

几种功能材料在强激光诱导冲击作用下的 变形机理实验研究

王曦 吴先前 夏伟光 宋宏伟 魏延鹏 黄晨光

(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)

摘要: 激光诱导冲击作用 (Laser induced shock) 是利用高功率密度 ($>10^9 \text{ W/cm}^2$) 的激光束辐照材料或者涂层表面, 被辐照介质在瞬间转化为等离子体并不断吸收激光能量, 而等离子体的膨胀又受到约束层的限制从而向靶材内部输入短脉冲高强度的冲击波。对于常规金属材料, 这种冲击作用使得材料表层发生屈服并残留有很大的压应力, 同时形成密集、稳定的位错结构, 从而抑制疲劳或腐蚀裂纹的萌生与扩展, 能够显著提高材料的抗疲劳、抗腐蚀、抗磨损等表面机械性能, 这种表面改性技术被称为激光冲击强化 (Laser Shock Peening, LSP)。我们在实验室搭建了短脉冲强激光冲击实验平台 (激光能量~2.5J, 激光脉宽~10ns), 并发展了相应的冲击压力和质点速度的瞬时测试方法。利用这个实验平台, 我们开展了镍钛形状记忆合金、单晶硅及锆基非晶材料的激光冲击实验, 研究这几种功能材料在强激光诱导冲击作用下的变形机制。我们发现, 镍钛形状记忆合金在激光冲击作用后表面硬度提高了约 10%, 但其形状记忆效应和超弹性并没有明显改变。单晶硅在高温条件下的激光冲击作用下也能产生塑性变形, 从而在硅表层生成压缩残余应力。非晶表面在激光冲击作用下产生微米尺度的塑性变形特征, 与常规的剪切带不同。结合理论分析和数值模拟, 我们对这几种材料在强激光冲击作用下的变形机理进行了讨论。

关键词: 强激光 冲击 变形机理