

## 绪论

### 1、简答题

什么是材料的性能？包括哪些方面？

[提示] 材料的性能定量地反映了材料在给定外界条件下的行为；

解：材料的性能是指材料在给定外界条件下所表现出的可定量测量的行为表现。包括①力学性能（拉、压、扭、弯、硬、磨、韧、疲）②物理性能（热、光、电、磁）③化学性能（老化、腐蚀）。

## 第一章 单向静载下力学性能

### 1、名词解释：

弹性变形 塑性变形 **弹性极限** 弹性比功 包申格效应 **弹性模量** 滞弹性 **内耗** **韧性** 超塑性 韧窝

解：

弹性变形：材料受载后产生变形，卸载后这部分变形消逝，材料恢复到原来的状态的性质。

塑性变形：微观结构的相邻部分产生永久性位移，并不引起材料破裂的现象。

弹性极限：弹性变形过度到弹-塑性变形(屈服变形)时的应力。

弹性比功：弹性变形过程中吸收变形功的能力。

包申格效应：材料预先加载产生少量塑性变形，卸载后再同向加载，规定残余应力（弹性极限或屈服强度）增加；反向加载，规定残余应力降低的现象。

弹性模量：工程上被称为材料的刚度，表征材料对弹性变形的抗力。实质是产生 100%弹性变形所需的应力。

滞弹性：快速加载或卸载后，材料随时间的延长而产生的附加弹性应变的性能。

内耗：加载时材料吸收的变形功大于卸载是材料释放的变形功，即有部分变形功倍材料吸收，这部分被吸收的功称为材料的内耗。

韧性：材料断裂前吸收塑性变形功和断裂功的能力。

超塑性：在一定条件下，呈现非常大的伸长率（约 1000%）而不发生缩颈和断裂的现象。

韧窝：微孔聚集形断裂后的微观断口。

### 2、简答

1) 材料的弹性模量有那些影响因素？为什么说它是结构不敏感指标？

解：①键合方式和原子结构，共价键、金属键、离子键 E 高，分子键 E 低原子半径大，E 小，反之亦然。②晶体结构，单晶材料在弹性模量在不同取向上呈各向异性，沿密排面 E 大，多晶材料为各晶粒的统计平均值；非晶材料各向 E 同性。③化学成分，④微观组织⑤温度，温度升高，E 下降⑥加

载条件、负载时间。对金属、陶瓷类材料的 E 没有影响。高聚物的 E 随负载时间延长而降低, 发生松弛。

2) 金属材料应变硬化的概念和实际意义。

解: 材料进入塑性变形阶段后, 随着变形量增大, 形变应力不断提高的现象称为应变硬化。意义①加工方面, 是金属进行均匀的塑性变形, 保证冷变形工艺的顺利实施。②应用方面, 是金属机件具有一定的抗偶然过载能力, 保证机件使用安全。③对不能进行热处理强化的金属材料进行强化的重要手段。

3) 高分子材料的塑性变形机理。

解: 结晶高分子的塑性变形是由薄晶转变为沿应力方向排列的微纤维束的过程; 非晶高分子材料则是在正应力下形成银纹或在切应力下无取向的分子链局部转变为排列的纤维束的过程。

4) 拉伸断裂包括几种类型? 什么是拉伸断口三要素? 如何具体分析实际构件的断裂[提示: 参考课件的具体分析实例简单作答]?

解: 按宏观塑性变形分为脆性断裂和韧性断裂。按裂纹扩展可分为穿晶断裂和沿晶断裂。按微观断裂机理分为解理断裂和剪切断裂。按作用力分为正断和切断。拉伸断口的三要素: 纤维区、放射区和剪切唇。对实际构件进行断裂分析首先进行①宏观检测: 目测构件表面外观; 低倍酸洗观察; 宏观断面分析。②扫描电镜分析③X 射线能谱分析④金相分析⑤硬度及有效硬化层测定。

3、计算:

1) 已知钢的杨氏模量为 210GPa, 问直径 2.5mm, 长度 120mm 的线材承受 450N 载荷时变形量是多少? 若采用同样长度的铝材来承受同样的载荷, 并且变形量要求也相同, 问铝丝直径应为多少? ( $E_{Al}=70\text{GPa}$ ) 若用 W( $E=388\text{ GPa}$ )、钢化玻璃( $E=345\text{MPa}$ )和尼龙线( $E=2.83\text{GPa}$ )呢?

解: 已知:  $E=210\text{GPa}$  ,  $d=2.5\text{mm}$  ,  $L_1=120\text{mm}$  ,  $F=450\text{N}$  。

$$\because \sigma = F / S = E \varepsilon \therefore \varepsilon = \Delta L / L_0 \therefore \Delta L = 164.5$$

$$\therefore F \bullet E_1 / S_1 = F \bullet E_2 / S_2$$

$$\therefore d_2 = \sqrt{E_1 / E_2} \bullet d$$

$$\therefore d_{Al} = \sqrt{E / E_{Al}} \bullet d = \sqrt{210 / 70} \bullet 2.5\text{mm} = 4.33\text{mm}$$

$$\therefore d_W = \sqrt{E / E_W} \bullet d = \sqrt{210 / 388} \bullet 2.5\text{mm} = 1.83\text{mm}$$

$$\therefore d_{\text{钢化}} = \sqrt{E / E_{\text{钢化}}} \bullet d = \sqrt{210 / 345} \bullet 2.5\text{mm} = 1.95\text{mm}$$

$$\therefore d_{\text{尼龙}} = \sqrt{E / E_{\text{尼龙}}} \bullet d = \sqrt{210 / 2.83} \bullet 2.5\text{mm} = 21.5\text{mm}$$

2) 一个拉伸试样, 标距 50mm, 直径 13mm, 实验后将试样对接起来后测量标距 81mm, 伸长率多少? 若缩颈处最小直径 6.9mm, 断面收缩率是多少?

解: 已知:  $L_0 = 50\text{mm}$   $d_0 = 13\text{mm}$   $L_K = 81\text{mm}$   $d_K = 6.9\text{mm}$

$\therefore$  断后伸长率

$$\delta = \Delta L_K / L_0 \times 100\% = (81 - 50) / 50 \times 100\% = 62\%$$

∴断面收缩率

$$\psi = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100\% = (13^2 - 6.9^2) / 13^2 \times 100\% = 71.8\%$$

## 第二章 其它静载下力学性能

### 1、名词解释：

应力状态软性系数 剪切弹性模量 抗弯强度 缺口敏感度 硬度

解：

应力状态软性系数：不同加载条件下材料中最大切应力与正应力的比值。

剪切弹性模量：材料在扭转过程中，扭矩与切应变的比值。

缺口敏感度：常用试样的抗拉强度与缺口试样的抗拉强度的比值。NSR

硬度：表征材料软硬程度的一种性能。一般认为一定体积内材料表面抵抗变形或断裂的能力。

### 2、简答

1) 简述硬度测试的类型、原理和优缺点？[至少回答三种]

解：布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度、肖氏硬度。

布氏硬度：原理是用一定大小的载荷，把直径为D的淬火钢球或硬质合金球压入试样表面，保持规定时间后卸载载荷，测量试样表面的残留压痕直径d，求压痕的表面积。将单位压痕面积承受的平均压力规定为布氏硬度。优点是压痕面积大反映较大区域内各组成相的平均性能，适合灰铸铁、轴承合金测量，实验数据稳定，重复性高。缺点是不宜在成品上直接检验，硬度不同要更换压头直径D和载荷F，压痕直径测量较麻烦。

洛氏硬度：原理是通过测量压痕深度值来表示硬度。优点是采用不同的标尺，可以测量各种软硬不同和厚薄不一样的材料的硬度，压痕小，可对工件直接进行检验，操作简便迅速。缺点是压痕小，代表性差，重复性差、分散度大，不同标尺的硬度值不能直接进行比较，不能互换。不宜在极薄的工件上直接进行检验。

肖氏硬度：原理是将具有一定质量的带有金刚石或合金钢球的重锤从一定高度落向试样表面，用重锤的回落高度来表征材料的硬度。优点是使用方便，便于携带，可测现场大型工件的硬度。缺点是实验结果受人为因素影响较大，测量精度低。

2) 简述扭转实验、弯曲实验的特点？渗碳淬火钢、陶瓷玻璃试样研究其力学性能常用的方法是什么？

解：扭转实验的特点是①扭转实验的应力状态软性系数较拉伸的应力状态软性系数高。可对表面强化处理工艺进行研究和对机件的热处理表面质量进行检验。②扭转实验时试样截面的应力分布为表面最大。③圆柱试样在扭转时，不产生缩颈现象，塑性变形始终均匀。可用来精确评定拉伸时出现缩颈的高塑性材料的形变能力和变形抗力。④扭转时正应

力与切应力大致相等，可测定材料的切断强度。

弯曲试验的特点是：①弯曲加载时受拉的一侧的应力状态基本与静拉伸相同，且不存在试样拉伸时试样偏斜造成对实验结果的影响。可以用来由于太硬而不好加工拉伸试样的脆性材料的断裂强度。②弯曲试验时，截面上应力分布表面最大。可以比较和评定材料表面处理的质量。③塑性材料的  $F-f_{\max}$  曲线最后部分可任意伸长。

渗碳淬火钢、陶瓷玻璃试样研究其力学性能常用的方法是扭转实验。

3) 有下述材料需要测量硬度，试说明选用何种硬度实验方法？为什么？

a. 渗碳层的硬度分布, b. 淬火钢, c. 灰口铸铁, d. 硬质合金, e. 仪表小黄铜齿轮, f. 高速工具钢, g. 双相钢中的铁素体和马氏体, h. Ni 基高温合金, i. Al 合金中的析出强化相, j. 5 吨重的大型铸件, k. 野外矿物

解：a、e、g、i 使用维氏硬度。b、c、d、f、h 可使用洛氏硬度。b、c 可使用布氏硬度。j 使用肖氏硬度。k 使用莫氏硬度。

### 第三章 冲击韧性和低温脆性

#### 1、名词解释：

冲击韧度 冲击吸收功 低温脆性 韧脆转变温度 迟屈服  
解：

冲击韧度：一次冲断时，冲击功与缺口处截面积的比值。

冲击吸收功：冲击弯曲试验中，试样变形和断裂所吸收的功。

低温脆性：当试验温度低于某一温度时，材料由韧性状态转变为脆性状态。

韧脆转变温度：材料在某一温度  $t$  下由韧变脆，冲击功明显下降。该温度即韧脆转变温度。

迟屈服：用高于材料屈服极限的载荷以高加载速度作用于体心立方结构材料时，瞬间并不屈服，需在该应力下保持一段时间后才屈服的现象。

#### 2、简答

1) 缺口冲击韧性实验能评定哪些材料的低温脆性？哪些材料不能用此方法检验和评定？[提示：低中强度的体心立方金属、Zn 等对温度敏感的材料，高强度钢、铝合金以及面心立方金属、陶瓷材料等不能]

解：缺口冲击韧性实验能评定中、低强度机构钢的低温脆性。面心立方金属及合金如氏体钢和铝合金不能用此方法检验和评定。

2) 影响材料低温脆性的因素有哪些？

解：①晶体结构，体心立方存在低温脆性，面心立方及其合金一般不存在低温脆性。②化学成分，间隙溶质原子含量增加，韧脆转变温度提高。③显微组织，细化晶粒是材料韧性增加。金相组织也有影响，低强度水平时，组织不同的钢，索氏体最佳。④温度，在某一范围内碳钢和某些合

金可能出现蓝脆。⑤加载速率，提高加载速率韧脆转变温度提高。⑥试样形状和尺寸，缺口曲率半径越小，韧脆转变温度越高。

3、计算：

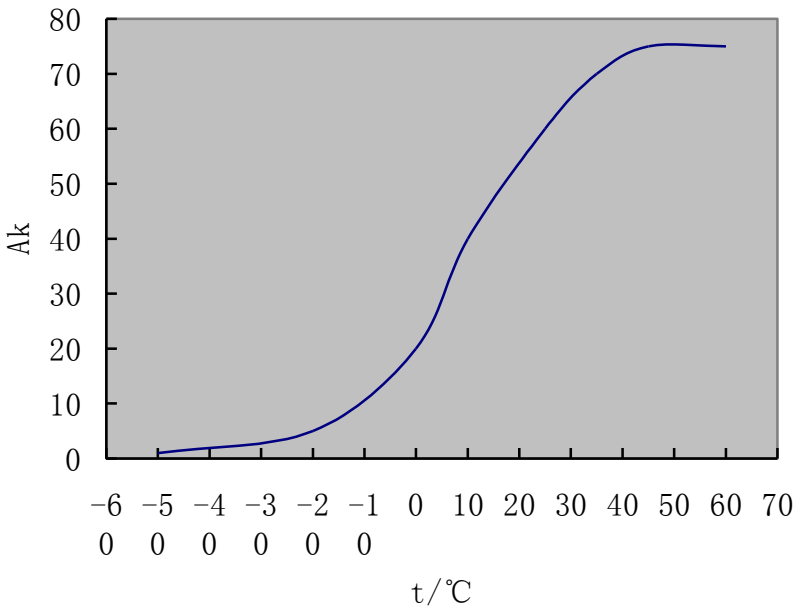
某低碳钢的摆锤系列冲击实验列于下表，

温度(℃)	冲击功(J)	温度(℃)	冲击功(J)
60	75	10	40
40	75	0	20
35	70	-20	5
25	60	-50	1

试计算：

a. 绘制冲击功—温度关系曲线；

冲击吸收功—温度曲线



b. 试确定韧脆转变温度；

解：有  $A_k - t$  图知， $NDT = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$      $FTP = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

c. 要为汽车减震器选择一种钢，它在  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  时所需的最小冲击功为 10J，问此种钢适合此项应用么？

解：

c: 此种钢不适合。

## 第四章 断裂韧性

### 1、名词解释：

应力场强度因子 断裂韧度 低应力脆断

解：

应力场强度因子：反映裂纹尖端应力场强度的参量。

断裂韧度：当应力场强度因子增大到一临界值，带裂纹的材料发生断裂，该临界值称为断裂韧性。

低应力脆断：在材料存在宏观裂纹时，在应力水平不高，甚至低于屈服极限时材料发生脆性断裂的现象。

### 2、简答

a. 格里菲斯公式计算的断裂强度和理论断裂强度差异？奥罗万修正计算适用范围？

解：理论强度  $\sigma_m = \sqrt{E\gamma_s / a_0}$  格里菲斯断裂强度  $\sigma_g = \sqrt{2E\gamma_s / \pi a}$   
 $\therefore \sigma_g / \sigma_m = \sqrt{2E\gamma_s / \pi a} / \sqrt{E\gamma_s / a_0} \approx \sqrt{a_0 / a}$

奥罗万修正计算适用平面应力状态和平面应变状态。

b.  $K_I$  和  $K_{IC}$  的异同？

解： $K_I$  是力学度量，它不仅随外加应力和裂纹长度的变化而变化，也和裂纹的形状类型，以及加载方式有关，但它和材料本身的固有性能无关。而断裂韧性  $K_{IC}$  则是反映材料阻止裂纹扩展的能力，因此是材料本身的特性。

c. 断裂韧性的影响因素有哪些？如何提高材料的断裂韧性？

解：①外因，材料的厚度不同，厚度增大断裂韧性增大，当厚度增大到一定程度后断裂韧性稳定。温度下降断裂韧性下降，应变速率上升，断裂韧性下降。②内因。金属材料，能细化晶粒的元素提高断裂韧性；形成金属化合物和析出第二相降低断裂韧性。晶粒尺寸和相结构，面心立方断裂韧性高，奥氏体大于铁素体和马氏体钢。细化晶粒，断裂韧性提高。夹杂和第二相，脆性夹杂和第二相降低断裂韧性，韧性第二相提高断裂韧性。

提高材料的断裂韧性可以通过①亚温淬火②超高温淬火③形变热处理等方法实现。

### 3、计算：

a. 有一材料，模量  $E=200\text{GPa}$ ，单位面积的表面能  $\gamma_s=8\text{ J/m}^2$ ，试计算在  $70\text{MPa}$  的拉应力作用下，该裂纹的临界裂纹长度？若该材料裂纹尖端的变形塑性功  $\gamma_p=400\text{ J/m}^2$ ，该裂纹的临界裂纹长度又为多少？[利用格里菲斯公式和奥罗万修正公式计算]

解：由格里菲斯公式得

$$a_c = 2a = 2E\gamma_s / \sigma^2 = 2 \times 200 \times 10^9 \times 8 \div (70^2 \times 10^{12}) = 0.653 \text{ mm}$$

由奥罗万修正公式得

$$a_c = 2a = 2E(\gamma_s + \gamma_p) / \pi \sigma^2 = 2 \times 2 \times 200 \times 10^9 \times (8 + 400) \div (70^2 \times 10^{12} \times \pi) = 0.0212 \text{ m}$$

b. 已知  $\alpha$ -Fe 的 (100) 晶面是解理面，其表面能是  $2 \text{ J/m}^2$ ，杨氏模量  $E = 200 \text{ GPa}$ ，晶格常数  $a_0 = 0.25 \text{ nm}$ ，试计算其理论断裂强度？

$$\text{解： } \sigma_m = \sqrt{E\gamma_s / a_0} = \sqrt{200 \times 10^9 \times 2 / (0.125 \times 10^{-9})} = 56.57 \text{ GPa}$$

c. 马氏体时效钢的屈服强度是  $2100 \text{ MPa}$ ，断裂韧性  $66 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ，用这种材料制造飞机起落架，最大设计应力为屈服强度的  $70\%$ ，若可检测到的裂纹长度为  $2.5 \text{ mm}$ ，试计算其应力强度因子，判断材料的使用安全性。[提示：假设存在的是小的边缘裂纹，采用有限宽板单边直裂纹模型， $2b \gg a$ ；若存在的是穿透裂纹，则应用无限大板穿透裂纹模型计算]

$$\text{解： } \textcircled{1} K_I = 1.12\sigma\sqrt{\pi a} = 1.12 \times 0.7 \times 2100 \times 10^6 \times \sqrt{\pi \times 2.5 \times 10^{-3}} = 145.9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

$$\because K_I > K_{IC}$$

$\therefore$  不安全

$$\textcircled{2} K_I = \sigma\sqrt{\pi a} = 0.7 \times 2100 \times 10^6 \times \sqrt{\pi \times 2.5 \times 10^{-3}} = 130.3 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

$$\because K_I > K_{IC}$$

$\therefore$  不安全

## 第五章 疲劳性能

### 1、名词解释：

循环应力 贝纹线 疲劳条带 疲劳强度 过载持久值 热疲劳

解：

循环应力：周期性变化的应力。

贝文线：疲劳裂纹扩展区留下的海滩状条纹。

疲劳条带：略呈弯曲并相互平行的沟槽状花样，与裂纹扩展方向垂直，疲劳断裂时留下的微观痕迹。

疲劳强度：指定疲劳寿命下，材料能够承受的上限循环应力。

过载持久值：材料在高于疲劳强度的一定应力下工作，发生疲劳断裂的应力循环周次。

热疲劳：机件在由温度循环变化产生的循环热应力及热应变作用下，发生的疲劳。

### 2、简答

a. 比较金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料疲劳断裂的特点？

解：金属材料的裂纹扩展分两个阶段  $\textcircled{1}$  沿切应力最大方向向内扩展  $\textcircled{2}$  沿垂直拉应力方向向前扩展。疲劳断口一般由疲劳源、疲劳区、瞬断区组成。有

贝文线（宏观）和疲劳条带（微观）。

陶瓷材料裂纹尖端不存在循环应力的疲劳效应，裂纹同样经历萌生、扩展和瞬断过程。对材料的表面缺陷十分敏感，强烈依赖于  $K_t$ 、环境、成分、组织结构，不易观察到疲劳贝文线和条带，没有明显的疲劳区和瞬断区。高分子材料在高循环应力作用下出现银纹，银纹转变为裂纹并扩展，导致疲劳破坏。低应力条件下，疲劳应变软化。分子链间剪切滑移产生微孔洞，随后产生宏观裂纹。循环应力作用下温度升高，产生热疲劳失效。复合材料有多种损伤形式，如界面脱落、分层、纤维断裂等，不会发生瞬时的疲劳破坏，较大应变会使纤维基体变形不协调引起开裂，形成疲劳源。疲劳性能和纤维取向有关。

b. 疲劳断口宏观断口和微观断口分别有什么特征？

解：宏观断口有三个特征区：疲劳源、疲劳裂纹扩展区、瞬断区。①疲劳源是疲劳裂纹萌生的策源地，多在机件表面常和缺口、裂纹等缺陷及内部冶金缺陷有关，比较光亮，表面硬度有所提高，可以是一个也可以是多个。②疲劳裂纹扩展区断口较光滑并分布有贝文线，有时还有裂纹扩展台阶，断口光滑是疲劳源区的连续，程度随裂纹向前扩展而逐渐减弱，贝文线是最典型的特征。③瞬断区断口粗糙，脆性断口呈结晶状，韧性断裂在心部平面应变区呈放射状或人字纹，边缘应力区有剪切唇存在。一般在疲劳源对侧。

c. 列出至少四条提高金属疲劳性能的措施

解：①喷丸处理②表面热处理③复合强化④次载锻炼

3、计算：

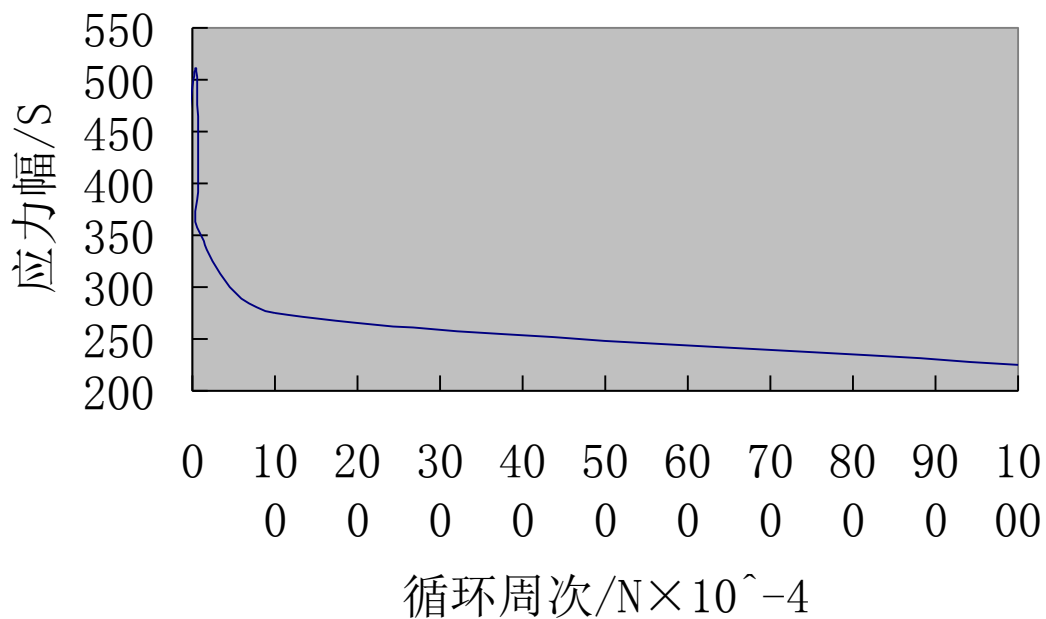
a. 某材料的应力幅和失效循环周次如下：

应力幅 (MPa)	失效循环周次 ( $10^4$ )
500	1
400	7
350	10
275	100
250	>1000
225	>1000

试绘制 S-N 曲线，并确定疲劳极限；如设计要求最少疲劳寿命  $10^5$  次，则许用的最大循环应力是多少？

解：

## S—N曲线



由图知，疲劳极限=250MPa

设计寿命最少 $10^5$ 时，最大需用循环应力为 275MPa。

b. 某压力容器受到升压降压交变应力 $\Delta \sigma = 120\text{MPa}$ 作用，计算得知该容器允许的临界裂纹长度 $2a_c = 125\text{mm}$ ，检查发现该容器有一长度 $2a = 42\text{mm}$ 的周向穿透裂纹，假设疲劳裂纹扩展符合 Paris 公式，假设疲劳扩展系数 $C = 2 \times 10^{-10}$ ， $n = 3$ ，试计算该容器的疲劳寿命和循环 10 万次后的疲劳裂纹长度是多少？

解：设裂纹为无限大板穿透裂纹，则

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a}$$

$$\therefore \Delta K_I = \Delta \sigma \sqrt{\pi a}$$

由 Paris 公式  $\frac{da}{dN} = C(\Delta K_I)^n$  得

$$N = \frac{1}{C(\Delta \sigma \sqrt{\pi})^3} \int_{21 \times 10^{-3}}^{62.5 \times 10^{-3}} a^{-3/2} da$$

解得

$$N = 3016$$

当  $N = 10$  万次时

$$2a =$$

## 第六章 磨损性能

### 1、名词解释：

磨损 接触疲劳

解：

磨损：物体表面相互摩擦时，材料自表面逐渐减少时的过程。

接触疲劳：两材料作滚动或滚动加滑动摩擦时，交变接触压应力长期作用使得材料表面疲劳磨损，局部区域出现小片或者小块材料剥落而产生的疲劳。

### 2、简答

a. 简述常见的磨损类型和特点？如何提高材料的耐磨粒磨损抗力？

解：常见的磨损类型和特点有①粘着磨损，特点是机件表面有大小不等的结疤。

②磨粒磨损，摩擦面上有擦伤或明显犁皱纹。③腐蚀磨损，氧化磨损，磨损产物为氧化物如红褐色的三氧化二铁。④接触疲劳磨损，出现许多豆状、贝壳状或不规则形状的凹坑。

提高磨粒磨损的抗力可以选用高硬度韧性好的材料或使用表面硬化的材料。

b. 试从提高材料疲劳强度、接触疲劳、耐磨性观点出发，分析化学热处理时应注意的事项。

解：化学热处理过程中采用球化退火处理和高温回火，减小碳化物粒度并使之分布均匀。采取适当的去应力退火工艺使材料在一定范围内保持残余应力，提高疲劳强度和耐磨性。

c. 述非金属材料陶瓷、高分子材料的磨损特点？

解：陶瓷材料对表面状态极为敏感，当气氛压力下降时，磨损率加大。高分子材料硬度虽然较低，但具有较大柔顺性，在不少场合下显示较高的抗划伤能力。对磨粒磨损具有良好的适应性、就范性和埋嵌性。

## 第七章 高温性能

### 1、名词解释：

蠕变 蠕变极限 持久强度 应力松弛

解：

蠕变：金属在恒温、恒载荷下缓慢产生塑性变形的现象。

蠕变极限：金属材料在高温长期载荷作用下对塑性变形抗力指标。

持久强度：在规定温度下，达到规定实验时间而不发生断裂的应力值。

应力松弛：在规定温度和初始应力条件下，金属材料中的应力随时间增加而减少的现象。

### 2、简答

a. 列出至少四个提高金属蠕变性能的措施

解：①加入合金元素，形成固溶强化②采用正火加高温回火工艺进行热处理。  
③控制晶粒尺寸④控制应力水平

b. 高温蠕变变形的机理有哪几种？

解：主要有位错滑移蠕变机理、扩散蠕变机理、晶界滑动蠕变机理、粘弹性机理。

### 3、计算：

稳态蠕变(即蠕变第二阶段)的本构方程  $\dot{\varepsilon} = A \cdot \sigma^n \cdot \exp(-Q/RT)$ ，某耐热钢 538℃ 下的蠕变系数  $A = 1.16 \times 10^{-24}$ ， $n=8$ ，激活能  $Q=100\text{kcal/mol}$ ， $R$  为摩尔气体常数  $8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$ ，试计算该钢在 500℃ 时应力 150MPa 下的蠕变速率；

解：由  $\dot{\varepsilon} = A \cdot \sigma^n \cdot \exp(-Q/RT)$  得

$$\begin{aligned}\dot{\varepsilon} &= A \cdot \sigma^n \cdot \exp(-Q/RT) \\ &= 1.16 \times 10^{-24} \times (150 \times 10^6)^8 \times \exp(-100 \times 1000 \times 4.18 / (8.314 \times (538 + 173.15))) \\ &= \end{aligned}$$

## 第八章 耐腐蚀性能

### 1、名词解释：

电化学腐蚀 缝隙腐蚀 电偶腐蚀 钝化

解：

电化学腐蚀：金属表面与电解质溶液发生电化学反应而引起的破坏。

缝隙腐蚀：金属部件在腐蚀介质中，结合部位的缝隙内腐蚀加剧的现象。

电偶腐蚀：异种金属在同一种介质中，由于腐蚀电位不同而产生电偶电流的流动使电极电位较低的金属溶解增加造成的局部腐蚀。

钝化：电化学腐蚀的阳极过程在某些情况下受到强烈阻滞，使腐蚀速率急剧下降的现象。

### 2、简答

a. 为什么说材料的腐蚀是一个自发过程？

解：因为腐蚀是物质由高能态向低能态转变的过程，所以腐蚀是一个自发的过程。

b. 原电池和腐蚀原电池的区别是什么？

解：原电池可以是化学能转化为电能，有电流通过并能对外做功。腐蚀原电池是能进行氧化还原反应，但并不能对外做功的短路原电池。

c. 应力腐蚀断裂的条件和特征是什么？

解：应力腐蚀具有以下特点：①应力。必须有拉应力存在才能一起应力腐蚀，压应力一般不发生应力腐蚀。②介质。一定的材料必须和一定的介质的相互组合，才会发生腐蚀断裂。③速度。应力腐蚀断裂的速度远大于没有应力时的腐蚀速度。④腐蚀断裂形态。应力腐蚀断裂时仅在局部区域出现从表及里的裂纹。

d. 简述材料氧化腐蚀的测量方法和仪器。

解：测量方法有：①质量法②容量法

测量仪器：质量法采用热重分析仪。容量法采用量气管及其他装置。

e. 列出至少四种防止金属材料腐蚀的措施。

解：①金属电化学保护法②介质处理③缓蚀剂保护法④表面覆盖法⑤合理选材

## 第九章 电性能

### 1、名词解释：

电介质、极化强度、铁电体、压电效应、热释电效应、热电效应

解：

电介质：电场下能极化的材料。

极化强度：电介质材料在电场作用下的极化程度，单位体积内的感生电偶极矩。

铁电体：就有铁电性的晶体。

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。

热电效应：温度作用改变材料的电性能参数。（贝塞克效应、帕尔帖效应、汤姆逊效应）。

压电效应：没有电场作用，有机械应力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。

### 2、填空题

a. 从极化的质点类型看，电介质的总极化一般包括三部分：位移极化、松弛极化、转向极化；从是否消耗能量的角度看，电介质的极化分为弹性极化和非弹性极化两类，其中位移极化是弹性的、瞬时完成的极化，不消耗能量；而松弛极化的完成需要一定的时间，是非弹性的，消耗一定的能量。

b. 电介质在电场作用下产生损耗的形式主要有电导损耗和电离损耗两种；当外界条件一定时，介质损耗只与  $\epsilon \tan \delta$  有关，而  $\epsilon \tan \delta$  仅由  $\delta$  决定，称为介质损耗角。

c. 电介质材料在电场强度超过某一临界值时会发生介质的击穿，通常击穿类型可分为电击穿、化学击穿、热击穿三类。

d. 铁电体具有电滞回线、居里点和临界特性三大特征。

e. 测量电阻常用的方法有双电桥法、电位差计法、安培—伏特计法和直流四探针法。

f. 金属的热电现象包括贝塞克效应、帕帖效应和汤姆逊效应三个基本热电效应。

### 3、简答题：

a. 简述电介质、压电体、热释电体、铁电体之间的关系。

解：电解质包括压电体、热释电体、铁电体。压电体和热释电体都是不具有对称中心的晶体。热释电体和铁电体都能在一定的温度范围内自发极化。

b. 为什么金属的电阻随温度升高而增大，半导体的电阻随温度升高减小？

解：金属属于电子到电机制，温度升高，电子运动自由程减小，散射几率增大导致电阻增大。半导体导电取决于电子-空穴对数量多少，温度升高，电子-空穴对数增多，导电电阻减小。

c. 表征超导体性能的三个主要指标是什么？目前氧化物高温超导体应用的主要弱点是什么？

解：三个指标是：①临界转变温度  $T_c$  ②临界磁场  $H_c$  ③临界电流密度

目前氧化物高温超导体应用的主要弱点是①超导体材料的氧化物制备困难②材料加工困难③临界温度难以维持

e. 一般来说金属的电导率要高于陶瓷和聚合物，请举例说明这个规律并不绝对正确。

解：PAN、

## 第十章 磁性能

### 1、名词解释：

磁化强度 矫顽力 饱和磁化强度 磁导率和磁化率 剩余磁感应强度 磁畴 趋肤效应

解：

磁化强度：物质在磁场中被磁化的程度，单位体积内磁矩的大小。

矫顽力：去掉剩磁的临界外磁场。

饱和磁化强度：磁化强度的饱和值。

磁导率：表征磁介质磁性的物理量。

磁化率：表征物质本身的磁化特性的物理量。

剩余磁感应强度：去掉外加磁场后的磁感应强度。

磁畴：磁矩方向相同的小区域。

趋肤效应：交变磁化时产生感生电动势，使得磁感应强度和磁场强度沿样品界面严重不均匀，好像材料内部的磁感应强度被排斥到表面的现象。

### 2、简答：

a. 物质的磁性可分为几类？各自的特点和区别？

解：按磁化率分为三类：①抗磁性材料②顺磁性材料③铁磁性材料

抗磁体磁化率为  $10^{-6}$  量级负数，附加磁矩与 方向相反，减弱磁场。

顺磁体磁化率为  $10^{-3} \sim 10^{-6}$  量级正数，略微增强磁场。

铁磁体在较弱的磁场下就能产生很大的磁化强度，磁化率为很大的正数，且与外磁场非线性变化。

b. 说明冲击法测量材料磁性能的原理.

解: 在测试线圈中通以电流, 则线圈中产生磁场, 试样被磁化, 磁感应强度  $B$ 。利用换向开关使得外磁场方向突然变化。试样中的磁通量变化, 引起测量线圈中有电流产生, 检流计偏转, 利用公式计算出磁感应强度  $B$ , 不同磁场强度下测出  $B$ , 绘出磁滞回线。

c. 简述常用的磁性材料分类及其主要特点。

解: 常用磁性材料分为软磁材料和硬磁材料。

软磁材料矫顽力很小, 磁滞回线窄, 磁滞损耗小。

硬磁材料矫顽力大, 磁滞回线宽, 磁滞损耗大。

d. 什么是自发磁化? 铁磁体形成的条件是什么? 有人说“铁磁性金属没有抗磁性”, 对么? 为什么?

解: 自发磁化是指在没有外磁场的情况下, 材料的子磁矩自发同向排列的现象。

铁磁体的形成条件除了金属原子具有未被抵消的自旋磁矩外, 还必须使得自旋磁矩自发的通向排列。

说法错误, 铁磁性金属的附加磁矩并不是全部都与外场的方向相同, 部分磁矩的方向任然与外场相反。

e. 哪些磁性能参数是组织敏感的? 哪些是不敏感的?

解:  $M_s$ 、 $T_c$ 、 $K$  磁晶各向性,  $\lambda$  磁致伸缩系数等组织不敏感。

饱和磁化度、 $H_c$ 、 $B_r$ 、 $\mu$ 、 $\chi$  等组织敏感。

f. 交变磁化下能量损耗包括哪些?

解: ①涡流损耗 ②磁滞损耗 ③剩余磁损耗

g. 电子行业用的坡莫合金线圈一般是绕起来以后再退火, 为什么不在绕之前退火? [提示: 加工对磁性的影响]

解: 加工硬化使得原子间距增大而密度减小, 使材料的抗磁性减弱。退火的作用与加工硬化正好相反, 所以要绕起来后再退火。

3、计算:

a. 铁原子具有 2.2 波尔磁子, 试求铁的饱和磁化强度  $M_s$ 。(铁的相对原子质量 55.9, 密度 7.87)

解:

b. 在外场  $H=5 \times 10^5 \text{ A/m}$  下, 某材料磁感应强度  $B=0.63 \text{ T}$ , 试计算该材料的磁化率和磁导率? 属于哪一类磁性? 若外场为  $200 \text{ A/m}$  下某材料的磁化强度  $M=1.2 \times 10^6 \text{ A/m}$ , 试计算此材料的磁导率、磁化率和磁感应强度? 它又属于哪一类磁性?

解: 由  $M = \chi H$  及  $B = \mu_0(H + M) = \mu H$  得

$$M = B / \mu_0 - H = 1338 \text{ A/m}$$

$$\therefore \chi = M / H = 2.67 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \mu = B / H = 1.26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

若外场为 200A/m 时  $M = 1.2 \times 10^6 \text{ A/m}$  则

$$\begin{aligned}\chi &= M / H = 6 \times 10^3 \\ B &= \mu_0 (H + M) = 4\pi \times 10^{-7} \times (200 + 1.2 \times 10^6) = 1.51 \text{ T} \\ \mu &= B / H = 1.51 / 200 = 7.55 \times 10^{-3} \text{ H/m}\end{aligned}$$

## 第十一章 热性能

### 1、名词解释：

热容 热膨胀 差热分析 热导率 导温系数

解：

热容：在没有相变或化学反应的条件下，材料温度升高 1K 时所吸收的热量称为该材料的热容。

热膨胀：物体的体积或长度随温度升高而增大的现象。

差热分析：在程序温度控制下，测量试样和参照物的温度差随温度或时间的变化关系。

热导率：一定温度梯度下，单位时间内通过单位垂直面积的热量。

导温系数：材料棒各点的温度随时间变化，截面上各点温度的变化率。

### 2、简答：

a. 什么叫德拜温度，有什么物理意义？

解：  $\theta_D = h\nu_{\max} / k \approx 4.8 \times 10^{11} \nu_{\max}$  为德拜温度是金属的本征物理量，间接反映了键的强度。

b. 简述固体膨胀的物理本质

解：质点在平衡位置两侧受力情况并不对称，在质点平衡位置的两侧，合力曲线的斜率不同，质点振动时的平均位置偏离平衡位置处，相邻质点间的平均间距离增加，温度越高，振幅越大，受力不对称情况越显著，平均间距离增加的越多，以致晶胞参数增大，固体膨胀。

c. 试分析材料的导热机理，金属、陶瓷、透明材料的导热有何差别？

解：气体材料导热通过分子碰撞来实现，固体材料依赖自由电子的运动和晶格振动波实现。金属材料导热主要依赖于电子导热。陶瓷材料则主要通过声子导热。透明材料通过光子导热。

d. 简述热容和热膨胀的关系？

解：固体材料受热引起的容积膨胀是晶格振动加剧的结果。晶格振动的加剧是原子（离子）热运动能量的增大，升高单位温度时能量的增量正是热容。两者的比值接近于恒值。

### 问题：

① 某压力容器受到升压降压交变应力  $\Delta \sigma = 120 \text{ MPa}$  作用，计算得知该容器允许的临界裂纹长度  $2a_c = 125 \text{ mm}$ ，检查发现该容器有一长度  $2a = 42 \text{ mm}$  的周向穿透裂纹，假设疲劳裂纹扩展符合 Paris 公式，假设疲劳扩展系数  $C = 2 \times 10^{-10}$ ， $n = 3$ ，试计算该容器的疲劳寿命和循环 10 万次后的疲劳裂纹长度是多少？

② 一般来说金属的电导率要高于陶瓷和聚合物，请举例说明这个规律并不绝对正确。

③ 铁原子具有 2.2 波尔磁子，试求铁的饱和磁化强度  $M_s$ 。(铁的相对原子质量 55.9，密度 7.87)

④ 什么是材料的性能？包括哪些方面？