

有限元软件 SYSWELD 在焊接数值模拟中的作用

华 鹏 孙俊生

(山东大学 材料科学与工程学院, 济南 250061)

摘 要: 本文对数值模拟技术的应用和发展作了展望。介绍了大型有限元软件 SYSWELD 在焊接数值模拟中的应用
关键词: 数值模拟 有限元 焊接

Influence of Finite Element Software SYSWELD in Numerical Simulation

HUA Peng SUN Junsheng

(College of Material Science and Engineering, Shandong University, Jinan Shandong 250061, China)

Abstract: The paper introduces application of numerical simulation technology and future of that, and it also give a simple summarization on application of finite element software SYSWELD in numerical simulation.

Key words: Numerical simulation Finite element Welding

1 引言

焊接是一个涉及许多学科的复杂的物理—化学过程,描述焊接过程的变量数目繁多,凭积累工艺实验数据了解和控制焊接过程,既不切实际又成本昂贵和费时费力。随着计算机技术的发展,计算机模拟方法为焊接科学技术的发展创造了有利条件^[1]。人们逐渐对于发生于熔池内部,不能通过试验工具检测的一些现象有了较为深刻的认识^[2]。

焊接热过程贯穿整个焊接过程的始终,可以说,一切焊接物理化学过程都是在热过程中发生和发展的。焊接热过程是局部的,加热极不均匀,具有瞬时性、复杂性和不稳定性等特点。焊接温度场决定了焊接应力场和应变场,它还与冶金、结晶、相变有着不可分割的联系,使之成为影响焊接质量和生产率的主要因素之一。焊接热过程的准确计算和测量是进行焊接冶金分析、焊接应力应变分析和对焊接过程进行控制的前提^[3]。

随着计算机软硬件技术的快速发展,引发了虚拟制造技术的热潮,这其中制止模拟软件的推

广应用无疑为数值模拟的发展提供了很好的技术平台。

2 焊接数值模拟软件的发展

焊接数值模拟的意义在于,根据对焊接现象和过程的数值模拟,可以优化结构设计和工艺设计,从而减少试验工作量,提高焊接质量。

焊接工作者非常希望能够利用基础理论对焊接过程中的物理或化学现象的本质进行分析,进而通过模拟和计算得到定量的结果,最终达到在焊接过程中使接头不出现缺陷,而且能够满足规定性能的目的。但是,焊接过程的模拟十分复杂,例如,对弧焊过程全面模拟就要求能够模拟焊接时的热过程、熔滴过渡时的物理化学过程、熔池行为、焊缝凝固过程、热裂纹的形成、焊缝金属固态相变、晶粒长大和偏析、焊缝和热影响区的显微组织、焊缝中的氢扩散、冷裂纹的形成、焊接残余应力和变形等。

几十年来科学家和焊接专家针对这些问题已经建立了许多数学模型,在现代计算机软硬件高

度发展条件下已经能够通过有限元法、有限差分法等方法对这些数学模型做到定量求解。在有限元计算方面,现在已经有商业化的大型通用有限元工具软件 NASTRAN、MARC、ABAQUS、ANSYS 等,还有专门用于分析焊接现象的软件,如 SYSWELD (法)、HEARTS (日) 以及 QUICK WELDER (日) 等。MATLAB 等软件包为进行各种数值计算提供了有力工具。各国在焊接过程模拟方面已经做了大量工作,在生产中得到了许多应用成果。^[4]

2.1 SYSWELD 软件的发展历程

法国的 J.B.Lebon 对相变时的钢的塑性行为进行了理论和数值研究,在研究的基础上发展了 SYSWELD 软件。SYSWELD 的开发最初源于核工业领域的焊接工艺模拟,当时核工业需要揭示焊接工艺中的复杂物理现象,以便提前预测裂纹等重大危险。在这种背景下,1980 年,法国法码通公司和 ESI 公司共同开展了 SYSWELD 的开发工作。由于热处理工艺中同样存在和焊接工艺相类似的多相物理现象,所以 SYSWELD 很快也被应

用到热处理领域中并不断增强和完善。随着应用的发展,SYSWELD 逐渐扩大了其应用范围,并迅速被汽车工业、航空航天、国防和重型工业所采用。1997 年,SYSWELD 正式加入 ESI 集团,法码通成为 SYSWELD 在法国最大的用户并继续承担软件的理论开发与工业验证工作。

2.2 SYSWELD 简介

SYSWELD 完全实现了机械、热传导和金属冶金耦合计算,允许考虑晶相转变及同一时间晶相转变潜热和晶相组织对温度的影响。在具体计算中,分两步进行,首先实现温度和晶相组织的计算,然后进行机械力的计算。在机械力计算中,已经充分考虑了第一步计算的结果,如残余应力和应变的影响。SYSWELD 的电磁模型允许模拟点焊和感应加热,并可实现能量损失和热源加载的计算模拟。SYSWELD 扩散与析出模型可实现渗碳、渗氮、碳氮共渗模拟,先计算化学元素的扩散和沉积,然后再考虑对热和机械性能的影响。SYSWELD 的氢扩散模型能计算模拟氢的浓度,预测冷裂纹的严重危害。如图 1 所示

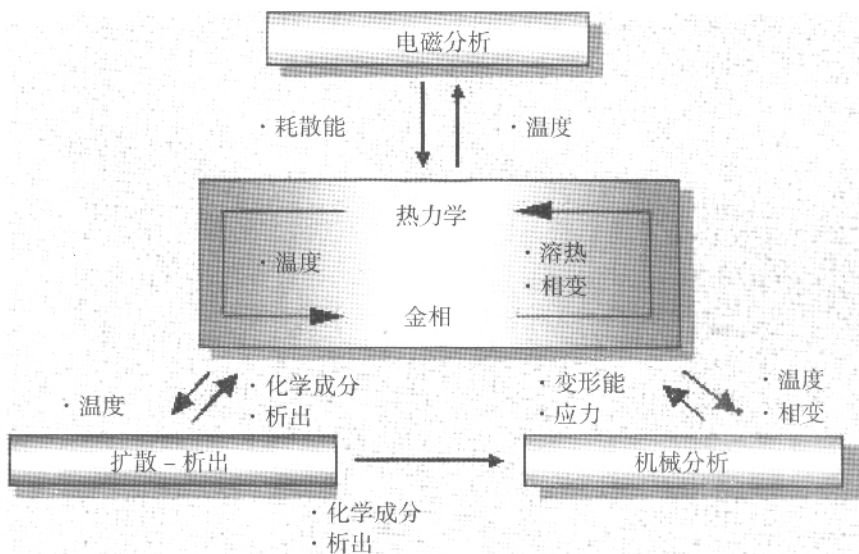


图 1

2.2.1 数据导入

SYSWELD 的操作环境 SYSWORLD 也可直接建立几何模型和生成各种网格。配合 GEOMESH 几何网格工具,SYSWELD 可以直接读取 UG、CATIA 的数据和接受各种标准交换文件

(STL、IGES、VDA、STEP、ACIS 等)。SYSWELD 能兼容大部分 CAE 系统的数据模型,如 NASTRAN、IDEAS、PAM-SYSTEM、HYPERMESH 等。

2.2.2 工艺向导

独有的向导技术是 SYSWELD 迅速工业化地

成功秘诀。简洁、易用而有条理的向导指示,一步一步地引导用户完成复杂的热物理模拟过程。模拟向导能根据不同的工艺特征,自动智能化的选择求解器进行物理分析。系统主要功能模块和模拟向导:热处理向导、焊接向导、装配模拟向导。

2.2.3 模拟工具

SYSWELD 内置了一系列非常有效的工具软件,用于获取和校验热物理模拟的物理数据,如热传导系数校验工具,焊接热源校验工具,材料 CCT 曲线校验工具,材料冷却曲线校验工具等等。采用工具软件,能准确地获取模拟所需要的物理数据。

2.2.4 模型设置

高效友好的用户界面,用户能将精力集中于物理问题,而非耗散在软件使用上;独特的工艺向导技术(Advisor),将复杂的物理问题简单化,条理化,事半功倍;对于工业用户,向导模板可以解决超过 95%的工业问题;对于高级用户,高级模块(Expert User)可以满足各种独特的需求,内置的 SIL 语言可实现无限的用户接口和软件客户化。

3 焊接数值模拟技术的发展展望

今天焊接数值模拟技术正进入到温度场、电场、流场、应力应变场、组织模拟的耦合集成阶段;它可以解决现在难度较大的专用特性问题,包括解决特种焊接模拟及工艺优化问题,解决焊接缺

陷问题。SYSWELD 软件正式体现了这些特点的软件。

经过多年的研究,中国已经形成了一批比较成熟的准商业化软件,但与发达国家相比,有较大的差距。应尽量学习国外的技术,加快数值模拟软件的开发。要重视与物理模拟和测试技术的配合使用,提高数值模拟的精度和速度,要加强焊接数值模拟基础理论及缺陷形成原理的研究;另外中国的目前有些领域的研究工作已接近或达到国际先进水平,如焊接凝固裂纹精度评价技术及开裂判据等。应该瞄准目标,集中优势力量,争取做出更大的成绩。^[5]

参考文献

- [1] 武传松.焊接过程的计算机模拟[J].第十次全国焊接学术会议焊接与 IT 专题论文集,2001.
- [2] 董红刚,高洪明,吴林. PHOENICS 在焊接热过程数值模拟中的应用现状[J].第十次全国焊接会议论文集(第二分册),2001, H-XI-005.
- [3] 武传松编著.焊接热过程数值分析[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1990:1-5.
- [4] 汪建华.虚拟工程与焊接力学数值模拟.上海交通大学
- [5] 吴言高等.数值模拟技术发展现状.焊接学报 2002,6 Vol23 No3

(上接第 9 页)的电子企业纷纷加大了对无铅钎料的研究。现在的无铅钎料在性能和应用上有很多问题,但是一旦关键的问题得到解决,无铅钎料的应用将会一日千里。我国是家电出口大国,许多家电已经打入国际市场。目前我国还没有自主知识产权的无铅钎料,这在很大程度上将受制于人。为此我国的电子以及材料行业应该着力从以下方面去做:

- (1) 密切跟踪国际上无铅钎料的最新进展和研究成果。
- (2) 开发有自主知识产权的无铅钎料,并对其展开质量和可靠性评定。
- (3) 同时应注意相应助焊剂的研制,以及相应钎焊工艺参数的制订。
- (4) 结合各高校、科研院所及电子器件生产厂

家,从多方面入手来解决问题。

参考文献

- [1] 史耀武,夏志东,陈之刚等;电子组装钎料研究的新进展;电子工艺技术;2001 年 7 月;第 22 卷第 4 期;139—143.
- [2] Electronic Waste Recycling Act of 2003(SB 20), www.ciwmb.ca.gov/Electronics/Act2003.
- [3] Korean Legislation and Regulation, www.leadfree.org/LF_1-5.htm.
- [4] China - Restriction of hazardous substances report,EIA conference, April 16 2003.
- [5] 孟桂萍, Sn-Ag 和 Sn-Zn 及 Sn-Bi 系无铅焊料[J],电子工艺技术,2003 年 3 月,第 23 卷第 2 期,75—76。