

综合性实验指导书

实验名称：扭转试验

实验项目性质：综合性

所涉及课程：材料力学

计划学时：2 学时

一、实验目的

1. 测定低碳钢的扭转屈服极限和强度极限。
2. 测定铸铁的扭转强度极限。
3. 观察低碳钢和铸铁的断口情况，并分析其原因。

二、实验内容

通过扭矩和转角的试验测量了解材料的扭转性能。

三、实验（设计）仪器设备和材料清单

1. K-500 型扭转机
2. 游标卡尺

四、实验原理

低碳钢圆截面试件扭转时，其尺寸和形式视试验机而定。在弹性范围内，扭矩 T 与扭转角 φ 为直线关系(图 1-1a)。

当扭矩超过比例极限扭矩 T_p 时，曲线变弯并逐渐趋于水平。在屈服阶段时，扭角增加而扭矩不增加，此时的扭矩即为屈服扭矩 T_s 。屈服后，圆截面上的剪应力，由边缘向中心将逐步升值到扭转屈服极限 τ_s (图 1-1b)，即截面材料处于全屈服状态，由此，可以求得材料的剪切屈服极限为：

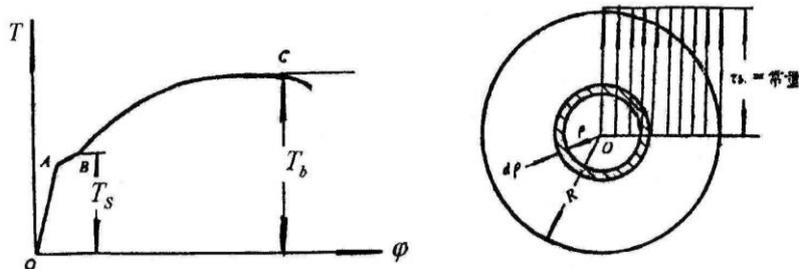


图 1-1a 低碳钢扭转时的 $T-\varphi$ 曲线

1-1b 低碳钢扭转时横截面在全屈服下的应力分布

$$\tau_s = \frac{3T_s}{4W_p}$$

式中： $W_p = \frac{\pi d^3}{16}$

此后，扭转变形继续增加，试件扭矩又继续上升至 C 点，试件被剪断，记下破坏扭矩 T_b ，扭转强度极限 τ_b 为：

$$\tau_b = \frac{3T_b}{4W_p}$$

铸铁受扭时， $T-\varphi$ 曲线如图 1-2 所示。从开始受扭，直到破坏，近似为一条直线，故其强度极限 τ_b 可按线弹性应力公式计算如下：

$$\tau_b = \frac{T_b}{W_p}$$

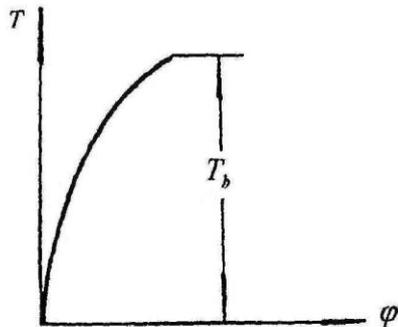


图 1-2 铸铁扭转时的 $T-\varphi$ 曲线

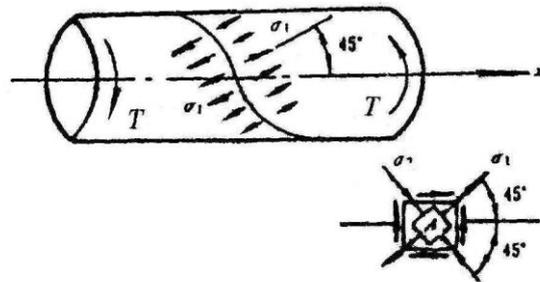


图 1-3 铸铁扭转时沿 45° 斜截面的应力

材料在纯剪切时，横截面上受到切应力作用，而与杆轴成 45° 螺旋面上，分别受到拉应力 $\sigma_1 = \tau$ 和压应力 $\sigma_3 = -\tau$ 的作用(图 1-3)。

低碳钢的抗拉能力大于抗剪能力，故试件沿横面剪断(图 1-4a)，而铸铁抗拉能力小于抗剪能力，故沿 45° 方向拉断(图 1-4b)。

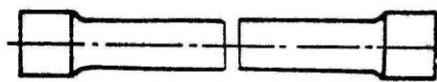


图 1-4a 低碳钢扭转破坏

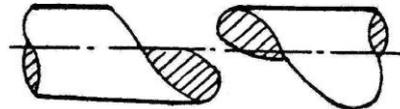


图 1-4b 铸铁扭转破坏

五、实验步骤及结果测试

1. 实验步骤

- (1) 用游标卡尺测量试件直径。
- (2) 根据低碳钢的强度极限估计试件的最大扭矩，确定测力盘读数范围并调整摆锤重量及校正表盘零点，检查自动绘图仪是否正常。
- (3) 将试件装在扭转机二夹头内，并用粉笔在试件轴线方向画一条细线。

以观察变形。

(4) 检查准备妥当后, 开始试验。用慢速加速或手摇加载使试件缓慢而均匀地变形。仔细观察测力指针的转动, 当测力盘指针几乎不动而扭角继续增加时, 说明材料已屈服, 记下此时的扭矩 T 。过了屈服阶段以后, 取下加载摇手柄, 开动电机加载, 直到试件扭断为止。停车并记下破坏。

2. 结果测试

- (1) 参考下表记录和整理结果。
- (2) 利用上面介绍的公式计算出低碳钢的 τ_s 和 τ_b 及铸铁的 τ_b 。
- (3) 绘出两种材料的断口图形, 并解释其断裂原因。

六、考核形式

通过学生的出勤率和试验报告来考核。

七、实验报告要求

试验报告应包括: 试验名称、试验目的、仪器设备名称、规格、量程, 试验记录及结果等。

八、思考题

1. 根据低碳钢和铸铁的拉伸, 压缩和扭转三种试验结果, 分析总结两种材料的机械性质。
2. 低碳钢的拉伸屈服极限和剪切极限有何关系?
3. 铸铁扭转破坏断口的倾斜方向何外加扭矩的方向有无直接关系? 为什么?

记录表

| 材 料 分 类 | 低碳钢 | 铸铁 | 备注 |
|-------------------|-----|----|----|
| 最小直径 $d_0(mm)$ | | | |
| 抗扭截面模量 $W(mm^2)$ | | | |
| 屈服扭矩 $T_s(Ngn)$ | | | |
| 屈服点 $\tau_s(Mpa)$ | | | |
| 断口立体形状 | | | |
| 破坏的力学原因 | | | |
| 抗拉抗剪能力的大小 | | | |