

飞机钣金成形技术专家座 谈会发言汇编



航空工艺技术研究开发中心

1988年6月

V26/2-53
1002

编 者 的 话

1988年4月, 航空工艺技术研究开发中心召开了飞机钣金成形技术专家座谈会。来自我部16个厂、所、院、校的生产、科研和教学第一线的26位专家, 就钣金成形技术的重要性、现况和发展, 以及如何进行技术改造等方面的内容进行了讨论, 并提出了许多宝贵的意见。现将他们的发言稿整理汇编成册, 供即将召开的飞机钣金成形技术工作研讨会和各级领导参考。

有的同志在座谈会上也发表了很好的意见, 但由于未及时提供发言稿, 而未能收入本汇编。

汇编工作由航空工艺中心办公室负责, 理有亲、李国祥、张士霖、杭永久、卢文玉和赵玉梅等同志参加了编辑整理工作。座谈会和汇编工作得到了原航空部科技局制造技术处和625所领导的大力支持。

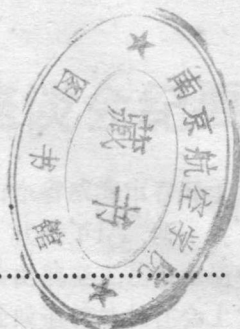


30269573



647067

目 录



1. 飞机钣金成形技术专家座谈会纪要..... (1)
2. 应该重视钣金技术的发展..... 刘树桓、崔连信 (4)
3. 我国飞机钣金成形技术发展的展望..... 李国祥 (8)
4. 钣金迫切需要技术改造..... 宋梅占 (13)
5. 关于橡皮成形液压机调研技术报告..... 王宝仁等 (16)
6. 谈我厂军民机研制和承接国外生产中飞机钣金成形技术存在
问题及设想..... 陈孝福 (28)
7. 钣金成形现状与发展前景..... 孙启龙、陈海英 (31)
8. 对发展钣金成形技术的浅见..... 戴美云 (37)
9. 海豚直升机钣金零件工艺技术特点..... 王福昌 (59)
10. 谈钣金技术发展问题..... 柏朝伟 (41)
11. 谈钣金成形工艺方面存在的问题..... 陆孝舜 (43)
12. 对发展飞机钣金设备的意见..... 李福群 (44)
13. 关于改进我国飞机钣金技术现况的几点意见..... 常荣福、周贤宾 (47)
14. 飞机钣金技术中几个亟待重视的问题..... 马泽恩 (53)
15. 飞机钣金成形技术现状、发展动向与建议..... 林兆荣 (57)

飞机钣金成形技术专家座谈会纪要

1988年4月23日至27日航空工艺技术研究开发中心在山东省威海市召开了飞机钣金成形技术专家座谈会,参加会议的共有16个单位,26名代表,代表了厂、所、院校在生产、科研和教学第一线的钣金成形技术专家和技术领导。座谈会由航空工艺技术研究开发中心办公室主任、高级工程师理有亲主持。部科技局制造技术处戚道纬处长在会上发了言,高级工程师刘树恒介绍了部分企业技术改造调研组有关钣金方面的调研情况,并发表了意见。

会议认为,当前转包生产、干线客机和新研制的要求,使钣金成形技术成为亟待解决的关键问题。与会代表一致认为这次会议开得及时,并就以下几个方面的问题进行了认真的讨论和分析。

一、钣金成形技术在飞机制造业中的重要地位

钣金成形技术的重要地位表现在下列方面。

1. 现代飞机壳体的主结构仍然是钣金铆接结构,特别是机身结构。在应力水平较高部位大量采用了整体结构。而复合材料结构尚限于尾翼、襟副翼级水平,用量亦只是机体结构重量的3~10%。据美国NASA专家估计,到本世纪末,国外客机复合材料用量也仅占25%左右,且干线客机的主结构还难于采用复合材料。铝锂合金等新型铝合金的发展将成为复合材料的强有力的竞争对手。因此,到本世纪末,飞机壳体主结构为钣金铆接结构和整体结构的情况不会有大的变化,

2. 钣金件的加工在整个飞机制造过程中占有重要地位。制造飞机所用全部材料的80%,零件品种数量的80%,以及工艺装备品种数量的65%都要通过冲压车间。钣金件的质量将决定组件和部件装配的质量和劳动量。因此在以“航空为本”的指导方针下,钣金成形技术在航空工业中的地位不容轻视。

3. 干线客机和新研气动外形的变化和高疲劳寿命对钣金成形技术提出了新的要求,如带弯折和扭转的机翼蒙皮的喷丸成形、S形蒙皮的拉形、高压橡皮成形和拉形(弯)时变形量的自动控制技术等。因此,钣金成形中的常规技术迫切需要一个新的发展。而钣金成形新技术的发展,特别是超塑成形-扩散连接组合工艺技术发展,又将进一步取得大幅度减重(25~45%)和显著降低成本(40~65%)的效果。

4. CAD/CAM技术是缩短新机研制周期、降低制造成本的唯一出路,作为飞机制造基础技术的钣金成形技术的数控化势在必行。

二、钣金成形技术的现况

由于在指导思想上忽视钣金成形技术的发展(如认为它是成熟的常规技术,无需再发

展；复合材料结构可代替钣金结构；国外的钣金设备和中国差不多等），致使钣金成形技术处于十分危险的停滞甚至倒退的状况，连与“转包生产”的要求都不相适应！

代表们一致呼吁，必须尽快改变忽视钣金成形技术的思想，奋起直追，否则将严重危及整个航空工业的发展。

当前，钣金成形技术的现况可概括为：设备陈旧，技术落后，后继乏人。

1. 设备陈旧

主要设备是50年代苏联提供的，已磨损严重，精度下降，70年代以来国内又研制了一批成形设备，大多数是仿苏产品。由于缺乏经验和没有研制基地，加之任务要求急，多数设备存在较严重的问题，近年来仅引进了两台国外的先进钣金成形设备，尚未投入使用，也未安排消化、吸收和仿制。

目前，国内的钣金成形设备与国外相比，绝非大体相仿，在成形压力、精度控制和数控化等方面差距极大。特别值得注意的是，新设备的发展（自研和引进，包括消化和吸收）和老设备的技术改造尚没有一个统筹的安排，新设备的预研也未能纳入部的科技发展规划。

2. 技术落后

钣金成形工作的落后面貌突出地反映在手工工作量大的问题上，机械成形工作量仅占20%左右，30年前“大跃进”时代要“丢掉榔头、剪刀和锉”的豪言壮语至今远未实现，工人仍离不开这三样。可是国外通过各种技术改造措施，已基本上把它们扔掉了。

我国钣金工作技术落后还反映在技术基础工作非常薄弱方面。工艺标准仍沿用苏联50年代的，制订的新标准很少；没有一本可靠的钣金工艺手册，已有手册中的数据大多是从国外资料中抄来的。这种局面如不扭转，就无法建立数据库，钣金成形数控化和钣金成形模具设计的CAD/CAM都将是一句空话。

此外，钣金成形中的一些新技术与国外均有相当大的差距。

3. 后继乏人

在工厂，老工人大批退休，新工人未经过技校培训和机种的锻炼，素质显著下降。由于手工劳动量大，青年工人也不安心从事钣金工作。

在学校，飞机钣金工艺专业人才的培养及基础性研究工作，因教育及研究经费不足受到很大影响，难于向工厂和研究所输送合格的钣金专业技术人材。

在研究所，钣金成形专业被收缩，专业技术人材大量流失，专业队伍面临解体之虞。

上述情况如不采取措施及时扭转，将带来严重的后果。

三、关于改进我部飞机钣金成形技术现状的建议

综上所述，为适应国内军民机发展的新形势及“转包生产”等的迫切需要，必须迅速采取措施，扭转我国飞机钣金技术的落后面貌。这是关系整个航空事业发展的当务之急，必须提到实现以“航空为本”的战略决策高度来认识。为此，“座谈会”在充分分析了国内外现状及展望未来发展趋势的基础上，提出以下建议：

1. 各级领导及主管部门必须认清改变钣金技术落后被动局面的迫切性，分析原因，弄清方向，制定切实措施，从部的发展规划和计划中给予保证。

2. 关于钣金成形设备的更新改造

1) .必须采取措施, 加强新设备的研制工作, 适当引进新设备或某些关键部分, 争取较快改变某些薄弱技术环节面貌, 以适应新机研制的急需和提高承接“三来”加工或“合作研制”的能力。大型设备的引进, 应慎重对待, 统一规划, 合理布局, 充分论证, 注重技术吸收, 用引进带动研制或仿制。

2) .统一组织力量, 有步骤地改造苏联老设备, 修复或改造六、七十年代自行研制的设备, 提高性能, 改变目前部分闲置或封存的消极状态。

3) .调整政策, 提高设备利用率, 促进大设备利用和特殊成形能力的专业化和基地化, 解决当前引进有限与需求量多的矛盾。

4) .重视切割设备与辅助校形设备的改造与研制。

5) .探索提高钣金成形设备能力的新途径。

3. 加强钣金工艺技术的基础工作

1) .制订各项钣金通用技术文件、标准、手册及工艺性指南等, 克服当前技术混乱现象, 避免大量重复工作。

2) .在继续加强板材成形性研究的同时, 有计划地组织飞机钣金工艺参数试验研究, 逐步建立部内板材成形性及钣金工艺数据库。

3) .重视成形零件质量研究, 加强成形后性能, 形状精度, 表面质量, 工艺方法和参数对寿命影响等的研究, 逐步实现工艺过程优化设计。

4) .重视钣金成形基本规律研究, 数值计算及工艺过程计算机模拟等基础研究。

5) .重视钣金成形中的摩擦与润滑研究。

6) .重视模具材料及制造技术的研究。

4. 不失时机地组织成形技术新课题, 如:

1) .针对新材料、新结构的新工艺研究, 如铝锂合金成形, 铝合金超塑性成形, 多层结构板成形等。

2) .计算机辅助及数控技术在钣金成形工艺与设备上的应用等。

5. 加强钣金成形技术改造的组织领导, 实现工厂、研究所、院校相结合, 争取实现板材生产厂与飞机厂相结合。军品与民品生产应合理地协调配合。避免重复研究或互相脱节, 避免当前混线生产中的军品技术下降现象。当前急需建立: 1) 飞机钣金成形设备设计队伍(室), 2) 钣金成形技术研究队伍(室), 3) 钣金成形设备修复队伍(公司)。

6. 组织国外飞机钣金成形技术专业考察

7. 重视钣金技术队伍建设, 支持院校钣金专业, 建立部内钣金人才培养系统, 制订各种层次钣金人才培养计划, 组织多方面力量, 加强继续教育及技术交流, 提高钣金人才素质, 克服后继乏人危机。同时, 迅速采取有效措施, 鼓励和帮助老技术人员整理、总结经验, 也尽快组织和帮助老工人将多年积累的宝贵实际经验(有些是诀窍)整理、记录下来。

飞机钣金成形技术专家座谈会

1988.4.27

应该重视钣金技术的发展

刘树桓* 崔连信**

飞机设计和飞机制造是航空工业中相互促进、缺一不可的两大专业体系。制造技术代表了生产力的发展水平，而钣金技术则是制造技术重点之一，应用极广，发展极为迅速。世界上每年生产的钢，约有1/4被轧成薄钢板，制成各种钣金件。我国出产的钢约有1/2被制成薄壁钢材（薄板、薄壁管、薄壁型材），有色金属的情况也不例外，但仍供不应求，尚需进口。由此可见钣金技术在国民经济中所起的作用。在航空工业中，国外飞机钣金零件约占零件总数的43%，而国产飞机的钣金零件则占50%。一架大型轰炸机有3~5万个钣金零件。在最新研制的飞机上有11项新工艺，其中与钣金技术有关的就有7项，占64%，其他如数控、复合材料等4项，占36%。以上情况足以说明钣金技术在飞机工业中所处的重要地位。

对钣金技术的新要求

飞机制造技术的发展，取决于飞机产品的发展。当代飞机的发展对疲劳性能、飞行寿命的要求越来越高，飞机外形变化更为复杂，采用了许多新材料、新结构，从而对钣金件的质量提出了更新更高的要求。

1. 对钣金件必须采取新的措施，方能适应飞机对疲劳性能、飞机寿命的要求。如F-15的设计飞行寿命为4000h，而新一代歼击机的飞行寿命指标已提高到8000h。民用飞机的无裂纹飞行寿命要求达到30,000h，经济寿命要求达到60,000h。1986年日本的一架波音747客机坠毁，导致了罕见的520人丧生的灾难性事故。对事故分析结论是：由于客舱地板反复受载，加上前起落架着陆载荷及机舱循环增压，使机头的三个铝制隔框在地板高度的位置上发生了疲劳断裂。

为了提高结构的疲劳性能，对钣金件采取了许多新的技术措施，如对蒙皮壁板上的紧固件孔和开口进行冷作强化处理（如冷挤强化和软轮喷丸等），可使蒙皮壁板紧固件孔的裂纹减少90%左右。有的壁板上的孔，采用干涉配合连接的办法，可数倍地提高疲劳性能。有的蒙皮壁板在成形时采用喷丸强化，可大大地改善壁板的疲劳性能。这些措施，在国外已普遍采用。

以前钣金件的手工敲修工作量很大，约占整个钣金工时的80%以上。手工敲修的钣金零件在变薄量上有很大差别，影响到晶粒度、残余应力、疲劳性能和飞行寿命，因此现在很多国家要求尽量减少手工敲修量，甚至不允许手工敲修。在国外来料加工中，波音公司

* 原航空部科技局高级工程师

** 628所副编审

就提出了类似的要求。减少或避免手工敲修的有效措施之一是提高液压成形设备的单位压力,如瑞典ASEA公司生产的橡皮囊液压机,其单位压力可达 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$,用其成形的钣金零件相对理论外形的误差只有 0.15mm ,完全不需要手工敲修。而我国现有的9600吨液压机的设计单位压力为 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ 。而实际上只有 $250\text{kg}/\text{cm}^2$ 。国产Y-16液压机的单位压力也只有 $500\text{kg}/\text{cm}^2$,远远满足不了要求。这样就不得不考虑引进橡皮囊液压机的问题。

2. 飞机外形变得越来越复杂,精度要求更高,给钣金技术带来了许多新问题。如机翼外形相对理论外形的偏差要求小于 0.6mm ,不平滑度小于 $0.05\sim 0.15\text{mm}$ 等。当代极少数飞机除采用复合材料机翼外,绝大多数飞机的机翼仍采用铝合金钣金蒙皮,有的机翼翼型弦向有弯度,沿展向翼型与翼型之间还有相对扭转,使机翼蒙皮表面变成非常复杂的双曲面形状。蒙皮的厚度也增加了,有的达 $4\sim 6\text{mm}$,这样厚的蒙皮成形无论在工艺上或在设备上都有许多问题需要解决。又如近代歼击机的机身和机翼呈融合体,使机身的横截面形状出现了由凹到凸、再由凸到凹,呈双“S”形,蒙皮厚度有的达 $6\sim 7\text{mm}$ 。蒙皮的刚性大,拉形深度达 1000mm 左右。这用传统的工艺方法是无法成形的。

3. 新结构新工艺的发展,给钣金技术提出了新任务。现代飞机要求钣金件蒙皮和整体壁板的尺寸越来越大,如波音767飞机上有的蒙皮宽 4m ,长 18m ,而且是不等厚度变截面的蒙皮,整体壁板及型材数将大量增加。这些都给成形工艺及设备带来许多新问题。

钣金的超塑成形-扩散连接结构的出现,将是飞机设计和制造的一次变革。当前热门的复合材料结构和蜂窝夹层结构,因其制造工序繁琐,检验要求严格,制造工时多,材料成本高,满足不了飞机既要减重又要降低成本的要求。用超塑成形-扩散连接技术可制造出整体的、无紧固件的、形状复杂的钛合金和铝合金结构,能使结构减轻 30% ,成本降低 40% 左右。由于这种结构具有特殊的优越性,国外投入了大量的人力物力财力进行研究,现已进入实用化生产阶段。

4. 新型钣金材料出现,进一步提高了钣金技术在飞机制造技术的重要地位。铝锂合金作为飞机钣金材料的新秀,引起了世界各国航空界的特别注目。与常规铝合金相比,铝锂合金的重量轻、耐腐蚀、可焊、刚性好、疲劳寿命长。采用铝锂合金进行全新设计,可使结构减轻 15% ,几乎可与碳纤维复合材料的减重效果相比,但其成本却只有复合材料的 $1/6$ 左右。超塑铝合金具有高的断裂韧性,如7475铝合金经热处理可用超塑成形方法制成形状复杂的隔框、机身机翼蒙皮和加强肋条等。

对上述新的钣金材料必须进行大量的工艺试验,选取最佳工艺参数和工艺方法。由以上几个简单的预测数字即可明显看出,钣金技术不仅不会被淘汰,反而会有所发展。

Ala11芳纶铝复合层板的出现进一步推动了钣金技术的发展。所谓芳纶铝复合层板就是由高强度薄铝层($0.3\sim 0.5\text{mm}$)与芳纶层($0.02\sim 0.03\text{mm}$)依次相间经压合而成的层合材料。它在工艺上具有钣金的特点,而在减轻结构重量方面却具有复合材料的特点。芳纶铝复合层板比普通铝板轻 15% ,抗拉强度高,疲劳性能好,有优良的止裂特性。芳纶铝复合层板用于承受拉载疲劳的关键构件上有可能将结构重量减轻 40% 。

Ala11芳纶铝复合层板的成形及加工工艺基本上同于普通铝合金板,但在工艺细节上又不同于普通铝合金板。在国外,芳纶铝复合层板已经开始小量在批生产飞机上试用,业

已取得突出的技术经济效益。

对Aral1芳纶铝复合层板来讲,除要对这一新的钣金材料家族进行研究外,还必须研究这种复合层板的钣金成形特性,在这方面大量的工作需要我们去,否则我们的钣金技术必将更加落后于其他国家。

5.对钣金件的质量提出了更高的要求。对成形的变薄量,要求严格控制。变薄量过大,会影响飞机的飞行寿命;达不到规定的变薄量,会增加重量,影响飞机性能。对钣金件的晶粒度、残余应力、耐磨损、耐腐蚀等方面也提出了要求。因此,必须在工艺和设备上采取相应的措施来满足这些要求。

钣金成形是一个多变量的复杂系统。对于各向异性,对成形时材料性质和微观状态的变化,以及对成形后的回弹等,目前还不能很好地进行定量分析,对于各变量的作用和相互间的复杂关系,尚未完全找出规律。因此,钣金技术是一项迫切需要深入研究的领域。

国外的拉弯机、拉形机和旋压机等设备已经采用了微处理机控制系统和录返装置。在荧光屏上直接显示出钣金件外层纤维的拉伸等参数,并可将其记录在案。若拉伸量超过规定值,则机床自动停车。用磁带记录操作程序后再进行拉形时,不论工件多么复杂,也不论操作工人的等级如何,都可以进行操作并制出合格零件。这说明钣金技术已进入了一个崭新的发展时期,令人十分瞩目。

现状与问题

综上所述,钣金技术在航空工业中的地位甚为重要。与此同时,还存在着许多迫切需要解决的问题。但为什么长期以来钣金技术得不到应有的重视呢?

国内钣金方面的专家学者和工程技术人员普遍认为,与国外相比,国内在钣金机理、工艺参数等研究方面,以及在设备性能、吨位大小、工艺方法稳定程度、质量控制等方面存在着相当大的差距。可是一些并非钣金技术方面的行家出国进行综合考察、参观过英美等国飞机工厂后却得出错误的印象,认为国外的成形方法和我们差不多,主要的钣金设备我们都有、钣金技术与国外先进水平差距不大。这种错误认识传播开来,影响很大。再加上这些年来国内外片面宣传或过分夸大复合材料,谈其优点多,谈缺点少,也给人以片面印象。事实上,复合材料结构的内部损伤,诸如因水分或雷击引起的分层或脱胶很难观察或检查到,虽可用C扫描发现,但对大面积构件来说,劳动强度甚大。波音757、767的一些芳纶纤维复合材料构件因受潮分层,现又改用金属钣金件。这种情况必须予以重视。总之,复合材料的发展决不能成为轻视钣金技术的理由,钣金技术也决不是一种即将被淘汰的可有可无的技术。

由于钣金技术得不到应有的重视,也影响了科研经费的分配,致使钣金技术的发展工作在科研上排不上队,只能靠吃经费的“残羹剩饭”过日子,几乎处于临近灭绝的状态。当前,没有经费就列不上课题,就办不成事。正因为如此,有的大学里的钣金冲压教研室被撤消,纷纷建立计算机辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)教研室。专业工艺研究所专门搞钣金冲压的飞机工艺研究室改组为以复合材料蜂窝结构工艺为主的格局,出现了钣金工艺试验室由焊接研究室代管的不正常局面。各厂所院校的教授、专家、工程技术人员对

这种状况均极为不满，他们从关心祖国航空事业和钣金技术发展的角度出发，纷纷向各级领导呼吁。最近正进行研制的新歼，对钣金技术提出了许多前所未有的新问题，许多同志已经开始意识到钣金技术是不容忽视的，否则将会严重影响研制工作的进行。将钣金技术摆到应有的重要位置，看来已迫在眉睫。

解 决 措 施

1. 调整预研课题经费的比例关系 要结合我国的具体情况搞预研，结合飞机发展目标可能达到的水平进行规划。不要搞那些国外虽很时髦，但我国一时还不能在生产中应用，且效益不明显的项目；对那些将来在我国的飞机上虽有应用，但用量少的项目可适当跟踪，可是投资比例应减少；对我国未来的飞机上应用的量大面广，技术经济效益明显，技术问题较多的项目，应投入较多的财力给予支持。钣金技术就是其中之一。

2. 引进设备要与引进技术相结合 有人认为，钣金技术方面的问题和差距，只要从国外买几台先进设备就可以解决。几十年的实践证明制造技术中工艺和设备的关系：工艺是基础，设备是手段，仅有从国外买来的设备，而不掌握工艺参数的规律，就生产不出质量稳定的优质钣金件，就发挥不出设备的潜力。另外，从长远观点出发，我们总不能花大量外汇老是从国外购买设备，而必须在购买设备的同时，引进技术软件，组织消化移植，搞好国产化的工作。因此引进设备要与引进技术相结合。

国内自行研制也是一样，在安排设备研制的同时必须安排工艺研究。工艺和设备有如手足不可分离。钣金设备有不少具有吨位大、制造周期长、投资大的特点，若不及时安排，错过时机，影响严重。

3. 要正确地、实事求是地宣传关键和重点课题的作用，不要不切实际的夸大。要从实际出发，鼓励和支持切实可行的、在生产中发挥作用的技术。

4. 钣金技术在国外发展很快，但对国外考察很少。今后应有计划有目的地组织对国外钣金技术的专业考察，以开扩视野，吸收国外的经验和所长，促进我国钣金技术的发展。特别对于技术经济效益高的、在新机研制和技术改造中作用较大的项目，更应积极予以组织。

我国飞机钣金成形技术发展的展望

李国祥*

钣金件的加工在整个飞机制造过程中占有重要地位。制造飞机所用全部材料的80%，零件品种数量的80%，以及工艺装备品种数量的65%都要通过冲压车间。而且，钣金件的质量将决定组件和部件装配的质量和劳动量。因此，钣金成形技术是航空工业基础技术之一，与其他工业的钣金成形技术相比，有着许多特点。虽然钣金件的加工工时只占飞机制造总工时的10%左右（因钣金件的生产效率高），在以“航空为本”的指导方针下，钣金成形技术在航空工业中的地位绝不容忽视。

一、迎接新一代铝锂合金的来临

尽量减轻飞机结构的重量，是设计高性能军机和民机所一直追求的目标。复合材料和铝锂合金在新机的发展中都具有重要的地位，未来新机的钣金件不会为复合材料构件所替代。

复合材料的用量在现代军机上一般约占机体结构重量的4~10%，个别机种达26.3%（见表1）；处于安全和维修的考虑，民机应用复合材料的速度慢于军机，特别是在大型客机上的应用更慢，现代干线客机上的用量仅达3~6%。目前，应用复合材料减重效果约为20%，90年代改进后的复合材料的强度可能超过目前的铝合金，使结构重量减轻30~40%。但是，目前复合材料的应用除工艺尚不成熟外，材料的成本也太高。

表 1 现代军机和民机复合材料的用量

机 型	F14	F15	F16	F18	AV-8B	幻影2000	B1B	波音757/767	A320
占机体结构重量百分比，%	4	2.2	4	9	26.3	7	2	3	5.5

铝锂合金比常规铝合金轻7~10%，刚度高（锂的密度是水的一半，将1%锂加入铝中可使密度下降3%，弹性模量增加6%）。如采用它进行全新设计，飞机的结构重量可减轻15~20%。目前正在研制中的铝锂合金的机械性能与铝合金相当，但重量轻20%，刚度高50%。铝锂合金板材目前处于性能鉴定阶段和开始工业化生产阶段，在国外军机和民机上正处于开始试用阶段。去年年初试飞的A320客机地板舱下支架梁应用了铝锂合金，减重500kg。即将试飞的A300—600客机外翼上壁板和翼肋也使用了铝锂合金，90年代中期试飞的A330/340客机将扩大使用，用量达3t。波音和麦道公司亦将在747—400、7J7和

* 625所高级工程师

MD91/92X等下一代客机上大量试用。在军机上,美国F15、法国“暴风”和英国的EAP计划均决定采用铝锂合金制作壁板之类的承力构件。

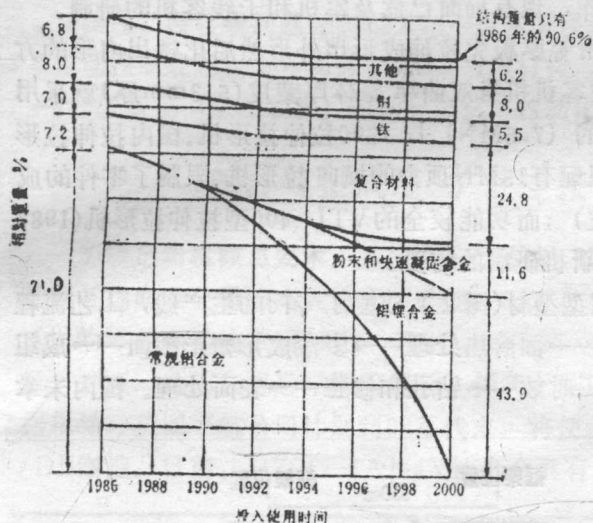


图 1 民航机用材预测

铝锂合金的减重效果几乎与碳纤维复合材料相当,其原材料价格目前(小量生产)虽是一般铝合金的3.5倍,但比昂贵的复合材料却便宜得多。铝锂合金零件的制造,可沿用常规铝合金的加工方法与设备,零件的制造成本亦将大大降低。因此,在未来的发展中铝锂合金是复合材料的强有力的竞争对手。国外专家预测本世纪末民航客机的用材,复合材料用量约只占全机结构重量的25%,而铝锂合金约占44%(图1)。

铝锂合金的成形技术在国内尚属空白。希引进国外材料尽早开展材料成形性和主要成形方法的工艺参数之研究。

二、未来新机钣金件带来的课题

复合材料结构在现代军机和民机上的应用部位大都还限于尾翼、襟副翼级水平。虽然AV-8B战斗机在机翼主抗扭盒和机身大梁等主结构上应用了复合材料结构,而复合材料在民机机翼和机身等主结构上的应用尚处于研究阶段。基于安全的考虑,到本世纪末生产型干线客机的主结构可能还难于采用复合材料。因此,未来客机(本纪世末)的机身结构主体仍然是钣金铆接结构,应力水平较高的部位可能采用整体壁板(厚蒙皮)。至于军机机身结构,由于横截面积较小、使用整体油箱和应力水平较高等原因,将大量采用整体结构。例如,框多为厚板机加的整体框,蒙皮多为化铣整体厚蒙皮(6mm以内)。加之高速歼击机要求外形流线,将采用翼身融合体,出现了外形较复杂的“S”形整体厚蒙皮。未来客机和军机机翼的结构多为双梁式,金属材料主要用于由双梁和其间的整体壁板(厚蒙皮)组成的主抗扭盒。由于现代飞机气动外形的要求,机翼将又弯(指翼型)又扭并带弯折,这就大大地增加了机翼整体壁板(厚蒙皮)零件的成形难度。

综上所述,未来新机钣金件带来的主要课题是:机翼整体壁板(厚蒙皮)的成形(零件外形为带局部马鞍形的单曲度,还有轻度扭转);机身整体壁板(厚蒙皮)的成形〔外形为单曲度或双曲度。单曲度零件的曲率方向可能异向(S形蒙皮),双曲度零件的曲率方向同向或异向(马鞍形)〕。变厚度板弯长桁的成形;大型材的拉弯成形和大型框板的成形等。

机翼整体壁板(厚蒙皮),特别是大型客机的整体壁板主要采用喷丸成形。机身单曲率整体壁板则采用压弯与喷丸联合成形的方法。因此,喷丸成形技术的水平已成为衡量飞机制造水平的重要标志之一。国外波音公司实现了数控喷丸成形,可成形复杂的带局部马

鞍形的机翼整体壁板，长达33mm。国内只是基本上掌握了喷丸成形方法，水平较低，主要靠经验确定工艺参数和操作。由于任务少，人员不固定，难于积累经验。而且，80年代初就停止了喷丸成形技术的研究和开发工作，现有局面已危及军机和干线客机的研制。

机身双曲度整体壁板的制造，主要采用等厚板先拉伸成形出外形然后化铣出内形的方法进行。例如，美国和日本为制造波音767客机机身双曲率整体厚蒙皮(5.3mm厚)就采用此法制造，还专门配置了世界上拉力最大的(7.5MN) L-1500拉伸拉形机。国内拉伸拉形机的最大拉力为2.7MN(PO-3M型)，但配有15MN顶力的横向拉形机，限制了零件的成形精度和外形的复杂程度(不能拉S形蒙皮)，而功能较全的VTL-400型拉伸拉形机(1987年从美国引进)的拉力只2MN，不能满足新机研制的需要。

波音767客机机身长桁为变厚度板弯帽型型材(图2)，建立了专门的生产线，工艺流程为：从卷料上下料为带板→辊轧变厚度→固溶热处理→多滚成形帽形截面→成组压下陷→四轮滚弯成形零件外形→人工时效→钻孔和修整→表面处理。国内未掌握这种长桁的成形技术。

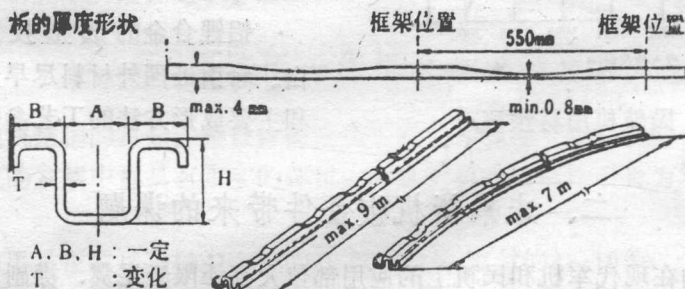


图2 变厚度长桁零件

三、新机疲劳要求提出的课题

军机的使用寿命要求已由过去的2千小时提高到今天5千小时以上，现代客机的使用寿命已高达5万小时。新机的长寿要求给钣金件带来了两方面的影响。

第一，要求提高钣金件的成形精度，尽量减少手工修整或机械修整。淬火状态的钣金件不允许敲修，必要的机械校正也需严格控制。生产中，通过采用拉伸成形法、提高单位成形压力和模具修回弹等方法都可提高钣金件的成形精度。蒙皮和型材类零件主要靠采用拉伸成形，而板材骨架零件则靠提高单位成形压力。如橡皮压弯成形的压力已由20MPa提高到70~140MPa，橡皮压延成形的压力已提高到100~200MPa。国外许多厂家都购置了瑞典的QCF和QRF型高压橡皮压床。

国内钣金件的手工敲修量很大，工时占80%左右。在橡皮成形方面，工厂配置的四台Π307压床，名义压力40MPa，实际只能达20MPa左右，成形精度低，需大量手工修整。70年代研制了与瑞典类似的150MPa橡皮压床一台和60MPa17台，单位成形压力可达50MPa，以及80MN三台，单位压力100MPa，由于橡皮胎和液压元件质量不过关，至今未正常投入生产。去年5703厂购进一台QCF450-70橡皮压床，172厂、112厂和132厂还拟引进，400万美元一台的这种压床就这样继续买下去吗？

第二,要求拉伸零件表面不出现滑移线,需严格控制拉伸成形中的变形量。现代拉形(弯)机都配有自动控制拉伸变形量的装置,并用CNC控制的录返系统严格控制工艺过程。

国内,滑移线问题存在已久,一直未解决好。30余台拉形(弯)机中只有两台有变形量自动控制装置。一台是自研的XL-1型材拉弯机,并实现了微机直接控制。另一台是VTL-400型数控(录返装置)拉伸成形机,自动化程度高,功能较全,但买一台需300万美元。

四、超塑成形-扩散连接(SPF/DB)独树一帜

为满足新机减重要求,除采用轻型材料和减重结构之外,超塑成形-扩散连接结构亦受到各国航空公司的高度重视。目前,SPF/DB技术处于由研制转入试用的阶段:军机上试用的零件项数较多,仅F15、F18、AV-8B和B1B四种飞机就试用了256项,涉及到整流罩、护板、舱门和机身半框等零件;民机上的试用则刚开始,如A310和757/767等客机。据报导,英国宇航公司计划到80年代末,将使占民机机体重量8~10%的结构件采用SPF/DB制造。目前,只有Ti-6Al-4V钛合金具有SPF/DB的性能,其效益如下:

被 替 代 的 构 件	减 重 (%)	降 低 成 本 (%)
轻合金构件	25	40
钛合金普通构件	35	50
钢构件	45	65
钢蜂窝夹芯构件	15	60

此外,7475铝合金也具有卓越的超塑性,目前尚不能进行扩散焊接。美国洛克韦尔公司认为,一架M数0.75、重23吨运输机上所有铝结构的框架中,利用SPF可制造的零件占22%,可减重25%,减少制造费用35%。新型的铝锂合金也具有超塑性,据说还具有扩散性,SPF/DB铝合金结构发展的前景非常远大。

国内经过六年的努力,研制了歼八机风动泵舱门和64框(1/3框)装机试飞。总的说来,这项技术尚处于试验开发阶段,从模具(设计、选材和加工)、工艺参数选择与控制(温度、压力和时间)、质量控制(包括检测方法和制件性能)和成形设备等都存在许多问题,与国外差距较大。

五、钣金成形技术数控化

CAD/CAM一体化制造技术是缩短新机研制周期、尽快投入批生产和降低制造成本的唯一出路。因此,钣金成形技术的数控化势在必行。

国外,各种下料机床均已实现数控化,并在研究从钣料输入到毛料输出的柔性下料系统。闸压早已实现数控化(可自动修整回弹量)。拉形、拉弯、弯管和强旋等成形通过录返装置也实现了CNC控制。喷丸成形也实现了数控化。橡皮成形采用高压,正在发展以它为主体的板材骨架零件的柔性制造系统。模具设计的CAD已达较高的水平。

国内, 钣金成形技术的数控化基本上处于空白状态。钣金成形设备基本上是苏联50年代的装备或我国60~70年代的仿苏产品, 全系手工操作, 成形精度低, 劳动量大。在软件方面, 无一单位系统地进行过冲压工艺参数的试验研究工作。建国快40年了, 无一本可靠的钣金工艺手册, 已有手册中的数据大都是从国外资料中抄来的, 多未验证。这种忽视工艺基础试验研究工作的局面如不扭转, 就无法建立数据库, 钣金成形数控化和钣金成形模具设计的CAD均无法实现。数控成形机床与软件均可从国外引进, 若使用国产材料成形零件, 国外软件是不适用的, 一定得自行研制。此外, 钣金零件的品种繁多, 且数量大, 还应开展零件分类和制订典型零件工艺过程的工作。上述为钣金成形技术数控化开路的工作, 均未纳入科技发展规划。

到本世纪末, 我国将研制高水平的干线客机和新一代的高速歼击机。为满足新机高性能的要求, 并使新机顺利研制, 钣金成形技术急需跟上时代的步伐。建议飞机钣金成形技术的发展围绕下面五个问题进行, 通过调研制订详细的发展规划。

1. 针对新机, 要求突破整体壁板(厚蒙皮)的成形技术, 特别是喷丸成形技术, 以及蒙皮的拉形技术。

2. 开展钣金成形工艺参数的基础研究工作, 以铝锂合金材料为重点, 全面建立数据库, 为数控化打下可靠的基础。

3. 继续开展钛合金超塑成形-扩散连接技术的研究, 创造条件尽快开展7475铝合金和铝锂合金的SPF/DB工作, 有计划地转入试用。

4. 全面规划钣金成形新设备的发展和老设备的技术改造, 力求更新换代。一方面要满足新机 and 数控化的要求, 另一方面除引进少量先进设备提高技术水平之外, 主要靠自力更生对老设备进行有计划有组织有步骤的技术改造。

5. 其他。针对新机研制中的特殊需要开展专题研究, 例如, 变厚度板弯型材件的成形。

钣金工艺迫切需要技术改造

宋梅占*

一、国内飞机钣金工艺概况

近几年来,对机械加工技术方面的发展很重视,在飞机工厂中也有所体现,从小型数控机床到多元坐标的大型设备及厂房化费了大量的投资,机加力量不断壮大,为发展我国航空工业很有必要。但在飞机钣金技术方面只作了一些小的改造,没有发生根本变化,基本上处于50年代的水平,相对机加工来讲,发展不平衡,尤其不能适应CAD/CAM设计制造一体化的需要。飞机工厂现有钣金成形起着主导地位的设备基本是苏联的四、五十年代的产品。以112厂为例,主要设备到厂时间如下:

ДФ—97	1957年	ОП—3	1956年
ОС—86	1957年	РО—1М	1956年
ПГР—6	1953年	КГЛ—2	1956年

5台П307型9600吨橡皮囊液压机到各飞机厂时间如下:112厂 1955年,122厂 1958年,132厂 1960年,172厂 1959年,130厂 1970年。以上设备的机构是落后的,没有微机控制。

在60~70年代,我部的625所、北航、3307厂等单位与机械工业部的有关工厂合作,设计制造了蒙皮、型材、钛合金、钣金成形等设备,填补了我国这方面的空白。由于我国基础技术差,液压电气系统存在问题,影响了设备的使用,有的设备不能开动。如320厂的几个第一台设备由于种种原因不能开动。130厂的B₁-135型数控下料铣床的电子元件受外界电压波动而影响铣切质量,目前等待大修而不能使用。

下料方面:多用陈旧的钣金铣床,有的还用回臂钻铣床,各厂还自制了仿形靠模铣床,总之设备的刚性差,劳动强度大,生产条件差,质量低,铣刀损坏平均每月有200把。薄板模冲切零件的工艺算比较好些。去毛刺靠人工,工作量很大。型材拉弯机如ПГР 6、ПГР 7已大修多次,密封件老化、漏油严重,拉伸量不好控制、拉伸力已达不到设计指标。П307型9600吨橡皮囊液压机除了众所周知的漏油、漏水、压力低以外,床体本身有些问题,如12根立柱被拉长,压床加压时,上下横梁间有缝、定位销变形、轨道下沉、梳形件裂缝等等。蒙皮拉伸、三轴滚弯机没有变形量控制,只能凭工人的经验……等等。依靠以上的设备生产钣金件的结论是“不动榔头不成为钣金件”,因此钣金成形件都有榔头印,重复精度及零件精度差。在钣金厂房内,任务忙时噪声高达90分贝以上,来参观的同志也要加快步伐离开此地,工人却在这样的环境下工作。

钣金工的素质也在变化,青工对强体力劳动很不适应,女工也多,约占50%左右,因此干苦活的还是老工人多,他们都要求钣金机械化。

* 第四设计院工程师

二、开放政策以来深感钣金工艺落后

开放政策促进了工厂与国外飞机公司合作。航空工业近几年的主要任务是尽量增加三来件加工、转包生产、补偿贸易的工作量。我感到1983年是由钣金维持现状急转到需要先进设备的转折，这也是开放政策带来的变化。现在已跟美、法、意、西德、加拿大等国家合作，在这方面，172厂已走在前面，积累了不少经验。

由于运输机、客机对疲劳强度要求很高，因此各国对钣金件要求很高，如对边缘、变薄量、凹坑、压痕等等都有一定的质量要求。西德要求液压件的贴模度为 0.2° 。对于7075材料的型材需要加热压下陷，镜面蒙皮不能有“滑移线”，受力框肋缘的尺寸成形力很大。各国基本采用了铝板在“W”状态下成形，即下料—淬火—冷藏—成形，以减少热处理过程中的晶粒长大，减少变形，……等等，这些要求在批生产中是很难达到的。这说明我国现有设备和工艺落后，技术规格满足不了要求。

另一方面，许多国家已采用设计制造一体化，飞机制造依据发生了根本变化，钣金技术的根本体现在于下料、弯管技术方面，不需要用样板样件制造零件，而采用计算机辅助制造技术。172厂已进口一台BFZ 3000数控下料钻孔铆接机床，为今后创造了良好的条件。

过去有人认为飞机零件今后趋向是钣金件减少，机加件增多。近十年来，这种思想影响着我国飞机钣金技术的进步和发展。由于机种的变化，三来件加工增多及经干线飞机的零件分析，慢慢在改变人们的思想，如MD-82机头的钣金件占全机头零件的81%，波音737-300的结构整体件很少，地板梁、翼肋、大梁都是由缘条、腹板组成，纵向长桁及框肋缘条大部分是板弯型材，蒙皮不厚但大。总之客机的钣金件极多，按现在“大作坊”生产能力是绝不能胜任的。飞机厂的钣金车间没有什么可以占优势的，占优势的唯有廉价劳动力。我们是无法与国外竞争。民航不是买了那么多国外客机！这说明了什么？！

三、国外钣金技术

过去几年，出国考察的人很多，但钣金行家却寥寥无几，有的人认为别国与我国“大同小异”，美国的落锤比我国还落后，其实他们没有辨证地有机地去分析问题。这种思想对决策者的影响极大。近几年来，从国外带来不少资料，在航空杂志上也介绍了不少，从中我们学到了新的知识，国外已将计算机辅助设计制造（CAD/CAM）技术发展到了更高阶段，出现了一种新的观念—计算机集成制造系统（CIMS），适合于品种多批量小的生产方式。

美国空军ICAM计划中的钣金柔性系统，钣金下料生产线已在弗尔柴尔德公司全部投入运行，生产单元与数控辅助设计联网运行。联邦德国MBB公司有一个高度自动化的大型制造系统，主要完成检验合格后的铝板按材料牌号、厚度分别存放在立体料架上以及取料、刻标记、铣钻、去毛刺、清洗、热处理、冷藏、液压成形等工作。该系统采用了西德SPS公司的液压机，最高压力为2500bar，以减少或取消手工成形工作。也采用了西德TRUMPF公司BFZ3000的CNC铣钻床，生产率增加8倍。使用乙二醇水溶液沾火，节约校形工