

数字化焊接技术在民机制造业中的应用*

Application of Digital Welding Technology in Civil Aircraft Manufacturing Industry

南京航空航天大学材料科学与技术学院 米高阳 占小红 余枫怡 辜 诚 魏艳红
上海飞机制造有限公司航空制造技术研究所 陈 洁



米高阳
博士研究生,主要从事焊接过程建模及模拟仿真研究。

国内民用航空业中焊接技术应用现状

航空制造业的发展趋势一直是世人关注的焦点,国内外专家学者也

面对日益增强的竞争压力,我国航空焊接技术必须不断实现自我超越。以 CAD/CAE/CAM 数据通道贯通为核心的焊接技术的数字化、信息化是焊接技术升级换代的必由之路。实现工艺设计、模型创制、信号检测及焊缝质量分析的一体化,不仅可以有效提升焊接工艺的实施水平,又可以极大地提高焊接制造效率,最终为企业的全面数字化、信息化打下坚实的基础。

众说纷纭,归根结底是要节约生产成本、提高产品质量、缩短研发和生产周期,其核心是提高产品的市场竞争力。为此,飞机设计和生产过程的数字化、信息化、柔性化、绿色制造等目标逐渐提上日程。其中,数字化是基础环节。尽管数字化制造早已不是什么新鲜的概念,然而,中国航空制造业的数字化依然有很漫长的路要走^[1]。

焊接生产技术,作为制造业的重要而关键的组成部分,在最近几十年得到了长足的发展。焊接,由最初的

一种相对简单的加工技术,已经发展为一门学科、一个系统工程,涵盖了焊接方法研究、焊接材料研究、焊接冶金学、焊接结构设计、焊接检测、焊接过程控制等诸多领域,涉及材料学、传热学、流体力学、计算材料学、材料力学和结构力学、计算机和自动控制技术等多门学科。在当代工业领域中,几乎每个产品都离不开焊接^[2]。曾有句话说,“只要有金属的地方就有焊接”。

焊接技术在军用航空产品领域早已得到广泛应用。但是,由于诸多

* 国家自然科学基金(51175253),中央高校基本科研业务费专项资金资助。

原因,在国内民用航空制造业中,焊接技术一直没有进入主要加工环节。在 ARJ 机型中,只有在防护罩、尾锥盖、导管、挂钩等少量构件采用焊接技术生产。至于被空客 A380 等机型大量采用的激光焊接技术,在国内并无应用先例。不过,中国商飞公司正在加大力度研究先进焊接技术在大型客机中的应用。

鉴于焊接技术在民机制造中的重要性,为满足打通民机生产的数字化工程体系的需要,为响应民机制造业向数字化、信息化的方向迈进,及时开展数字化焊接的相关研究是极为必要的。

构建焊接过程虚拟制造体系

虚拟制造是现代制造业的重要环节。由于用大量的计算机模拟仿真替代传统的实物试验,虚拟制造能极大地缩短研发周期、降低研发成本。民用飞机制造中,零部件的数量庞大,已经用到或即将可能用到焊接加工工艺的构件比较多。以大型客机机身壁板焊接构件为例,该构件厚度方向尺寸小,且焊缝多而复杂,属于典型的大尺寸、小厚度、多焊缝的焊接过程。针对此类航空产品的焊接构件,单靠传统的试验方法很难实现其工艺优化过程,必须诉诸虚拟焊接等手段。以设计为中心的焊接过程虚拟制造体系,主要包括焊接工艺设计、航空结构自动建模技术、信息化焊接生产过程控制体系等研究内容。

焊接工艺设计专家系统

焊接工艺的数字化和信息化是传统焊接工艺迎合制造业升级换代的必然选择,也是航空制造业全面数字化、信息化的基础。在空客公司,完全无纸化焊接加工车间已部署多年,先进、快速、高效地焊接生产不仅大幅提高焊接生产效率,还可以有力地降低焊接生产成本。我国航空制

造业尚未达到如此先进的水平,但是此类数字化生产平台无疑是未来的重要发展方向。焊接工艺数字化、信息化的前提是焊接工艺设计的数字化、信息化,这就需要应用焊接专

家系统技术辅助工艺设计(见图 1)。构建先进的焊接专家系统,优化推理机,不断完善知识库。不仅可以针对新材料、新构件、新焊接工艺给出指导意见,同时也能在技术改进、工艺

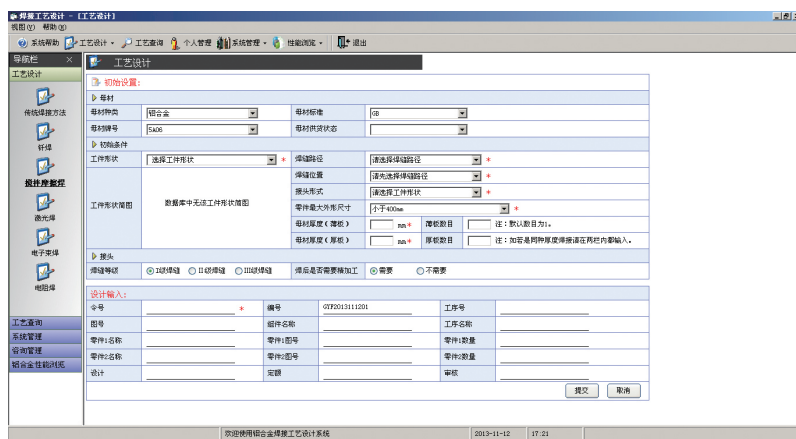


图1 焊接工艺设计专家系统界面

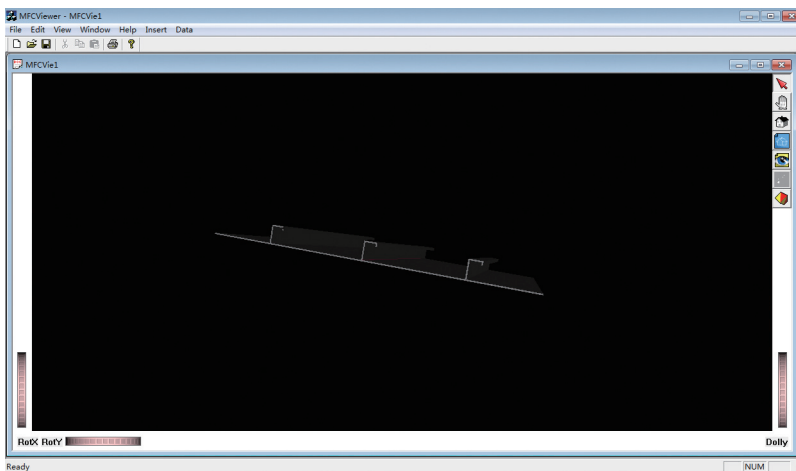


图2 蒙皮一桁条焊接结构自动建模

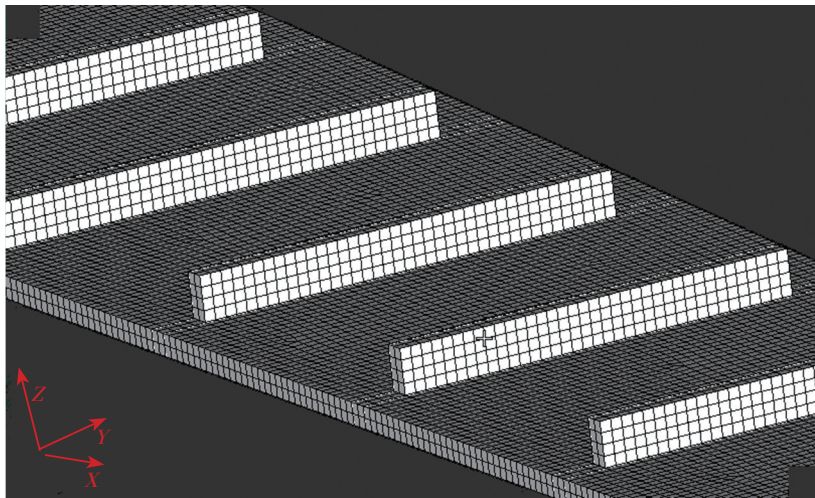


图3 蒙皮一桁条结构网格划分

优化过程发挥作用。焊接专家系统还可以进一步同焊接工艺评定系统结合,对给定工艺进行评定,可将信息反馈给工艺设计过程,以获得最优化的焊接工艺^[3-4]。

航空焊接结构的自动化建模技术

随着现代制造技术的不断发展,陈旧的纸质图纸人工制图的构件设计模式已经无法适应当前数字化信息化的要求。使用CAD技术制作电子化图纸代替以往的纸质图纸成为一种趋势。这种电子化图纸在标准化、可读性及传输性能上明显优于纸质图纸。通用的CAD软件,例如CATIA、Pro/E、AutoCAD等均可以在短时间内完成复杂成品构图,极大地提高了生产效率。

在使用先进的CAD软件进行模型设计的同时,工艺信息电子化的速度相对缓慢。生产过程中使用数字化几何模型对应于纸质版的工艺指导书的现象屡见不鲜,如何将工艺信息电子化并实现与几何模型的联动、以在根本上解决上述问题就成为了一个研究热点。为此,需要编制一套能够在航空领域中应用的焊接建模与工艺参数联动系统,实现对航空领域中常用的蒙皮-桁条结构的自主简化建模及焊接工艺参数查询见图2、图3,并为后续的焊接专家系统设计焊接工艺及有限元模块模拟焊接过程提供接口^[5]。

信息化的焊接生产过程控制体系

焊接加工过程复杂多变,因此,

焊接工艺的实施保障非常重要。通过实时采集焊接工艺参数,并对采集回的信号进行去噪、分析、处理,使其能够直接反应焊接过程工艺参数的变化。对处理完成后的信号进行存储,在质量检测时提取此类信号,并对信号波动较大的位置进行针对性检测,方便焊缝质量追溯。图4、图5分别为焊缝检测系统和焊接过程信号实施监控系统。

结论

综上所述,面对日益增强的竞争压力,我国航空焊接技术必须不断实现自我超越。以CAD/CAE/CAM数据通道贯通为核心的焊接技术的数字化、信息化是焊接技术升级换代的必由之路。实现工艺设计、模型创制、信号检测及焊缝质量分析的一体化,不仅可以有效提升焊接工艺的实施水平,又可以极大地提高焊接制造效率,最终为企业地全面数字化、信息化打下坚实的基础。

参考文献

- [1] 林尚扬,关桥.我国制造业焊接生产现状与发展战略研究.机械工人,2004(8):16-20.
- [2] 陈茂爱,陈俊华,高进强.复合材料的焊接.北京:化学工业出版社,2005.
- [3] 刘立鹏,王伟,单春蕾,等.铝合金真空电子束焊接专家系统.航天制造技术,2011(2):63-65.
- [4] 徐振亮.航空材料焊接数据共享平台研究[D].南京:南京航空航天大学,2009.
- [5] 胡广旭,董志波,魏艳红,等.典型飞机构件焊接数值模拟系统研制.焊接学报,2010(6):105-108.
- [6] 梁刚.X射线焊缝图像缺陷自动提取与识别技术研究[D].南京:南京航空航天大学,2012.
- [7] 李博.基于局域网的焊接过程监测系统研究[D].南京:南京航空航天大学,2012.

(责编 小城)



图4 焊缝检测系统

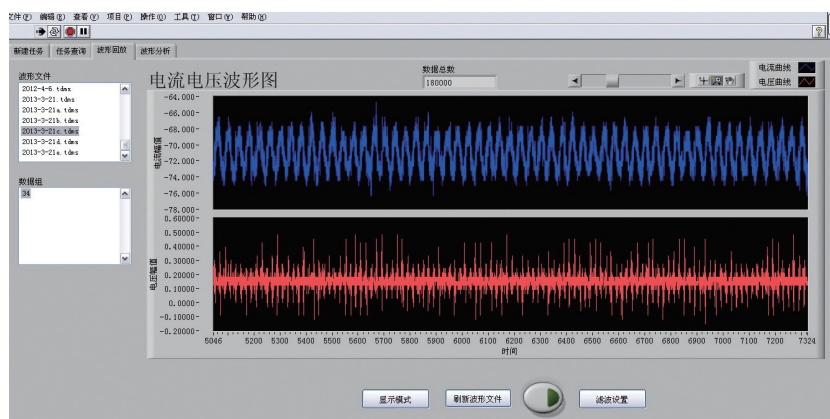


图5 焊接过程信号实施监控系统