

激光冲击强化诱导的冲击波压力特征研究

吴先前¹, 宋宏伟¹, 魏延鹏¹, 王曦¹, 黄晨光^{1,*}, 段祝平²

(1.中国科学院力学研究所水动力学与海洋工程重点实验室, 北京 100190;

2.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)

本文对约束层为玻璃的激光冲击强化过程中产生的冲击波压力特征及其在介质里的衰减规律进行了研究。首先采用实验室研制的自由表面速度测量系统对冲击强化过程中靶体背表面的冲击中心位置质点速度进行了测量, 得到了质点速度的时间波形。结果表明, 测量系统捕捉到了由于弹性先驱波扰动所致的质点速度, 为短时间尺度的冲击动力学实验提供了一种有力的测量手段。其次, 发展了用于计算冲击波压力的耦合分析模型。模型中考虑了约束层、吸收层及靶体材料的本构关系, 同时考虑各材料的厚度影响。另外, 将耦合分析模型计算得到的冲击波压力特征作为加载条件, 采用 LS-DYNA 程序对材料的动态响应过程进行了模拟。计算得到的靶体背表面冲击中心区域的质点速度与实验的测量结果相吻合, 验证了计算模型和计算方法的合理性。最后, 为了研究激光冲击强化过程中, 靶体材料内部冲击波的衰减规律, 计算了无限厚度靶体内的动态响应过程。计算表明, 在材料动态屈服极限前后, 冲击波压力和质点速度分为一个快速的线性衰减过程和一个较慢的线性衰减过程。对冲击波压力和质点速度衰减曲线进行无量纲化, 并对曲线进行拟合。得到响应的衰减规律经验计算公式。

关键词: 激光冲击强化; 冲击波压力; 自由表面速度; 耦合分析模型