

数字化焊接技术

Digital Welding Technology

沈阳飞机工业(集团)有限公司 王 敏

哈 尔 滨 工 业 大 学 吴 林 魏 艳 红



王 敏

沈阳飞机工业(集团)副总冶金师,研究员级高级工程师,多所大学兼职教授,哈尔滨工业大学在职博士,长期致力于促进先进焊接技术在航空工业的应用,以及焊接数字化领域的研究和应用,发表多篇论文。

随着信息化技术的进步及广泛应用,“数字化”的概念越来越清晰地呈现在人们面前。所谓数字化技术,一般是指以计算机硬件及软件、接口设备、协议和网络为技术手段,以信息的离散化表述、传感、传递、处理、存储、执行和集成等信息科学理论及方法为基础的集成技术。数字化作为信息化的核心,主要包括设

建立数字化焊接生产线是对传统焊接工艺的一场革命,必将大大提高航空产品的质量,以满足新一代飞机对产品寿命的要求,同时还将有效提高生产率及新产品适应力,满足产品不断更新换代的要求。

计数字化、仿真试验数字化、制造技术和制造装备数字化、生产过程数字化、管理数字化、企业数字化等^[1]。数字化焊接技术是制造技术数字化的一个重要组成部分。

数字化焊接技术涉及到以下几个方面:焊接设备、焊接工艺知识、传感与检测、信息处理、过程建模、过程控制器、机器人机构、采用智能化途径进行复杂系统集成的实施等。

数字化焊接技术的目标是:采用集成化柔性焊接系统建立一个完整的多级协调的焊接柔性智能制造生产线。这需要配置集成化的CAD/CAPP/CAM/CAQ工程软件系统,实现制造工艺和数据准备的数字化;与设计系统集成,实现制造过程的管理和控制、制造资源管理的数字化;建立制造资源数据库、典型材料和工艺以及典型零件的焊接参数数据库;应用柔性制造工程技术提升焊接设备应用的整体效能;建立焊接过程模拟与仿真系统的数学

模型和软件模型;提供焊接热过程、力学过程、熔池的形成过程、焊缝金属的结晶过程模拟软件,以便于对接头组织性能进行分析预测,实现焊接工艺过程优化;建立焊接质量自动评价系统。

数字化焊接设备

目前,数字化焊接设备有两个概念:一是指采用数字量控制的焊接电源;二是指带有智能控制系统的焊接设备,如焊接机器人等(其电源不一定是数字电源)。建立数字化焊接生产线,既需要数字化焊接电源,又需要智能化控制系统。

由于数字化焊机大量采用了单片机、DSP等数字芯片,因此PC机与数字化焊机、数字化焊机与机器人以及数字化焊机内部的电源与送丝机、电源与水冷装置、电源与焊枪之间的通讯接口就可以非常方便地实现。数字化焊接设备以其更高的控制精度、良好的接口兼容性正在发挥

越来越重要的作用。

国外机器人技术发展迅速。据资料介绍,日本在2004年已拥有35.6万台各类机器人,占世界总量的42%。相比之下,我国与世界先进国家还有很大差距。我国制造业中焊接机器人的应用主要是在20世纪90年代以后。根据到2001年的统计,全国共有各类焊接机器人1040台,其中弧焊机器人多于点焊机器人。汽车制造和汽车零部件生产企业中的焊接机器人占全部焊接机器人的76%,是我国焊接机器人最主要的应用领域^[2]。在航空制造业,焊接机器人的应用还是有待进一步发展。

焊接数据库

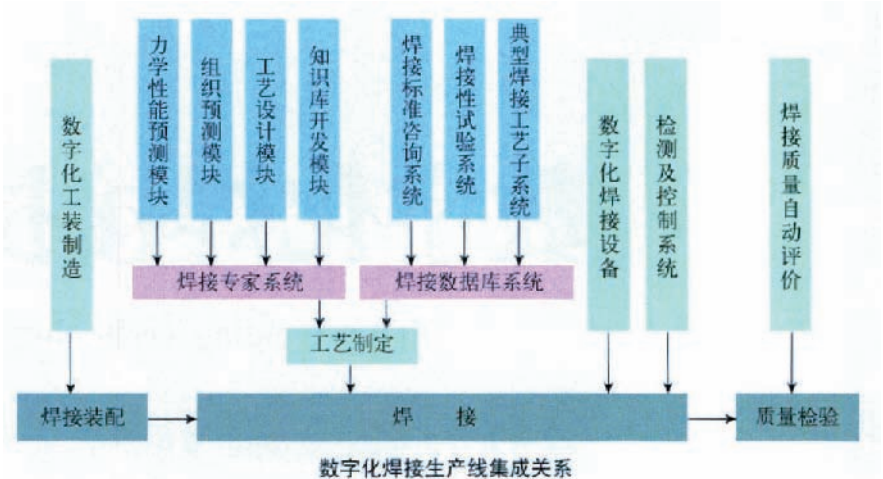
从20世纪70年代末起,日本、英国、美国和德国等工业发达国家相继开展了在焊接领域应用计算机技术的研究工作,包括试验钢材、焊接方法、坡口形状、焊接材料、焊接条件、焊缝金属化学成分、预热处理等条件及焊接接头性能的数据库等。部分西方国家完成的数据库系统见表1^[3]。

国内的焊接数据库研究始于20世纪80年代,研究工作的重点主要集中在焊接工艺评定数据库、材料定额计算、焊接工艺选择等几个方面。表2给出了部分国内完成的数据库系统^[4-6]。

尽管国内开展了大量的焊接数据库研究工作,但主要集中在钢铁材料,应用于机械制造、锅炉、压力容器、化工及油田建设领域,针对航空航天领域,尚未进行研究。

焊接专家系统

专家系统技术几乎与数据库技术同步在焊接领域得到广泛应用。美、英、日等国都开展了这方面的研究工作。由于焊接过程的复杂性难以量化,更多地需要专家知识做出判断,因此焊接被认为是应用专家系统



的理想领域。

国外开发的专家系统涉及工艺设计或工艺选择、焊接缺陷或设备故障诊断、焊接成本估算、实时监控、焊接CAD(疲劳设计,符号绘制)、焊工考试等,几乎包括了焊接生产的所有主要阶段及主要方面。并且开发出的专家系统大部分已经商业化,应用于工业领域中。

国内焊接专家系统研究始于1988年,哈尔滨工业大学、清华大学、天津大学、甘肃工业大学、天津焊接研究所等单位先后进行了焊接专家系统的开发^[7-8]。

在焊接专家系统方面的研究已逐步走向成熟,部分系统已经商品化。伴随着网络化的发展趋势,各种数据、标准等的一体化、统一化进程加快。建立共享型的统一数据库,开发基于Intranet的Client/Server模式和基于Internet的Browser/

Server模式的焊接专家系统已成为主流趋势。

目前,航空制造业数字化总体框架日趋成熟,但在各个制造领域的发展很不平衡,其中的数字化焊接研究刚刚起步。作为焊接数字化基础的焊接数据库及专家系统软件,虽然在国内已有多年研究,针对航空标准和航空材料的焊接工艺数据库和专家系统研究目前在国内还没有开展。为适应航空数字化的需要,有必要进行大量基础数据和工艺整理、总结和知识的获取,建立适合航标、企标和国标的航空材料焊接数据库及专家系统。

焊接模拟仿真技术

目前,焊接过程模拟和仿真受到前所未有的重视。随着计算机软硬件技术的发展,数值模拟技术已经渗透到各个方面,如焊接热过程计算、

表1 部分西方国家完成的数据库系统

软件名称	主要功能	设计单位	国家
QMWELD	制造信息管理	TWI	英国
XWELD	焊接工艺管理	TWI	英国
NDTSPEC	探伤记录管理	TWI	英国
PROFILE	焊接工艺管理	OGL	英国
QWEST	焊接工艺管理	Renown	英国
Weldmanger	焊接数据库	焊接研究所	美国
WELDER UALIFICATION	焊工记录管理	IVF	瑞典

表2 部分国内完成的数据库系统

系统名称	主要功能和特点	完成单位	应用语言
焊接数据库	管理 PQR、WPS、焊工档案、焊接性试验数据、材料性能、牌号对照、焊接材料、CCT 图等	哈尔滨工业大学, 哈尔滨锅炉有限责任公司	Visual-FoxPro6.0
工程机械焊接结构件装焊工艺流程系统	网络化 CAPP 系统中进行版本管理、流程管理和角色管理, 采用 C/S 结构	清华大学机械工程系, 徐州工程机械集团有限公司	Visual Basic 6.0, Microsoft SQL Server 2000
焊接工艺评定计算机管理系统	维护数据库, 查询已有的焊接工艺评定资料	太原重机学院, 太原重机厂	Delphi 5.0
焊接工艺数据库管理系统	依据 JB4708, 实现了查询、维护和打印报告	上海工程技术大学	Delphi4.0
焊接工艺评定报告管理系统	B/S 结构, 实现工艺评定报告的在线编制、查询、浏览、打印和删除的基本功能	哈尔滨工业大学	ASP, SQL Server

享控制、融合监控与集中管理。在中央控制计算机上能实现焊接过程信息的实时显示与干预控制、焊接过程路径和参数的离线编程、多媒体图形仿真、焊接专家系统的应用及生产数据的管理等^[15]。

结束语

目前, 我国航空制造业已步入了

一个新的发展阶段, 新型机种大量使用钛合金、铝锂合金、超高强钢等材料, 而且, 焊接结构越来越多地被用作重要承力结构。这就对焊接结构的可靠性提出了更高的要求。传统的手工焊接工艺劳动强度大, 焊接可靠性差, 补焊频繁, 焊接质量不易保证, 已难以满足新型飞机可靠性及寿命的要求, 迫切需要对传统工艺进行彻底改造。

建立数字化焊接生产线是对传

焊接结构件应力和变形预测、焊接接头组织和性能模拟及预测等, 特别是焊接热过程计算已经从传统的普通熔焊过程逐步扩展到高能束焊接方法, 逐步由单一的温度场计算发展到流场和热场耦合计算^[9-10]; 焊接结构件的应力和变形计算逐步从实验室走入企业, 可计算的构件也越来越复杂, 可逐步实现焊接工序优化。焊接接头组织和力学性能模拟和预测也有了长足的进步, 特别是在组织模拟方面, 一些新技术如蒙特卡罗、元胞自动机和相场法的逐步引入, 使组织模拟研究异常活跃^[11-14]。

数字化焊接系统

我国在焊接工艺知识专家系统、焊接设备自动化、焊接过程自动传感与检测、信息处理、过程建模、过程控制器、焊接机器人机构及复杂系统集成等基础研究领域, 均已取得丰硕成果, 进入了实际应用阶段, 基本具备了建立完整数字化焊接系统的理论基础。

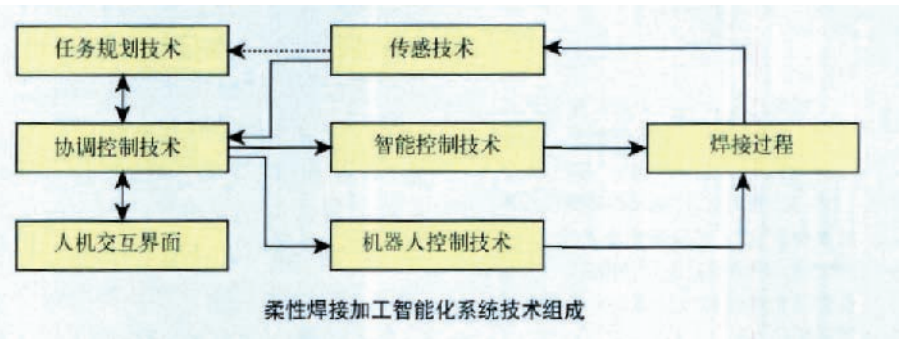
建立数字化焊接系统应从建立分离的柔性焊接加工站入手, 分级建立不同子系统的计算机间通信链路, 在此基础上开展系统调度和优化管理技术研究, 实现焊接过程信息的实时显示与干预控制、焊接过程路径和

参数的离线编程、多媒体图形仿真、焊接专家系统的应用及生产数据的综合管理。

目前智能化的焊接机器人应用已很广泛, 并且已经出现了小型的集成化柔性焊接加工系统。

一个完整的焊接系统分为两级: 工作站级和执行级。中央监控计算机属于前者, 其子系统属于后者。整个系统具有如下功能:

(1) 各柔性加工单元之间能够



实现信息的实时交互。基于网络通讯, 各加工单元从中央控制计算机实时下装并运行焊接作业程序。焊接过程中, 控制器根据跟踪系统提供的焊接状态实时调整焊接参数。

(2) 中央控制计算机在不同子系统的计算机间形成通信链路, 实现网络信息的管理与监控。网络系统采用分级控制模式, 与传感系统相配合, 完成基于传感信息流的共

统焊接工艺的一场革命, 必将大大提高航空产品的质量, 以满足新一代飞机对产品寿命的要求, 同时还有效提高生产率及新产品适应力, 满足产品不断更新换代的要求。

本文有参考文献 15 篇, 因篇幅所限未能一一列出, 读者如有需要, 请向本刊编辑部索取。

(责编 晓霏)