

哈尔滨工业大学

第 页
共 页

二〇〇七年硕士研究生入学考试试题

考试科目：材料科学与工程基础 报考专业：复合材料

考试科目代码：[440]

考生注意：答案务必写在答题纸上，并标明题号。答在试题上无效。

题号													总分
分数													150 分

一、概念题（每题 4 分，5 题共 20 分）

1、复合材料

复合材料是由两种或两种以上物理或化学性质不同的物质组合而成的一种多相固体材料。在复合材料中，通常有一种相为连续相，称为基体；另一相为分散相，称为增强材料。

2、复合材料的缠绕工艺

将浸过树脂胶液的连续纤维或布带，按照一定规律缠绕到芯模上，然后固化脱模成为增强塑料制品的工艺过程，称为缠绕工艺。

3、C/C 复合材料

碳/碳复合材料是由碳纤维或各种碳织物增强碳，或石墨化的树脂碳（或沥青）以及化学气相沉积（CVD）碳所形成的复合材料，是具有特殊性能的新型工程材料，也被称为碳纤维增强碳复合材料。

4、玻璃

玻璃是通过无机材料高温烧结而成的一种陶瓷材料。与其他陶瓷材料不同，玻璃在熔化后不经结晶而冷却成为坚硬的无机材料，即具有非晶态结构是玻璃的特征之一。

5、陶瓷材料的离子键性比例

陶瓷材料的化学键是介于离子键和共价键之间的混合键。对一个具体的陶瓷材料，离子键性比例表示其化学键的离子结合程度，即化学键中离子键成分的多少。一般来说，元素的电负性差值越大，离子键性越强。

二、简答题（每题 8 分，4 题共 32 分）

1、聚合物的组织结构特点

聚合物是巨型的链状分子（也称大分子或高分子），其中碳原子共价键结合形成此种链状分子的骨架。由一些小分子构成大分子的过程称为聚合反应，聚合物的基本结构单元（小分子）称为聚合物的单体或重复单元。

聚合物的分子链由大量相同或不不同的结构单元组成，一条长链由两价、三价或四价结构基团连接而成。聚合物通过共价键连成线型、支链型、网状或梯型结构。

2、陶瓷材料性能的主要特点

陶瓷是金属和非金属元素的固体化合物，其键合为共价键或离子键，与金属不同，它们不含有大量电子。一般而言，陶瓷具有比金属更高的熔点和硬度，化学性质非常稳定，耐热性和抗老化性皆佳。通常陶瓷是绝缘体，在高温下也可以导电，但比金属导电性差得多。虽然陶瓷的许多性能优于金属，但它也存在致命的弱点，即脆性强、韧性差，很容易存在裂纹、空隙、杂质等微观缺陷而破碎，引起不可预测的灾难性后果。

3、用于 1000℃ 以上的高温复合材料的金属基体

用于 1000℃ 以上的高温金属基复合材料的基体材料主要是镍基、铁基耐热合金和金属间化合物，较成熟的是镍基、铁基高温合金。金属间化合物基复合材料尚处于研究阶段。镍基高温合金是广泛使用于各种燃气轮机的重要材料。用钨丝、钼钨丝增强镍基合金可以大幅度提高其高温性能。

4、复合材料设计的三个层次

复合材料设计的三个层次分别为单层材料设计、铺层设计、结构设计。单层材料设计包括正确选择增强材料、基体材料及其配比，该层次决定单层板的性能；铺层设计包括对铺层材料的铺层方案做出合理的安排，该层次决定层合板的性能；结构设计则最后确定产品结构的形状和尺寸。这三个设计层次互为前提、互相影响、互相依赖。

三、论述题（每题 12 分，4 题共 48 分）

1、叙述金属粉末冶金的烧结过程

烧结是指将坯体或金属粉末加热到基体组元熔点以下温度，并保温一段时间，而使粉末颗粒相互结合起来成为致密体，并达到所要求的性能的过程。

在烧结过程中，金属粉末坯料经历一系列的物理化学变化。

开始水分或有机物的蒸发或挥发，吸附气体的排出，应力的消除，以及粉末颗粒的表面氧化物的还原等。

继之原子发生扩散，以致粘性流动和塑性流动（特别是液相烧结条件下尤为如此），随之粉末颗粒间的接触面不断增大，并形成烧结颈。

烧结过程进一步发展，烧结颈不断长大，随之发生再结晶，形成统一的致密体。继续烧结有时还会发生晶粒异常长大现象。

在烧结过程中，随烧结颈的形成与长大，烧结体的孔隙会随之发生变化，先是收缩发生多面体化，而后球状化，并且在此过程中伴随发生由开口孔隙向闭孔孔隙的转变及孔隙之间的合并，从而使孔隙率下降。

上述烧结过程彼此间无明显的界限，通常是交叉进行，互相重叠，互相影响。烧结最终可形成与同材的理论密度相等或接近的致密材料。

2、界面机能归纳为五种效应

复合材料界面是指基体与增强物之间化学成分有显著变化的、构成彼此结合的、能起载荷传递作用的微小区域。界面是复合材料的特征，可将界面的机能归纳为以下几种效应：

（1）传递效应 界面能传递力，即将外力传递给增强物，起到基体和增强物之间的桥梁作用；

（2）阻断效应 结合适当的界面有阻止裂纹扩展、中断材料破坏、减缓应力集中的作用；

（3）不连续效应 在界面上产生物理性能的不连续性和界面摩擦出现的现象，如抗电性、电感性、磁性、耐热性、尺寸稳定性等；

（4）散射与吸收效应 光波、声波、热弹性波、冲击波等在界面产生散射和吸收，如透光性、隔热性、隔音性、耐机械冲击及耐热冲击性等；

（5）诱导效应 一般物质（通常是增强物）的表面结构使另一种（通常是聚合物基体）与之接触的物质的结构由于诱导作用而发生改变，由此产生一些现象，如强的弹性、低的膨胀性、耐热冲击性和耐热性等。

3、碳纤维性能特点以及物理性能

碳纤维性能优异，不仅重量轻、比强度大、模量高，而且耐热性高以及化学稳定性好。其制品具有非常优良的 X 射线透过性，阻止中子透过性，还可以赋予塑料以导电性和导热性。以碳纤维为增强剂的复合材料具有比钢强、比铝轻的特性，是一种目前最受重视的高性能材料之一。它在航空航天、军事、工业、体育器材等许多方面有着广泛的用途。

(1) 碳纤维的比重为 1.5~2.0 之间，这除与原丝结构有关外，主要决定于碳化处理的温度。一般经高温 (3000℃) 石墨化处理，比重可达 2.0。

(2) 碳纤维的热膨胀系数与其他类纤维不同，它有各项异性的特点。平行于纤维方向是负值 ($-0.72 \sim -0.90 \times 10^{-6}/K$)，而垂直于纤维方向是正值 ($22 \sim 32 \times 10^{-6}/K$)。

(3) 碳纤维的比热一般为 $0.712 KJ/(Kg \cdot K)$ ，导热率有方向性，平行纤维方向的导热率为 0.04 卡/秒·厘米·度，而垂直于纤维轴方向为 0.002 卡/秒·厘米·度，导热率随温度升高而下降。

(4) 碳纤维的比电阻与纤维的类型有关，在 25℃ 时，高模量纤维为 775 微欧·厘米，高强度碳纤维为 1500 微欧·厘米，碳纤维的电动势为正值，而铝合金的电动势为负值。因此，碳纤维复合材料与铝合金组合应用时会发生电化学腐蚀。

4、晶须的结构与性能，在制备上与纤维增韧陶瓷基复合材料的优越性。

晶须是目前已知纤维中强度最高的一种，其机械强度几乎等于相邻原子间的作用力。晶须高强的原因，主要是由于它的直径非常小，容纳不了能使晶体削弱的空隙、位错和不完整等缺陷。晶须材料内部结构完整，使它的强度不受表面完整性的严格限制。晶须分为陶瓷晶须和金属晶须，用作增强材料的主要是陶瓷晶须。晶须直径只有几个微米，断面呈多角状，长度一般为几个厘米。晶须兼有玻璃纤维和硼纤维的优良性能，晶须没有显著的疲劳效应，切断、球磨或其他工艺操作，都不会降低其强度。

长纤维增韧陶瓷基复合材料虽然性能优越，但它制备工艺复杂，而且纤维在基体中不易均匀分散。由于晶须的尺寸很小，形貌上与粉末一样，因此在制备复合材料时只需将晶须分散后与基体粉末混合均匀，然后对混好的粉末进行热压烧结，即可制得致密的晶须增韧陶瓷基复合材料。