

《材料性能学》复习

第一章 材料单向静拉伸的力学性能

一、力 - 伸长曲线 (拉伸图)

1、曲线上变形三阶段

- (1)、弹性变形
 - (2)、塑性变形 (屈服现象)
 - (3)、不均匀变形 (颈缩阶段) 及断裂阶段
- (会画)

2、拉伸图的种类

曲线 1 为淬火、高温回火后的高碳钢

曲线 2 为低合金结构钢

曲线 3 为黄铜

曲线 4 为陶瓷、玻璃

曲线 5 为橡胶类

(会画)

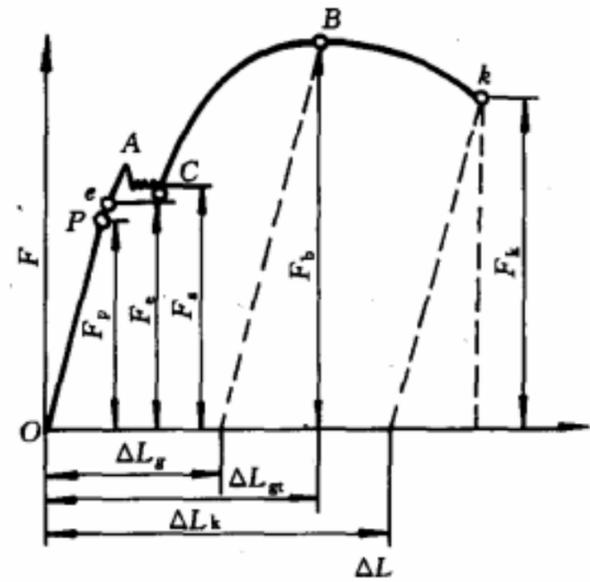


图 1-1 低碳钢的力—伸长曲线

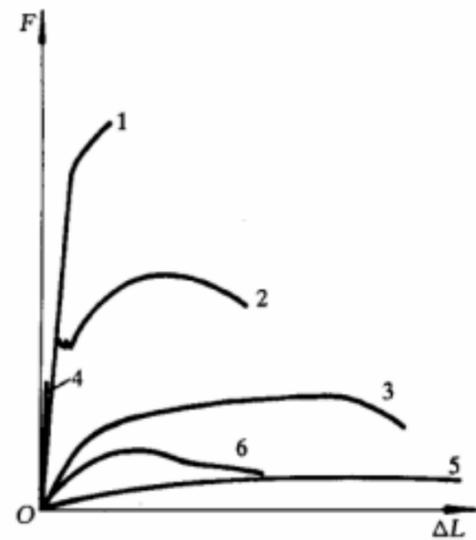


图 1-2 几种典型材料的力—伸长曲线

二、应力—应变曲线 (- 曲线)

1、 (条件) 应力与 (条件) 应变定义及定义式

应力：
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$
 应变：
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

2、 应力 - 应变曲线 (工程应力 - 应变曲线)

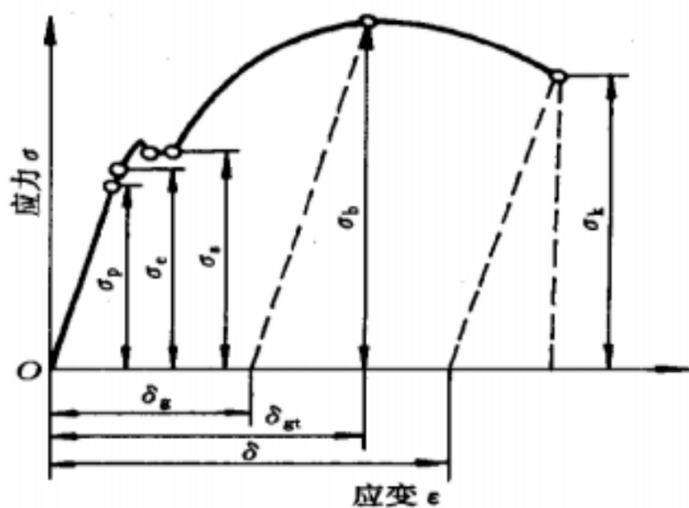


图 1-3 低碳钢的应力—应变曲线

3、各种性能指标

(1) 强度指标

弹性极限： $e = F_e / S_0$

比例极限： $p = F_p / S_0$

屈服极限： $s = F_s / S_0$ ；屈服强度 $0.2 = F_{0.2} / S_0$

强度极限： $b = F_b / S_0$

断裂强度： $S_k = F_k / S_k$

(2) 塑性指标

延伸率： $k = (L_k - L_0) / L_0 \times 100\%$

断面收缩率： $k = (S_0 - S_k) / S_0 \times 100\%$

4、真应力 - 真应变曲线 (S - e 曲线)

真应力： $S = \frac{F}{A}$

其中， F - 瞬时载荷， A - 瞬时面积

真应变： $e = \int_0^e de = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = \ln \frac{L}{L_0}$

则： $\sigma = S(1 - \psi)$

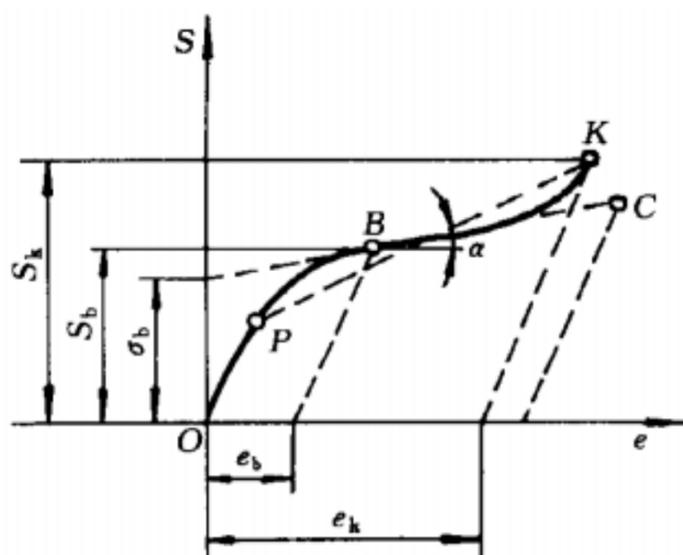


图 1-4 真应力—真应变曲线

两曲线比较

三、 弹性变形及其实质

(一)、 弹性变形的特点

- ? 1、 可逆性 ；
- ? 2、 单值线性关系 ；
- ? 3、 弹性变形量较小 ($< 0.5 \sim 1\%$)

(二)、 双原子模型解释弹性变形

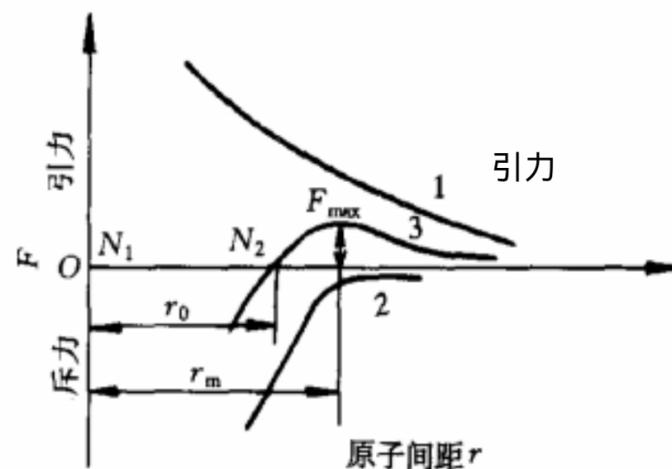


图 1-5 离子间的相互作用力

四、 弹性的不完整性与内耗

(一)、 滞弹性 (弹性后效)

- 1 . 正弹性后效 2 . 反弹性后效 3 . 产生原因 4、 危害

(二)、 包申格效应

包申格 (**Bauschinger**) 效应 :

是指金属材料经预先加载产生少量塑性变形 (残余应变小于 4%), 而后
再同向加载规定残余伸长应力 (或弹性极限) 增加 , 反向加载 , 规定 残余
伸长应力 (或弹性极限) 降低的现象 .

原因 : 包申格 (**Bauschinger**) 效应 可能与第二类内应力有关 ;

危害 : 包申格 (**Bauschinger**) 效应可弱化材料 , 因而应予以消除 ;

消除办法

五、断 裂

1、断裂概念

2、断裂的类型及断口特征

3、韧性断裂与脆性断裂概念

韧性断裂的特点；脆性断裂的特点

4、穿晶断裂与沿晶断裂

剪切断裂；解理断裂；准解理断裂

5、断裂强度

(1). 理论断裂强度 (会推导)

理论断裂强度和实际强度说

(2). 断裂强度的裂纹理论 (Griffith 强度理论)

Griffith 强度理论

$$\sigma_c = \left(\frac{2E\gamma_s}{a} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$a_c = \frac{2E\gamma_s}{\sigma^2}$$

此公式说明的问题

金属材料 $s = e + p$

$$\sigma_c = \left(\frac{2E(\gamma_e + \gamma_p)}{a} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Griffith 强度理论

$$a_c = \frac{2E(\gamma_e + \gamma_p)}{\sigma^2}$$

第二章 材料在其他静载下的力学性能

主要讲了硬度试验

一、布氏硬度 (HB)

(1) 测定原理

(2) 优缺点

? 优点：压痕面积较大，其硬度值能反映材料在较大区域内各组成相的平均性能，试验数据稳定，重复性强。

? 缺点：因压痕直径较大，一般不宜在成品件上直接进行检验；对硬度不同的材料需要更换压头直径 D 和载荷 F ，同时压痕直径的测量也比较麻烦，需查表计算。

(3) 测试范围

二、洛氏硬度 (HR)

(1) 测试原理

(2) 洛氏硬度试验的优缺点

(3) 测试范围

三、维氏硬度 (HV) 与显微硬度 (HM)

(1) 测试原理

(2) 洛氏硬度试验的优缺点

(3) 测试范围

第三章 材料的冲击韧性及低温脆性

一、一次冲击弯曲试验测试原理

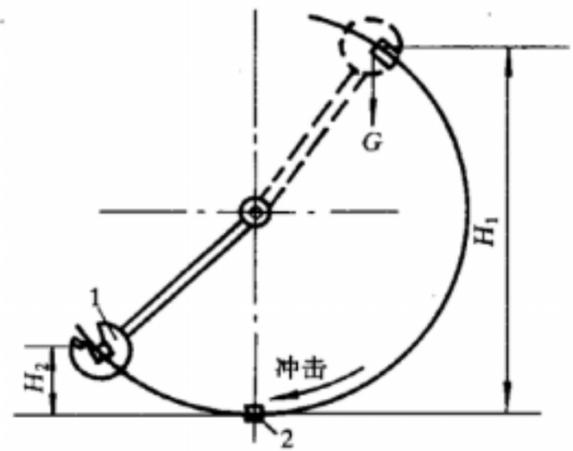


图 3-1 冲击试验原理
1-摆锤 2-试样

$$A_k = GH_1 - GH_2 \quad (\text{J}) \quad \text{冲击功 } A_k$$

$$a_k = A_k / F_N \quad (\text{J/cm}^2) \quad F_N \text{--- 缺口处试样的面积}$$

二、冲击韧性及其工程意义

- (1) 它能反映出原始材料的冶金质量和热加工产品的质量。
- (2) 测定材料的韧脆性转变温度

三、小能量多次冲击试验

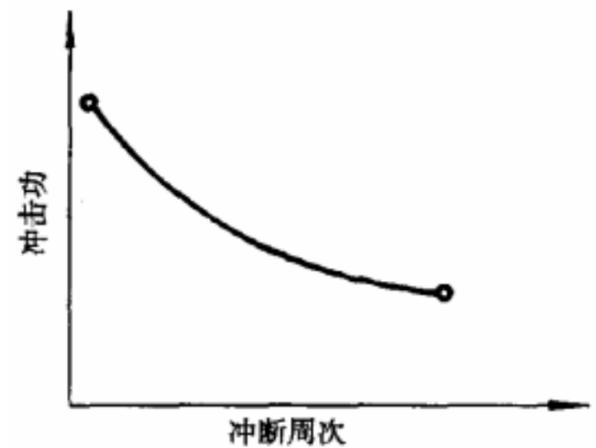
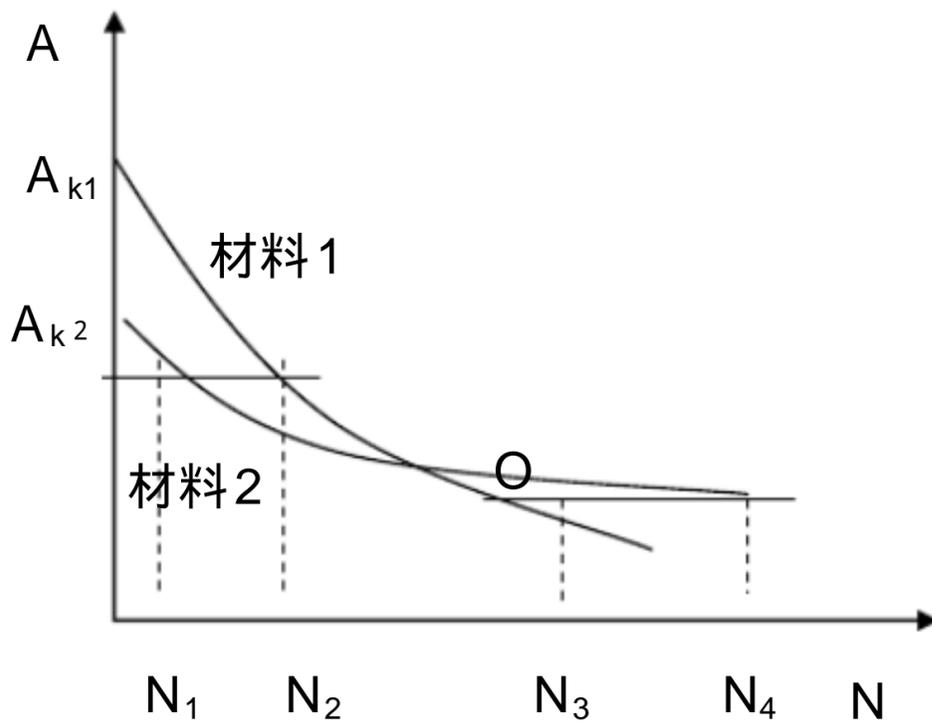


图 3-4 多次冲击曲线

A 当冲击功 A 高时 (O 点左侧), 材料的多冲抗力 N 主要取决于材料的

B 当冲击功 A 低时, 材料的多冲抗力 N 主要取决于材料的强度 (如下图)

材料 1 塑性 > 材料 2 塑性

第四章 材料的断裂韧性

一、裂纹扩展的基本方式

- 1、张开型（Ⅰ型）裂纹扩展
- 2、滑开型（Ⅱ型）裂纹扩展
- 3、撕开型（Ⅲ型）裂纹扩展

二、断裂韧性概念

一般把平面应变的应力条件下，裂纹尖端应力场强度因子的临界值叫做断裂韧性。

$$K_{1c} = \sigma \sqrt{\pi a}$$

$$K_{1c} = Y \sigma \sqrt{a}$$

三、 K_{1c} 和 a_k 的区别

（1）研究的出发点不同

a_k 是缺口试样一次冲击断裂前吸收的能量，
是以能量的角度来研究

K_{1c} 是具有裂纹试样裂纹尖端应力场强度因子的
的临界值，是以力学的角度来研究的

（2）裂纹扩展途径不同

a_k 是人为制造外部缺口导致的裂纹扩展

K_{1c} 是材料内部已有的微观裂纹导致的裂纹扩展

（3）两者都是材料的内在属性，和材料的本性有关

四、影响材料断裂韧度的因素

五、断裂韧性 K_{1c} 的应用

确定构件的安全性

确定构件的承载能力，即计算构件的断裂强度

确定裂纹允许存在的最大尺寸（ a_c ）

第五章 材料的疲劳性能

一、 交变载荷：是指大小、方向或大小和方向都随时间作周期性变化或非周期性变化的一类载荷

二、 疲劳概念：疲劳过程是指材料在小于屈服强度的变动载荷作用下，经过长期运转而逐渐发生损伤累积和开裂，当裂纹扩展达到一定程度后发生突然断裂的过程。

疲劳破坏的特点

- (1) 该破坏是一种潜藏的突发性破坏
- (2) 疲劳破坏属低应力循环延时断裂
- (3)、疲劳对缺陷（缺口、裂纹及组织）十分敏感

三、 疲劳抗力指标

1、 疲劳曲线

2、 疲劳极限的测定方法

四、 过载（负荷）持久值及过载（负荷）损伤界

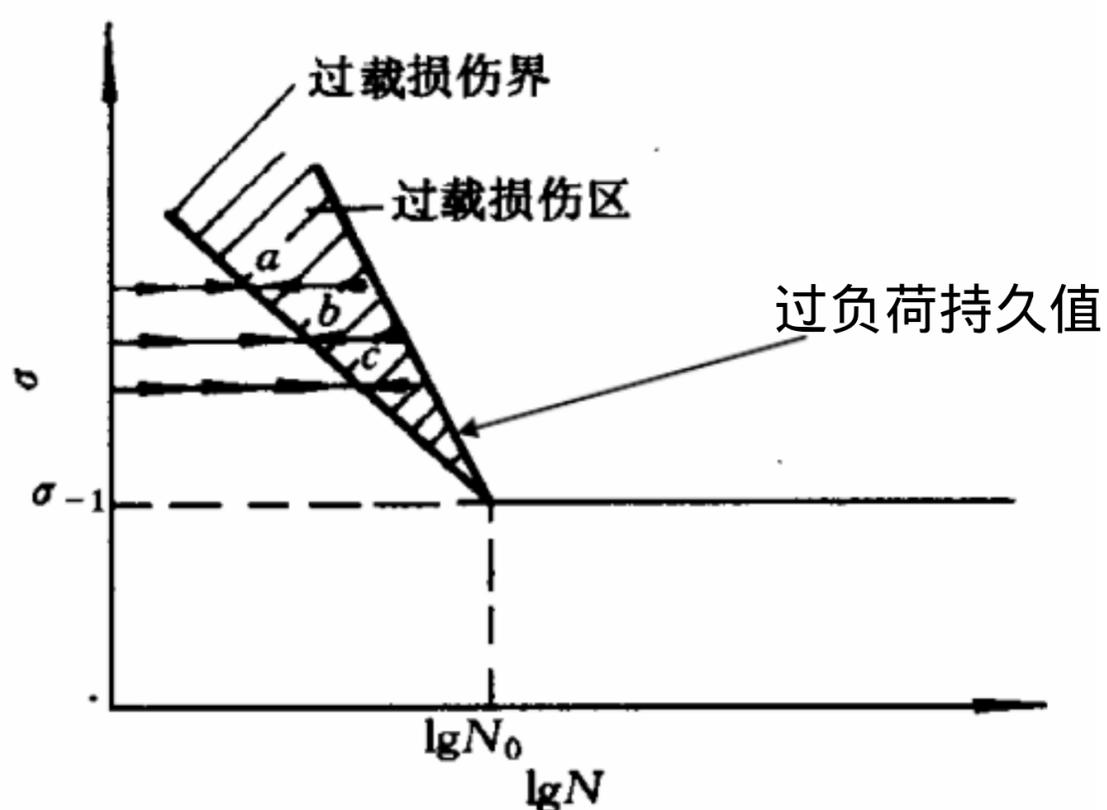


图 5-20 过载损伤界

五、影响材料及机件疲劳强度的因素

1、工作条件的影响

次载锻炼：材料特别是金属在低于疲劳强度的应力先运转一定周次，即经过次载锻炼，可以提高材料的疲劳强度，

2、表面状态及尺寸因素的影响

3、表面强化及残余应力的影响

4、材料成分及组织的影响

第六章 材料的磨损性能

一、磨损三阶段

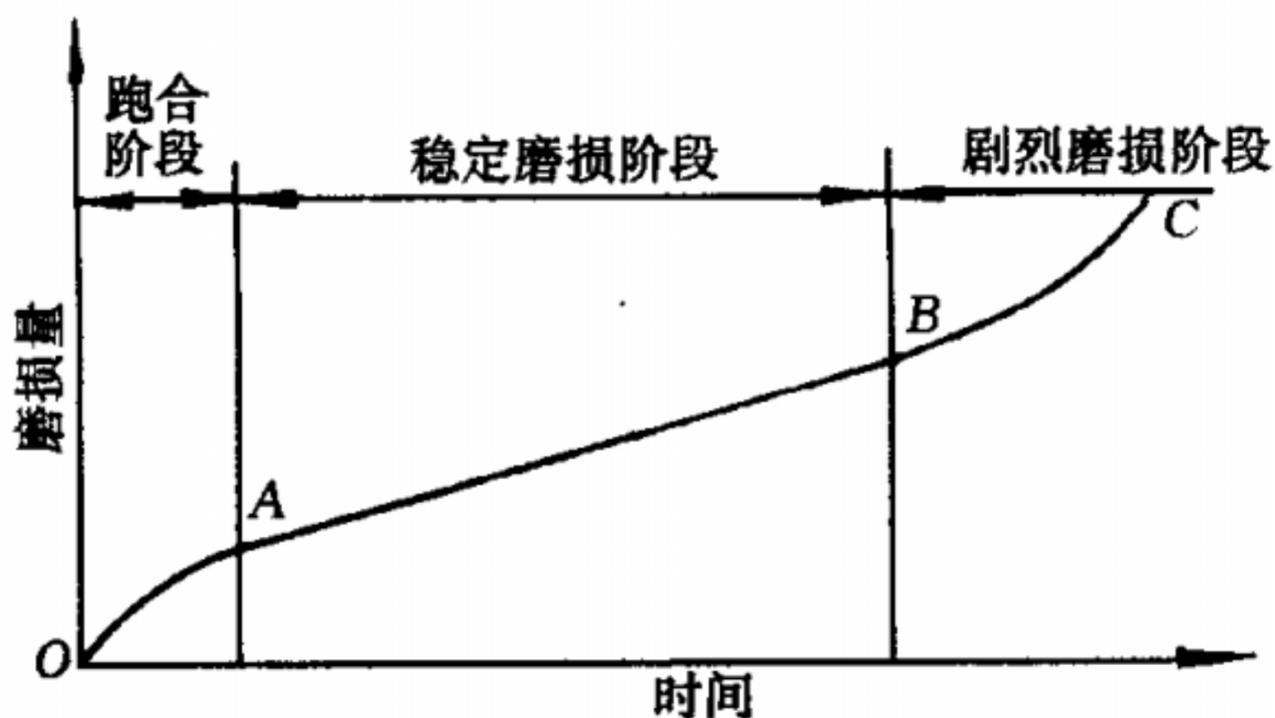


图 6-1 磨损量与时间的关系
示意图 (磨损曲线)

二、磨损的基本类型

磨损：(1)、连续磨损； (5)、氧化磨损
(2)、粘着磨损； (6)、腐蚀磨损；
(3)、疲劳磨损 (7)、微动磨损
(4)、磨粒磨损；

三、粘着磨损（又称咬合磨损）

1、粘着磨损概念

2、粘着磨损机理

（1）、外部粘着磨损

（2）、内部粘着磨损

四、磨粒磨损（磨料磨损或研磨磨损）

1、磨粒磨损

2、磨粒磨损破坏机理

五、接触疲劳

接触疲劳的分类

根据剥落裂纹起始位置及形态的差异，接触疲劳破坏分为 **3** 类：

？ 麻点剥落（点蚀）（深 **0.1 ~ 0.2mm** 的痘状或倒V型针状）

？ 浅层剥落（深 **0.2 ~ 0.4mm** 处，切应力最大）剥块底部

大致与表面平行

？ 深层剥落 一般指硬化层的剥落（> **0.4 mm**）

六、提高材料耐磨性的途径

1、减轻粘着磨损的主要措施

2、减轻磨粒磨损的主要措施

3、提高接触疲劳抗力的措施

第七章 材料的高温力学性能

一、温度对材料的力学性能影响

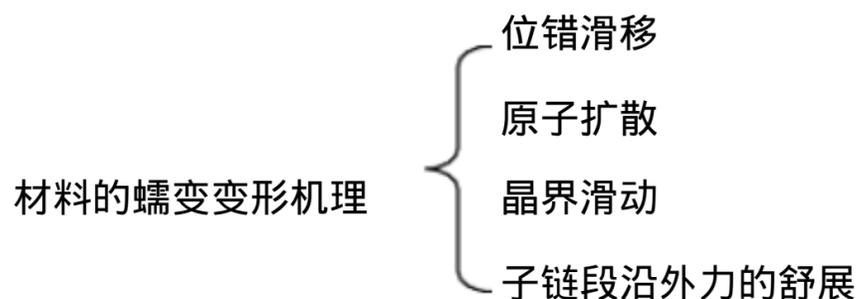
- 1、金属材料随着温度的升高，强度极限逐渐降低；
- 2、断裂方式由穿晶断裂逐渐向沿晶断裂过渡；
- 3、常温下可以用来强化钢铁材料的手段，如加工硬化、固溶强化及沉淀强化等，随着温度的升高强化效果逐渐消失；
- 4、对常温下脆性断裂的陶瓷材料，到了高温，借助于外力和热激活的作用，形变的一些障碍得以克服，材料内部质点发生了不可逆的微观位移，陶瓷也变为半塑性材料；
- 5、高分子材料的粘弹性又使其具有不同于其他材料的高温性能特点。
- 6、在常温下，时间对材料的力学性能几乎没有影响，而在高温时性能就表现出了时间效应，如金属材料的强度极限随承载时间的延长而降低。

二、约比温度 (T / T_m)

当 $T / T_m > 0.4 \sim 0.5$ 时为高温，反之则为低温

三、高温蠕变性能

1. 蠕变变形机理



蠕变性能指标

2. 蠕变极限

第一种：在给定温度下，使试样在蠕变第二阶段产生规定稳态蠕变速率的最大应力定义为蠕变极限，

记作 σ^T MPa，其中 T 表示温度 ()，

是表示第二阶段的稳态蠕变速率 (% / h)。

第二种：在给定温度和时间的条件下，使试样产生规定的蠕变应变的最大应力，

定义为蠕变极限，记作 $\sigma_{T,t}$ (MPa)，表示测试温度为 T ()，在 t 小时产生蠕变应变为 1% 时的蠕变极限

例如 $\sigma_{500,1/10000} = 100 \text{ MPa}$ ，即表示材料在 500 °C 时，10000 h 产生 1% 的蠕变应变的蠕变极限为 100 MPa。

$$\sigma_{500,1/10000} = 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{500,1} = 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{500,10000} = 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0.2} = 100 \text{ MPa}$$

3、持久强度：是材料在一定的温度下和规定的时间内，不发生蠕变断裂的最大应力，记作 $\sigma_{T,t}$ (MPa)。

四、影响蠕变性能的主要因素

1. 内在因素

2. 外部因素

第八章：材料的热学性能（不要求）

第九章 材料的磁学性能

一、抗磁性与顺磁性

抗磁性材料：使磁场减弱的物质，被磁化后，磁化矢量与外加

磁场方向相反 的称为抗磁性，磁化率 < 0 ；

顺磁性材料：使磁场略有增强的物质，被磁化后，磁化矢量与

外加磁场方向相同的称为顺磁性，磁化率 > 0 ；

铁磁性材料：使磁场强烈增加的物质，磁化率 > 0 ；

二、铁磁体

1、铁磁材料的原子组态和原子磁矩

铁磁性材料（铁、钴、镍）：在外加磁场的作用下，可以产生很强的磁化，其磁化矢量与外加磁场的方向一致，它与顺磁金属的磁化特性有显著的不同，自然界中的铁磁性材料都是金属，

它们的铁磁性来源于原子未被抵消的自旋磁矩和自发磁化。

2、磁各向异性与磁致伸缩

磁致伸缩效应：铁磁物质磁化时，沿磁化方向发生长度的伸长或缩短的现象称为磁致伸缩效应

三、磁化曲线与磁滞回线

软磁材料和硬磁材料

四、影响铁磁性参数的因素

第十章 材料的电学性能

一、超导电性

1、超导电性：这种在一定的低温条件下材料突然失去电阻的现象称为超导电性。

2、条件

3、超导体的基本特性

(1) 完全导电性

(2) 完全抗磁性

二、影响材料导电性的因素

1. 温度的影响

2. 冷塑性变形和应力的影响

3. 合金化对导电性的影响

第十一章 材料的压电性能与铁电性能

一、材料的压电性能与铁电性能

1、压电效应：这种没有电场作用，由机械应力的作用而使电介质晶体产生极化并形成晶体表面电荷的现象称为压电效应

2、正压电效应：这种由机械应力的作用而使电介质晶体产生极化并形成晶体表面电荷的现象也称为正压电效应

3、逆压电效应：与上述情况相反，将具有压电效应的电介质晶体置于电场中，电场的作用会引起晶体内部正负电荷重心的位移，这一极化位移又导致晶体发生形变，这个效应就称为逆压电效应

二、压电材料的应用

1、热释电与铁电性能

(1) 热释电效应： 晶体因温度均匀变化而发生极化强度改变的现象称为晶体的热释电效应。

热释电效应研究表明，具有热释电效应的晶体一定是具有自发极化（固有极化）的晶体。

(2) 逆热释电效

对热释电晶体绝热施加电场时，其温度将发生变化，这种效应称为逆热释电效应或电生热效应。

三、晶体的铁电性

1. 铁电体的特性

(1) 铁电性：在热释电晶体中，有若干种点群的晶体不但在某温度范围内具有自发极化，且自发极化有两个或多个可能的取向，在不超过晶体击穿电场强度的电场作用下，其取向可以随电场改变，这种特性称为铁电性，

(2) 铁电体：具有铁电性性质的晶体称为铁电体，

(3) 电滞回线：描述极化强度 P 与外电场 E 之间的滞后关系曲线就是电滞回线，类似于铁磁体的磁滞回线。

铁电体与铁磁体在许多其他物理性质上也具有——相对应的类似关系，如电畴对应磁畴，顺电 - 铁电相变对应于顺磁 - 铁磁相变，电矩对应磁矩，所以将这类具有电滞回线的晶体称为铁电体。

四、铁电体的电致伸缩效应

五、影响材料压电性及铁电性的因素

1、化学成分的影响

2、晶粒间界的影响

3、预极化条件

第十二章 材料的老化与稳定性能

1、高分子老化：高分子材料在加工、贮存和使用过程中，要经受热、光照、潮湿等各种环境因素的影响，使性能下降，最后丧失使用价值，这种现象称为老化。

2、高分子材料的老化有下列 4 种情况：

外观的变化，如出现污渍、斑点、银纹、裂纹、喷霜、粉化及光泽和颜色的变化；

物理性能的变化，如溶解性、溶胀性、流变性能，以及耐寒、耐热、透水、透气等性能的变化；

力学性能的变化，如抗拉强度、弯曲强度、抗冲击强度的变化；

电性能的变化，如绝缘电阻、电击穿强度等的变化。

一、老化的基本类型

1、化学老化

(1). 热氧化老化

(2). 光氧化老化

2、物理老化

二、物理老化

1. 物理老化的基本概念

2. 物理老化的特点

(1) 物理老化是可逆的

(2) 物理老化是缓慢的自减速过程

(3) 老化速率与温度符合 **Arrhenius** 方程。

(4) 不同材料有相似的老化规律

二、防止老化的措施

在 高分子材料中添加各种稳定剂；

用物理方法进行防护；

改进聚合和成型加工工艺；

将聚合物改性，如进行接枝、共聚等