

泡沫金属材料的若干力学性能的实验和理论研究

蒋迪¹⁾ 魏悦广

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

泡沫金属材料是一种轻质材料,有着致密金属和其他多孔材料不具有的优良特性。相对于致密金属,泡沫金属密度小,比表面积大,吸能性好,吸声性好(开孔),热导率低(闭孔),有良好的散热能力(开孔),渗透性好(开孔),电磁屏蔽性能好(开孔)。同时又克服了多孔陶瓷质脆且抗热震性差,以及多孔塑料强度低不耐火,耐高温的弱点。由于泡沫金属的这些优良特性,它在航空航天以及国防领域有着重要的应用。

本文对泡沫金属材料在理论和实验上进行了研究,主要有以下方面的工作。

(1)对闭孔性泡沫金属建立了构元模型,认为胞元周期性排布,并将胞元简化成圆柱。孔洞简化成椭球型和圆柱型两种。在简化孔洞的过程中引入能反映孔洞形状的系数 K ,采用增量形式的本构关系,得到应力应变关系的参数解形式,最后发现模型在高空隙率的情况下与泡沫金属符合比较好。

(2)对于开孔泡沫金属,采用 L. J. Gibson 和 M. F. Ashby 的正立方体模型,在分析过程中发现对于相对密度在高于大约 15%以后,棱柱在作为梁考虑时的弯曲变形和在作为柱考虑时的压缩变形是同一个量级,不可忽略。最后给出了泡沫铝弹性模量和屈服强度与相对密度的关系。

(3)对相对密度大约 35%的开孔泡沫铝做了单向拉压试验,考虑了试件不同的截面面积和不同的试件高度,得到了泡沫金属典型的拉压应力应变曲线。并考虑了卸载,进行了泡沫铝的加卸载试验,对加卸载模量进行了比较。实验中还考虑了加载速率的影响。

(4)对泡沫金属铝层合结构进行了三点弯曲试验,试验中考虑了不同的夹芯厚度和不同的跨距以及外伸长度,得到了泡沫金属层合梁三点弯曲下的 $P-\delta$ 曲线,观察到了不同的破坏模式。对不同参数的泡沫铝层合梁在不同破坏模式下的极限荷载理论值与极限荷载试验值进行了比较,并分析了偏差的原因。

亚微米铜压缩的力学行为

韩宇²⁾

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

在亚微米/纳米尺度,材料强度按照 Hall-Petch 关系随晶粒尺度的减小而增加,然而却伴随拉伸延性的降低,变形参数、如变形温度和应变速率等显著影响延性。本文用等通道弯曲变形 (ECAP) 的方法制备超细晶铜材料。对其进行(准)静态压缩和动态冲击压缩 (Split Hopkinson Pressure Bar) 实验,得出应变速率在 $10^{-4}\sim 10^4\text{ s}^{-1}$ 范围的应力/应变响应。同时利用光学显微镜、扫描电子显微镜、透射电子显微镜等进行相关的剪切带、滑移带和微观组织的观察。实验结果表明室温下晶粒尺度为 300~500 nm 的 ECAP 铜材料的压缩真实应力/应变响应曲线类似于理想弹塑性曲线。材料的屈服强度与晶粒尺度符合 Hall-Petch 关系。并且,随着材料压缩应变速率的提高,材料的屈服强度提高,提升最大幅值为 10%。通过相应的应变速率 jump 压缩实验,本文计算出材料相应的应变速率敏感系数,并与历史文献数据进行对比,得出室温下亚微米铜的应变速率敏感性为 0.01 量级。

¹⁾E-mail: johndi@sina.com

²⁾E-mail: hanyu@lnm.imech.ac.cn