

实验一 金属材料的力学性能实验

一、实验目的

1. 了解电子万能试验机和冲击试验机的使用方法。
2. 掌握低碳钢和不锈钢的拉伸试验方法。
3. 掌握低碳钢和灰铸铁的冲击试验方法。
4. 测定金属材料的抗拉强度、断后伸长率和冲击吸收功。

二、实验原理

1. 拉伸力—伸长曲线和应力—应变曲线

拉伸力—伸长曲线是拉伸试验中记录的力对伸长的关系曲线。曲线的纵坐标为力 F ，横坐标是绝对伸长 ΔL 。退火低碳钢在拉伸力作用下的变形过程可分为弹性变形、塑性变形和断裂三个阶段。正火、退火、调质的各种碳素结构钢和一般合金结构钢，也都具有类似的拉伸力—伸长曲线，只是力的大小和变形量不同而已。

将拉伸力—伸长曲线的纵、横坐标分别用拉伸试样的原始截面积 A_0 和原始标距长度 L_0 去除，则得到应力—应变曲线。因均系以一常数相除，故曲线形状不变。这样的曲线称为工程应力—应变曲线。根据该曲线便可建立金属材料在静拉伸条件下的力学性能指标。

2. 抗拉强度和断后伸长率

强度和塑性是金属材料重要的使用性能指标，可以通过拉伸试验确定。

强度是金属材料抵抗断裂的能力。屈服现象是金属材料开始塑性变形的标志，屈服强度表征了材料对微量塑性变形的抗力，用屈服点 σ_s 或下屈服点 σ_{sl} 表示。如果金属材料在拉伸试验时看不到明显的屈服现象，则用规定微量塑性伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 表征材料对微量塑性变形的抗力。抗拉强度是试样拉断过程中最大试验力所对应的应力，其值 σ_b 等于最大力 F_b 除以试样原始横截面积 A_0 。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

塑性是金属材料断裂前发生塑性变形的能力。金属材料常用的塑性指标为断后伸长率和断面收缩率。断后伸长率是试样拉断后标距的伸长与原始标距的百分比，用符号 δ 表示。断面收缩率是试样拉断后，缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比，用符号 ψ 表示。

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

3. 冲击吸收功

为了显示加载速率和缺口效应对金属材料韧性的影响，需要进行缺口试样冲击弯曲试验，测定材料的冲击韧性。冲击韧性是指材料在冲击载荷作用下吸收塑性变形功和断裂功的能力，常用标准试样的冲击吸收功 A_k 表示。

冲击试验是在摆锤式冲击试验机上进行的。将试样水平放在试验机支座上，缺口位于冲击相背方向。然后将具有一定质量 m 的摆锤举至一定高度 H_1 ，使其获得一定位能 mgH_1 。释放摆锤冲断试样，摆锤的剩余能量为 mgH_2 ，则摆锤冲断试样失去的位能为 $mgH_1 - mgH_2$ ，此即为试样变形和断裂所消耗的功，称为冲击吸收功，以 A_k 表示，单位为 J。

冲击弯曲试验标准试样是 U 型缺口或 V 型缺口，分别称为夏比 U 型缺口试样和夏比 V 型缺口试样。用不同缺口试样测得的冲击吸收功分别记为 A_{kU} 和 A_{kV} 。测量球铁或工具钢等脆性材料的冲击吸收功，常采用无缺口冲击试样。

三、实验仪器设备及流程

1. WDW3100 微控电子万能试验机。
2. JB-300B 冲击试验机。
3. 游标卡尺。
4. 材料：低碳钢、不锈钢、灰铸铁。

电子万能试验机流程：连接电缆线—打开空气开关—打开钥匙开关—打开电脑显示器—打开电脑主机开关—运行试验程序。

四、实验操作步骤

1. 拉伸试验

拉伸试验参考国家标准(GB/T228-2002 金属材料 室温拉伸试验方法)进行，试样按照此

标准规定的形状尺寸经切削加工制成。选择低碳钢和不锈钢两种拉伸试样。操作步骤如下：

- (1) 用游标卡尺测量试样的直径 D_0 (或宽度 b 和厚度 h)和原始标距 L_0 。
- (2) 安装试样。
- (3) 开始拉伸后观察试样形状尺寸的变化。
- (4) 注意观察出现屈服现象时的拉伸力—伸长曲线,记录出现屈服现象时的静拉伸力 F_s 。
- (5) 注意观察试样屈服后负荷的变化及材料强化现象。
- (6) 注意观察静拉伸力最大时出现的缩颈现象,记下最大拉伸力 F_b ,注意观察出现缩颈现象后负荷的回落。
- (7) 注意观察试样破断现象。
- (8) 分析试验机自动绘出的拉伸力—伸长曲线。
- (9) 取下拉断的试样,对接起来测出标距 L_1 。
- (10) 注意观察低碳钢试样与不锈钢试样拉伸过程的不同点及相同点。

2. 冲击试验

冲击试验参考国家标准(GB/T229-1994 金属夏比缺口 冲击试验方法)进行,试样按照此标准规定的形状尺寸经切削加工制成。选择低碳钢和灰铸铁两种冲击试样。操作步骤如下:

- (1) 选择冲击力。通常摆锤有几个高度位置供选择。对于容易冲断的金属材料,应选用较低的位置。
- (2) 安装试样。将试样安放在支架上,注意使V型缺口(或U型)的背面朝向摆锤的刃口。
- (3) 冲击。首先将手柄扳至“取摆”位置,使摆锤扬起到选择的高度,同时将指针拨至最大刻度位置;然后将手柄扳至“冲击”位置,使摆锤冲击试样。冲击后立即将手柄扳至“制动”位置,制止摆锤的摆动。
- (4) 读数。仪表上指针指示的数值是被测试样的冲击吸收功。

五、数据处理

分别记录计算低碳钢和不锈钢材料的屈服强度 σ_s 、抗拉强度 σ_b 和断后伸长率 δ ,低碳钢和灰铸铁材料的冲击吸收功 A_k 。

六、分析讨论题

1. 根据试样的拉伸力—伸长曲线，指出试样在拉伸过程中的变形性质及其性能变化规律。
2. 比较低碳钢试样与不锈钢试样的拉伸过程和拉伸力—伸长曲线，指出其主要区别。
3. 拉伸试验速率如何影响金属材料的强度。
4. 分析影响金属材料冲击韧性的主要因素。
5. 冲击吸收功能否真正反映材料的韧脆程度。

(执笔人：汤涛)