

★《中国核心期刊(遴选)数据库》来源期刊

★《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊

★《中国期刊全文数据库》全文收录期刊

刊号 ISSN 2095-3518
CN 45-1385/TS

轻工科技

7
2021

总第272期

LIGHT INDUSTRY SCIENCE AND TECHNOLOGY



广西轻工业科学技术研究院有限公司 主办

投稿邮箱: qgkj@vip.126.com



扫描全能王 创建

一般专业学术期刊 目 录

轻工科技

QING GONG KE JI

2021年7月第7期

第37卷 总第272期

月刊·国内外公开发刊

主 管:广西宏桂资本运营集团有限公司

主 办:广西轻工业科学技术研究院有限公司

协 办:广西轻工协会

广西酿酒协会

编辑出版:《轻工科技》编辑部

编委会主任:程劲芝

编 委:文天国 唐 尧 杨有承

赖开平 刘才富 贤章胜

张 菱 谢晓航 蒋敬全

陈 军 苏 键 伍彦华

主 编:贤章胜

电 话:0771—4518435

传 真:0771—4518435

地 址:广西南宁市迎凯路8号

邮 编:530031

本刊网址:<http://www.qgkjlw.com>

投稿信箱:qgkj@vip.126.com

国内统一刊号:CN 45-1385/TS

国际标准刊号:ISSN 2095-3518

发 行:《轻工科技》编辑部

邮发代号:48-123

出版日期:每月15日

印 刷:广西瑞丰印务有限公司

广告经营许可证:450000024号

国内定价:30.00元

食品与生物

- 响应面法优化梅卤风味柚子皮果脯加工工艺 梁娇,张鹰,白卫东(1)
- 蔗渣栽培食用菌及菌渣制作牛饲料的研究 农秋阳,黄忠泊,覃平,等(4)
- 高校食堂食品安全体系的研究 黄敏,殷旦丹(6)
- 天然食品防腐剂乳酸链球菌素在乳制品中的应用研究 刘锦红(8)
- 再造烟叶、膨胀烟丝和膨胀梗丝中挥发性成分的HS-GC/MS分析 徐杨斌,杨旭,王中山,等(10)
- 大麦发酵生产乙醇的研究应用 宋金凤,孙振江,李永恒,等(12)

化工与制药

- 金属爆炸焊接数值模拟研究进展及其在钛钢双金属爆炸焊接模拟中的应用 蔡俊清(14)
- 耐老化双组分水性喷胶的制备 林成辉(16)
- 天然气长输管道节能设计探讨 赵峰辉,王驰,关旭辉,等(18)
- 鸡骨香的药理活性研究概述 唐雪平,何月云,陈其琦,等(20)

机械与电气

- 关于220kV变压器故障类型和检修方法的探讨 何泽优,王权(23)
- 基于组态王海警舰艇电动锚机控制系统的设计 胡静,朱娜(25)
- 不锈钢焊接工艺及变形控制 姜立岩,韩洪涛(27)
- 卧式水火管固定炉排锅炉爆炸原因分析 李卫超,韩健雄,张坤(29)
- PLC技术在电气仪表自动化控制中的应用 滕永成,张丛明,朱立峰,等(31)
- 一种烟包输送分离装置的设计 卢中焱,郭龙(33)
- 仪表自动化设备常见故障与维护技术 蒋立新,朱立峰,滕永成,等(35)
- 烘丝机除尘滚网托轮的改进 潘乐,黄立仁,钟志民,等(37)
- 低噪声机械结构设计分析 王贤权(39)
- 电气自动化仪表的主要功能及技术应用 张丛明,朱立峰,滕永成,等(41)
- 一种用于特种滤棒检测的自动切割机 谢庆,乐遥(43)
- 展宽角对二次楔横轧铝合金连杆预制坯心部质量的影响 赵小莲,刘东,何奥平,等(45)
- 金相制样的流程及所需注意事项 袁秋林,樊湘芳,冯逾鹏,等(47)
- 电气自动化系统中的无功补偿技术 朱立峰,滕永成,蒋立新,等(49)

计算机与信息技术

- 一种具有预充电“软启动”整流的大电流低电压电源 滕世国,王祥达,刘厚林,等(51)
- 功率器件封装失效分析及工艺优化研究 陈逸晔(53)



扫描全能王 创建

金属爆炸焊接数值模拟研究进展及其在钛钢双金属爆炸焊接模拟中的应用

蔡俊清

(陕西机电职业技术学院, 陕西 宝鸡 721001)

【摘要】 由于爆炸焊接过程的复杂性, 数值模拟方法以其独特的优点成为金属材料爆炸焊接研究的必然选择。本文梳理分析国内外爆炸焊接数值模拟研究进展及现状, 并在此基础上, 利用非线性 ANSYS/LS-DYNA 有限元分析软件建立钛与钢的双金属爆炸焊接有限元模型, 再现其爆炸复合过程, 并通过复板乙向位移分析其爆炸焊接的可靠性。

【关键词】 爆炸焊接; 数值模拟; 双金属

【中图分类号】 TC456.6

【文献标识码】 A

【文章编号】 2095-3518(2021)07-14-02

金属的爆炸焊接亦称爆炸复合, 是以炸药爆轰时产生的冲击力, 使两层或多层的同种或异种金属材料剧烈碰撞、塑性变形、熔化及原子间相互扩散, 从而实现连接的一种压焊方法。其过程如图1所示。

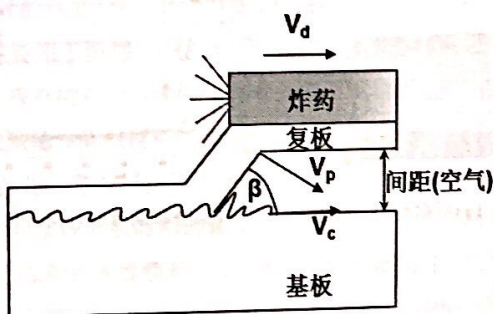


图1 爆炸焊接过程

由于爆炸过程的瞬时性和复杂性, 相关参数的影响机理非常复杂, 存在不定性因素, 对其进行实验研究具有一定的局限性。近年来, 随着计算机技术的发展, 各种数值模拟技术逐渐被用于金属爆炸焊接过程的再现及爆后相关参数的分析。通过计算机软件数值模拟技术, 可以方便地了解爆炸焊接过程、探索爆炸焊接机理, 优化焊接参数, 减少实验成本, 并有助于开发爆炸焊接技术的新应用等。因此, 建立爆炸焊接数值模型进行研究显得尤为必要。

1 国内外爆炸焊接数值模拟研究现状

爆炸焊接最早是在1944年由L. R. Carl在实践中偶然发现并提出的。随着生产实际对材料性能要求的提高, 爆炸焊接技术的理论基础和实践应用得到了全面的发展, 现已在石油化工、航空航天、船舶、压力容器等领域广泛应用。

二十世纪八十年代, Oberg采用拉格朗日法对爆炸焊接过程中射流的产生进行了数值模拟, 从而拉开了爆炸焊接数值模拟技术研究的序幕。随后, 研究人员借助各种辅助软件, 采用不同的模型和方法, 对爆炸焊接过程中爆炸焊界面应力、压力的分布, 爆炸焊射流、界面形态以及爆炸焊接的工艺参数辅助设计等

进行了模拟研究。

1.1 国外研究进展

国外数值模拟技术起步较早, 目前在双金属爆炸复合数值模拟方面已取得一些成绩。代表性的有: Akihisa利用二维有限差分方法模拟了弹塑性材料在爆炸焊接过程中结合面波形的产生过程, 计算结果与实际现象较为符合。Akbari Mousavi等利用AUTODYN软件采用威廉斯堡状态方程模拟了低爆速炸药AN-FO爆炸的过程, 成功再现了试验中的射流和界面波现象^[1]。Mohammad T等人采用有限元方法ABAQUS模拟了爆炸焊过程, 并探讨了爆炸过程基板与复板结合处的应力应变问题。Raven软件也被Grignon等学者用于铝合金爆炸焊的研究, 这对实际试验中焊前碰撞角与基复板间距的设定提供了参考。此外, 也有国外学者利用ANSYS/LS-DYNA软件对多金属的爆炸焊接进行3D仿真数值模拟。

总结国外学者数值模拟进展可发现, 大部分学者采用的是有限元的思想, 因此, 对有限元分析软件, 尤其是ANSYS软件的应用是值得我们学习和进一步探讨的重点。

1.2 国内研究进展

由于我国的金属爆炸焊接试验研究起步较晚, 数值模拟研究在国内也随之较晚, 最先进行数值研究的是西安交通大学采用综合数值分析法进行的。通过大量金属爆炸焊科研工作者的不懈努力和计算机分析软件的成熟及更新, 近年来, 数值模拟越来越多地被用在金属爆炸焊接过程再现、射流分析、应力应变分析等方面。具有代表性的是: 西北工业大学采用Ansys/ls-dyna软件对大面积钛/钢复合板进行了数值模拟; 也有学者采用Ansys/ls-dyna的Sps2.0程序(MPM物质点法)进行研究, 取得了一些成果; 部分学者通过Autodyn模块中的光滑粒子动力学方法(SPH), 模拟了爆炸焊接倾斜碰撞过程中的射流和界面波形成。较新的成果是缪广红^[2]通过LS-DYNA采用SPH-FEM耦合的方法对金属爆炸复合过程做了数值模拟分析。曹杰^[3]利用ANSYS/AUTODYN对钛-铝薄板爆炸焊接过程进行数值模拟。

【第一作者】 蔡俊清(1991—), 女, 陕西宝鸡人, 硕士, 助教, 从事职业教育工作。



2 钛-钢复合板爆炸焊 ANSYS/LS-DYNA 数值模拟

结合国内外学者在金属爆炸焊接数值模拟分析中采用的模拟软件,总结其优缺点,笔者采用非线性 ANSYS/LS-DYNA 有限元分析软件建立钛与钢的双金属爆炸焊接有限元模型,通过建立模型进行计算,得出其爆炸焊接过程应力场分布及复板 Z 向位移。

2.1 模型建立

爆炸焊数值模型由空气、炸药、基板、复板四层构成。炸药、空气、复板以及基板使用的单元类型一律为 3D Solid 164 单元,同时采用映射法对网格进行划分。空气层及炸药层采用能实现流固耦合的 ALE 算法,基复板则采用 Lagrange 算法,数值模拟中的单位为 $g\text{-cm-}\mu\text{s-K}$ 。在具体建模时,要在 LS-DYNA 中对炸药、复板以及基板赋予材料模型,本文基板与复板层采用的是常用的 Johnson-Cook 材料模型,炸药则选用高能炸药引爆燃料材料模型^[1]。

为了简化问题,建模时取整个模型的 1/4 模型作为研究对象,图 2 为建好的三维模型及有限元模型。模型从下往上依次为:基板(Q345),间隙(空气),复板(TA1),炸药(铵油)。其中基板尺寸为 $35\text{mm}\times 450\text{mm}\times 450\text{mm}$,复板尺寸为 $5.5\text{mm}\times 460\text{mm}\times 460\text{mm}$,炸药层尺寸 $36\text{mm}\times 460\text{mm}\times 460\text{mm}$;空气间隙层尺寸 $11\text{mm}\times 460\text{mm}\times 460\text{mm}$;起爆方式为中心起爆。

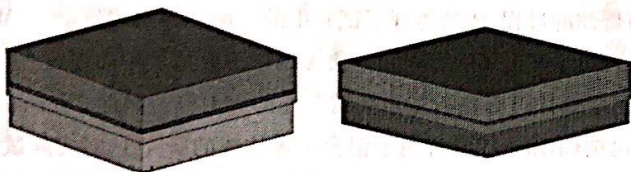


图 2 (a)爆炸焊三维模型 (b)有限元模型

2.2 模拟结果分析

利用 ANSYS 进行建模等前处理后,通过对 K 文件的修改,使之符合 LS-DYNA 求解器的要求,然后用 LS-DYNA 求解器对其进行求解,得出计算结果。

(1) 爆炸焊接过程

为方便观察基板与复板的结合情况,删除炸药和空气层的单元。图 3 所示的是复板和基板在炸药引爆后 $34.987\mu\text{s}$ 、 $52.97\mu\text{s}$ 、 $199.99\mu\text{s}$ 、 $300\mu\text{s}$ 时的爆炸焊接过程应力分布,由图可知,瞬时等效应力的最大值随着爆轰波由中心起爆点持续向边界推进,同时复板在巨大的爆轰压力下与基板产生碰撞,推进过程中,基复板结合处由于炸药冲击载荷大于金属动态 σ_s 而产生塑性变形及强烈的热效应,使接触部分呈现类似流体的行为,有利于两板材之间形成冶金结合。从整个爆炸焊接过程可以看

出,复板在此过程中发生了较大的塑性变形,在复板边界处拉伸明显,且边界金属出现脱落,这与爆炸焊接实际相吻合,说明通过数值模拟可以再现爆炸焊接过程。

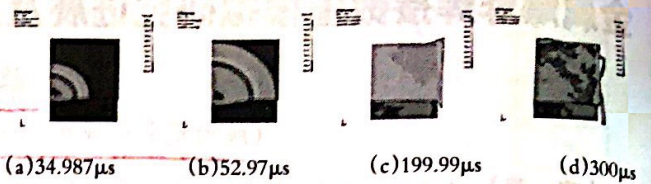


图 3 爆炸焊接过程不同时间等效应力场

(2) 复板 Z 方向位移

图 4 为爆炸焊接后复板的 Z 向位移云图。选择不同半径处的四个特征点并输出其位移量,发现爆轰波传播过的复板的最大向下位移几乎都超过了初始设定的间隙值 1.1cm ,达到 1.2cm 左右,并在以后的焊接过程中趋于稳定状态,说明复板与基板之间接触面互相侵入,结合效果良好。观察爆轰结束后基板与复板的外观,除边界处金属脱落外,结合部分表面平整,无开裂或鼓包,说明爆炸焊接结合良好,也进一步说明了数值模拟的可靠性。

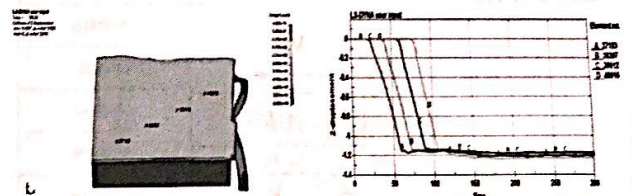


图 4 (a)所取特征点位置 (b)特征点位移时间历程

3 结论

综上所述,通过 ANSYS/LS-DYNA 有限元分析软件可以再现金属的爆炸焊接过程,能有效减少试验研究的复杂性及成本周期问题;同时,数值模拟不同时刻的应力云图显示模拟现象与实际相吻合,且钛层复板 Z 向位移量大于初始设定量,证明了爆炸焊接数值模拟具有一定的可靠性。

参考文献

- [1]李继红,蔡俊清,刘娟娟,等.爆炸参数对钛/钢复合板爆炸焊接质量影响的数值模拟[J].兵器材料科学与工程,2016,39(3):5-8.
- [2]缪广红,马雷鸣,吴建强,等.基复板间距对爆炸焊接质量影响的数值模拟[J].爆破,2020,37(2):106-114.
- [3]曹杰,贾红新,武慧思,等.钛-铝薄板爆炸焊接数值模拟[J].火工品,2020(3):53-56.

