

第2届苏联材料爆炸加工会议

邵丙璜 白以龙

由苏联科学院西伯利亚总分院流体动力学研究所、脉冲流体动力学特殊结构设计室、乌克兰科学院巴顿焊接研究所、苏联科学院化学物理研究所、苏联国家科学技术委员会以及苏联理论与应用力学国家委员会等六个单位联合举办的第2届苏联材料爆炸加工会议于1981年9月8—10日在新西伯利亚科学城举行。中、美、西德、英、日、印度、南斯拉夫、保、捷、波、东德等13个国家约50名外国代表应邀参加了这次会议。

会议期间共发表学术报告78篇，其中52篇在大会上宣读，26篇用板报形式(Poster Papers)张贴。报告内容分为五个方面，即1.工业炸药的爆轰。2.冲击波对金属结构和性质的影响。3.冲击波对粉末物质物理-化学性能的影响。4.金属的爆炸焊接与切割。5.材料爆炸加工的装备。78篇报告中，苏联有56篇(宣读30篇，张贴26篇)，东欧各国共8篇，美国5篇，中国3篇，西德2篇，日本和瑞典各1篇。大多数报告既有理论模型，也有强烈的实际意义。因此苏联工业部门、技术系统也有不少代表参加。这次会议和1975年第5届国际高能成形会议相比较，无论在基础理论研究或者生产应用方面都有相当大的进展，这是一个十分可喜的现象。

除会议上的学术活动外，中国代表还参观了苏联科学院西伯利亚总分院的流体动力学研究所和脉冲流体动力学特殊结构设计室的两个实验室，并同这两个单位业务负责人

基托夫通讯院士和捷姆钦柯博士等就学术问题和科学管理工作进行了三次座谈。

这次会议所宣读的报告中，有不少是具有重大实用价值的，例如：

1. 关于非晶态金属的爆炸复合问题
玻璃态金属由于它的特殊性能，是近年来国外研究的一个热门课题。会上，西德Fraunhofer材料力学研究所的R. Prümmer教授作了非晶态的Inconel(即Ni80%，Cr14%，Fe6%的耐热合金)与铝板的爆炸复合的报告。非晶态金属的爆炸焊接代表了一个新的爆炸复合方向。

2. 用爆炸方法消除焊接构件的内应力
目前国内外消除大容器焊缝的残余应力，通常采用热处理的方法，工艺上很不方便，因此这一报告在会议上引起了与会者的极大兴趣，这是焊接技术上引人注目的科研成果之一。众所周知，焊接构件在焊缝区产生拉应力，在近缝区产生压应力。内应力的存在极易引起焊接接头内产生裂缝。乌克兰科学院巴顿焊接所的В. Г. Петушков和南斯拉夫焊接研究所的Б. Беатовит分别作了用爆炸加载方法消除金属结构件焊缝内应力的理论与实践的报告。其原理是利用爆炸冲击波在焊接区产生压应力(达到屈服限)来抵消焊缝拉应力，实现应力重新分布和应力的减弱。其工艺技术非常简便，在焊缝上布置正弦曲线形状的导爆索的走向，通过合理设计和计算，一般可消除80—90%的残余应力。南斯拉夫的作者应用这种方法已经处理

了150公里长的焊缝和20,000个焊接区。此研究成果在我国无疑也有广泛应用的前景。

3. 高温下(1100℃)脆性材料(如硬质合金)和碳钢的爆炸焊接 苏联底比利斯冶金研究所的Ф.Н. Тавадзе研究了高温下预热的硬质合金与碳钢爆炸焊接的结合区的组织结构,试验结果表明:结合区的维氏硬度值 H_V 仍低于WC-Co硬质合金,但比碳钢的要高,而其强度则比硬质合金还要高。迄今为止,国内外的爆炸复合都在常温下进行。能在高温条件下安全进行爆炸复合,这就进一步扩展了爆炸焊接的应用范围。

4. 纤维增强复合材料的爆炸焊接 苏联科学院流体动力学研究所的И.В. Яковлев等人研究了以钼、钨丝为增强纤维的复合材料的爆炸焊接有关机理和复合条件。介绍了关于纤维的准备以及为了得到良好的结合所需要的碰撞参数。找到了最佳的复合材料所需要的增强纤维的含量。纤维增强的复合材料(例如铝板)作为飞行器的蒙皮或外壳的材料,具有较高的强度。

5. 爆炸焊接和进一步辗压结合 苏联明斯克综合技术研究所В.И. Белеяев等人以及阿尔泰机械制造工艺所的Ю.А. Конон等人研究了辗轧对爆炸复合结合区的影响。研究表明:辗轧后的结合区的强度和结合面的稳定性都有了相当大的提高,而相应的结合区的缺陷和脆性相则通过辗轧被去除了。这对于扩大爆炸复合的应用,改进产品质量都有指导意义。

6. 金属和聚合物的爆炸结合 苏联伏尔加格勒综合技术研究所的А.И. Павлов等人研究了金属粉末和聚合物的爆炸压实,发现在击波载荷下,全部或大部分聚合物和金属粉末形成化学键结合的有趣现象,它的应用价值还待进一步研究。

7. 保加利亚的Н. Нанлева报道了应用正电子湮灭的技术研究ARMCO铁的爆炸

硬化,找到了最大的爆炸硬化硬度与最大湮灭参数之间的关系。

8. 苏联发展了一系列适合于各种用途的爆炸室,其设计思想不同于钢筋混凝土壳体结构,而是采用全金属结构钢壳体,因而结构紧凑,承受爆炸载荷能力强,据称其直径十米的爆炸室可爆炸100公斤的炸药。这种爆炸室由苏联科学院西伯利亚总分院所属脉冲流体动力学特殊结构设计室承担设计和制造。用于同目的的不同形状的爆炸室,整个操作液压传动,启闭方便。这种爆炸室,为铁路道岔的爆炸硬化进行流水线生产提供了可能性,也为气候寒冷不宜户外操作的广大苏联地区,提供了全天候工作的条件。这种设计思想对我们很有启发。

9. 苏联的乌发市石油及石油产品生产准备和运输联合研究所的А.Г. Гумеров报告了海底石油管道维修中使用了爆炸焊接,爆炸切割,爆炸开孔的技术以及研究了水下冲击波对周围结构和水生物的影响。特别对深水处的金属管道或结构物的切割、开孔和焊接,如能采用爆炸方法,有很大的优越性。

10. 磨损面的复合和硬化 易磨损面用电弧焊方法进行堆焊,容易发生基体变形和堆焊层裂。苏联采用爆炸复合方法在水轮机叶片上复合一层抗气蚀抗磨损的材料以提高叶片的寿命,并且建立了专门工厂从事生产。此外,利用高锰钢中奥氏体的不稳定性,借冲击波的能量促使部分奥氏体转变为马氏体,提高其抗磨损能力。苏联在西伯利亚地区建立了成批生产爆炸硬化铁路道岔的工厂。据称其年产量占全苏联的1/2,耐磨寿命提高了2—3倍。矿山电铲牙齿已用冲击波进行强化处理。

关于基础理论和机理工作的研究方面,苏联科学院也给予了相当大的重视。在这次会上他们邀请的五个美国报告中四个属于基础理论研究,瑞典的一个报告和西德的一个

报告也都属于这种性质。

关于爆炸复合机理的研究

1. 苏联科学院化学物理研究所的 Ю. А. Гордополов 用流体的 Helmholtz 失稳理论计算了波状界面的波纹长度。Гордополов 是苏联从事炸爆复合机理研究的主要作者之一。1978年他曾经发表过金属表面张力对界面波波形状的影响的报告。

2. 苏联化学物理研究所的 А. Н. Михайлов 等人研究了在爆炸焊接中,波状界面形成的特征时间。确定了波的形成、发展和时间的依赖关系,指出当碰撞时间为 0.1 微秒时,其波形成和冻结时间为 0.6—0.7 微秒,相当于 4—6 个波长。

3. 苏联流体力学研究所的 М. П. Бондорь 研究了金属板材碰撞和加速过程,特别研究了爆炸复合过程中两板之间压缩空气的高温对复板表面的影响。

4. 西德材料力学研究所的 M. Mammerschmidt 报告了爆炸焊接中绝热剪切的规律,把热塑不稳定性概念引用到了爆炸复合的机理研究中。

迄今我们看到在苏联主要采用理想不可压缩流体模型来描述爆炸复合的机理,而西德已开始用流体-塑性进行新的考虑了。

关于爆炸载荷作用下材料性质的研究

关于材料性质问题的研究,会上也给予了相当大的重视,一共发表了 27 篇报告。

大致有两种类型,即一类从金相热处理角度出发研究奥氏体、铁素体和马氏体钢在爆炸冲击载荷作用下的力学性质,以及残余硬度和材料密度、缺陷分布、晶粒大小的相互关系。另一类报告则从动态断裂机理,本构关系等方面,对材料的性质进行研究。苏联的报告侧重前者,而美国的报告则侧重于后者。例如苏联的 А. А. Дерibas 教授介绍他们采用各种方法来研究冲击载荷作用下以及金相热处理以后金属的力学性质及其结构。建立了用击波和热处理联合作用来提高钢强度的方法。会上美国洛伦兹试验室的 M. L. Wikins, Stanford 研究所的 D. R. Curran 和 D. A. Snockey 以及弹道实验室的 G. L. Moss 的报告则属于后者。他们在爆炸的流体-弹塑性模型的数值计算和应力波引起的材料破坏的领域中,在国防上处于领先地位。他们的报告引起与会者的很大兴趣。

关于炸药工作方面

值得一提的是瑞典爆轰研究所的 G. Bjarnholt 用各种状态方程 (Virial 方程, BKW 方程, JLD 方程, JCZS 方程) 预报 ANFO 炸药的 C-J 状态和等熵膨胀的过程,并与实验进行了对比,发现用 JCZS 方程精度最高,而 Virial 方程误差最大。ANFO 炸药是近年来在爆炸复合中得到广泛应用的低爆速炸药,因此, Bjarnholt 的工作很有现实意义。

《力学学报》编辑部出售存书启事

中国力学学会《力学学报》编辑部现有以下书刊出售 (备有少量,售完为止):

《力学学报特刊》每册 2.00 元;《1980 年全国计算力学会议文集》每册 2.50 元;

《第三届全国断裂力学学术会议论文摘要汇编》每套 (上、中、下) 6.00 元;《第二

届全国爆炸力学学术会议论文汇编》每套 (上、中、下) 6.00 元。

需购者请通过邮局或银行汇款,银行账号为:北京海淀区办事处 8901-379。

本编辑部地址:北京中关村中国科学院力学所内。
