

先进钣金成形技术在航空制造领域的应用探讨

武慧敏

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

【摘要】：随着科技进步，航空制造的机械化水平也越来越高。在航空制造领域中，先进钣金成形技术是一项重要的技术。将先进钣金成形技术应用在航空制造领域，可以大大改善飞机的加工效率，取得良好的使用效益，因此该技术得到了航空领域的广泛重视。本文通过对先进钣金成形技术在航空制造领域的应用进行具体探讨，希望能为相关人士提供一些参考。

【关键词】：先进钣金成形技术；航空制造领域

Application of Advanced Sheet Metal Forming Technology in Aerospace Manufacturing

Huimin Wu

Avic Xi'an Aircraft Industry Group Co., Ltd. Shaanxi Xi'an 710089

Abstract: With the progress of science and technology, the mechanization level of aviation manufacturing is also getting higher and higher. In the field of aviation manufacturing, advanced sheet metal forming technology is an important technology. The application of advanced sheet metal forming technology in the field of aviation manufacturing can greatly improve the processing efficiency of aircraft and achieve good use efficiency. Therefore, this technology has been widely valued by aviation industry. This paper discusses the application of advanced sheet metal forming technology in the field of aviation manufacturing, hoping to provide some references for relevant people.

Keywords: Advanced sheet metal forming technology; Aerospace manufacturing

引言

在航空行业，金属钣金是构成飞机机身的重要部件，占据了70%的零部件，其加工工作量也占到了整个机舱的15%左右，并且具有种类多、结构复杂、外廓尺寸大、刚性小等特性，对整个飞机的性能和寿命有着重要的意义。一般来说，钣金可划分成直线弯曲和复合形状两种类型。针对直线弯曲弯件，多加工机床控制的压弯机已经成为主要的技术加工方式，可以对后挡、滑块的位置进行自动、持续的检测，并与所给出的数值进行对比，从而进行修正，同时还可以通过CNC控制对液压进行预选择，进而调整后车体的移动速率，并能实现程序的自动控制。对复合形状的工件，一般采用的成型设备有：蒙皮拉伸机、型材拉弯机和喷射成型机。随着我国科学研究的发展，人们对钣金成形工艺的认识也在逐步提升。在航空工业中，大部分的飞机都是使用金属钣金，而金属钣金的成形技术能够为飞机的成型提供必要的支持，所以良好的钣金成形工艺在飞机的生产中有着无可取代的地位，基于此，现代的航空冲压工艺也逐步得到了推广^[1]。

1 精密钣金成形技术

金属钣金、型材、管材等半成品的精加工工艺，是指不需要进行切割而是通过机械设备使金属钣金、型材、管材等金属制品产生变形，因此，成型过程与机械加工中使用的机械设备、加工工具（模具）有着紧密的联系。此项技术的发展，不但可以改善钣金加工技术，还可以改善钣金的成型品质，改善钣金的自动化程度，降低人工劳动成本。目前，精密钣金成形技术的使用主要包括从事航空薄片冲压成型过程的自动化控制技

术、成型/扩散接头的结构技术与测试技术、翼片整体式钢板喷丸加固技术、薄片挠性加工技术等。钣金部件组成了飞机机身的骨架和气动造型，其部件的尺寸、形状、材质、数量、种类都不尽相同，在大型客机上，大约有350000种金属薄片，而这些金属片中，仅有一到两种相似，并且零部件外观形状复杂，质量要求高，使用年限长，成型后部件的材质具有特定的力学指标，因此相对于其他工业产品，有关航空钣金部件的成形技术要求高，工艺困难，而这也使得其生产方法除了使用常规的生产技术之外，也需要具有其特有的生产技术^[2]。

1.1 SPF技术在航空制造领域中的应用

SPF技术是飞机冲压工艺中的一种主要技术。由于SPF技术具有成本低廉、适用面广、技术效益好等优点和特点，能够在一定程度上获得更高的利润，所以在实际生产和制造中，SPF技术在满足具体的使用条件下应用极为广泛。正常情况下，在对飞机制造材质进行处理时，要充分运用SPF工艺，使飞机成为一个中空的构造，而在钣金的实际装配中，SPF技术也能更好地将多个部件做成一个完整的部件。在SPF技术出现之前，在过往的航空制造领域实际应用中，工人必须把微小部件装配到飞机上，由此便造成了工作时间的浪费，由此可见，SPF技术能够有效提高工作效率，使钣金部件进行高效装配，从而达到保证工作质量的目的。此外，随着小型板件逐步完成与大部件的组装，其整体的组织形态将会有很大的改变，SPF技术的使用不但可以有效地改善部件的承载能力，还可以在某种意义上改善总体的性能。随着科技的发展，国内逐步进行了深度SPF工艺的研发，通过采用SPF工艺，可以促进部件的尺寸从小到

大,并使飞机的材质结构层次得到极大的提高,从而达到提高飞机防护性能的目的。

1.2 冲液技术在航空制造领域中的应用

冲液技术是飞机冲压加工中的一项关键工艺。所谓的冲液技术,就是通过流体进行物料的输送,从而达到铸型的要求。在采用冲液成型工艺时,可以将波型压强作用于金属制品,从而达到改变飞机外形的目的。冲液法有很多优势,首先,冲液法不需要太高的技术含量,只要引入简易的冲液机,即可实现钣金件的成型。第二,冲液法可以在冲击液体的同时,在金属的表层产生残留的压应力,从而改善材料的综合力学特性。第三,冲液法成型工艺具有良好的成型品质,并且采用冲液法工艺的制造时间相对缩短,所以可以将此技术用于批量制造。国外的冲液法发展历史比较悠久,国内引进的技术相对滞后,但是随着科技的发展,国内的技术进步也越来越快。近年来,国内加大了对液体冲液技术的研发力度,并将先进的冲液技术与智能化技术、数字化技术紧密地联系在一起,从而使冲液技术得到了极大的发展,在国内的航空制造领域,冲液技术必将会发挥更大的实用性^[3]。

1.3 时效技术在航空制造领域中的应用

在飞机冲压加工中,时效技术是一项非常关键的工艺技术,但采用时效技术,必须对钣金性能进行全面的分析。工作人员在使用时效技术时,必须遵守一定的作业程序:首先,工人要对金属钣金进行加固,然后利用高温使钣金变形。第二,金属板的材质出现变化之后便需要对其进行隔热处理。第三,工作人员完成隔热工序后,需要将金属薄板的外表模具去除,以保证金属钣金的外形。从时效技术的实际应用来看,其具有许多优越性:第一,时效技术成型工艺具有很好的成型性能,而且在时效处理后,钣金基本上不会发生再次变形。第二,时效工艺具有更高的生产效能,仅需三个工序就可以实现金属钣金的成型。第三,时效处理的技术效果较好,经过时效处理后,钣金耐腐蚀性能显著改善,产品质量也得以改善。第四,时效技术所使用的材料可以重复使用,并且使用比较简便,节约了飞机生产制造的成本费用。

1.4 激光切削技术在航空制造领域中的应用

近年,由于激光技术的发展,钣金制造领域发生了一场变革,因此,形成了一种新的激光切削技术。使用激光切削来帮助钣金成形,主要是将切削或成形等钣金处理过程与 NC 数控机床相结合,进而实现钣金整体的形状改变,基于此理念,随着计算机科学技术的发展,CAD/CAM 技术与现代激光技术融合,为前沿钣金成形制造技术带来了全新灵活的制造手段。在现代化的生产中,多数以多个种类的、小型产品为主,而为增加有效生产率,钣金成形工艺应采取成组式的方式,也就是在一片钣金上一次完成各种工件的冲压,以提高生产效率。而为

达到这个目的,通过 CAD/CAM 软件对零件进行加工,实现冲压零件圆周和区域的计算,并进行自动的组合排样,再通过电脑程序生成生产技术文档,最后通过 NC 数控程序将生产技术文档转化为加工参数、切割路线等控制信息,最终在计算机制造技术的辅助下完成多种复杂零件的自动制造。但由于钣金厚度、部件大小和精度差异,也使得激光切削技术使用时需要首先解决模具的再加工和替换等问题,为此,在当今的钣金成形生产中,多使用由冲压模具和激光切削所组成的组合机床^[4]。

1.5 激光冲击在航空制造领域中的应用

激光冲击是一种利用激光脉冲作用在金属上的方法,其通过激光脉冲使工件在同一时间内发生塑性变形,并且这种塑性变形和压缩应力的厚度都要比其他的表面加工方法大得多,因此,钣金的疲劳性能、断裂韧性和抗应力腐蚀性也都得到极大的提高。在 1965 年,国外实验室发明了激光脉冲技术,但因为缺乏可靠的高脉冲频率和高平均功率的激光器,所以没有被工程应用。1997 年,通用电器公司才开始将激光脉冲用于商用,以减少军火引擎的风扇叶片前端受到的外部伤害。近年来,激光脉冲技术的冲击性有了很大的改善,在此过程中, MIC (金属改进公司) 和 LINL (劳伦斯利弗莫尔国家实验室) 做出了较大的贡献。MIC 公司实现了镭射技术的工程化, LINL 公司则供应了稳定的脉冲激光源,其脉冲频率是以往的 10 倍,因此可以大幅度减少技术加工周期、提高生产力和降低费用。此外, MIC 公司激光冲击分部最近又安装了 2 台 LINL 公司的商用激光冲击系统用于处理涡轮发动机零件。由此可见,在当前航空制造领域中, LINL 与 MIC 公司联合所提供的激光冲击系统已经成为钣金成形的主要先进技术之一,而在我国激光冲击技术的使用中,其主要工序及常见系统参数如下:

(1) 系统参数: 先进激光冲击系统的平均功率为 125W, 脉冲宽度 10-100ns, 脉冲能量 20J, 脉冲重复频率 5Hz, 并采用矩形激光器光点。而一般来说,传统的激光冲击参数为脉冲宽度 10-30ns, 脉冲能量 10-20J, 脉冲重复频率 3Hz, 激光点尺寸为 3-5mm 的矩形,但随着我国对于航空制造领域的要求逐渐升高,传统的激光冲击参数已经不足以满足使用需求。

(2) 表面准备: 将激光源指向金属工件已经准备好的表面,并在工件内设定一平面段使之处于冲击位置。此外,在激光冲击前还要在工件被冲击处表面施加一层不透明的可燃熔油或带,形成烧熔层,并且在烧熔层上还需准备一层透明的流动水的压实层,以最大程度地降低激光冲击对于其他部位的影响。

(3) 激光脉冲: 使用激光器脉冲向下件表面进行冲击。脉冲光子会穿过透明的压实层,被烧熔层吸收,并迅速出现扩大的等离子云,等离子云会被水层压实在工作表面上,并且随着压实的等离子云的膨胀,工件表面在 10-100ns 内压力也会

增到 1~10GPa。

(4) 塑性变形：在激光脉冲后，工件表面形成的平面激波会穿过工件，从而使材料表面形成塑性变形。但需要注意的是，虽然激光冲击中的高塑性变形率产生的塑性变形远比其他冲击技术效果较好，但其冷却硬化程度却小于 1%^[5]。

1.6 冲压技术在航空制造领域中的应用

冲压技术是飞机加工中的核心工艺，以上提到的技术都是整体的，而冲压技术则是关于工件部分区域的唯一技术。在采用冲压技术时，工人要先将金属钣金的一部位进行挤压，再进行变形，以达到成型要求。冲压技术具有以下特点：第一，冲压技术无需人力即可自动完成工作。第二，冲压技术能节约金属钣金损耗，同时减少飞机生产费用。第三，冲压技术具有很高的技术含量，冲压出的冲压件精确性能够达到精密制造的要求。近年来，冲压技术因其诸多优势而被广泛地运用到飞机制造、导弹制造等生产领域，并且在某些管料制造的过程中，工人也经常采用冲压技术，以减少材料的变形损耗，并增加工作效率^[6]。

2 应用分析

近年来，由于我国航空工业技术要求的逐渐提高，诸如超

塑性成型、激光冲击、扩散连接、橡胶囊的液力成型以及激光成型技术等先进钣金精加工技术也得到快速发展，但与世界先进技术相比还有较大距离。为此，必须从整体发展的角度出发，从技术和经济效益两方面进行细化研究，以不断提升钣金加工的工作效率，并改进加工质量。有关先进钣金精密加工成形技术的应用优势如下：

(1) 采用精密钣金成型工艺可节约钣金材料，减轻工作人员劳动强度，同时大幅度节约成本费用，提高效益。

(2) 采用精密钣金成型工艺可以使金属薄板零件的强度、硬度和抗腐蚀能力得到改善，进而提高产品的制造质量，改善飞机等航空设备的整体性能。

(3) 采用精密钣金成型工艺可以实现小批量、多品种的钣金生产，大大减少生产费用，并加快产品的市场反应，包括产品的研发和转产，从而缩短产品研发和生产时间^[7]。

3 结语

目前，先进钣金成形技术在航空工业中得到了广泛的运用，其技术进步不仅对飞机性能有着很大改进，同时也能对航空工业的发展起到很好的促进作用。

参考文献：

- [1] 涂集林,王永军,魏生民.先进钣金成形技术及装备发展现状[J].航空制造技术,2015,16:44-47+53.
- [2] 侯红亮,余肖放,曾元松.国内航空钣金装备技术现状与发展[J].航空制造技术,2011,01:34-39.
- [3] 尚建勤,韩秀全,李继贞,余肖放.航空钣金特种成形技术及设备[J].航空制造技术,2013,17:44-48.
- [4] 朱永胜,刘洋.先进钣金成形技术在航空制造领域应用分析[J].科技创新与应用,2019(34):110-111.
- [5] 马兴海,李玉梅,肖广财,向彩霞,张兆磊,徐萍,刘绍林.先进钣金成形技术在航空制造领域应用分析[J].航天制造技术,2011(05):69-72.
- [6] 侯红亮,王耀奇,李晓华,李红.先进钣金成形技术在航空航天领域的应用(上)[J].金属加工(热加工),2008(13):22-24.
- [7] 陈先有,赵良堂,白春华,黄俊波精密钣金成形技术在航空制造领域的应用分析[J].航空精密制造技术,2008(02):38-40+47.