

单向拉伸实验计算机控制研究

刘锋利* 李西宁 王仲奇

(桂林航天工业高等专科学校 广西桂林 541004)

摘 要 单向拉伸实验是测定材料机械性能指标的基本方法。论文论述了单向拉伸实验系统的改造,将单片机控制改用先进的计算机控制;研究了一般材料拉伸过程的应力应变曲线特点,建立了计算机控制的模型和算法,并对系统进行了开发。最后通过 A3 钢的拉伸实验,对系统的可靠性进行了验证。

关键词 单向拉伸;实验;计算机控制

中图分类号: TP273+.5

单向拉伸实验用于测试金属材料的机械性能,实验内容包括:确定材料在 0° 、 45° 及 90° 方向上的平均抗拉强度 σ_b 、屈服强度 σ_s 、硬化指数 n 及各向异性指数 γ ;确定材料应力—应变关系曲线;确定所测定的材料性能指标在板材平面内的最小值及其方位。其目的是通过金属板料单向拉伸实验获取该材料的机械性能指标和评判材料塑性成形的参数指标(屈服强度 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、弹性模量 E 、硬化指数 n 、均匀延伸率 ϵ_u 、厚向异性指数或塑性应变比 γ 等),从而分析金属板料在不同的变形条件和变形方式下的塑性变形性能。由于原先的实验过程由单片机进行控制,实验结果数据通过纸带输出,学生再根据大量的实验数据徒手绘出单向拉伸曲线,而后再进行分析得到所要的材料机械性能参数。在计算机技术迅速发展并获得广泛、成功应用的当今时代,这种实验设备和手段显然是落后了,利用计算机技术对实验系统进行改造势在必行。

1 控制系统结构

如图 1 所示,实验系统由计算机、PCL-813 数据采集卡、多功能信号放大仪等组成。其中横向位移传感器、纵向位移传感器安装在拉伸试件合适位置上,分别测量在拉伸过程中试件宽度方向、长度方向的位移,力传感器安装在 LJ-5000 型机械式拉伸实验机上,进行实验过程中拉伸力的测量。多功能信号放大仪是将传感器传入的模拟信号进行硬件滤波并将模拟信号放大为 $-5V \sim +5V$ 之间的电

压信号,PCL-813 数据采集卡是 32 通道单端隔离 A/D 卡,通过 PC 总线将转换后的数字信号送入计算机进行处理。

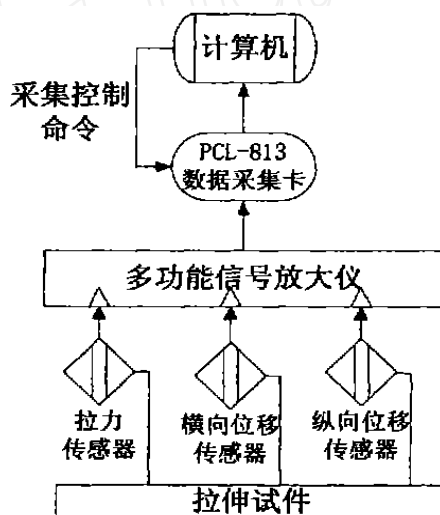


图 1 系统结构

2 控制模型及算法

2.1 控制模型

如图 2 所示,根据材料单向拉伸的应力应变关系特点,将单向拉伸实验过程分为三个阶段:弹性阶段、屈服阶段和塑性阶段,并按此进行控制。由于某些材料没有明显的屈服极限 σ_s ,为了简化期间,统一用当应变 $\epsilon = 0.2\%$ 时的应力来表示材料屈服极限 σ_s 。

图中,CB 段为弹性段,BA 段为屈服段,A 点以后是塑性段。设 BC 段的斜率为 k ,则 BC 段方程可

* 刘锋利(1974—),男,陕西人,桂林航天工业高等专科学校教师,硕士。

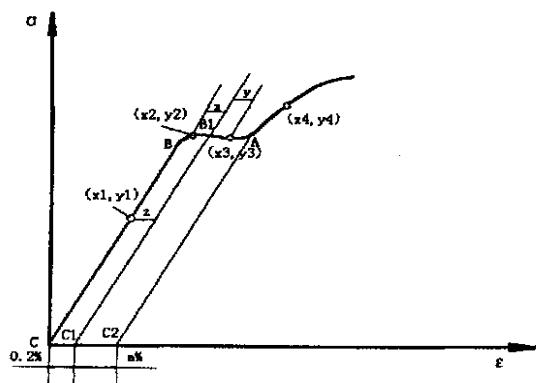


图 2 材料拉伸应力应变曲线

写为

$$\sigma = k\varepsilon \quad (2-1)$$

C1B1 段直线方程记为

$$\sigma = k(\varepsilon + 0.002) \quad (2-2)$$

对于 BC 直线段上的一点 (x_1, y_1) , 当 y_1 相等 (即应力相等)

时, 由方程 (2-2) 求得对应的 ε 值为 x_1' , 且有

$$x_1' - x_1 = 0.002 \quad (2-3)$$

即

$$z = 0.002$$

成立。

同样, 对于 BA 段上的一点 (x_2, y_2) , 当 y_2 相等时, 由方程 (2-2) 求得对应的 ε 值为 x_2 , 且有

$$x_2' - x_2 \leq 0.002 \quad (2-4)$$

即

$$x \leq 0.002$$

成立。

点 (x_3, y_3) 为应变大于 0.2 % 的点, 当 y_3 相等时, 由方程 (2-2) 得对应的 ε 值为 x_3' , 这时有

$$x_3' - x_3 < 0 \quad (2-5)$$

成立。

即有

$$y < 0$$

直线 C_2A 的方程为

$$\sigma = k(\varepsilon + 0.002 + a/100) \quad (2-6)$$

当 σ 相同时, 由方程 (2-2), 方程 (2-6) 解得对应的 ε 值分别为 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$, 且

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = - (a/100) \quad (2-7)$$

综上所述, 得到材料进入屈服阶段的条件是:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 < 0.002 \quad (2-8)$$

显然, 离开屈服阶段的条件是:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 < - (a/100) \quad (2-9)$$

这里的 a 的大小通过实验确定, 在本系统里

$$a/100 = 0.015$$

试件断裂时, 试件上所加载荷会突然变为零, 可以利用这一特征来判断试件是否断裂。但是, 一般在实验前常对试件预加一定的载荷, 这样断裂时的力值, 会小于零。由此, 判断断裂的条件为当拉伸力 P 满足:

$$P \leq 0 \quad (2-10)$$

时。

这样就得到进入屈服段、离开屈服段和断裂的条件, 从而可以对这三个阶段分别进行数据采集和控制。

2.2 算法

根据上述分析, 对各阶段进行巡回采集, 在本实验系统中, 确定其时间间隔为:

弹性阶段: 500 毫秒, 对应时间信号 1;

屈服阶段: 55 毫秒, 对应时间信号 2;

塑性阶段: 200 毫秒, 对应时间信号 3;

各实验数据的计算方法如下:

实际应力 $\sigma_{实} = P/F$

瞬时面积 $F = l_0 b_0 t_0 / (l_0 + \Delta l)$

条件应力 $\sigma_{条} = P / t_0 b_0$

实际应变 $\varepsilon_{实} = \ln(1 + \Delta l / l_0)$

条件应变 $\varepsilon_{条} = \Delta l / l_0$

横向应变 $\varepsilon_b = \Delta b / b_0$

弹性模量 $E = \Delta \sigma / \Delta \varepsilon$

厚向异性指数 $Y = (l_0 (b_p - b_0)) / ((l_0 - l_0) b_0 - l_0 (b_p - b_0))$

硬化指数 $n = \ln(l_p / l_0)$

其中, l_0, b_0, t_0 分别为拉伸试件的初始长、宽、厚度值; $\Delta l, \Delta b$ 为其对应的增量值, $\Delta \sigma, \Delta \varepsilon$ 分别为应力、应变增量, b_p 为试件断口的宽度, l_p 为试件断裂后的长度。

算法流程如图 3 所示。

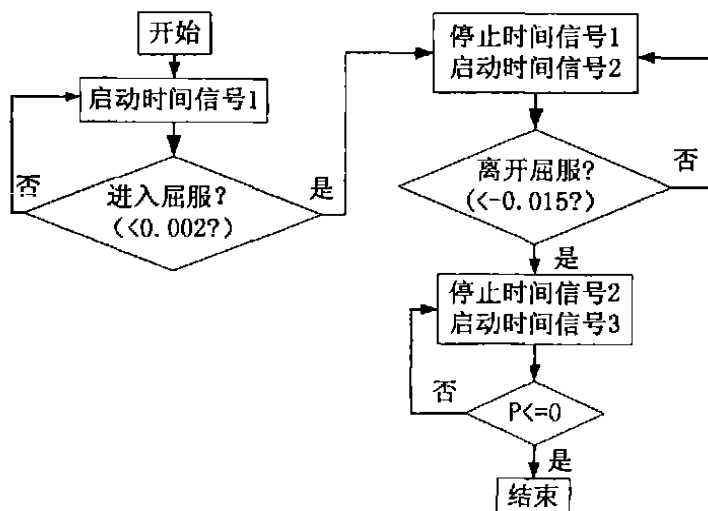


图 3 控制流程图

3 应用实例

利用这套实验系统,对 A3 钢(Q235 A(GB 700-88))的进行单向拉伸实验,得到的 A3 钢材料性能数据为:

$\epsilon_j = 0.211$ (细颈应变)

$\gamma_j = 0.301$

$n = 0.211$

$E = 184 \text{ GPa}$

$\sigma_b = 399.9 \text{ MPa}$

$\sigma_a = 253.4 \text{ MPa}$

根据 GB700-88,在钢材厚度 $\leq 16 \text{ mm}$ 时,对 A3

钢的单向拉伸实验,有

$\sigma_b = 375 \sim 500 \text{ MPa}$

$\sigma_s = 235 \text{ MPa}$

可见,该系统实验结果是可靠的。

4 结束语

单向拉伸实验数据采集与处理系统的研究开发,不仅提高了实验精度,而且利用计算机可以进行数据的实时处理和曲线的实时绘制显示,利用计算机的存储功能,实现历史数据的再现,从而实现了原有系统所不可能具有的功能,大大增强了实验效果。

参考文献

- [1] 潘新民,王燕芳 微型计算机控制技术[M] 北京:高等教育出版社,2001
- [2] 雷霖 微机自动检测[M] 西安:电子科技大学出版社,1999
- [3] 朱家义 Visual C++ 程序设计[M] 北京:机械工业出版社,2003
- [4] 俞汉青,陈金德 金属塑性成型原理[M] 北京:机械工业出版社,1999
- [5] 贾沛泰,海一峰,宋崧 国内外常用金属材料手册[M] 南京:江苏科学技术出版社,1999

(责任编辑 李卫华)