

复杂,仅考虑切削参数和刀具因素一般难以达到稳定控制加工表面残余应力的目的。采用爆炸法消除残余应力技术,以提高零部件的承载能力和疲劳强度,达到长寿命的设计要求。

国内外学者对爆炸法消除焊接构件残余应力的机理也进行了一些探讨。宏观的观点认为爆炸法主要是利用冲击压应力与残余应力叠加,使局部产生塑性变形而释放残余应力。微观上看,则认为爆炸处理引起了晶体的位错、层错和孪晶大量增殖,导致材料性能发生改变。处理过程不会损害金属的常规机械性能,而且对韧性还稍有改善。总的说来,关于爆炸法消除残余应力的机理的研究工作仍处于定性阶段,尚未发现对爆炸消除冷辗扩残余应力的全过程进行数值模拟以及试验验证性的研究报告。利用有限元法对消除冷辗扩过程环件及模具的残余应力的全过程进行数值模拟,并对传统的爆炸工艺进行改进,提出一种在一次爆炸过程中多次利用冲击载荷的新工艺,并与爆炸方法处理残余拉应力的试验进行定量比较,以期对此方法降低残余拉应力得出进一步的规律。为提高冷辗扩技术水平,提高相关产品及模具的疲劳强度提供理论和技术支撑。

壁湍流相干结构的时间空间测量

夏振炎 田砚 常跃峰 姜楠

(天津大学力学系,天津 300072)

摘要: 湍流广泛存在于自然界和工程实际中,是流体力学研究中至今尚未解决的难题。壁湍流是典型的剪切湍流,近壁区流场中的相干结构其发生、发展机理仍未搞清楚。从实验角度看,PIV技术作为新的无接触测量手段,能提供空间流场信息,较热线和热膜的单点接触测量更具优势,已经在射流、尾流和湍流研究中得以应用,但是对于壁湍流相干结构的实验研究到目前还比较少,尤其是在高时间分辨的壁湍流相干结构的时空测量方面。本文采用基于高帧率的Tr-PIV测量技术,对水槽中水平放置的平板形成的壁湍流流场,进行时间和空间的测量和分析。采用1.5W半导体激光器自顶向下垂直照射水槽,形成1ms厚的激光片光并与流场流动方向平行,高速相机水平放置,与激光片光平面垂直,连续拍摄片光范围内的布有示踪粒子的流场。利用MicroVec商用PIV软件对实验图像进行分析处理,该软件使用了变形窗口等先进算法,提高了测量精度。经过对流场的分析,得到了壁湍流相干结构的时空分布和随时间演化的历程,发现近壁区广泛存在的顺时针展向涡,是引起近壁湍流产生的重要结构,在远离壁面的流场中展向涡以逆时针旋转为主。通过对壁湍流相干结构发生机理的研究,表明利用高速相机开展对壁湍流的时空演化测量和分析是一种有效的研究手段。

关键词: 壁湍流; 相干结构; 高帧率粒子图像测速; 时空演化; 展向涡

电磁式纳米压入仪的载荷精度研究

郇勇¹ 刘东旭² 杨荣¹ 张泰华¹

(1.中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室,北京 100190; 2.美国加州大学-尔湾分校,加利福尼亚 92697,美国)

摘要: 纳米压入仪(Nanoindenter)已成为纳米/微米力学测试的基本工具之一,广泛应用于纳米材料、薄膜、MEMS 微结构的力学性能测试。目前商业化仪器有 MTS Nano Indenter(incorporated into Agilent in 2008), Hysitron TriboIndenter, CSM Nano Hardness Tester, MML NanoTest, and CSIRO UMIS, 其中原 MTS Nano Indenter、CSM Nano Hardness Tester 和 MML NanoTest 都采用电磁驱动兼载荷计量的原理设计。这类仪器主要优点之一是载荷分辨力高,可以达到 50nN 甚至更小。然而仪器制造商从未明确给出此类仪器的载荷精度。目前对纳米压痕测试技术的研究也主要集中在压头形状、试样表面粗糙度、毛细力等因素对压痕测试结果的影响,尚未见针对仪器载荷精度的研究报告。国际标准 ISO 14577-2:2002 虽对仪器施加的试验力的允差进行了规定,但由于电磁式纳米压入仪的结构响应和试样力学行为耦合在一起,试样上的载荷并不完全等同于通过电磁转换原理计量的试验力,因此实际测试时试样上的载荷精度仍是未知。

基于上述问题,本文以 MTS Nano Indenter XP 为例,研究发现了影响电磁式纳米压入仪载荷精度的两个重要因素。其一,磁场的均匀性。在实验位移范围内磁场必须是均匀的,这是电磁计量载荷的理论基础。校准实验结果显示,Nano Indenter XP 在 0.45mm 位移行程内的非均匀性为 0.24%。即,在 0.45mm 位移行程内磁场均匀性给载荷计量带来约 0.24%的误差。该部分误差严重依赖于实际测试时的位移行程和线圈在磁场中的位置,其大小随着测试载荷的增大而增大。典型的压痕测试载荷一般都大于 10^0mN ,因此这部分误差将不小于 $10^0\mu\text{N}$ 。其二,悬浮弹簧的刚度。校准结果显示,在 $\pm 0.85\text{mm}$ 的位移行程内悬浮弹簧刚度为 $91.96\text{N/m} \pm 7\%$ 。该部分误差实际大小依赖于测试时的位移行程以及这段位移内悬浮弹簧的线性度。以典型的熔融石英纳米压痕测试结果为例,在 1200nm 的压痕深度内,悬浮弹簧非线性引起的载荷误差在 $10^0\mu\text{N}$ 量级。综合以上两方面因素,可以推断 MTS Nano Indenter XP 实际测试时的载荷精度应在 $10^0\mu\text{N}$ 量级。

需要特别指出的是,以上两方面误差的大小严重依赖于测试时的位移行程和线圈所处的位置,而这两方面因素在不同实验中变化很大。例如压痕测试位移行程一般在 $10^0\mu\text{m}$ 以内,最大载荷约 10^2mN ,而 MEMS 微悬臂梁弯曲测试位移可以达到 $10^1\mu\text{m}$,最大载荷却在 10^0mN 以内,因此无法对纳米压入仪实际使用时的载荷精度进行确切的检定。这很可能是这类仪器的说明手册上无法给出载荷精度的一个重要原因。

关键词: 纳米压入仪; 载荷; 精度; 测量; 误差

超高速碰撞实验技术

张庆明 黄风雷 龙仁荣 翟喆

(北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室, 北京 100081)

摘要: 本文论述了超高速碰撞的主要问题及应用背景。介绍了超高速碰撞的加速实验方法,总结了超高速碰撞物理参量的测试方法,重点分析了超高速碰撞产生碎片与有关参数的测试方法与技术,指出了存在的问题,探讨了超高速碰撞实验技术的发展趋势。

关键词: 超高速碰撞; 实验力学; 测试技术; 碎片云