

2015 年材料与工程复试笔试

1.材料的四大要素是什么？它们之间的关系如何？

1. 材料的四要素为：合成与加工、组成与结构、性质、使用性能

a) 组成和结构是材料在原子分子的度量，

b) 合成与加工是指建立原子、分子和分子聚集体的新排列，在原子尺度到宏观尺度的所有尺度上对结构进行控制以及高效而有竞争力地制造材料和零件的演变过程。

c) 性质是材料功能特性和效用的定量度量和描述。

d) 使用性能通常是指材料在最终的使用过程中的行为和表现。

2. 材料学就是研究四要素之间关系的一门学科。对材料科学与工程的发展来说，上述四个要素是基本的，整体的，缺一不可的。材料的四要素反映了材料科学与工程研究的共性问题，其中合成和加工、使用性能是两个普遍的关键要素。在四个要素上，各种材料相互借鉴、相互补充、相互渗透。

1) 材料的合成与加工决定了组成与结构，

2) 组成与结构决定了材料的性质，

3) 材料的性质是组成与结构的外在反映，又提供了材料的使用性能。

4) 只有通过合成与加工改变了材料的结构与成分，才能改变和控制材料的使用性能，

5) 材料的使用性能与使用环境有关

要有效地使用材料，必须了解合成与加工、组成与结构、性质、使用性能及使用环境的影响。

在四要素关系中，最基本的是组成与结构和使用性能的关系，材料学的主要任务就是研究材料的组成与结构、使用性能及二者间的关系。

2.材料的加工与合成的定义和内容、关系以及发展前景。

定义和内容：

1. 合成与加工 是指建立 原子、分子和分子聚集体 的 新排列，在从原子尺度到宏观尺度的 所有尺度上 对结构进行 控制 以及高效而有竞争力地制造材料和 零件 的演变过程。

2. 合成是指原子、分子 重新排列 或者 相互反应 以制造新材料的 物理与化学方法。合成是发现新的化学现象和物理现象的 主要源泉，合成还是新技术开发和现有技术改进中的 关键要素。

3. 加工（成型加工），除了上述为生产材料而进行的原子、分子控制外，还包括 较大尺度 的概念，有时也包括 制造等工程问题。

关系：

1. 材料的合成与加工工艺决定了材料的组成与结构，从而决定了材料的性质；
2. 合成决定材料的组成，赋予材料的基本性质；加工改变材料的结构，进一步改进和实用化材料，最终赋予材料使用性能
3. 合成时需要考虑材料的加工性能，而加工又对合成工艺的改进提出要求
4. 合成与加工是控制产品 质量、成本 的关键

发展前景：

现今，合成与加工的区别日渐模糊，这是由于材料在合成时往往 预先考虑到后续加工，如高分子材料的 注射成型 将单体快速混合，充模，瞬间同步完成 聚合反应与成型。

新型导电聚合物、陶瓷超导体、无位错单晶 等材料的出现，表明了合成与加工基础研究对新材料开发的 重要性，而通过对材料加工过程中 动力学现象 的研究改进加工工艺。

3. 离子键、共价键、金属键有无方向性？并加以说明？

/分子中各结合键特点（离子键，金属键，共价键）

/什么是四种原子结合力，讨论由此产生的材料性能上的区别。

1) 离子键

a) 离子键是正、负离子依靠静电库仑力而产生的键合。

- b) 离子键无方向性和饱和性。离子周围总是尽可能多的排列带异性电荷的离子，使体系能量最低；离子键本质上是静电力，包括静电引力和静电斥力；二者达到平衡时，体系能量最低，形成离子化合物，故没有方向性和饱和性。
- c) 离子晶体因其依靠强键力 - 静电库仑力结合。故其结构非常稳定。表现为晶体的熔点高、硬度大、导电性差、膨胀系数小。

2) 共价键

- a) 共价键是由原子之间通过共用电子对或电子云重叠而产生的键合。
- b) 共价键有方向性和饱和性。共价键形成时，由于能量上的原因，总是选择在合适方向上成键，即共价键具有方向性。此外，由于共价键来源于电子共享，因此形成共价键的数目必然受到电子结构限制，即共价键具有饱和性。
- c) 共价键结合力很大，因此共价晶体结构比较稳定，具有熔点高、硬度大、导电性差等性质。

3) 金属键

- a) 金属键是失去最外层电子的原子实和自由电子组成的电子云之间的静电库仑力而产生的键合。
- b) 金属键无饱和性和方向性，特点是电子的共有化。其外层电子比共价键更共有化，故金属键缺乏方向性和饱和性。
- c) 自由电子运动导致了金属的高导电率，高热导率。

4、什么是同位素？为什么 M 不是整数？

具有相同质子数，不同中子数的同一元素的不同核素互为同位素，各同位素的相对原子质量是整数。

M 为元素的相对原子质量，其相对原子质量是其所有同位素根据在自然界的丰度求平均值得出的。

以碳元素为例，碳元素有三种同位素，即稳定同位素 ^{12}C 、 ^{13}C 和放射性同位素 ^{14}C ，它们在自然界的丰度分别为 A、B、C：

碳元素的相对原子质量 $M = 12 \times A + 13 \times B + 14 \times C$ ，因此 M 不是整数。

5、合成 / 加工某一种材料的示意图？

6. 材料研究的热点问题是什么？ 举例说明 并 分析原因 ？以及说明 发展前景 ？

1) 气凝胶

原因：高孔隙率、低热导率、比表面积大，隔热保温性能优异、密度最低的固体。

具有独特的纳米多孔三维空间网络结构，95%以上由空气构成。

发展趋势：目前绝大部分气凝胶为二氧化硅气凝胶，但其仍有韧性差、制备工艺繁琐的缺点。近年来，有机-无机杂化气凝胶和有机气凝胶快速发展，进一步提高了气凝胶的性能。气凝胶凭借高透光率和低热导率可以作为太阳能集热器的保温材料，也可以作为冰箱的隔热材料以减少制冷剂对环境的破坏，还可以作为保暖服装的填充材料。以气凝胶作为夹层的玻璃窗具有优良的吸声和隔热性能。美国 NASA 将气凝胶作为航天器重返大气和火星探测器抵抗夜晚超低温的隔热材料。我国核潜艇反应堆上也使用了气凝胶隔热材料。总的来说，气凝胶在节能环保、保温隔热、电子器件、建筑、军工、航空航天等领域有巨大潜力。

2) 石墨烯

原因：具有优良的导电和光学性能；已知强度最高的材料之一，具有良好的韧性；超导性，高载流子迁移率

发展趋势：2010 年诺贝尔物理学奖造就近年技术领域和资本市场石墨烯炙手可热，将在光电显示、半导体、柔性电子器件、储能电池、传感器、航天、军工、复合材料、生物医药等领域快速增长。

3) 碳纳米管

原因：高硬度、良好的韧性、优良的导电性能、较高的热导率、最高比强度材料。
 发展趋势：功能器件电极、催化剂载体、传感器等。

4) 拓扑材料

原因：拓扑材料的拓扑不变量为零；具有特殊对的表面态“螺旋表面态”，理论上可以实现无能耗传输

发展：超低功耗电子元件；量子计算机基础材料

7、逐步聚合和连锁聚合的区别，从原料、原理、分子量控制三个方面说明。

	连锁聚合	逐步聚合
原料	烯类，包括单取代和 1，1-双取代的单烯类、共轭二烯类，是加聚的主要单体。但一般情况下，大部分烯类并不能自动打开π键而聚合，而是有赖于引发剂或外加能。	进行缩合和缩聚反应的两种官能团可以分属于两种单体分子，也可能在同一种单体分子上。
原理	由链引发、链增长、链终止等基元反应组成，其速率常数和活化能各不相同，显示出慢引发、快增长、速终止的动力学特征，总反应速率由链引发控制。一经引发，链增长和链终止几乎瞬间随即完成。	逐步聚合反应无活性中心，通过单体种不同官能团之间相互反应而逐步增长，每步反应的速率和活化能大致相同，不能区分出链引发、链增长和链终止。
分子量控制	1、延长聚合时间，转换率提高，分子量变化较小。 2、微量苯醌类阻聚剂可消灭活性种，使聚合终止。	1、延长缩聚时间，分子量提高，而转化率变化较小。

8、说明非晶材料的“近程有序，远程无序”情况？

组成材料的质点空间排列若具有 周期性 和 对称性 则为晶体；反之，若质点空间排列无 周期性 和 对称性 ,即不存在 远程有序性 ,只在相邻几个原子之间有序（近程有序），为 非晶态材料 /玻璃态材料。这一特点简述为“近程有序，长程无序”。

远程有序：材料的结构在原子、分子尺度有序排列；

近程有序：材料的结构在宏观范围内没有有序排列；

例如玻璃，其每一个硅氧四面体局部区域离子排列有序，而宏观来看原子排列无序。

9、如何增加非金属 /高分子材料的耐热性？并解释其原理？

增加聚合物的耐热性主要有三个途径

1. 增加链刚性：引入环状结构、大位阻侧基和共轭双键
2. 增加分子间作用力：交联、引入强极性基团或能形成氢键的基团
3. 提高结晶度：退火、加入成核剂或加入填充剂、增强剂起到类似结晶的物理交联作用

即马克三角原理。

结晶聚合物较之非晶聚合物，具有明显的熔点、较高的密度、较高的模量和良好的耐溶剂性，因此结晶性聚合物的物理与化学稳定性都较高。故耐热聚合物常有较高的结晶度，如聚烯烃、聚酰胺等。

交联使聚合物分子形成三维空间网络结构，链段和分子链运动受限制，聚合物的玻璃化温度和模量均随交联密度的增加而增加，没有粘流态，升温只会逐渐分解。因此增加交联可增加聚合物的耐热性，如酚醛、脲醛等热固性塑料。

聚合物分子主链上引入环状结构、大位阻侧基或形成共轭结构后，分子链内旋转困难，链段运动受限制，增加了分子链的刚性，增加了玻璃化温度、熔点和热稳定性。例如，聚苯硫醚 PPS和聚芳砜 PASF。

10、以你研究过的课题为例，从课题的选定（目的）、研究的方法和意义、研究的条件和内容、可能出现的结果、创新点方面出发介绍你的研究。

课题：全水发泡聚氨酯硬质泡沫的研发

*

选题目的：

发泡体系中扩链剂的官能团种类和官能度是控制聚氨酯泡沫的密度和尺寸稳定性的关键条件。//本课题针对全水发泡聚氨酯体系，选择醇类和胺类的扩链剂，同时选用不同官能度的扩链剂，研究扩链剂的官能团种类和官能度对聚氨酯

泡沫密度和尺寸稳定性

的影响，//探索最佳的扩链剂以获得 低密度、高强度、尺寸稳定性良好 的全水发泡聚氨酯泡沫。

研究方法和内容： *

1) 以水作为 发泡剂，选择了三个水含量（ 3% ， 4% 和 5% ）进行实验，探究其 用量 对聚氨酯泡沫性能的影响；

2) 以 丁二醇（ BDO ）、丙三醇（ GCO ）、二乙醇胺（ DEOA ）为扩链剂 制备一系列聚氨酯泡沫，通过 红外光谱、扫描电镜、导热仪、万能试验机 等测试研究聚氨酯泡沫的 结构、微观形貌、导热性能、抗压性能 等。以此探索 水的用量、扩链剂的种类 等对聚氨酯泡沫性能的影响。

研究意义：

1.水作为一种 “ 绿色 ” 发泡剂，所制备的聚氨酯泡沫 无毒副作用，对臭氧层的消耗潜值 为零，并且不带来 温室效应，成为取代传统发泡剂（ 氢氟烃化合物 HFC ）的理想选择。//然而水发泡所生成的 CO_2 气体的 导热率较高，且 CO_2 从泡孔内 逸出的速率 远大于 空气进入的速率，故生成的硬质泡沫塑料 尺寸稳定性较差//欲制得尺寸稳定性较好的 CO_2 发泡的硬泡，一般须 增加密度，而目前泡沫正朝着 低密度化 发展，//因此，通过 调整配方 以调控聚氨酯泡沫的 密度和尺寸稳定性 具有十分重要的意义。

研究结果：

对于墙体保温的聚氨酯硬泡，导热系数要在 $0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下。

1.在 低水用量 条件下发泡时，使用 丁二醇 为发泡剂，因为丁二醇发泡的 导热系数 较低， 保温性能 较好。

2.在 高水用量 条件下发泡时，使用 丙三醇 为发泡剂，此时泡体的 压缩性能 较好，能增加保温材料的 强度。

3.综合性能相对较好的体系为 水用量 选择 4%，扩链剂 选用丁二醇。

创新点：本研究通过实验对比确定了能够满足 实际需求 和 相关标准 的水发泡聚氨酯硬质泡沫 配方，以 水 作为发泡剂取代了对 臭氧层 有较大伤害的 氟氯烃类 发泡剂，同时具有 较好的隔热性能，环保节能。

11、列举查询外文文献的网站？并说明如何使用？以及世界上著名的三大文献检索系统是什么，和它们收录什么内容？ SCI 收录和 EI 收录的意思。 2014/2015

1) 查询文献：

外文：ScienceDirect, Springer link, Wiley, Eisewier, ACS, RSC

中文：万方、维普、中国知网

2) 文献查找方法：

- i. 直接法：按 标题，作者，类别，关键词 直接查询。
- ii. 追溯法：按 参考文献，年，卷，页 查询。
- iii. 顺查法：根据检索，课题的 起始年代 利用选定的检索工具， 由远及近 的逐个查找。
- iv. 倒查法：与顺查顺序 相反，由近及远。
- v. 抽查法：重点抓住学科专业发展 高潮阶段，文献发表数量较多的年代， 抽出一个或几个时间段 进行查找。
- vi. 缩环法：在检索信息时，既利用 成套的检索工具 检索，又利用 原始文献后所附的参考文献 进行回溯，分阶段按周期的交替使用。

三大文献检索系统：

SCI(科学引文索引)：由美国科学信息研究所于 1961 年创办出版的引文数据库，收录全世界出版的 自然科学各学科 的核心期刊；

EI(工程索引)：美国工程信息公司出版的工程技术类综合检索工具，收录 工程技术领域 的重要文献；

ISTP(科技会议录索引)：由美国科学信息研究所于 1978 年编辑出版的科技会议录索引。该索引收录 自然科学各学科 的会议文献

SCI 收录：在 SCI 收录的期刊上刊登的论文

EI 收录：在 EI 收录的期刊上刊登的论文

12、固体材料结构类型的 转变 主要是受 哪些因素 的影响？

固体材料存在 同素异构转变、非晶态的晶化、相分离 和 结构弛豫 等结构转变。

- 1) 同素异构转变：改变 温度 或 压力 等条件，可使固体从一种 晶体结构 变为另一种 晶体结构，影响因素 是 温度 和 压力。
- 2) 非晶态的晶化：非晶态是 亚稳态，通过 成核 和 晶核 长大过程可以发生 晶化，影响因素 是 温度 和 扩散。
- 3) 相分离：当 温度、压强 等外界条件变化时，多组元体系有时会分离成具有不同组分和结构的几个相，影响因素 是 温度。
- 4) 结构弛豫：在外界因素影响下，一个偏离了原来 平衡态或亚稳态 的体系恢复到原来状态 的过程。影响因素 是 时间 和 退火温度

13、以 聚合物，陶瓷，金属 中的任一物质，对其组成，结构，性能的检测说出三种方法，并说明原理？

以 聚合物 为例 *

结构：TEM、SEM、XRD

TEM

组成：NMR、FTIR

FTIR

性能：万能试验机、DSC、TGA、TMA

DSC

14、塑料，橡胶，纤维的区别。

通常所说的塑料、橡胶，是按照 T_g 在室温之上或室温之下划分的。

塑料：对于 晶态 聚合物， T_m 为使用的上限温度。对于 非晶态 聚合物，处于 玻璃态， T_g 是使用的上限温度。

橡胶：处于 高弹态的非晶态聚合物。 T_g 是使用的 下限 温度， T_g 应低于室温 70 以上，对于 硫化 橡胶 T_d 是使用的 上限 温度，对于 未硫化 橡胶 T_f 是使用的 上限 温度。

纤维：大部分纤维是 晶态 聚合物， T_m 应高于室温 150 以上；分子排列 有一定 规则和取向。

*

16、材料的力学性能（弹性，塑性，硬度，韧性，强度）和热学性能有着相同的“结构起源”，简述这种“结构起源”，并说出这种结构的表征手段。 2014/2015

无论哪种材料，都是由小单元组合而成，即结构决定性质，性质反映结构，这种小单元可以追溯到分子、原子等。材料的性质包括，力学性质和热学性质。而力学性质分为模量，韧性，断裂强度，冲击强度等。热学性质分为温度，内能，焓变，熵变，自由能等。无论哪种性质都是由这种小单元决定，即共同的起源——小单元（分子，原子等）

表征：核磁共振谱，紫外光谱等。

*

18、导体、半导体、绝缘体三者的区别。

1) 各种物体对电流的通过有着不同的阻碍能力，这种阻碍能力常用电阻率衡量。电阻率是用来表示各种物质电阻特性的物理量。

a) 电阻率小的（约 $10^{-5} \Omega \cdot m$ ）导电性能好的物体叫做导体。

b) 电阻率很大的（电阻系数约为 $10^8 \Omega \cdot m$ ）导电性能很差的物体叫做绝缘体。

c) 导电性能介于导体和绝缘体之间的物体叫做半导体，这种材料在一定温度范围内随温度升高而增加电荷载流子的浓度，电阻率下降

2) 导体与绝缘体之间没有绝对的界限，在条件变化时，导体也成为绝缘体，或绝缘体也成为导体。

3) 绝缘体的禁带宽度较大，价带顶的电子难以跃迁到导带底成为自由电子，故电导率较低；导体的禁带宽度较小，价带顶的电子容易跃迁到导带底成为自由电子，同时在价带顶形成空穴，故电导率较高；半导体禁带宽度介于二者之间，故电导率也介于二者之间。（能带理论）

19、什么是红外光谱，什么是拉曼光谱，用途。

红外光谱： *

1. 是分子吸收光谱的一种。利用物质对红外光区电磁辐射的选择性吸收来进行结构分析及定性和定量分析的方法。被测物质的分子在红外线照射下，只吸收与其分子振动、转动频率相一致的红外光。

2. 对红外光谱进行剖析，可对物质进行定性分析。化合物分子中存在着许多原子团，各原子团被激发后，都会产生特征振动，其振动频率也必然

反映在 红外光谱 上。据此可鉴定化合物中各种原子团，也可进行定量分析。

拉曼光谱：

- 1) 当用 波长 比试样 粒径 小得多的 单色光 照射气体、液体等透明试样时，大部分的光会按原来的方向 投射，而一小部分则按不同的角度 散射 开来，产生 散射光。在 垂直方向 观察时，除了与入射光有 相同频率 的瑞利散射 外，还对称分布着若干条很弱的与入射光频率发生 位移 的拉曼谱线，这种现象称为 拉曼效应。
- 2) 由于拉曼谱线的 数目，位移的大小，谱线的长度 直接与试样 分子振动或转动 能及有关，因此，对拉曼光谱的研究可以得到有关 分子振动或转动 的信息。目前拉曼光谱分析技术已广泛应用于物质的鉴定， 特别适合没有极性的 对称分子的检测。

2016/2017 年材料与工程复试笔试

必做题

- 2、SEM、FTIR、GPC、DSC、TEM、SAXS 在材料结构中的应用。（任选两种）
 - 1) **FTIR**：傅里叶变换红外光谱仪。用于有机化合物的 定性鉴定 和 结构分析，已知物的鉴定 和 未知物结构的测定。*

- 2) GPC：凝胶渗透色谱，又称尺寸排阻色谱。不仅可用于小分子物质的分离和鉴定，而且可以用来分析化学性质相同分子体积不同的高分子同系物。
- 3) DSC：差示扫描量热法。适用于有机物，无机物及药物分析。DSC 曲线以热流率 dH/dt (单位毫焦/秒) 为纵坐标，以温度 T 或时间 t 为横坐标，可以测定多种热力学和动力学参数，例如比热容、反应热、转变热、相图、反应速率、结晶速率、结晶度、样品纯度等。*
- 4) TEM：透射电子显微镜：获得高倍放大倍数的电子图像，得到电子衍射花样；可以进行材料组织的形貌观察，镀层表面形貌分析，观察聚集态结构，研究多相复合体系，研究材料在热状态下转变的差异，*
- 5) SAXS：X 射线小角散射：用于研究纳米尺度微结构，分析特大晶胞物质的结构分析以及测定粒度在几十个纳米以下超细粉末粒子 (或固体物质中超细空穴) 的大小、形状及分布。对于高分子材料，可测量晶片尺寸、长周期、共混物相结构、溶液中聚合物分子的均方回转半径等。

3、材料可以分为几类？并简述分类的依据和各类的特点？

材料分为四大类：金属材料，无机非金属材料，高分子材料，复合材料。

- 1) 金属材料：是由元素周期表中金属元素组成的材料，可分为由一种金属元素构成的纯金属，两种或两种以上的金属元素或金属与非金属元素构成的合金。合金又分为固溶体和金属间化合物。

特点：除 Hg 之外，单质金属在常温下呈现固体形态，外观不透明，具有特殊的金属光泽，良好的导电性和导热性。在力学性质方面具有较高的强度，刚度，延展性，耐冲击性，常用于结构承载方面。纯金属应用很少，多用合金。

- 2) 无机非金属材料：是由硅酸盐、铝酸盐、硼酸盐、磷酸盐、锆酸盐等原料和硼化物、碳化物、氮化物、氧化物、卤化物、硅化物、硫化物等原料经一定的工艺制备而成的材料，与广义的陶瓷材料有等同含义。

特点：耐压强度高、硬度大、耐高温、抗腐蚀；延展性差、韧性差

- 3) 高分子材料：是由一种或几种简单低分子化合物经聚合而组成的分子量很大的化合物。

特点：分子量大（一般在 10^4 以上）；分子量分布具有多分散性；高分子化合物为不同分子量大小的许多聚合物的混合物。

4) 复合材料：是由两种或两种以上化学性质或组织结构不同的材料组合而成。复合材料是多相材料，包括基体相和增强相。

特点：高比强度、高比模量、耐疲劳性高、抗断裂能力高、减震性能好、高温性能好、耐腐蚀性好。

4、用英语回答：解释什么是材料？以及你为什么学习材料专业？

- 1) Materials are those substances that humans use to make objects, devices, components, machines, or other products. Materials are substances, but not all substances can be called materials.
- 2) First and foremost, material is the physical basis for human survival and development. In the 1970s, people regarded information, materials and energy as the three pillars of contemporary civilization. Thus, by promoting material research, I can make my contribution for the benefit of mankind. Also, advanced materials are necessary for China's industrial restructuring and upgrading. Without advanced materials, there wouldn't be our world-leading super computers and aerospace projects. I hope I can serve my country in the field of material industry.

选做题（在 高分子方向 和 无机方向 二选一作答）

高分子方向

1、哪种聚丙烯能结晶？为什么？

聚丙烯存在等规、间规、无规三种立体结构

聚合物结晶的必要条件是分子结构的对称性和规整性，这也是影响其结晶能力、结晶速度的主要结构因素。分子链的对称性越高，规整性越好，越容易规整排列成高度有序的晶格。

等规聚丙烯的结构规整性好，分子链易紧密堆砌，结晶能力强；无规聚丙烯为无定形材料，结构规整性差，不结晶；间规聚丙烯的结构规整性介于两者之间，结晶能力较差。

2、聚合物 力学三态 及其特点？以及各适合什么加工方法？

力学三态： 玻璃态，高弹态，粘流态

- i. 玻璃态 / 结晶态：模量高，形变小，撤去外力后形变立刻回复，符合胡克定律，不宜进行大形变的成型加工。
适用：车、铣、刨、削等机械加工
- ii. 高弹态：产生较大的可逆形变；聚合物粘性大，且具有一定的强度。
适用：较大变形的成型工艺。 ，如压延、吸塑、吹塑
- iii. 粘流态 产生很大的不可逆形变；熔体黏度较低。
适用：流动性要求较高的成型加工： 注塑、挤出、吹膜、熔融纺丝、流延。

3、单螺杆挤出机的各段的功能及作用？

单螺杆挤出机一般在有效长度上分为三段， 按螺杆直径大小、 螺距、 螺深确定三段有效长度，划分为加料段、压缩段、均化段。

- 1) 加料段。加料段的作用是对料斗送来的塑料进行加热，同时输送到压缩段。
塑料在该段螺槽内始终固体状态。加料段对塑料一般没有压缩作用。
- 2) 压缩段。又叫相迁移段，其作用是对加料段送来的物料起挤压和剪切作用，
螺杆与料筒配合使物料接触传热面不断更新， 在料筒的外加热和螺杆摩擦作用下，固体物料逐渐软化、熔融为黏流态。同时赶走塑料中的空气及其他挥发成分，增大塑料的密度，塑料通过压缩段后，能够成为完全塑化的黏流状态。
- 3) 均化段。又叫计量段，其作用是将塑化均匀的物料在均化段螺杆与料筒和机头相配合所产生的强大剪切作用和回压作用下进一步搅拌塑化混合均匀， 并定量定压地通过机头口模进行挤出成型。

4、什么是复合材料？以及分类？

复合材料是由 两种或两种 以上 化学性质 或组织结构 不同的材料组合而成的材料。

复合材料中至少包括 基体相 和 增强相 两大类。基体相起粘接、 保护增强相并把外加载荷造成的应力传递到增强相上去的作用。 增强相是主要承载相， 并起着增加强度或韧性的作用。

按基体材料分类，有金属基复合材料，陶瓷基复合材料，水泥、混凝土基复合材料，塑料基复合材料，橡胶基复合材料等。

按增强剂形状可分为粒子、纤维及层状复合材料。

按复合材料的性能可分为结构复合材料和功能复合材料

2018 年材料与工程复试笔试

必做题

1、英语介绍“材料科学与工程”的四要素以及它们的相互关系。

The four elements of the material are: synthesis and processing, composition and structure, properties and using performance. Therefore, materials science and engineering is a discipline that studies the relationship between four elements. Material synthesis and processing determine its composition and structure, while the

latter impart properties to material. Properties are external expression of material composition and structure, and provide using performance. Also, using performance depends on operating environments. Only by changing synthesis and processing methods, can people change and control material using performance.

2、扼要叙述 XRD、DSC、TEM 等三种分析技术的工作原理。

XRD：X 射线是原子内层电子在高速运动电子的轰击下跃迁而产生的光辐射。当一束单色的 X 射线照射到试样上时，可观察到两个过程：

1、如果试样具有周期性结构（晶区），则 X 射线被相干散射，入射光与散射光之间没有波长的改变，这种过程称为 X 射线衍射效应，在大角度上测定，所以又称为大角 X 射线衍射（WAXD）。

2、如果试样具有不同电子密度的非周期性结构（晶区和非晶区），则 X 射线被不相干散射，有波长的改变，这种过程称为漫射 X 射线衍射效应（简称散射），在小角度上测定，所以又称为小角 X 射线散射（SAXS）。

小分子晶体主要用 WAXD 研究，但对高分子材料 SAXS 也相当重要。

DSC：差示扫描量热仪分为功率补偿型和热流型两种。

功率补偿型 DSC 是内加热式，装样品和参比物的支持器是各自独立的元件，如图 12-1 所示，在样品和参比物的底部各有一个加热用的铂热电阻和一个测温用的铂传感器。它是采用动态零位平衡原理，即要求样品与参比物温度，不论样品吸热还是放热时都要维持动态零位平衡状态，也就是要维持样品与参比物温度差趋向零（ $T = 0$ ）。DSC 测定的是维持样品和参比物处于相同温度所需要的能量差 E ，反映了样品热焓的变化。

热流型 DSC 是外加热式，采取外加热的方式使均温块受热然后通过空气和康铜做的热垫片两个途径把热传递给试样杯和参比杯，试样杯的温度由镍铬丝和镍铝丝组成的高灵敏度热电偶检测，参比杯的温度由镍铬丝和康铜组成的热电偶加以检测。由此可知，检测的是温差 T ，它是试样热量变化的反映。

TEM；透射电子显微镜，以波长极短的聚集电子束作为照明源，用电磁透镜聚焦成像。电子束在穿过样品时，会和样品中的原子发生散射，样品上在物镜 1-2

倍焦距之间的某一点同时穿过的电子方向不同，电子通过物镜放大后重新汇聚，形成该点一个放大的实像。经过物镜放大的像进一步经过几级磁透镜的放大，最后投影在荧光屏上成像。由于透射电镜物镜焦距很短，因此具有很小的像差系数和极高的空间分辨率，约 0.1-0.2nm，但景深比较小，对样品表面形貌不敏感，主要用于观察样品内部结构。

3、什么是四种原子结合力，讨论由此产生的材料性能上的区别。

- 1) 金属键：金属键是失去最外层电子的 **原子实** 和自由电子组成的 **电子云** 之间的 **静电库仑力** 而产生的键合。其外层电子比共价键更共有化。自由电子运动导致了金属的 **高导电率，高热导率**。
- 2) 离子键：离子键是正、负离子依靠静电库仑力而产生的键合。离子晶体因其依靠强键力 -静电库仑力结合。故其结构非常稳定。表现为晶体的熔点高、硬度大、导电性差、膨胀系数小。
- 3) 共价键：共价键是由原子之间通过共用电子对或电子云重叠而产生的键合。共价键结合力很大，因此共价晶体结构比较稳定，具有熔点高、硬度大、导电性差等性质。
- 4) 范德华键（分子键）：范德华键是通过分子力而产生的键合。分子力包括取向力、诱导力和色散力，没有方向性和饱和性。范德华键很弱，分子晶体结合力很小，故结合成的晶体具有低熔点、低沸点、低硬度、易压缩等性质。

5、复合材料界面的定义，结构，特点，作用，界面的结合方式。

- （1）定义：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。
- （2）结构：界面的结构由五个 **亚层** 组成：**树脂基体** **基体表面** **相互渗透区** **增强剂表面区** **增强剂及外力场**。
- （3）特点：界面具有一定尺寸，约几个纳米到几个微米，是一个区域、一个带或一个层，厚度不均匀。它包含基体和增强物的部分 **原始接触面**，基体与增强物相互作用生成的反应 **产物**，此 **产物** 与基体

及增强物的 接触面 等。在化学成分上除了有基体和增强物元素外还有其他杂质，因此界面上的 化学成分 和相结构 很复杂。

(4) 作用：界面是复合材料的特征，界面的作用可归纳为以下几种效应：

- i. 传递效应：界面可将复合材料体系中基体承受的外力传递给增强相，起到基体和增强相之间的桥梁作用。
- ii. 阻断效应：基体和增强相之间结合力适当的界面有阻止裂纹扩展、减缓应力集中的作用。
- iii. 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、电感应性、磁性、耐热性和磁场尺寸稳定性等。
- iv. 散射和吸收效应：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、耐机械冲击性等。
- v. 诱导效应：一种物质（通常是增强剂）的表面结构使另一种（通常是聚合物基体）与之接触的物质结构由于诱导作用而发生改变，由此产生一些现象，如强弹性、低膨胀性、耐热性和冲击性等。

(5) 结合方式：

机械结合：基体与增强体材料之间不发生化学反应，借助增强体凹凸不平的表面而产生的机械咬合和基体与增强体之间的摩擦阻力形成。

溶解与浸润结合：基体浸润增强材料相互之间发生原子扩散和溶解形成结合。液态或粘流态基体对增强体的浸润，而产生一定作用力，作用范围只有若干原子的距离。

反应结合：基体与增强体材料间发生化学反应，在界面上生成化合物，以化学键连接基体和增强。基体与增强体之间形成界面反应层。

交换反应结合：基体与增强材料间发生化学反应，生成化合物，且还通过扩散发生元素交换，形成固溶体而使两者结合。

混合结合：上述几种形式的混合结合方式。

6、从维度角度考虑，纳米材料分为哪几类，并举例说明。

纳米材料定义：把组成相或晶粒结构的尺寸控制在 1-100 纳米范围的具有特殊功能的材料称为纳米材料。即三维空间中至少有一维尺寸在 1-100 纳米范围的材料或由它们作为基本单元构成的具有特殊功能的材料。

按照维度可将纳米材料分为 5 类：

(1) 零维纳米材料：指在空间三维尺度均为纳米尺度，如纳米颗粒、原子团簇等。

(2) 一维纳米材料：指在三维空间中有两维处于纳米尺度，如纳米线、纳米带、纳米管等。

(3) 二维纳米材料：指在三维空间中只有一维处于纳米尺度，如超薄膜、超晶格等。

(4) 体相纳米材料（由纳米材料组装而成），如纳米固体材料。

(5) 纳米孔材料（孔径为纳米级）

选做题（高分子材料）

1、论述非晶态线性聚合物和晶态聚合物在不同温度下的力学状态。

(1) 非晶态线型聚合物在不同温度下表现出三种物理状态：玻璃态、高弹态和粘流态。

(a) 玻璃态： $T < T_g$

- i. 受力后形变很小，形变瞬时可逆，
- ii. 符合胡克定律

(b) 高弹态： $T > T_g$

- i. 模量很小而形变很大（可达 1000%）
- ii. 弹性模量随温度升高而增大
- iii. 形变具有松弛特性，形变滞后可逆，
- iv. 形变时有热效应
- v. 弹性为构象熵的贡献，即熵弹性

(c) 粘流态： $T > T_f$

- i. 链段沿外力作用方向的协同运动导致大分子的重心发生相对位移，产生不可逆形变
- ii. 聚合物呈黏性液体状，流动产生不可逆形变

(2) 晶态聚合物的力学状态：

- i. 聚合物结晶一般不完整，存在一定的非晶部分，也有玻璃化转变，但当结晶度 $>40\%$ 时，玻璃化转变较不明显。
- ii. 由于结晶部分的存在，在 T_g 以上链段运动受到临近晶区限制，模量下降不大。在 T_m 以上模量才迅速下降。
- iii. 若聚合物分子量很大， $T_m < T_f$ ，则升温至 T_m 进入高弹态，进一步升温至 T_f 进入粘流态；若分子量小， $T_m = T_f$ ，则升温至 T_m 进入粘流态。

因此，结晶度和分子量对晶态聚合物聚合物材料的力学性能有显著影响。

2、用粘弹性的滞后效应 相关理论解释塑料注塑成型制品的 变形收缩现象 及热处理作用。

(1) 粘弹性滞后效应 是指在外力作用下，聚合物分子链运动跟不上 外力作用速度 而造成的 形变落后于 外力 的效应。

(2) 塑料注射成型制品的变形收缩： 当注射制件脱模时，大分子运动并未停止，在 贮存和使用过程 中，制件中的大分子 重排运动 导致制品收缩变形。

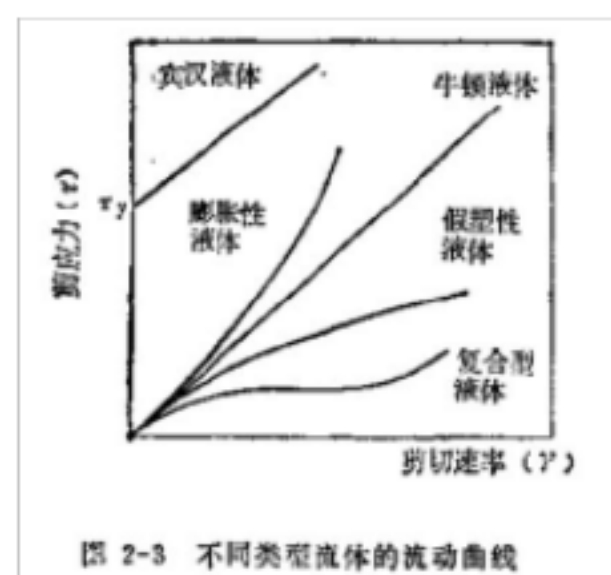
- a) 制品收缩的主要原因是熔体 骤冷 使大分子 堆砌较松散、自由体积 较多及结晶不完善。
- b) 在贮存和使用过程中，大分子 重排运动 排出 自由体积，导致分子链 紧密堆砌，以致 密度增加，体积收缩。
- c) 结晶聚合物则因 次期结晶，分子链 紧密堆砌 而使成型制品 体积收缩。制品体积收缩的程度是随 冷却速度 增大而 严重，所以加工过程中 骤冷 对制件的质量通常是 不利的。

(3) 在 $T_g \sim T_f$ 的温度范围内对成型制品进行热处理，可以缩短大分子运动的 松弛时间，消除 内应力，提高结晶聚合物的结晶速度，提高制品的尺寸稳定性。

- a) 某些制品在热处理过程辅以 溶胀作用，在 溶剂 或 溶剂蒸汽 中热处理，更能缩短松弛时间。
- b) 在纤维拉伸定型的热处理中，若高温水蒸气快速吹过，有利于消除纤维中的 内应力，增加纤维的 弹性和尺寸稳定性。通过热处理不仅可以使制品中的 内应力降低，还能改善聚合物的 机械性能。

3、画出几种典型流体的剪切力与剪切速率流动曲线，并简单说明他们的流变行为特征。

流体的流动曲线：



- （1）牛顿流体：剪切应力与剪切速率成线性关系的流体称为牛顿流体。
- （2）宾汉流体：剪切应力与剪切速率成线性关系，但只有当剪切应力到达一定程度后才开始流动的流体。
- （3）假塑性流体：表观粘度随剪切应力的增加而降低的流体。
- （4）膨胀性流体：表观粘度随剪切应力的增加而增加的流体。

4、聚合物纤维熔融纺丝时，在拉伸和冷却工序后，通常运用热定型工序，从高分子物理角度谈谈其作用。

- 1) 聚合物纺丝时，在拉伸过程中分子链和链段都发生取向，同时纤维拉伸强度提高，断裂伸长率下降，弹性差。
- 2) 由于取向是熵减的热力学不稳定状态，取向态聚合物在放置过程中倾向于自发解取向；
- 3) 聚合物链段的长度远小于分子链长度，它的松弛时间也远小于分子链的松弛时间，因此链段易发生解取向，导致纤维变形。
- 4) 热定型工序利用分子链和链段解取向速度不同，用高温水蒸气快速吹过，使聚合物链段解取向而分子链保持取向，提高纤维的弹性和尺寸稳定性。