国几十年来的钣金件制造质量差距,提出提高制造质量的改进措施。

近年来,随着飞机设计要求的提高,钣金件的制造质量也愈来愈高,尤其是民用客机。在飞机的“合作研制”和“转包生产”中,钣金件制造质量已成为引起关注的问题。

我国航空工业建立的初期,飞机钣金零件的制造水平和国际上差距较小,从七十年代以后,明显拉大。目前,存在如下问题:(a)协调问题多,(b)外观不够平整,表面凸凹,转弯处R不清晰,(c)贴胎度不好,(d)毛刺多,切边不齐,(e)划伤擦伤严重等。这对飞机结构的强度、疲劳、空气动力等都带来不良影响,而且对用户选购和市场销售极为不利。

根据国内钣金零件传统的生产方法,结合近年来开展国际合作的经验以及笔者国外考察见闻,提出如下改进措施,供探讨。

1. 采用高压橡皮囊液压机在AQ状态下步成形

五十年代引进的II-307液压机,现在普遍压力只能达到 200kgf/cm^2 。新淬火状态厚度在 0.8mm 的零件其贴胎度都很难保证。仍采取传统工艺方法,即退火状态下成形→淬火→校正。

七十年代中期,曾推广过新淬火状态一步成形工艺。各工厂先后配置了冷藏、材料校平等设备。由于零件成形使用的液压机压力不足,成形工序未能很好实施。

近年来,主机厂引进压力为 700bar 和 1000bar 的橡皮囊液压机,能保证零件在AQ状态下的贴胎度,减少甚至基本消除了回弹,避免了冷作硬化后校正所形成的微小裂纹,为进一步成形创造了条件。QFC1.4×4—1000液压机不但可以成形典型的铝合金框、肋零件,还能成形部分落压零件。

所以,采用高压橡皮囊液压机成形,应作为提高框、肋类钣金零件制造质量的首要手段。

2. 成形后,零件的校正采用收缩机

钣金零件校正一般都使用木锤。表面捶痕多,质量无法保证。今后应将手锤校正减至最低限度,或基本不用,而代之以收缩机。五十年代,原苏联引进的收缩机,功能单一。七十年代,自行研制的收缩机,其性能参数和收缩块材料均未很好掌握,功效差。

西方不少工厂选用Eckold型号的收缩机(Walter Eckold)。该机配有全套附件,即可使材料收缩也可以展伸,或代替弹簧锤成形零件。收缩块的材料有钢、硬铝、夹布胶木、尼龙等,针对具体零件选用收缩块的材料和型式。一般情况下尼龙收缩(展伸)块最受欢迎。采购时应充分考虑附件(模具)的配套情况。

3. 数控铣床下料

剪床冲裁或回臂铣靠模下料有如下缺点:(a)剪床冲裁时板料极易划伤擦伤,(b)旧式回臂铣铣完后外形切口锯齿形,毛刺太多,(c)靠模样板本身有误差,与模线(图纸)上的展开料不一致,再加铣切过程本身的误差,导致外形切割线精度差。

国外普遍采用龙门式数控下料铣床,一次铣切的叠放厚度 12.7mm,进给速度可达 3m/min,铣切精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 。铣切后几乎无毛刺。各种工艺孔也可与外形铣切同时完成,我国已引进了 BFZ-3000 型数控下料铣床。

从发展上看广泛采用龙门式数控下料铣床应是发展方向之一。

4. 防止零件划伤

国外,为了防止零件划伤采取了一系列措施,简介如下:

(1)原材料订购时要求表面粘上一层可剥离的保护层,无保护层材料经检查合格后,在干燥状态下应自行喷涂一层保护薄膜(或油膜)。此保护层至零件成形后热处理前应保留,除非影响成形工序时,允许剥除。

(2)热处理时剥去保护层,热处理后经充分干燥并喷涂可水洗的保护膜,直到铆接结束后清除。

(3)材料库存时,四角装上防划伤的护套(Corner Tab)。零件制造过程中有必要时也这样做。

(4)零件间用牛皮纸或其它材料隔开。工作台必须有保护层(纸板,胶皮),并保证没有砂粒,碎屑等。

(5)为了工艺或运输需要而夹固零件时,必须夹在材料的多余部分或在其间垫两三层纸。

(6)运输有专用推车,既可防止划伤又有防止零件变形的托架。

上述的保护层或保护膜均为专利产品,使用方便,对材料无腐蚀作用。国内可自行探讨适用的材料。

5. 提高工装制造质量

由于 CAD/CAM 技术的采用,通过从计算机调出的信息在数控机床上直接加工钣金工装的外形和工艺孔,避免了通过样板制造工装所形成的积累误差。如国外某直升机制造中工装设计和加工数据直接由设计数据库下行传输到加工设备,例如一套 $1.22\text{m} \times 7.01\text{m}$ 的蒙皮模具公差保持在 $\pm 0.178\text{mm}$ 以内,一套 $0.91\text{m} \times 1.83\text{m}$ 的模具公差保持在 $\pm 0.127\text{mm}$ 以内。对双曲面外形的工装没有大量的立体移形工作,省去了难以实现的容差分配,减少积累误差,提高加工精度。

为此工装车间应配备一定数量的数控设备。

用环氧树脂制造的工装应具备足够的强度和硬度。

6. 配置相应的手工工具

毛刺在近代飞机制造中已被视为质量控制中一个要害问题。应配置打毛刺设备。

以上是提高钣金件制造质量途径的一些探讨,也是工作中的归纳和总结。另外钣金件制造质量的提高与全面质量管理、质量意识及操作人员的技艺水平等密不可分,本文不再阐述。

再谈钣金冲压技术改造

沈阳飞机工业(集团)有限公司 李育本

〔论文摘要〕本文分析了飞机结构钣金零件数量、质量和劳动量的变化;阐述了飞机钣金冲压制造技术若干方面的发展趋向。进一步提出技术改造要保证配套,形成新的生产力和新的经济增长点。必需“共同协作”有组织的实现。要体现科学技术是第一生产力。并指出培养掌握专业技术知识和技能的人是最迫切的任务。

1. 飞机结构钣金零件工艺的变化

为满足歼击机战术、技术性能的要求,其机体已从薄壁结构发展为半硬壳和硬壳式。钣金零件既构成气动外形,又是承力构件。必须满足气动外形、装配协调和结构强度的要求。

(1) 钣金零件数量的变化

我公司生产的歼击机钣金零件统计,见下表。

项目	机型	J—A	J—B	J—C	J—D
	项数				
全机零件总数		11132	11948	12727	15022
钣金零件总数		5916	7079	6429	8508
钣金零件数/零件总数(%)		53.14	59.25	50.51	47.04
铝、镁合金钣金零件数		3952	5644	4997	6807
钛合金钣金零件数		0	0	20	207
黑色金属钣金零件数		1964	1435	1412	1994
金属导管数		364	708	583	1012
铝合金焊接件数		58	111	135	110
黑色钣金焊接件数		721	697	490	643

①J—B机之前属薄壁结构,之后为半硬壳式结构采用整体结构、蜂窝结构、化铣厚蒙皮等,钣金零件占全机零件总数的比例在逐渐减少。

②黑色钣金零件和其焊接组合件的数量,占全机零件的比例都在减少;而钛合金零件及其焊接组合件的数量都在大幅度的增加。

③金属导管的数量和占全机零件的比例都呈上升趋势,而且技术要求也愈来愈高。

(2) 转包生产和干线客机对钣金零件提出新的要求。

①外蒙皮为镜面不允许有“滑移线”和擦划伤,成形过程严格控制变形量。

②干线客机尾段的9个新框,框缘型面角度变化复杂,纵向的50根“Ω”形的长桁,成形中要求

控制拉伸变形量。

③可强化的铝合金钣金件要在新淬火状态下成形,不允许敲修。

(3)典型零件的数量和劳动量

典型钣金零件数量和劳动量统计,见下表。

零件分类 项目 百分比(%)	零件数量百分比(%)		劳动量百分比(%)	
	J—B、J—C、 J—D	下一代歼 击机预计	J—B、J—C、 J—D	下一代歼 击机预计
下料	—	—	11~12	11~12
平板	6~7	5~6	11~12	11~12
冲压	23~21	17~18	11~13	11~12
柔性成形	15~18	19~20	14~16	15~17
蒙皮(含整体壁板)	5~4	6~7	5~7	7~8
型材	14~12	9~10	11~13	7~8
落压	7~6	4~5	9~11	7~8
导管	8~11	10~12	13~14	13~14
黑色钣金	22~18	14~15	15~18	11~13
钛合金	0~3	10~12	0~5	12~14

2. 飞机钣金冲压制造技术的发展

(1)保证零件正确的外形,严格控制加工过程中的材料变形量。

①根据试验,在新淬火状态下 LY12 和 2024 的拉伸变形量>3.0%~3.5%,LC4 和 7075 的拉伸变形量>2.5%~3.0%时,疲劳强度明显下降。可能产生滑移线和粗晶。

②减少和消除应力集中,强化表层。适当提高表层残余压应力和优化结晶组织。为此需提高成形精度,成形后尽量不敲修和少敲修,表面不划伤和擦伤。

③对高强度低所塑性的材料,不能采用在加工过程中容易产生显微裂纹的成形方法。

(2)采用成组下料和先进的分离技术。剪切和冲切往往引起切断面产生显微裂纹而成为疲劳源。应采用铣切、锯切、高压水和激光等方法切割。

(3)在新淬火状态下,采用弹性体对钣金件施予高压使其按单模成形。应确定毛料展开形状,配置大单位压力(1000bar)的液压橡皮囊成形机、多辊校平机和毛料冷藏设备。

(4)强化金属导管加工技术,采用数控弯管机、测量机、导管扩口机等,增添导管内壁缺陷检测装置。

(5)钛合金钣金零件加工技术包括:

①下料和切割技术,相应的设备和工具。

②冷、热成形的工艺参数、设备、工艺装备、润滑剂等。

③挤压型材、导管的成形工艺。

④超塑成形/扩散连接的工艺技术。

⑤零件的热表处理、焊接和化铣技术等。

(6)整体壁板成形要提供优质、合格的预拉伸钣坯和内型面加工的设备、技术,完善的单、双曲面整体壁板成形、强化和局部修正的技术和设备。

(7)黑色金属钣金件的焊接和热处理变形的修正和热校形技术。

3. 技术改造的几个问题

(1)技术改造的目的是保证公司能够简单再生产,开拓市场,增加品种,提高质量,节约能源,提高企业的经济和社会效益。

(2)技术改造应“共同协作”有组织的实现。

①全面规划,科学论证,分期实施

现代企业体制下的技术改造已成为受政府政策指导的企业自我行为。全面规划是技术改造有目的、有计划、有步骤、有效益的工作纲领,做到科学、积极、慎重、有序的进行。

技术改造规划的主要内容有:指导原则和目标,经济技术的评估和指标,投入产出和经济效益的概算,分期实施每期的重点和其定性定量考核的标准,对每个具体项目时间和空间的要求,负责单位(人)和参加单位(人)等。

科学论证是具体技术改造项目立项、决策的基础,批准后的方案论证报告具有法律性,是指令和考核该项技术改造的依据,所以方案论证报告的制订和审批是立法过程,必须认真、求实、科学、严谨、要经得起实践和时间的考验。

分期实施是需要与可能的结合,是实践认识深化,硬件供应,软件提供,人员培训和资金筹措分阶段形成的必然。所以全面规划和方案论证报告是分期实施的前提和基础,分期实施是落实、贯彻和验证、修正全面规划和方案论证报告的过程。

②全面遵循技术改造的五个步骤

技术改造的全过程包括:a. 全面规划,b. 方案论证,c. 实施,d. 验收,e. 总结评审和奖惩。验收是保证和监控技术改造质量和促进按期形成稳定优质高效生产力的重要环节,它贯穿于技术改造实施的全过程。总结评审和奖惩是技术改造中不可缺少的步骤,根据技术改造不同的性质和规模,验收后经过一段时间的运行考验,组织评审,总结技术改造的业绩和失误,经验和教训,并提出改进措施建议。

③落实责任,分工协作

技术改造是综合性的系统工程,必然涉及到技术、经济和生产(施工),要有统一领导,实行严谨的科学管理。

(3)技术改造要体现科学技术是第一生产力

对企业来说就是靠科学技术进步和提高劳动者的素质加速发展生产和寻求新的效益增长点,提高产品中科技进步的含量。只有当技术和经济有机结合协调为一体,先进技术、科学管理和与之相适应的劳动者协调一致才能保证企业持续稳定健康的发展,获得较大的经济效益。提高全员的科技意识。重大技术改造与群众性合理化建议同时并举。

(4)钣金冲压新工艺验收的标准

技术改造要推广和应用新工艺新技术。钣金冲压新工艺验收的标准有:

①原材料(含辅助材料)具有了优质(符合标准)稳定和价格合理的供应点和渠道,具有了完善的技术条件和成形的工艺参数、生产使用说明书。

- ②厂房、设备、动力供应、工艺装备、运输等满足优质稳定高效生产的要求。
- ③具有可靠的工艺参数,生产工艺说明书,操作说明书,典型工艺规程等工艺资料。
- ④产品验收质量标准明确,质量监控、检验方法和手段完备。
- ⑤从事本项新工艺的全体员工经过专业技术培训,并获得上岗合格证。
- (5)培养掌握专业技术知识和技能的人

航空工业是高技术产业,技术改造要体现科学技术是第一生产力,掌握专业技术知识和技能的人是最积极的因素。目前我公司正处于产品更新换代,人员新老交替时期,这样培养和提高全员的技术能力就特别重要和紧迫。钣金冲压工艺已大量应用数控技术和计算机辅助设计制造和管理,这样就急需一批高素质的技职人员和工人。充分调动技术人员的积极性必须依靠政策和法规。促进大批年轻优秀的技术人员脱颖而出,坚决贯彻按劳付酬,建立激励机制,拉开差距,有突出贡献者重奖。

喷丸加工技术在飞机制造和维修中的重要作用

北京飞机维修工程有限公司 彭月友

[论文摘要]本文详述了喷丸加工技术所包含的喷丸成形、喷丸校正、喷丸强化、喷丸装饰等在飞机制造和维修中的应用及重要性,并指出当前航空工程部门应关注和急待解决的三个重要问题。

1. 喷丸加工包括喷丸成形、喷丸校正、喷丸强化、喷丸装饰等。喷丸加工是一种以小而硬的弹丸,借助高压空气或高速旋转离心轮的动能,高速撞击金属表面的一种冷加工方法,由于弹丸的撞击作用使受喷工件表层金属引起塑性流动。改变了表层金属的组织结构,使晶粒形状和方位发生变化,并在表层产生残余压应力,能有效地提高零件的疲劳性能和耐应力腐蚀性能,形成了喷丸强化技术,同时利用表层材料产生塑性流动的原理可以完成成形和校形工作。获得喷丸成形和校正技术。利用弹丸在工作表面产生的痕迹形成漫反射的原理,可以达到喷丸装饰的目的,形成喷丸装饰技术。

喷丸加工技术现已不陌生,但是真正恰当的选用,解决实际问题,还远远不够。表现在设计图纸上选用喷丸加工技术的不够广泛,很大程度上限制了喷丸加工的使用范围。以致影响我们的飞机使用寿命和飞行性能。

喷丸成形,目前应用于成形大型飞机整体壁板,由于目前批量小尚不能摆脱凭工程技术人员和操作者的经验,而将喷丸成形技术与常规成形技术有机结合,取长补短,生产出各种类型的飞机壁板外形,例如,三叉戟 8# 加强肋的改装,仅应用飞机实物按飞机外型,制作空间骨架样板,作为制造依据,再应用预应力喷丸,压型,再加上喷丸校正校结合,成功地制造出复杂双曲弯折马鞍形,及球形加强板等,使生产周期大大缩短,避免了制作模线、样板、型胎、再加工成零件的传统方法,另外一个重要应用是在数控加工后,应用喷丸的方法进行校形,来保证零件应具有的外形。

喷丸校形,对于校正薄壁圆筒型零件具有特殊作用,可以挽救在常规制造中因内应力造成的椭圆变形,如各种作动筒、储压器、防尘罩等薄壁结构件的变形。

喷丸强化可以有效地提高零件的疲劳性能和耐应力腐蚀性能,大多数疲劳和应力腐蚀破坏,仅发生在拉应力状态下,喷丸的作用产生残余压应力相当于一个预加载的反作用,能将实际使用的载荷降低到安全水平。

疲劳和应力腐蚀是在受拉应力的情况下,首先由表面开始的,喷丸的结果能造成一层 0.13~0.76mm 的均匀压应力层,表面完整,组织细化,无疑能延缓和阻止裂纹的产生和进一步扩展,从而提高了零件的疲劳和耐应力腐蚀性能。

2. 在 707、737、747、757、767 波音飞机的维修中发现,凡是强度在 125MPa 以上的零件制造和修理均需 100% 喷丸,凡是重要接头,应力集中的各种圆角、沟槽、焊接、电镀、喷涂、划伤打磨后,均需进行喷丸处理。对于超硬钢起落架零件随静强度的提高,对应力集中的敏感性也增加。由于起落架零件存在各种设计上和工艺上的应力集中都会导致疲劳强度的降低,使实际疲劳强度只具有静强度的 1/2~1/3 或更低,这样就不能充分发挥高强钢的作用,而应用喷丸强化可以有效地释放这些应力集中区的拉应力,而形成有利的残余压应力,因此喷丸强化是解决这一问题的有效途径。从

JT3D、JT8D、JT9D、RB211、PW-4000 发动机维修中看到：从发动机各种叶片、压气机盘、涡轮盘、传动轴、拉杆、螺栓、齿轮、机匣等，无论是制造还是修理均要求喷丸强化。仅一台 JT9D 发动机就有 1000 多个零件需进行喷丸强化处理，从材料上看，高强钢、钛合金、铝合金、不锈钢等，喷丸应用相当普遍，增加表面残余压应力，从而全面保证材料的优良性能。

国内成熟的经验也已表明：运七、运八起落架应用喷丸强化后，使其使用寿命成倍地提高，可以充分说明喷丸强化在飞机制造中的作用，喷丸强化能提高机件疲劳强度和耐应力腐蚀性能，对飞行安全起着重要的保证作用。

3. 喷丸加工的质量控制，喷丸成形和校形主要以符合结构外形精度和表面粗糙度的要求，一般采取逐次逼近的方法，最终以符合样板和模胎精度作为验收标准，喷丸强化的量度主要由喷丸强度和覆盖率来决定的，喷丸强度则采用国际通用的阿尔门标准试片，控制其弧高值。影响喷丸强度的参数有弹丸材料、硬度、直径大小、喷射压力、距离、角度、喷嘴结构等，而喷丸覆盖率的影响因素主要是喷丸时间。

在实际操作中，所有应力集中区均应有足够的试片，以证明这些关键区域均已达到喷丸强度的要求，喷丸强化在图纸标注中，应注明所应用的喷丸标准，喷丸的区域，弹丸材料及尺寸，最重要的是喷丸强度和覆盖率，根据技术要求编制工艺单，工人按工艺单来操作，加工出合格零件。

4. 根据本人从事喷丸加工的实践和研究，提出以下三个问题以引起航空工程部门的关注并有待解决。

(1) 在飞机制造和维修中所采用的无损探伤检查方法中，如 X 光、着色、磁检、超声波检查等绝大部分是进行裂纹的检查和内部缺陷的检查，而对内应力的检查尚无有效的方法，X 光衍射检测表面应力在生产中实践应用的很少，仍处于实验室工作阶段，这样就无法控制机件加工过程的内应力，业已发现在超硬钢和超硬铝的加工过程中，在无外力存放中均已发现会自行产生裂纹，说明在加工过程中已产生足够高的残余拉应力，以至引起了微裂纹的扩展，而造成破坏。喷丸强化是万无一失的可靠方法，可以避免残余拉应力所带来的有害影响，是提高飞机零件制造质量的有效方法，因此喷丸将会应用愈来愈广泛。

(2) 在航空产品的设计部门，在图纸注明有喷丸强化要求的零件现在还微乎其微，这样与国外差距太大，而老机种有喷丸要求更少了，只靠工艺人员去开发是不够的。许多方面制约了喷丸加工技术的发展，设计部门应加强培训，必须进一步提高图纸质量，注明喷丸要求。这将有助于提高航空产品的质量，确保飞行安全。

(3) 电镀和喷涂均会在零件表面产生残余拉应力，涂层结合强度低，易脱落或屡镀不上。若表面预先进行喷丸强化，上述不良现象将会有明显改观。但目前国内飞机制造有明确规定镀前喷丸的是极少数，对此问题尚未引起足够的重视。对比试验表明经喷丸的电镀件比未喷丸电镀件的疲劳寿命高出数十倍。因此，在电镀规范或图纸上应标明，电镀前必须经喷丸处理。

随着生产的发展，综合应用喷丸技术加工各种航空零件，缩短生产周期，高效，低费用，保证飞机长寿命安全可靠。喷丸加工技术在飞机制造和维修中进一步推广和应用，将会给航空工业带来更大的效益。

采用柔性技术促进飞机装配工艺的发展

西北工业大学 余公藩 曹增强

[论文摘要]本文分析了我国飞机装配生产的现状,指出了存在的问题,提出采用柔性装配技术,开发柔性装配系统(FAS)是解决这些问题或缓解生产中矛盾的有效途径之一。文章最后提出了适合我国国情的FAS模型,指出了开发FAS需要注意并着力解决的几个问题。

1. 引言

装配生产在飞机制造过程中占重要的地位。装备费用占整个生产费用的40%以上,周期占生产总周期的50%~70%。我国飞机装配技术与国外的差距较大。装配生产已称为影响我国飞机制造整体水平的一个重要因素。目前存在以下几个问题:(1)装配车间管理水平落后。生产计划制定、调度及管理由人工完成,各环节之间的信息不易畅通,反馈速度慢。(2)生产模式陈旧,柔性差,难于适应市场的快速变化。(3)产品型号多,生产用地紧张。已成为主机厂非常头痛的问题。使得我国飞机产品成本高,生产周期长,效益差。很难适应市场需求的快速变化和激烈竞争。为缩短我国航空工业与国外的差距,必须逐步采用新的生产模式。

2. FAS

市场竞争的日益激烈要求企业必须具有快速反应能力,小批量、多品种的生产特点要求企业要有较大的灵活性和适应性。在飞机制造业中,生产准备周期占飞机研制周期的三分之二,因而要缩短飞机研制周期,首先就得缩短生产准备周期。其有效途径就是减少工装的品种和数量,采用柔性装配技术,开发柔性装配系统FAS(Flexible Assembly System)是实现这一目的的有效途径之一。

柔性装备的生产节拍可以调整,在一定的硬件环境下能适用于不同装配对象。因而,可以减少工装的品种和数量,缩短生产准备周期,减少生产用地,使企业以最短的时间适应新产品的装配。FAS不是简单的柔性工装,它是采用柔性工装并包括物流系统和信息流控制的装配系统。国内一些主机厂曾在工装的柔性化方面作过尝试,但由于没有发展成为柔性装配系统而未取得很大的经济效益。

国际上一些先进工业国家已在不同程度上运用了柔性装配技术,并已建成了一些FAS。波音公司、空中客车公司等及前苏联的一些飞机工厂都有自己的FAS在运行。德国空中客车公司EINWARDN工厂的柔性壁板装配系统少占用生产面积8000平方米(约减少50%),并大量节约了后继机型的工装投资,提高了空中客车系列飞机在国际上的竞争力。

采用柔性技术,既可以开发计算机控制的高度自动化和高度柔性的柔性装配系统,也可以人和普通的运输设备为主,利用柔性工装等开发具有一定柔性的准柔性装配系统。

3. CIMS环境下的FAS模型

作为CIMS的重要组成部分,柔性装配系统是一种计算机控制的装配系统,把原材料和零件转变成所需功能的产品。当今,FAS还没有引起人们的特别重视,尤其在我国几乎还是一个空白。由于

飞机本身生产的特点,采用柔性装配技术,开发飞机柔性装配系统可以减少大量的装配工装,解决生产面积。因而,在我国飞机工厂开发 FAS 具有重要的意义。

(1)开发 FAS 应遵循的原则

建设高度自动化的 FAS 是一项技术复杂、周期长、投资巨大的工程。结合我国飞机工业的生产任务、产品对象和原有基础,当前不宜采用机器人、可编程装配等,而应以结构相对简单的装配件为对象,并力求投资少见效快。在飞机生产中,壁板是一种具有代表性的组合件,它与飞机外形有关,质量要求高,数量多,装配周期长,但壁板类组合件结构几何相似、装配工艺相近。如果对壁板采用柔性装配技术,可以减少大量的装配工装,减少生产用地,取得明显的技术经济效益,并且技术难度小。所以可首先开发壁板 FAS。考虑到当前的技术和经济状况,初期,可开发成一种准柔性装配系统(Pseudo FAS),它有以下特点:(1)数控设备与普通设备共存,人工和自动化相结合的柔性物流系统和计算机控制系统。(2)优化人机界面,不追求过高的自动化程度,使之投资少,技术上较易实现,易于推广应用。(3)充分发挥软件的功能和计算机的管理能力,以获得最大的投资效益。以此为基础,可进一步提高其自动化程度。

(2)FAS 的物理结构

对于壁板柔性装配系统,在 CIMS 环境下可以作为一个柔性装配单元来开发。其物理结构主要由柔性装配工装和自动钻铆设备相结合的装配站、控制系统和物流系统等组成。

装配站是由自动钻铆设备、起吊设备、定位装置等操作设备及工作平台组成的自动钻铆工具坞。也可由普通的钻铆设备代替自动钻铆设备。

与装配站配合使用的是柔性装配工装,主要包括操作框架、支撑托架、定位件等,共同完成零组件(蒙皮、长桁、肋等)的定位。在 FAS 中,装配站可只有一个,支撑托架需要多个,一个装配站可以装配不同的壁板。暂时不用的支撑托架放在仓库中,每个托架按本身的编码放在相应的位置。

考虑到投资的可能性及装配本身的特点,可以不建造自动化仓库,也不采用自动化运输小车,只采用普通运输工具。但为实现信息的集成,对柔性工装要进行计算机管理。

(3)FAS 的运行模式

FAS 的计划与调度流程如下图。

