

第七章 非金属材料

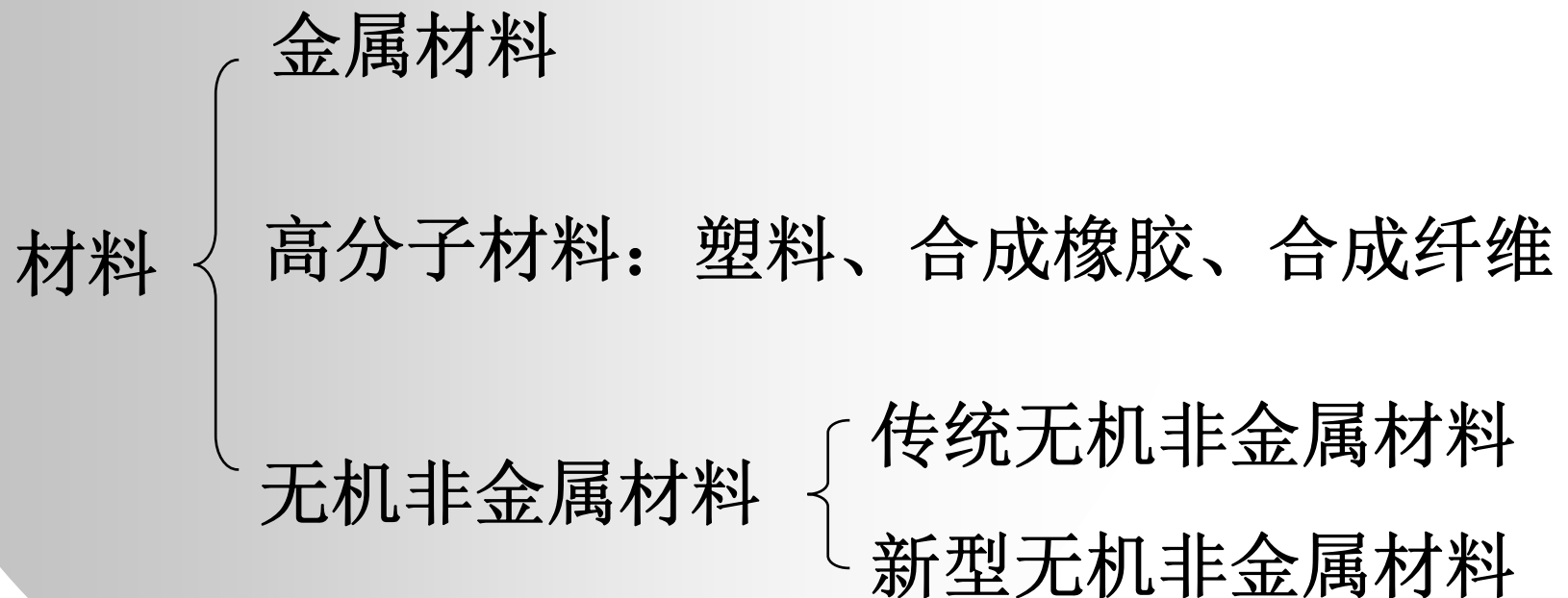


安徽机电职业技术学院 张新建



第七章 非金属材料

材料的分类：





第一节 高分子材料

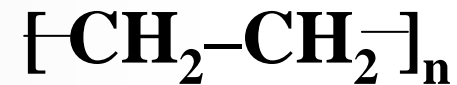
一、高分子材料的基本概念

- ❖ 高分子材料是以高分子化合物为主要组成的材料。常称聚合物或高聚物。
- ❖ 高分子化合物的分子量一般 $>10^4$ 。
- ❖ 高分子化合物有天然的，也有人工合成的。工业用高分子材料主要是人工合成的。

第一节 高分子材料

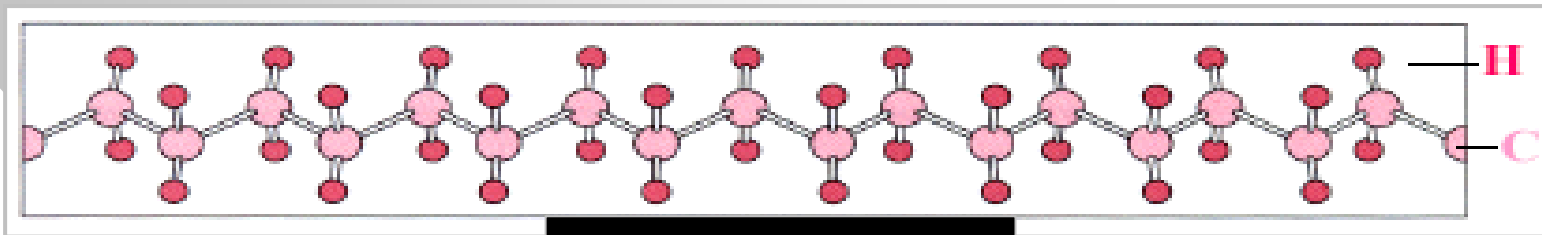
1、高分子化合物的组成

❖ 由简单的结构单元重复连接而成。如由乙烯合成聚乙烯可简写成 n
 $\text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow$



- 组成聚合物的低分子化合物称为单体。
- 聚合物的分子为很长的链条，称为大分子链。
- 大分子链中重复结构单元称为链节

(如聚乙烯中 $[\text{CH}_2-\text{CH}_2]_n$)。



聚乙烯分子链

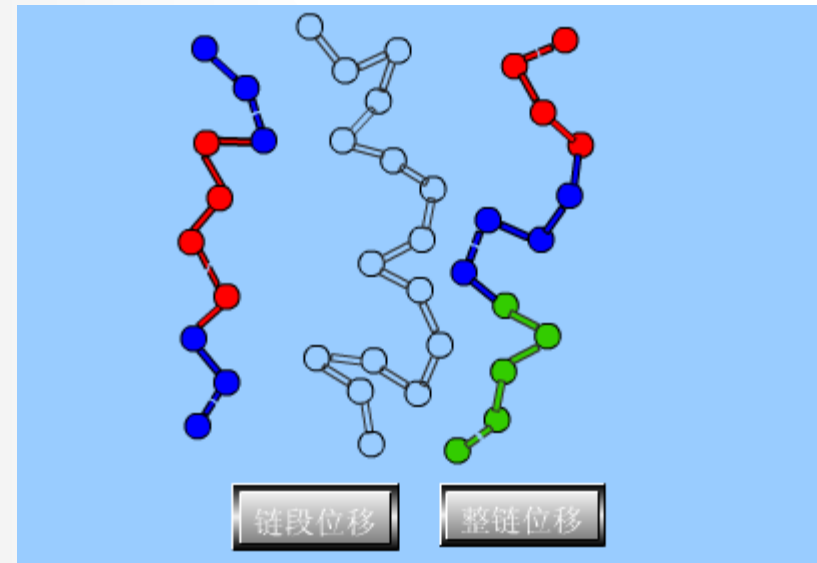


第一节 高分子材料

二、高分子材料的结构

2、大分子链的柔顺性

大分子链主链共价键中的单键可任意旋转，称单键的内旋转。

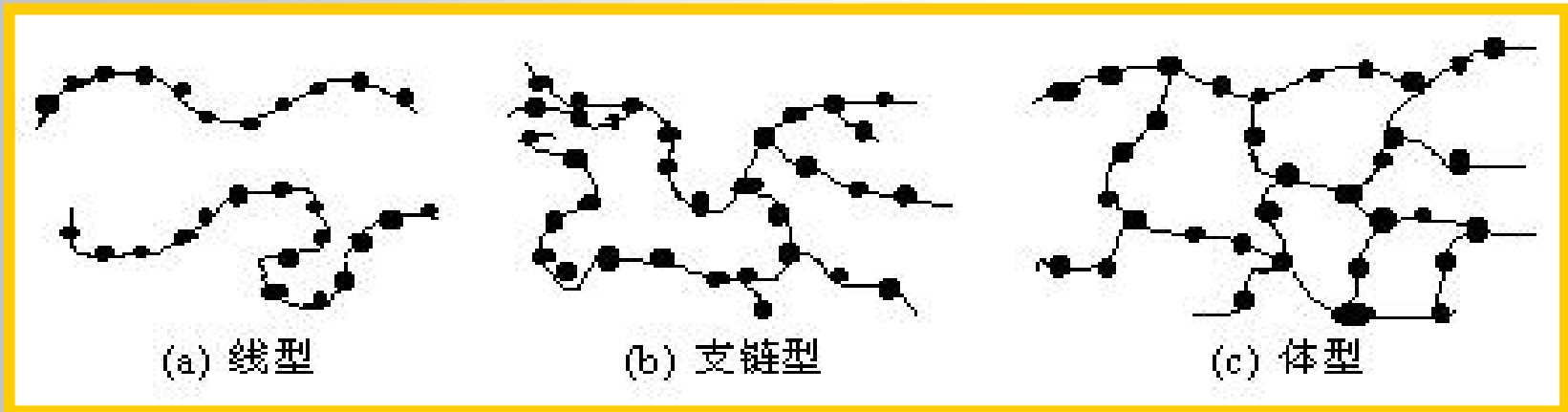


- 内旋转使大分子链卷曲成各种不同形状这种特性称为大分子链的柔顺性。
- 柔顺性使得高分子具有能拉伸、回缩的性能，这是聚合物具有弹性的原因

第一节 高分子材料

3、大分子链的形状

按照大分子链的几何形状，可将高分子化合物分为线型结构、支链型结构和体型结构。



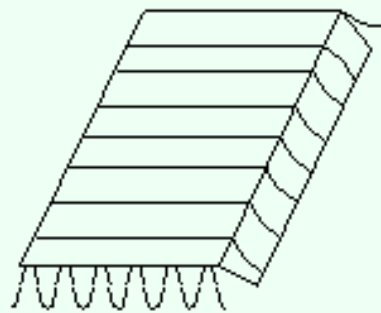
支链型结构近于线型结构。体型结构高聚物硬度高，脆性大，无弹性和塑性，是热固性材料。

第一节 高分子材料

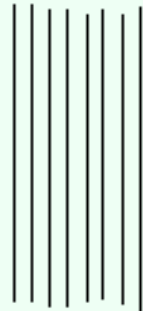
4、高分子材料的聚集态

高分子材料的聚集状态有三种：晶态、部分晶态和非晶态

聚合物三种聚合态示意图



(a) 晶态



(b) 部分晶态



(c) 非晶态



第一节 高分子材料

5、有机高分子材料的性能特点

1、和金属材料相比，其力学性能有如下特点：

- (1) 比强度高
- (2) 高弹性和低弹性模量
- (3) 粘弹性
- (4) 高耐磨性和低硬度

2、有机高分子材料的物理化学性能特点

- (1) 绝缘性
- (2) 耐热性
- (3) 耐蚀性
- (4) 老化



第一节 高分子材料

二、高分子工程材料

高分子工程材料包括塑料、合成纤维、橡胶和胶粘剂等。本节主要介绍工程上常用的高分子工程材料。





第一节 高分子材料

(一)、工程塑料

塑料是在玻璃态下使用的高分子材料。在一定温度、压力下可塑制成型，在常温下能保持其形状不变。

1、工程塑料概述

(1) 塑料的组成

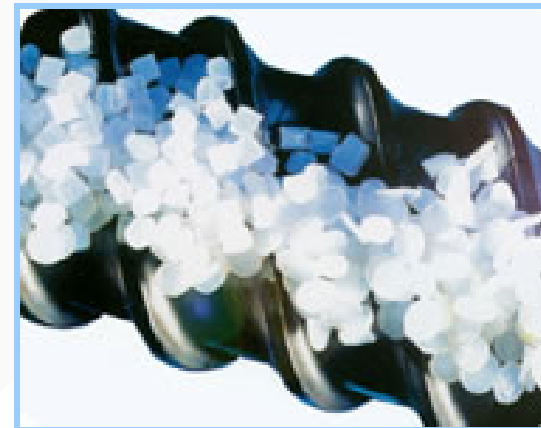
塑料是以树脂为主要成分，加入各种添加剂。
树脂是塑料的主要成分，对塑料性能起决定性作用。





第一节 高分子材料

- ❖ **添加剂**是为改善塑料某些性能而加入的物质。
- ❖ **填料**主要起增强作用；
- ❖ **增塑剂**用于提高树脂的可塑性和柔软性；
- ❖ **固化剂**用于使热固性树脂由线型结构转变为体型结构；
- ❖ **稳定剂**用于防止塑料老化，延长其使用寿命；
- ❖ **润滑剂**用于防止塑料加工时粘在模具上，使制品光亮；
- ❖ **着色剂**用于塑料制品着色。
- ❖ 其他的还有发泡剂、催化剂、阻燃剂、抗静电剂等。



添加剂

塑料概述

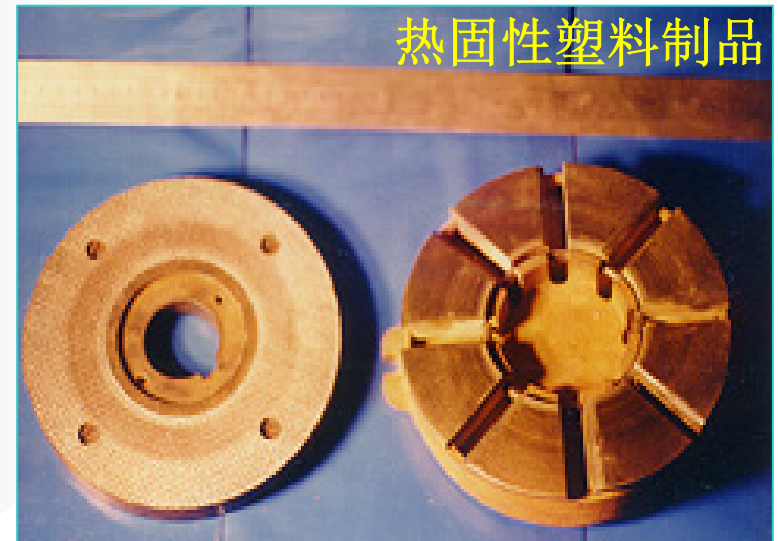


第一节 高分子材料

(2) 塑料的分类

- ❖ 按树脂受热时行为可分为**热塑性塑料**和**热固性塑料**。
- ❖ 按使用范围可分为**通用塑料**、**工程塑料**和**特种塑料**。
- ❖ 通用塑料产量大、价格低、用途广。
- ❖ 工程塑料力学性能高，耐热、耐蚀性能好。

特种塑料是指具有某些特殊性能如耐高温、耐腐蚀的塑料，这类塑料产量少，价格贵，只用于特殊需要的场合。



第一节 高分子材料

2、常用工程塑料

(1) 一般结构用塑料

- ❖ 包括聚乙烯 (PE)、聚氯乙烯 (PVC)、聚苯乙烯 (PS)、聚丙烯 (PP) 和ABS塑料等。
- ❖ 聚丙烯具有优良的综合性能，可制造各种机械零件。
- ❖ ABS塑料“坚韧、质硬、刚性”，应用广泛。



第一节 高分子材料

(2) 摩擦传动零件用塑料

- 包括聚酰胺 (PA)、聚甲醛 (POM)、聚碳酸酯 (PC)、聚四氟乙烯 (PTFE) 等。

聚酰胺 又称尼龙或绵纶，强度较高，耐磨、自润滑性好，广泛用作机械、化工及电气零件。

聚甲醛 具有优良的综合性能，广泛用于汽车机床、化工、电气仪表、农机等工业。

聚碳酸酯 具有优良的机械性能，透明无毒，应用广泛。

尼龙管件



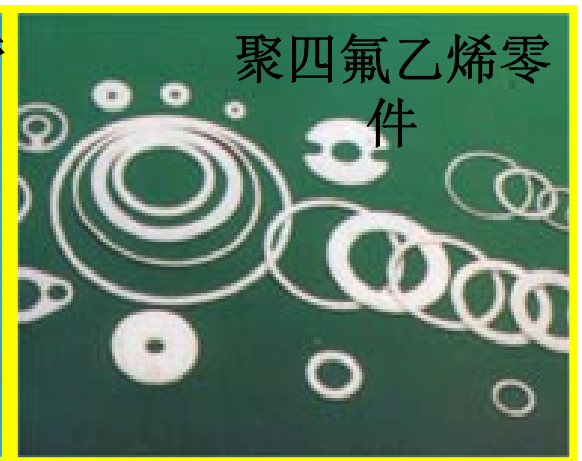
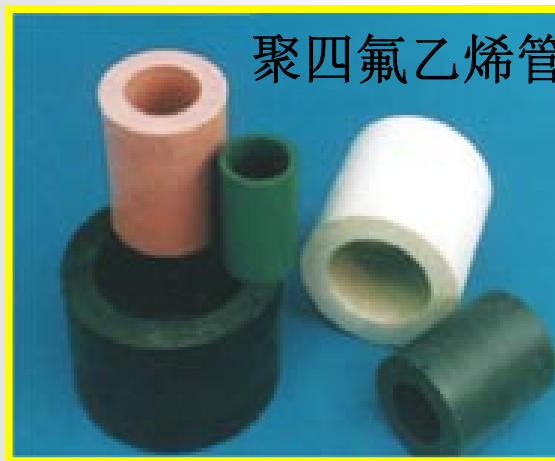
PC挡风板





第一节 高分子材料

聚四氟乙烯俗称“塑料王”，具有极优越的化学稳定性和热稳定性以及优越的电性能，几乎不受任何化学药品的腐蚀，摩擦系数极低，只有0.04。缺点是强度低、加工性差。主要用于减摩密封件、化工耐蚀件与热交换器以及高频或潮湿条件下的绝缘材料。



第一节 高分子材料

(3) 耐蚀用塑料

- ❖ 耐蚀用塑料主要有**聚四氟乙烯**、**氯化聚醚(PENTON)**、**聚丙烯**等。
- ❖ **氯化聚醚**的化学稳定性仅次于聚四氟乙烯，但工艺性比聚四氟乙烯好，成本低。在化学工业和机电工业获得广泛应用，如化工设备零件、管道、衬里等。

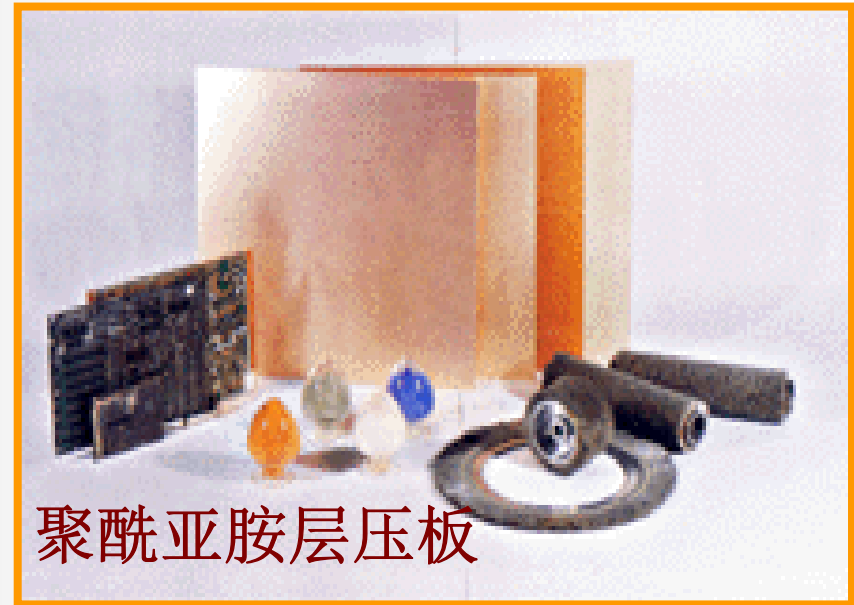


氯化聚醚防腐蝶阀

第一节 高分子材料

(4) 耐高温件用塑料

- ❖ 有聚砜 (PSF)、聚苯醚 (PPO)、聚酰亚胺 (PI) 及氟塑料等。
- ❖ 聚砜的热稳定性高是其最突出的特点。使用温度达 $150-174^{\circ}\text{C}$ 。用于机械设备等工业。



- 聚苯醚具有良好的综合性能, 用于机电等方面。
- 聚酰亚胺在 260°C 下可长期使用。主要用于特殊条件下使用的精密零件。

第一节 高分子材料

(5) 热固性塑料

- ❖ 热固性塑料是在树脂中加入固化剂压制成型而形成的体形聚合物。
- ❖ 酚醛塑料是以酚醛树脂为基，加入填料及其他添加剂而制成。广泛用于制作各种电讯器材和电木制品（如插座、开关等），耐热绝缘部件及各种结构件。



电器配件





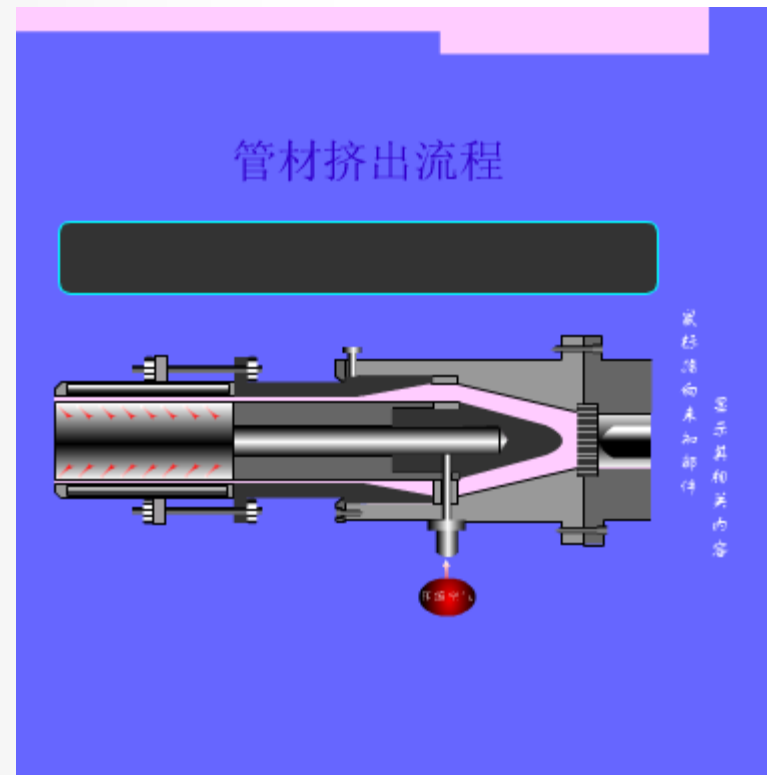
第一节 高分子材料

(3) 塑料成形工艺简介

1) 挤出成形

借助螺杆和柱塞的作用，使熔化的塑料在压力推动下，强行通过口模而成为具有恒定截面的连续型材的一种方法。其形状由口模决定：该工艺可生产各种型材、管材、电线电缆包覆物等，如图所示。

此法的优点是生产效率高、用途广、适应性强。目前挤压制品约占热塑制品生产的40%~50%。



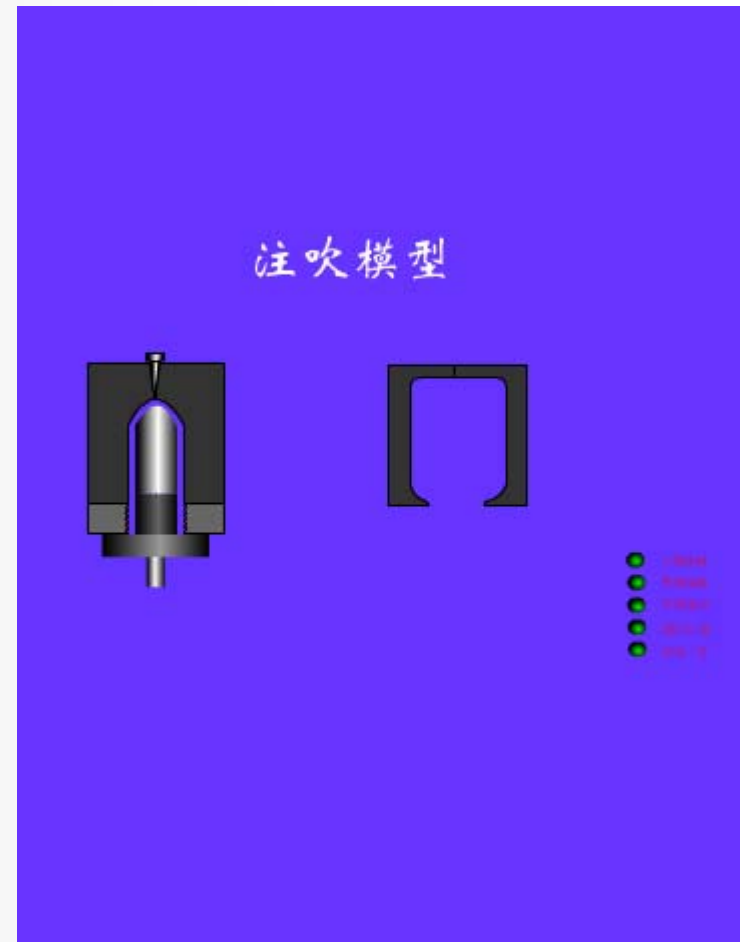
挤出成形



第一节 高分子材料

2) 吹塑成形

吹塑成形是将挤出或注射成形的塑料管坯(型坯),趁热于熔融状态时,置于各种形状的模具中,并及时向管坯内通入压缩空气将其吹胀,让坯料紧贴模胆而成形,冷却脱模后即得中空制品,如图所示。



映 型 威 形



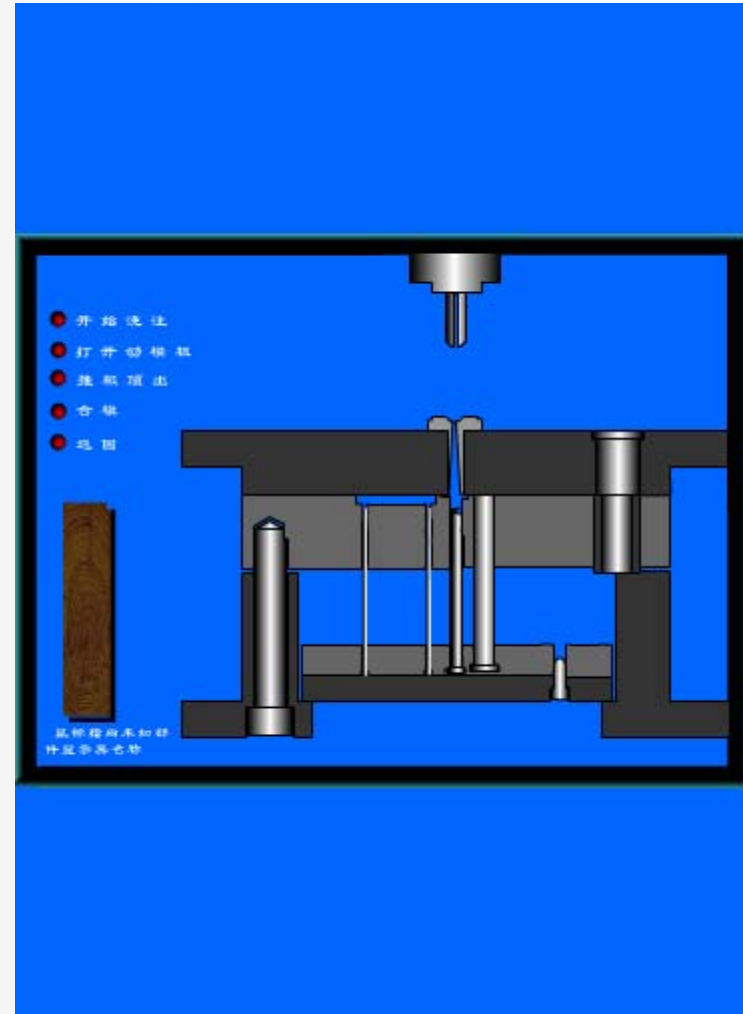
第一节 高分子材料



3) 注射成形

该法又称注塑。熔融塑料在流动状态下，用螺杆或柱塞将其通过料筒前端的喷嘴，快速注入温度较低的模型，经过短时冷却定形，即得塑料制品的一种重要成形方法，如图所示。

该工艺生产周期短，适应性强。





第一节 高分子材料

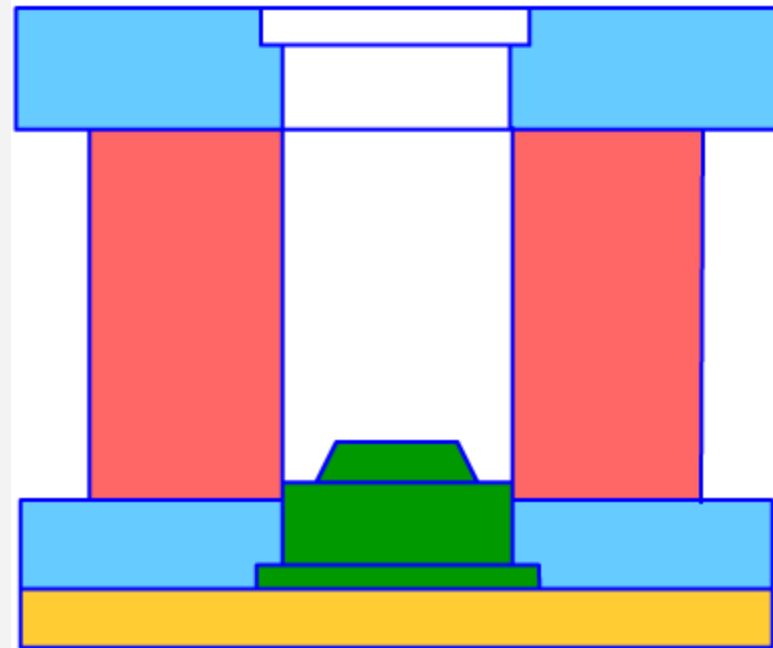


4) 压制成形

压制成形是利用压力将置于模具内的粉料压紧至结构紧密，称为具有一定形状和尺寸的坯体的成形方法。

主要用于热固性塑料制品的生产，有模压法和口模压法，其特点是：视场尺寸范围宽，

可压制较大的制品，设备简单，工艺条件容易控制。



压制成形

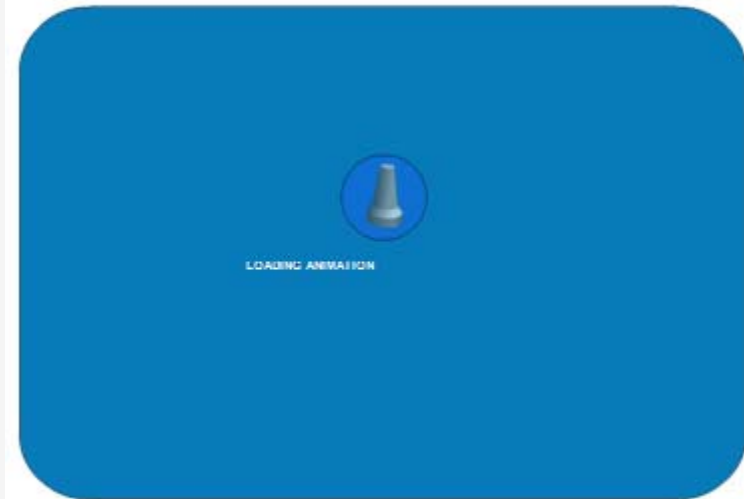




第一节 高分子材料

5) 旋转模塑成型

成型时，将塑料粉末加入到模具中，然后加热模具并使之沿两相互垂直的轴连续旋转，模具内的树脂在重力和热量的作用下逐渐均匀地涂布、熔融并黏附于模具的内表面上，形成所需要的形状。然后冷却模具，脱模而得到制品。





三、合成橡胶

(一)、橡胶的特性

橡胶是一种具有极高弹性的高分子材料，其弹性变形量可达100%~1000%，而且回弹性好，回弹速度快。同时，橡胶还有一定的耐磨性，很好的绝缘性和不透气、不透水性。它是常用的弹性材料、密封材料、减震防震材料和传动材料。

橡胶最大的特点是高弹性。橡胶有储能、耐磨、隔音、绝缘等性能。

橡胶制品 →





第一节 高分子材料

❖ 橡胶是以高分子化合物为基础的具有高弹性的材料。

(二)、橡胶的组成和性能特点

❖ 工业用橡胶由生胶和橡胶配合剂组成。生胶无配合剂并未经硫化。橡胶配合剂有硫化剂、硫化促进剂、防老剂、软化剂、填充剂、发泡剂、着色剂等。





第一节 高分子材料

(三)、常用的橡胶

1、通用橡胶

①丁苯橡胶 是以丁二烯和苯乙烯为单体共聚而成。具有较好的耐磨性、耐热性、耐老化性，价格便宜。主要用于制造轮胎、胶带、胶管及生活用品。

②顺丁橡胶 是由丁二烯聚合而成。顺丁橡胶的弹性、耐磨性、耐热性、耐寒性均优于天然橡胶，是制造轮胎的优良材料。缺点是强度较低、加工性能差。主要用于制造轮胎、胶带、弹簧、减震器、耐热胶管、电绝缘制品等。(3)

氯丁橡胶 是由氯丁二烯聚合而成。



第一节 高分子材料

2、特种橡胶

- ①丁腈橡胶 以其优异的耐油性著称。
- ②硅橡胶 硅橡胶的性能特点是耐高温和低温。
- ③氟橡胶 它是以碳原子为主链、含有氟原子的高聚物。



二、橡胶



第二节 陶瓷材料

一、普通陶瓷制备过程：

陶瓷的原料通常是由粘土、石英和长石三部分组成。在加热烧成或烧结和冷却过程中，由这三部分组成的坯料相继发生四个阶段的变化：

- (1) 低温阶段：(室温 \sim 300 $^{\circ}$ C) 残余水分的排除。
- (2) 分解及氧化阶段：(300 \sim 950 $^{\circ}$ C) 有机物、碳素和无机物等的氧化；碳酸盐、硫化物等的分解；石英晶型转变。



第二节 陶瓷材料

- (3) **高温阶段**：(950℃～烧成温度)氧化、分解反应继续进行；相继出现共熔体等液相，各组成物逐渐溶解；一次莫来石($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)晶体生成；二次莫来石晶体长大；石英块溶解成残留小块；发生烧结成瓷。
- (4) **冷却阶段**：(烧成温度～室温)二次莫来石晶体析出或长大；液相转变；残留石英晶型转变。



第二节 陶瓷材料

二、陶瓷的典型组织结构：晶体相(莫来石和石英)、玻璃相和气相

- ❖ **1、晶体相** 晶体相是陶瓷的主要组成相：主要有硅酸盐、氧化物和非氧化物等。它们的结构、数量、形态和分布，决定陶瓷的主要性能和应用。
- ❖ **(1) 硅酸盐** 普通陶瓷的主要原料，陶瓷组织中重要的晶体相，结合键为离子键与共价键的混合键。
- ❖ **(2) 氧化物** 多数陶瓷特别是特种陶瓷的主要组成和晶体相，离子键结合，也有共价键。
- ❖ **(3) 非氧化合物** 不含氧的金属碳化物、氮化物、硼化物和硅化物；特种陶瓷特别是金属陶瓷的主要组成和晶体相。



第二节 陶瓷材料

2、玻璃相

玻璃相作用：

- ①粘连晶体相，填充晶体相间空隙，提高材料致密度；
- ②降低烧成温度，加快烧结；
- ③阻止晶体转变，抑制其长大；
- ④获得透光性等玻璃特性；
- ⑤不能成为陶瓷的主导相

玻璃相成分：氧化硅和其它氧化物

3、气相 气相是陶瓷内部残留的孔洞；成因复杂，影响因素多。气孔对陶瓷的性能不利（多孔陶瓷除外）



第二节 陶瓷材料

三、陶瓷材料的性能

1、陶瓷的机械性能

(1) **刚度**：陶瓷刚度（由弹性模量衡量）各类材料中最高，因为陶瓷具有很强的化学键。

(2) **硬度**：陶瓷硬度是各类材料中最高的，因其结合键强度高。陶瓷硬度为 $1000\text{HV} \sim 5000\text{HV}$ ，淬火钢为 $500\text{HV} \sim 800\text{HV}$ ，高聚物最硬不超过 20HV 。



第二节 陶瓷材料

- (3) **强度**：晶界使陶瓷实际强度比理论值低得多（ $1/1000 \sim 1/100$ ）。
- (4) **塑性**：陶瓷在室温下几乎没有塑性。陶瓷晶体滑移系很少，位错运动所需切应力很大；
- (5) **韧性**：非常典型的脆性材料：冲击韧性 $10\text{kJ}/\text{m}^2$ 以下，断裂韧性值很低。

2、陶瓷的物理和化学性能

- (1) 热膨胀性能
- (2) 导热性
- (3) 热稳定性
- (4) 化学稳定性
- (5) 导电性



第二节 陶瓷材料

四、常用的工程结构陶瓷

1、普通日用陶瓷

特点：作日用器皿和瓷器，良好光泽度、透明度，热稳定性和机械强度较高。

分类：长石质瓷、绢云母质瓷、骨质瓷和滑石质瓷。

2、普通工业陶瓷

工业陶瓷按用途分为：

- (1) 建筑卫生瓷
- (2) 化学化工瓷
- (3) 电工瓷





第二节 陶瓷材料

3、特种陶瓷

特点：熔点大多 2000°C 以上，烧成温度约 1800°C ；单相多晶体结构，有时有少量气相；强度随温度的升高而降低，在 1000°C 以下时一直保持较高强度，随温度变化不大；纯氧化物陶瓷任何高温下都不会氧化。



阀门



剪刀



(1). 氧化铝（刚玉）陶瓷

- ❖ 结构特点： O^{2-} 排成密排六方结构， Al^{3+} 占据间隙位置。
- ❖ 性能特点及应用：熔点达 $2050^{\circ}C$ ，抗氧化性好，广泛用于耐火材料；热电偶套管等；可作要求高的工具如切削淬火钢刀具、金属拔丝模等。是很好的高温耐火结构材料，如可作内燃机火花塞。单晶体氧化铝可做蓝宝石激光器。

(2). 氧化铍陶瓷

(3). 氧化锆陶瓷

(4). 氧化镁 / 钙陶瓷

(5). 氧化钍/铀陶瓷

三、陶瓷



第三节 复合材料

一、概述

将两种或两种以上不同性质的材料，经人工复合而成的新材料称为复合材料。

二、复合原则

- 1、纤维增强复合材料中，纤维是受载的主体，基体受力较小，因此纤维应比基体高的强度和模量。
- 2、纤维与基体间要有良好的结合力，以使载荷可通过基体传递给纤维。



第三节 复合材料

- 3、纤维的含量、尺寸、和形态分布。
- 4、对基体的要求：有良好的塑性和韧度，可以抑制裂纹的发展。对纤维有浸润作用，以提高结合力，并起保护纤维表面的作用。热膨胀系数要与纤维相近。

三、复合材料的性能特点：

- 1、比强度大、比模量高
- 2、良好的抗疲劳性能
- 3、优良的高温性能
- 4、良好的断裂安全性
- 5、良好的减震性



第三节 复合材料

四、复合材料的分类

按基体分类：

非金属基复合材料：塑料基复合材料、橡胶基复合材料、陶瓷基复合材料。

金属基复合材料：铝基复合材料、铜基复合材料。

按增强相的形态分类：

纤维增强复合材料：纤维增强橡胶

颗粒增强复合材料：金属陶瓷

层叠复合材料：钢-巴氏合金。



第三节 复合材料

五、常用的复合材料

1、热固性玻璃钢

分类：酚醛树脂、环氧树脂、聚酯树脂和有机硅树脂等。

特点：优点成形工艺简单、质量轻、比强度高、耐蚀性能好

缺点弹性模量低(1/5~1/10结构钢)、耐热度低($\leq 250^{\circ}\text{C}$)、易老化。

用途：机器护罩、车辆车身、绝缘抗磁仪表、耐蚀耐压容器



第三节 复合材料

2、热塑性玻璃钢

- ❖ **分类：**以热塑性树脂为粘接剂的玻璃纤维增强材料，如尼龙、ABS、聚苯乙烯等。
- ❖ **特点：**强度不如热固性玻璃钢，但成形性好、生产率高，且比强度不低。
- ❖ **用途：**尼龙66玻璃钢刚度、强度、减摩性好，作轴承、轴承架、齿轮等精密件、电工件、汽车仪表、前后灯等ABS玻璃钢化工装置、管道、容器等聚苯乙烯玻璃钢汽车内装、收音机机壳、空调叶片等聚碳酸酯玻璃钢耐磨、绝缘仪表等。

三、陶瓷