

飞机装配中先进手持铆接工具应用研究*

Application Research of Advanced Portable Riveter in Aircraft Assembly

中航工业北京航空制造工程研究所
数字化制造航空科技重点实验室

魏志强

[摘要] 目前,手持铆接工具在飞机装配中仍被广泛应用。给出了几种国内外先进的手持铆接工具,介绍了其功能及特点,指出了目前手持铆接工具存在的问题及发展趋势;最后,以具有在线质量检测功能的环槽铆钉铆接工具为例,总结了其关键技术及实现方法。

关键词: 手持铆接工具 在线检测 无线传感网络 数据采集 数据融合

[ABSTRACT] Portable riveter is widely used in aircraft assembly currently. Some domestic and international advanced portable riveters including their functions and characteristics are introduced. The existent problem and development trend of portable riveters are proposed. Finally, the key technology and the realization method are summarized illustrated by the case of annular groove riveter with on-line quality measuring function.

Keywords: Portable riveter On-line measuring WSN Data collection Data fusion

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.21.091

目前,飞机机身、机翼及尾段的制作仍然以手工铆接为主^[1],手持铆接工具以其工艺简单、易于操作等优点在各大主机厂有着广泛的应用。为满足铆接件的一些特殊要求,提高连接寿命,满足飞机性能和技术要求不断提高的现状,除采用普通铆接、密封铆接之外,在飞机铆接装配技术中也广泛使用特种铆接及其铆接工具(如环槽铆钉及其铆钉枪);同时,网络化制造与装配系统的不断发展,对手持连接工具性能及功能提出了较高的要求。

本文给出了几种先进的手持铆接工具系统,介绍了其优点及发展趋势,指出了目前手持连接工具存在的问题及发展趋势,并以具有在线质量检测功能的环槽铆钉铆接工具为例,总结了其关键技术及实现方法。该类铆接工具也代表了手持连接工具的发展方向。

1 国外先进连接工具概况

手持连接工具在波音及空客等公司也有着广泛的应

用。功能上,以Huck公司为代表的西方发达国家生产的连接件安装工具最具有代表性,其种类多,可针对不同规格的铆钉进行铆接,工具性能也在不断提高。2008年,Huck公司在中国申请了智能紧固件安装系统的专利^[2]。该专利指出,作为装配系统之一的智能紧固系统,通过智能芯片或激光读取器,将工具提供商的标识、编号、批号、材料、类型及日期等信息(或其中几个)以无线通信形式发送给计算机并建立相应数据库;将安装所需扭矩、锻造力、预紧力、垫圈或紧固件位置或制造工艺信息发送给上位机并建立数据库,通过数据库信息可紧固、定位、维护和检测紧固件或垫圈状态等,优点如下:

(1)将批量和单个紧固件和垫圈的制造、工艺信息记录下来,避免了紧固件或垫圈包装被打开后信息的丢失;

(2)避免了对紧固件进行定位、跟踪、验证其兼容性等工作时,由人工输入相关信息或校对纸质手册或表格不可靠、耗时、成本高、易于出错等问题。

美国密苏里州理工大学REGHU等科研人员于2006年开始对基于网络使能的手持连接工具进行了试验研究^[3],以环槽铆钉拉枪为研究对象,将应变、位移及气压传感器集成在工具上,通过无线传感器网络实时采集连接过程中的参数数据,通过大量试验数据获得了连接质量合格与不合格情况下各参数的变化规律、数据图形特征,实现了连接质量的在线检测,从而减少了质量检测时间,提高了工作效率与产品质量。

Saygin等人以扭转型连接件安装工具为研究对象^[4],集成了扭矩及旋转编码器,实现了对连接件夹层长度的实时检测;同时,通过扭矩-角度信息判断连接件是否有被重复使用的现象,并通过试验验证了其检测的准确性。Cherry Aerospace(美国天锐宇航公司)针对单面螺纹抽钉铆枪进行改造,实现了新一代连接工具智能化,使得工具较其他普通工具在输出同样载荷的情况下人的作用力最小,从而减少了工人操作强度,提高生产率,并使铆枪更加紧凑、小型化、符合人体工程学,并引领手持铆接工具功能向前进步与发展。

2 国内研究概况

国内手持连接工具品种很多,但多数产品只是完成

* 航空基金资助项目(KH361404115)资助。

基本的连接功能,同时也研发了一些具有特殊功能的先进连接工具。如2009年中国气动工业股份有限公司申请了拉钉、拉帽枪的数字显示模组装置专利^[5],可显示工具的工作气压或油压压力、将压力、拉力、超压最大压力值与累计工作次数,操作人员可据此确定工具当时的状态是否满足工作要求,确保操作安全;根据使用次数及检测活塞行程变化,提示操作人员是否需要工具进行保养或更换元件,提供异常情况下的报警。

3 存在的主要问题及发展趋势

目前,手持连接工具功能相对简单,多数仅能完成铆接功能或集成了一些特殊功能,铆接过程中的工艺参数及工作过程不能被实时记录及监控,不能为预防连接缺陷及实现连接质量在线检测提供原始数据;大量有益工艺数据及过程数据被浪费,不能对铆接质量进行根源分析,这已不适应网络化制造与装配系统发展的要求。当连接中遇到问题时,因没有实时数据信息,一般采用基于统计学的方法对样本进行分析;铆接工具多数不具备铆接质量在线检测功能,而铆接缺陷在不同程度上都会削弱连接强度,使飞机结构的安全性能得不到保证。

手持连接工具正向着小型化、大负载输出、智能化以及实现远程诊断方向发展,波音公司在航空制造与装配领域起到示范和重要的推动作用。网络化制造与装配系统代表了航空制造与装配的发展趋势,它将工业现场的传感器网络、射频识别RFID网络、设备监控网络和企业信息管理网络进行集成与融合,是未来制造环境中实现人与人、人与机器、机器与机器之间信息交互的主要手段。其主要特点表现在:远程过程监控系统为部件和设备系统提供一个在线诊断的平台,通过数据采集与处理系统、云计算等技术,实时采集工作过程中的数据、状态信息,实现制造、工艺等信息数据资源共享,为远程质量及故障诊断提供有益参考;网络系统将定位信息和工艺要求传递给手持工具,手持工具将定位和工艺参数反馈给网络,网络校验或确认操作的正确性。同时,通过RFID网络对产品进行定位与跟踪;同样配有RFID网络的手持连接工具通过显示单元或语音提示功能,对操作人员给予引导,减少对操作人员的技能要求并实现人机协同作业。

4 手持智能连接工具的特点及其关键技术

随着微机电系统、片上系统、无线通信和低功耗嵌入式技术的飞速发展,无线传感器网络(Wireless Sensor Networks)得到广泛应用^[6],如ZigBee技术具有低功耗、低成本、分布式和自组织的特点,为基于无线传感网络的手持智能连接工具的发展奠定了技术基础。引入无

线传感网络的手持智能连接工具,可实时感知连接过程中的应变、位移、压力及工艺等参数,并由远程计算机对参数数据进行实时采集、处理与分析,通过大量试验数据,总结连接质量合格与不合格时对应的图形特征,即转化为可量化的数据特征,将人工检测方法转化为计算机可识别的数字化检测方法,实现连接质量的在线检测;同时,也能派生出新的数据增值模型,如可实现工具使用次数的统计、工具性能下降状况等信息。

无线传感网络的引入,可减少繁琐的布线工作,结构灵活,既保证工具的可移动性,又防止工具变得复杂和笨重;连接质量的在线检测,相比连接安装完毕再进行质量检测的后处理工作方式,大大减少了工作时间,提高了工作效率;同时,获取的制造、装配工艺数据信息通过网络系统、数据处理中心可实现资源共享,为系统故障诊断、连接工具及连接件本身的优化设计提供原始数据。手持智能连接工具涉及的关键技术:

(1)手持工具与多传感器集成及其结构优化。

为降低成本,尽量不改变原有手持工具结构,因此,如何将相关多种传感器嵌入到连接工具结构中,是实现工具智能化的前提,同时考虑电磁兼容、工作时振动对传感器测试精度的影响。

(2)无线传感网络构建技术。

为保证工具使用的灵活性,系统需采用干电池或锂电池供电。研制开发短距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线网络技术,实现基于嵌入式无线传感器网络平台的构建技术,将应变、位移、气压等传感器有机结合,实现多传感器信息的有效融合。

(3)海量数据实时采集、处理与管理技术。

·实时同步采集系统内多种传感器数据信息,基于多传感器信息融合技术(如采用估计算法、参数方法及人工智能等方法与技术实现数据融合),将不同传感器描述的信息(包括冗余信息、互补信息)高效、合理地综合成统一的特征表达信息,为智能决策提供可靠信息。

·通过智能计算、统计、仿真、可视化及数据库等技术进行海量数据分析、管理,实现特征数据图像化显示及人机交互,为现场操作人员提供指导。

5 结论

手持连接工具是一种低成本、高效率的便携式连接工具,有着广泛的应用及良好的前景。研究其应用及发展模式,将有助于发挥其更大的效益,促使其性能更加完善、人性化,更适于人工操作。随着网络化制造与装配系统应用技术的不断发展,手持连接工具也向着智能化、数字化、可视化、网络化方向发展。本文提出的设计

(下转第99页)

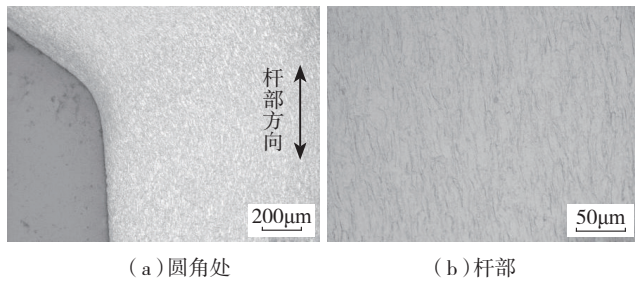


图8 400℃下钉体温镦成形显微组织

Fig.8 Microstructure of rivet set warm upsetting forming specimen at 400℃

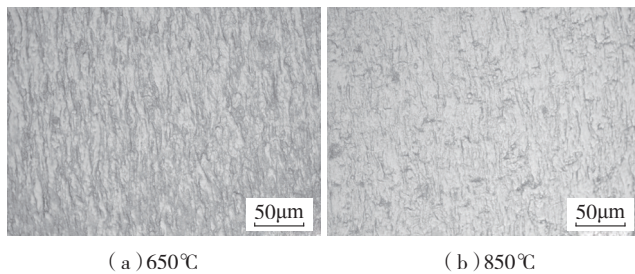


图9 不同温度下钉体热镦试样微观组织

Fig.9 Microstructure of heating upsetting rivet set sample at different temperature

钉体杆部强度也受到影响。因此,为满足强度要求,不宜通过热镦工艺成形钉体头部。

综上,为实现钉体头部成形无缺陷,且满足强度要求,400℃温镦为该拉拔态 CP-Ti 最佳镦锻工艺。

3 结论

(1)拉拔态 CP-Ti 具有典型的纤维状组织,力学性能良好,满足抽芯铆钉钉体抗剪切强度要求。

(2)拉拔态 CP-Ti 再结晶退火温度在 650℃左右,回复温度在 500℃左右;在 550~800℃时,随着温度的升高,CP-Ti 显微组织发生回复、再结晶、晶粒长大,通过再结晶退火可使其晶粒长大,由拉拔态转变为等轴态。随着温度升高,其显微硬度和材料强度均下降,塑性增大,适合镦锻成形。

(3)基于拉拔态 CP-Ti 回复和再结晶原理,在抽芯铆钉钉体镦锻时,头部加热到 400℃的温镦工艺可镦锻成形出合格的钉体头部,且能保证杆部力学性能不受影响,满足强度要求。

参考文献

- [1] 刘风雷. 我国航空钛合金紧固件的发展. 航空制造技术, 2000(6):39-40, 55.
- [2] 刘以波. TA2 工业纯钛高温组织演变研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2010.
- [3] 张翥, 王群骄, 莫畏. 钛的金属学和热处理. 北京: 冶金工业出版社, 2009.

[4] 曹继敏, 樊亚军. CP-Ti 再结晶退火的组织演变和力学性能. 热加工工艺, 2012, 41(24):17-19.

[5] 江先锋, 向顺华, 陈乃录. 退火工艺对冷轧纯钛带再结晶组织的影响. 热加工工艺, 2011, 40(18):167-169. (责编 谷雨)

(上接第 92 页)

思路及方法也为网络化制造与装配环境下其他设备的研制提供借鉴。

参考文献

- [1] 任开勋, 沙云东. 飞机蒙皮铆接过程中阻尼减振降噪方法探讨. 沈阳航空工业学院学报, 2010, 27(4):12-16
- [2] 戴维·H·阿米尔特沙米, 威廉·P·赞特森, 布兰科·萨. 智能紧固件安装系统: 中国, CN101425240[P]. 2009-05-06.
- [3] ANGUSWAMY R, SAYGIN C, SARANGAPANI J. In-process detection of fastener grip length using embedded mobile wireless sensor network-based pull-type tools. International Journal of Manufacturing Research, 2009, 4(2):154-170.
- [4] SAYGIN C, MOHAN D, SARANGAPANI J. Real-time detection of grip length during fastening of bolted joints: a mahalanobis-taguchi system(MTS) based approach. Journal of Intelligent Manufacturing, 2010, 21(4):377-392.
- [5] 朱秀峰, 彭善谦, 林亦宏. 拉钉、拉帽枪的数字显示模组装置: 中国, CN101890472A[P]. 2010-11-24.
- [6] 林子敬. 基于 ZigBee 技术的无线传感器网络的研究与实现 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009. (责编 谷雨)

(上接第 95 页)

量: 整体结构大量减少紧固件数量; 降低成本, 缩短装配周期。

缺点: 整体结构尺寸大精度不易保证, 装配难度大; 无对接, 无工艺补偿, 对称度不易保证; 二次胶接造成变形, 定位困难。

(4) 建议批生产采用卧式装配方式, 方便整体壁板的上下架及合拢。目前, 下壁板通过外围螺旋压紧器压紧, 中间位置处于自由状态, 容易发生夹持不到位, 建议卡板中间开槽, 通过真空手段实现夹持, 消除中间位置与卡板之间的间隙。

参考文献

- [1] 冯军. 复合材料技术在当代飞机结构上的应用. 航空制造技术, 2009(22):40-42.
- [2] 张佐光. 飞机结构用先进复合材料的应用与发展. 第十四届全国复合材料学术会议论文集(上). 北京: 中国宇航学会, 2006.
- [3] 张鹏宇. 复合材料在民用产品上应用浅析. 中国高新技术企业, 2012(21):99-102.
- [4] 陈绍杰. 复合材料技术发展及其对我国航空工业的挑战. 高科技纤维与应用, 2010, 35(1):1-7.
- [5] 《航空制造工程手册》总编委会. 航空制造工程手册 - 飞机装配. 北京: 航空工业出版社, 1993. (责编 玲犀)