

低碳钢压缩应力-应变曲线的讨论

曲淑英¹⁾ 吴江龙 袁苗苗

(烟台大学土木工程学院, 烟台 264005)

摘要 针对当前材料力学、工程力学教材中低碳钢受压极限强度无法测定的结论, 通过对低碳钢压缩 $F-\Delta l$ 曲线进行二次处理, 获得了低碳钢压至鼓状的真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线, 有利于学生对名义 $\sigma-\varepsilon$, 真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$, 极限应力概念的正确理解。

关键词 低碳钢, 压缩试验, $\sigma-\varepsilon$ 曲线, 极限应力

塑性材料压缩试验是材料力学实验教学中的基本试验, 通常以 Q235 钢为代表. 通过测定 Q235 钢的 $\sigma-\varepsilon$ 曲线, 定义材料的力学指标. 但低碳钢压缩实验过程中, 由于试件面积的不断增大, 实验中无法直接测到真实的应力-应变曲线^[1~4], 因此目前高校教材及材料力学实验指导书中只给出低碳钢的名义 $\sigma-\varepsilon$ 曲线, 在教学中学生很难理解. 作者利用烟台大学土木工程学院力学实验室自主研制的 YDD-1 型多功能材料力学试验机的测试分析系统, 通过实时检测, 得到了低碳钢压缩的真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线, 有利于学生对名义 $\sigma-\varepsilon$, 真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$, 极限应力概念的正确理解。

1 试验原理

低碳钢压缩实验过程中, 试件所承受的荷载 F 及试件高度的变化 Δl 是可以实时测定的. 常温下低碳钢压缩过程中, 体积的变化可忽略不计. 原始高度 l_0 的试件, 通过用位移传感器可测定轴向高度的变化 Δl , 由此得到试件变化的横截面积

$$A = \frac{V}{l_0 + \Delta l} \quad (1)$$

试件的名义应力、应变分别为

$$\sigma = \frac{F}{A_0}, \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

在荷载 F 的作用下, 产生 Δl 变形后的真实应力为

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{F \times (l_0 + \Delta l)}{A_0 l_0} \quad (3)$$

真实应变为

$$\varepsilon_t = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln(1 + \varepsilon) \quad (4)$$

式 (2) 表明, 由于试件的横截面积是随着力的增大而增大, 试件的名义应力并不能反映试件真实的应力情况, 由式 (3) 通过数据采集系统记录试件所受的力 F 及对应的高度变化 Δl , 可得到 $F-\Delta l$ 曲线, 进一步分析, 得到真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线。

2 试验试件

试件尺寸: 直径 12 mm, 高 20 mm. 为便于说明问题,

2007-02-02 收到第 1 稿, 2007-08-09 收到修改稿。

1) E-mail: qsy-qu@263.com

采用 Q235 钢和低合金高强钢两类试件。

3 试验装置

烟台大学土木工程学院力学实验室自主研制的 YDD-1 型多功能材料力学试验机, 试验机自带的 8 通道数据采集分析系统可将所得的数据实时保存. 测量时将测量方式设置成拉压方式, 测试频率为 20~100 Hz. 通过选择油缸活塞杆的运动方向控制油缸活塞杆上行或下行, 调整进油手轮开口大小控制加载速度. 荷载由试验机本身的测力传感器测得, 试件变形由油缸活塞杆的位移传感器测得, 数据采集分析系统实时记录试验中所测得的轴向压力 F 及试件高度变化 Δl (见图 1, 图 2)。

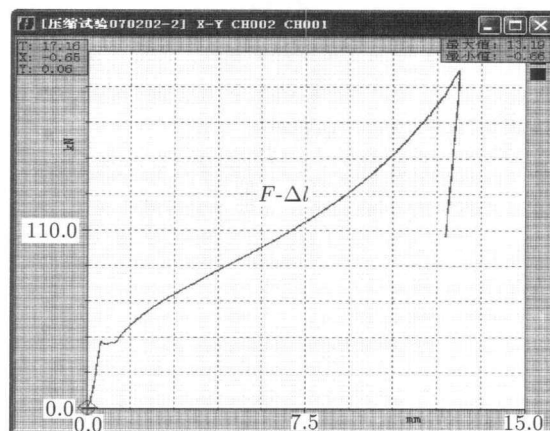


图 1 低碳钢压缩 $F-\Delta l$ 曲线

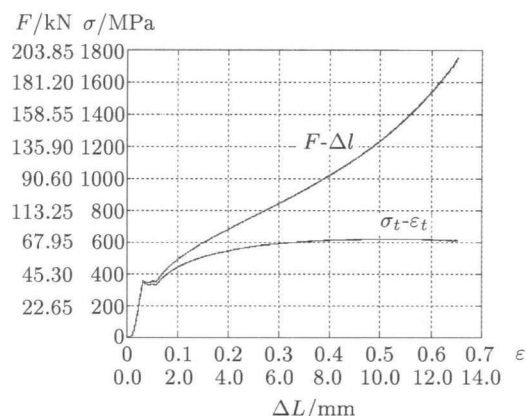


图 2 低碳钢压缩 $F-\Delta l$ 与真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线

4 实验数据分析

(1) 图形分析：从图 1 低碳钢压缩 $F-\Delta l$ 曲线上可以明显地找到屈服荷载，但当超过屈服点以后，随试件变形的增大，试件的承载力持续上升，从曲线上无法得到实时的应力。

(2) 数据处理：将测得的数据进行处理，得到图 2, 图 3 低碳钢压缩真实和名义 $\sigma-\varepsilon$ 曲线。图 4 低碳钢拉伸名义与真实应力应变曲线比较，图 5, 图 6 为低碳钢压缩与拉伸名义、真实应力应变曲线比较。为方便对比，将数据在曲线弹性阶段重合，图 2 两曲线采用不同的纵坐标，纵坐标左侧为压力值，右侧为截面应力值。

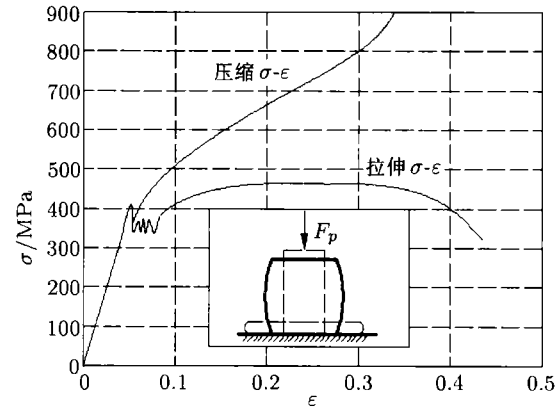


图 5 低碳钢压缩与拉伸 $\sigma-\varepsilon$ 曲线

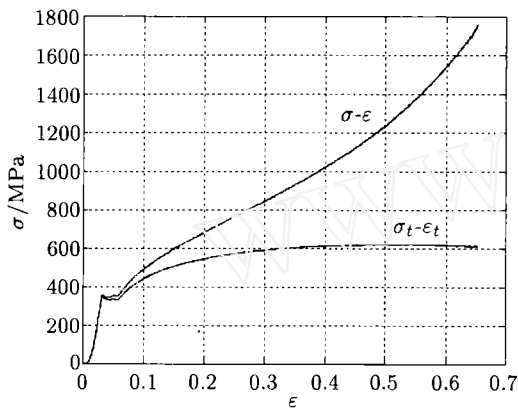


图 3 低碳钢压缩名义 $\sigma-\varepsilon$ 与真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线

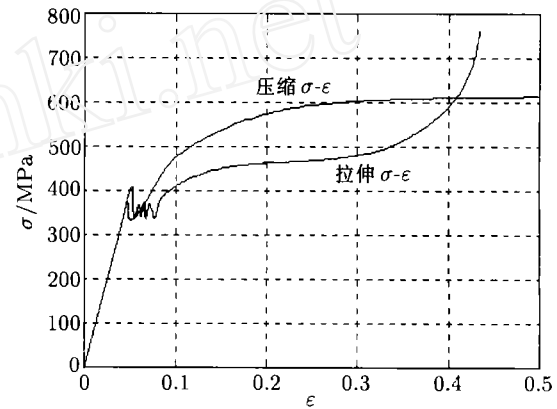


图 6 低碳钢压缩与拉伸真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线

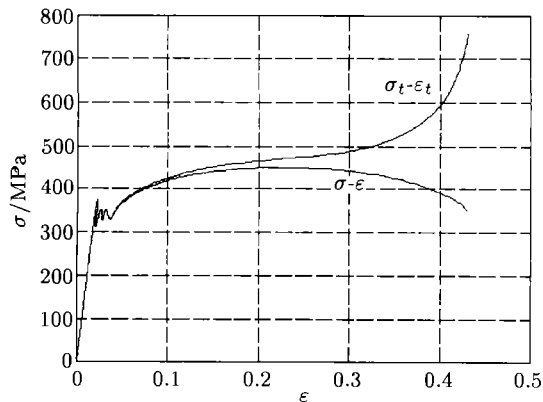


图 4 低碳钢拉伸名义 $\sigma-\varepsilon$ 与真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线

5 讨论

(1) 由图 1, 图 2 可看出：屈服点以前 3 曲线相似，屈服点过后，真实 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线有明显的强化阶段，类似于图 4, 图 5, 当试件的应力增大到一定程度后，荷载继续增加但应力不再增加，稳定在 600 MPa 左右。由此可获得塑性材料的 $\sigma-\varepsilon$ 和 $\sigma_t-\varepsilon_t$ 曲线，加深学生对概念的正确理解。

参 考 文 献

- 1 孙训方, 方孝淑, 关来泰. 材料力学. 北京: 高等教育出版社, 2002
- 2 顾志荣, 吴永生. 材料力学. 上海: 同济大学出版社, 2000
- 3 胡性侃, 张平之. 工程力学. 北京: 高等教育出版社, 2000
- 4 张如三, 王天明. 材料力学. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005

(上接第 68 页)

对于涡轮进口处也可类似推导，此处不再赘述。

2 结 论

本文在补充了恰当的关系式后，对叶轮机械中绝对坐标系下径向运动方程与相对坐标系下径向运动方程相互推导的问题进行了讨论，给出了相应的推导过程，澄清了一些关于该问题的解释。

参 考 文 献

- 1 翁史烈主编. 燃气轮机与蒸汽轮机. 上海: 上海交通大学出版社, 1996
- 2 李梅林. 燃气轮机. 武汉: 华中工学院出版社, 1982
- 3 翁史烈. 燃气轮机. 北京: 机械工业出版社, 1989