

绪论习题与思考题 .....	1
第一章习题与思考题 .....	3
第四章习题与思考题 .....	5
第五章习题与思考题 .....	6
第六章习题与思考题 .....	9
第七章习题与思考题 .....	15
第八章习题与思考题 .....	17
第九章习题与思考题 .....	20
第十章习题与思考题 .....	22

## 绪论习题与思考题

2. 分别区分“通用塑料”和“工程塑料”，“热塑性塑料”和“热固性塑料”，“简单组分高分子材料”和“复杂组分高分子材料”，并请各举 2~3 例。

答：**通用塑料**：一般指产量大、用途广、成型性好、价廉的塑料。通用塑料有：PE，PP，PVC，PS 等；

**工程塑料**：是指拉伸强度大于 50MPa，冲击强度大于  $6\text{kJ/m}^2$ ，长期耐热温度超过  $100^\circ\text{C}$  的，刚性好、蠕变小、自润滑、电绝缘、耐腐蚀等，可代替金属用作结构件的塑料。工程塑料有：PA，PET，PBT，POM等；

工程塑料是指被用做工业零件或外壳材料的工业用塑料，是强度、耐冲击性、耐热性、硬度及抗老化性均优的塑料。日本业界将它定义为“可以作为构造用及机械零件用的高性能塑料，耐热性在  $100^\circ\text{C}$  以上，主要运用在工业上”。

**热塑性塑料**：加热时变软以至流动，冷却变硬，这种过程是可逆的，可以反复进行。聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚甲醛、聚砒、聚苯醚，氯化聚醚等都是热塑性塑料。(热塑性塑料中树脂分子链都是线型或带支链的结构，分子链之间无化学键产生，加热时软化流动、冷却变硬的过程是物理变化；)

**热固性塑料**：第一次加热时可以软化流动，加热到一定温度，产生化学反应—交链固化而变硬，这种变化是不可逆的，此后，再次加热时，已不能再变软流动了。正是借助这种特性进行成型加工，利用第一次加热时的塑化流动，在压力下充满型腔，进而固化成为确定形状和尺寸的制品。这种材料称为**热固性塑料**。(热固性塑料的树脂固化前是线型或带支链的，固化后分子链之间形成化学键，成为三维的网状结构，不仅不能再熔融，在溶剂中也不能溶解。)酚醛、脲醛、三聚氰胺甲醛、不饱和聚酯、有机硅等塑料，都是热固性塑料。

**简单组分高分子材料**：主要由高聚物组成(含量很高，可达 95%以上)，加入少量(或不加入)抗氧化剂、润滑剂、着色剂等添加剂。如：PE、PP、PTFE。

**复杂组分高分子材料**：复杂组分塑料则是由合成树脂与多种起不同作用的配合剂组成，如填充剂、增塑剂、稳定剂等组成。如：PF、SPVC。

用天然或合成的聚合物为原料，经过人工加工制造的纤维状物质。可以分类两类

1) **人造纤维**：又称再生纤维，以天然聚合物为原料，经过人工加工而改性制得。如：粘胶纤维、醋酸纤维、蛋白质纤维等

2) **合成纤维**：以石油、天然气等为原料，通过人工合成和纺丝的方法制成。如：涤纶、尼龙、腈纶、丙纶、氨纶、维纶等

### 3. 高分子材料成型加工的定义和实质。

高分子材料成型加工是将聚合物(有时还加入各种添加剂、助剂或改性材料等)转变成实用材料或制品的一种工程技术。

大多数情况下，聚合物加工通常包括两个过程:首先使原材料产生变形或**流动**，并取得所需要的形状，然后设法保持取得的形状 (即**硬化**)，**流动-硬化**是聚合物工过程的基本程序。

高分子材料加工的本质就是一个定构的过程，也就是使聚合物结构确定，并获得一定性能的过程。

## 第一章习题与思考题

---

2. 请说出晶态与非晶态聚合物的熔融加工温度范围，并讨论两者作为材料的耐热性好坏。

答：晶态聚合物： $T_m \sim T_d$ ；非晶态聚合物： $T_f \sim T_d$ 。

对于作为塑料使用的高聚物来说，在不结晶或结晶度低时，最高使用温度是  $T_g$ ，当结晶度达到 40% 以上时，晶区互相连接，形成贯穿整个材料的连续相，因此在  $T_g$  以上仍不会软化，其最高使用温度可提高到结晶熔点。

熔点 ( $T_m$ )：是晶态高聚物熔融时的温度。表征晶态高聚物耐热性的好坏。

3. 为什么聚合物的结晶温度范围是  $T_g \sim T_m$ ？

答： $T > T_m$  分子热运动自由能大于内能，难以形成有序结构

$T < T_g$  大分子链段运动被冻结，不能发生分子重排和形成结晶结构

7. 要使聚合物在加工中通过拉伸获得取向结构，应在该聚合物的什么温度下拉伸？

答：应该在聚合物的玻璃化温度和熔点之间进行，因为分子在高于  $T_g$  时才具有足够的活动，这样在拉应力的作用下，分子才能从无规线团中被拉伸应力拉开、拉直和在分子彼此之间发生移动。

**门尼黏度(Mooney viscosity)：**在一定温度下（通常  $100^\circ\text{C}$ ）和一定的转子速度下，测定未硫化的橡胶对转子转动的阻力。

门尼黏度又称转动(门尼)黏度，是用门尼黏度计测定的数值，基本上可以反映合成橡胶的聚合度与分子量。按照 GB 1232 标准规定，转动(门尼)黏度以符号  $Z100^\circ\text{C} 1+4$  表示。其中 Z——转动黏度值；1——预热时间为 1min；4——转动时间为 4min； $100^\circ\text{C}$ ——试验温度为  $100^\circ\text{C}$ ，习惯上常以  $ML100^\circ\text{C} 1+4$  表示门尼黏度。

**熔体流动速率 (MFR)** 测定高分子熔体在一定温度和负荷下，单位时间内从标准毛细管中流出的重量。

熔体流动速率是表示热塑性树脂流动特性最典型的方法。比相对平均分子量方便、快捷，表示聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等各种成型材料的流动性。在其加热料筒中放入定量的样品，按树脂品种规定其加热温度与负荷条件。其结果是从加热料筒底部的细孔挤出熔融的树脂并通过标准口模的质量（g/10min），以此定义为熔体流动速率，以前我国曾用过熔融指数、熔体指数为标准术语，欧洲等国家也有用熔融流动指数（简称 **MFI** 或 **MI**），作为评定材料流动特性的标准。

落球黏度：

一个半径为  $R$ ，密度为  $\rho_s$  的小球，在密度为  $\rho_b$  的液体中以恒定速率  $v$  下落，可用斯托克斯方程求出液体介质的黏度，记作斯托克斯黏度  $\eta_s$

用落球黏度计测得的黏度是牛顿区的黏度值，对剪切速率无依赖性，是零切黏度。

滴点温度：在规定的加热条件下，当从仪器的脂杯中滴出第一滴流体时的温度，叫作润滑脂的滴点。滴点示出润滑脂达到一定流动性的温度

## 第四章习题与思考题

---

3. 何谓表观黏度？试述  $\eta_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{K \dot{\gamma}^n}{\dot{\gamma}} = K \dot{\gamma}^{n-1} \quad (n \neq 1)$  的理由。

答：对于非牛顿流体

它只是对流动性好坏作一个相对的大致比较。真正的黏度应当是不可逆的黏性流动的一部分，而表观黏度还包括了可逆的高弹性变形那一部分，所以表观黏度一般小于真正黏度。

对聚合物熔体来说，造成黏度下降的原因在于其中大分子彼此之间的缠结。当缠结的大分子承受应力时，其缠结点就会被解开，同时还沿着流动的方向规则排列，因此就降低了黏度。缠结点被解开和大分子规则排列的程度是随应力的增加而加大的。显然，这种大分子缠结的学说，也可用以说明聚合物熔体黏度随剪切应力增加而降低的原因。

7. 聚合物熔体在剪切流动过程中有哪些弹性表现形式？在成型过程中可采取哪些措施来减少弹性表现对制品质量的不良影响？

答：聚合物流动过程最常见的弹性行为是端末效应和不稳定流动。

提高温度，减少剪切应力，增加高温下的流动时间，均化塑料结构，降低其流动的非牛顿性。

## 第五章习题与思考题

---

3. 为什么在评定固体物料的混合状态时不仅要比较取样中各组分的比率与总体比率的差异大小而且还要考察混合料的分散程度？

答：衡量混合效果需从物料的均匀程度和组分的分散程度两方面来考虑。均匀程度指混入物所占物料的比率与理论或总体比率的差异。但就是相同比率的混合情况也是十分复杂的。在取样分析组成时，若一次抽取的试样的量足够多，或者，一次取样量虽不多，但取样的次数足够多，虽然每次抽取的试样分析结果有所出入，但（取多个试样分析结果的平均值时，）仍可得出混合情况相同的结论。然而从混合料中各组分的分散程度来看，则可能相差甚远。因此，在判定物料的混合状态时，还必须考虑各组分的分散程度。

4. 温度对生胶塑炼有何影响？为什么天然橡胶在 115℃ 时塑炼效果最差？

5. 天然橡胶的低温机械塑炼的目的及其原理与聚氯乙烯塑料中添加邻苯二甲酸二丁酯的目的及其原理有何异同？

6. 何谓橡胶的混炼？用开炼机和密炼机分别进行混炼时应控制的工艺条件有哪些？有何影响？

答：混炼就是将各种配合剂与可塑性合乎要求的生胶或塑炼胶在机械作用下混合均匀，制成混炼胶的过程。

开炼机混炼时应控制的工艺条件有（1）装胶容量（2）辊距（3）混炼温度（4）混炼时间（5）辊速和速比（6）加料顺序

密炼机分别进行混炼时应控制的工艺条件有（1）装胶容量（2）上顶栓压力（3）转子转速和混炼时间（4）混炼温度（5）加料顺序

7. 何谓胶料混炼过程中产生的结合橡胶（炭黑凝胶）？

答：橡胶与炭黑混炼时，由于炭黑表面具有一定的活性，因而与混炼时产生的  $R\cdot$  生成一定数量的化学形式和物理形式的结合体，形成一种不溶于橡胶溶剂的产物，称结合橡胶（炭黑凝胶）。

8. 成型用的塑料形态有哪几种？各种形态的塑料有什么不同的特点？它们的应用情况如何？

**9. 什么叫塑料的混合和塑化，其主要区别在哪里？**

答：塑料的混合：这是物料的初混合，是一种简单混合，在低于流动温度和较为缓和的剪切速率下进行的一种混合。混合后，物料各组份的物理和化学性质无变化。只是增加各组份颗粒的无规则排列程度，没有改变颗粒的尺寸。设备：捏合机、高速混合机。

塑料的塑化：再混合，是高一级的混合，在高于流动温度（ $T_f$ 或 $T_m$ ）和较强烈的剪切速率下进行。混合后，物料各组份的物理和化学性质有所变化。塑化的目的是使物料在一定温度和剪切力下熔融，驱出其中的水份和挥发物。使各组份的分散更趋均匀，得到具有一定可塑性的均匀物料。设备：密炼机、开炼机、挤出机。

**11. 塑料的塑化与橡胶的塑炼二者的目的和原理有何异同？**

答：塑化：再混合，是高一级的混合。在高于流动温度（ $T_f$ 或 $T_m$ ）和较强烈的剪切速率下进行。混合后，塑料各组份的物理和化学性质有所变化。其目的是使物料在一定温度和剪切力下熔融，驱出其中的水份和挥发物。使各组份的分散更趋均匀，得到具有一定可塑性的均匀物料。

塑炼：使生胶由强韧的弹性转变为柔软的便于加工的塑性状态的过程。目的是使生胶获得一定的可塑性，使之适合于混炼、压延、压出、成型等工艺操作；使生胶的可塑性均匀化，以便得到质量均匀的胶料。（目的是降低弹性，增加可塑性，获得流动性；混炼时配合剂易于分散均匀，便于操作；使生胶分子量分布变窄，胶料质量均匀一致。）

12. 什么是“生胶的塑炼”，什么是“塑料的塑炼”，为什么要分别对生胶和塑料进行塑炼？两者分别可采取哪些措施，提高塑炼效果？

答：生胶的塑炼：使生胶由强韧的弹性转变为柔软的便于加工的塑性状态的过程。目的是使生胶获得一定的可塑性，使之适合于混炼、压延、压出、成型等工艺操作；使生胶的可塑性均匀化，以便得到质量均匀的胶料。（目的是降低弹性，增加可塑性，获得流动性；混炼时配合剂易于分散均匀，便于操作；使生胶分子量分布变窄，胶料质量均匀一致。）

塑料的塑炼：再混合，是高一级的混合。在高于流动温度（ $T_f$ 或 $T_m$ ）和较强烈的剪切速率下进行。混合后，塑料各组份的物理和化学性质有所变化。其目的是使物料在一定温度和剪切力下熔融，驱出其中的水份和挥发物。使各组份的分散更趋均匀，得到具有一定可塑性的均匀物料。

16. 橡胶塑炼的目的，比较低温塑炼和高温塑炼。



答：使生胶由强韧的弹性转变为柔软的便于加工的塑性状态的过程。目的是使生胶获得一定的可塑性，使之适合于混炼、压延、压出、成型等工艺操作；使生胶的可塑性均匀化，以便得到质量均匀的胶料。

低温塑炼——开炼机塑炼

•薄通塑炼 •包辊塑炼 •一次塑炼•分段塑炼

高温塑炼——密炼机塑炼

称量→投料→放下上顶栓加压塑炼→打开下顶栓排胶→压片机捣合→压片→冷却下片→存放

高温连续塑炼——螺杆塑炼机塑炼

## 第六章习题与思考题

1. 何谓热固性塑料的固化速度？试述其影响因素。

**答：**这是热固性塑料成型时特有的也是最重要的工艺性能，它是衡量热固性塑料成型时化学反应的速度。它是以热固性塑料在一定的温度和压力下，压制标准试样时，使制品的物理机械性能达到最佳值所需的时间与试件的厚度的比值( $s/mm$  厚度)来表示，此值愈小，固化速率愈大。

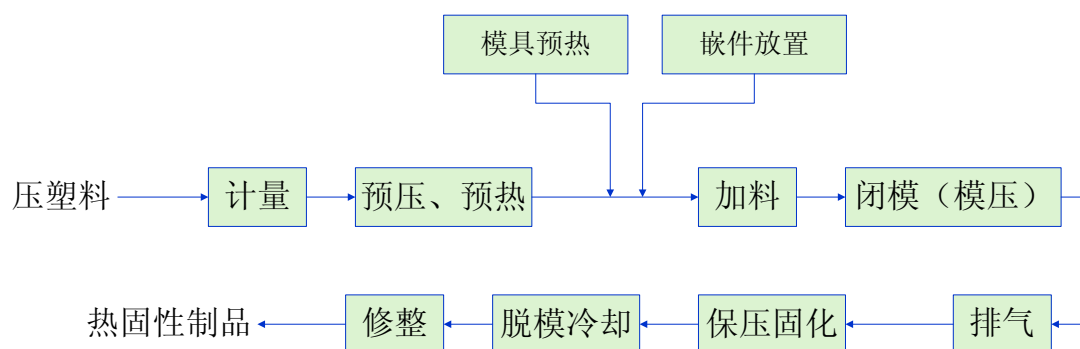
固化速率主要由热固性塑料的交联反应性质决定，并受成型前的预压、预热条件以及成型工艺条件如温度和压力等多种因素的影响。

2. 简述热固性塑料模压成型的工艺步骤。

**答：**热固性塑料模压成型工艺过程通常由成型物料的准备、成型和制品后处理三个阶段组成，工艺步骤如下：

1、计量；2、预压；3、预热；4、嵌件安放；5、加料；6、闭模；7、排气；8、保压固化；9、脱模冷却；10 制品后处理

工艺过程如图所示。



3. 试分析模温的高低对模压成型工艺的影响。

**答：**模压温度是指成型时所规定的模具温度，对塑料的熔融、流动和树脂的交联反应速度有决定性的影响。

在一定的温度范围内，模温升高、物料流动性提高，充模顺利，交联固化速度增加，模压周期缩短，生产效率高。但过高的模压温度会使塑料的交联反应过早开始和固化速度太快而使塑料的熔融黏度增加，流动性下降，造成充模不全。另外一方面，由于塑料是热的不良导体，模温高，固化速度快，会造成模腔内物料内外层固化不一，表层先行硬化，内层固化时交联反应产生的低分子物难以向外挥发，会使制品发生肿胀、开裂和翘曲变形，而且内层固化完成时，制品表面可能已过热，引起树脂和有机填料等分解，会降低制品的机械性能。

因此模压形状复杂、壁薄、深度大的制品，不宜选用高模温，但经过预热的塑料进行模压时，由于内外层温度较均匀，流动性好，可选用较高模温。

模压温度过低时，不仅物料流动性差，而且固化速度慢，交联反应难以充分进行，会造成制品强度低，无光泽，甚至制品表面出现肿胀，这是由于低温下固化不完全的表层承受不住内部低分子物挥发而产生的压力的缘故。

4. 在热固性塑料模压成型中，提高模温应相应地降低还是升高模压压力才对模压成型工艺有利？为什么？

**答：**在热固性塑料模压成型中，提高模温一般应相应地升高模压压力才对模压成型工艺有利。

在一定范围内模温提高能增加塑料的流动性，模压压力可降低；但模温提高也会使塑料的交联反应速度加速，从而导致熔融物料的粘度迅速增高，因而需更高的模压压力。综合以上因素，提高模温一般应相应地提高模压压力。

5. 热固性塑料模压成型中物料的预热温度对模压压力有何影响？为什么？

**答：**进行预热可以使物料熔化速度加快，黏度下降，流动性提高，模压压力降低；但如果预热温度过高会使塑料在预热过程中有部分固化，会抵消预热增大流动性效果，模压时需更高的压力来保证物料充满型腔。在预热时软化倾向>交联倾向，一般经过预热的物料可使用较低模压压力。

6. 在高分子材料成型加工中，哪些地方要求交联？交联能赋予高聚物制品哪些性能？

**答：**未硫化的橡胶  $T_g$  在室温以下，常温下发黏，强度很低，基本无使用价值。通过硫化(交联)，才能使用。

酚醛树脂、氨基树脂、环氧树脂、不饱和聚酯等是具有活性官能团的低分子量的齐聚物，也只有通过交联，才能充分发挥它们的特性。

在聚乙烯、聚氯乙烯、聚氨酯等泡沫塑料生产中，交联也是极为重要的工艺技术，交联有助于提高泡孔壁的强度。

交联后的性能取决于交联密度。交联密度高，相邻交联点之间相对分子质量小，链段活性受到限制， $T_g$  随之增高。交联改善了高分子材料的力学性能、耐热性能、化学稳定性和使用性能。

7. 试述天然橡胶以硫磺硫化后的制品大分子结构特征。

**答：**硫化后，橡胶大分子结构中各部位已程度不同地形成了网状结构，大分子链之间有主价键力的作用，使大分子链的相对运动受到一定的限制，在外力作用下，不易发生较大的位移，变形减小，强度增大，失去可溶性，只能有限溶胀。

8. 试述橡胶硫化后的物理性能的变化，并解释之。

**答：**天然橡胶在硫化过程中，随着线型大分子逐渐变为网状结构，可塑性减小，拉伸强度、定伸强度、硬度、弹性增加，而伸长率、永久变形、疲劳生热等相应减小，但若继续硫化，则出现拉伸强度、弹性逐渐下降，伸长率、永久变形反而会上升的现象。

这些现象都是线形大分子转变为网状结构的特征。

9. 生胶和硫化胶在分子结构及性能上有何不同？

**答：**硫化前：

结构：线性大分子，分子与分子之间无价键力；

性能：可塑性大，伸长率高，具可溶性。

硫化后：

结构：1) 化学键；2) 交联键的位置；3) 交联程度； 4) 交联

性能：1) 力学性能（定伸强度、硬度、拉伸强度、伸长率、弹性）；

2) 物理性能；3) 化学稳定性

10. 橡胶的硫化历程分为几个阶段？各阶段的实质和意义是什么？

**答：**（1）焦烧期—硫化起步阶段，是指橡胶在硫化开始前的延迟作用时间，在此阶段胶料尚未开始交联，胶料在模型内有良好的流动性。（对于模型硫化制品，胶料的流动、充模必须在此阶段完成，否则就发生焦烧，出现制品花纹不清，缺胶等缺陷。）

意义：焦烧期的长短决定了胶料的焦烧性及操作安全性。这一阶段的长短取决于配合剂的种类和数量。

（2）欠硫期—预硫阶段，焦烧期以后橡胶开始交联的阶段。在此阶段，随着交联反应的进行，橡胶的交联程度逐渐增加，并形成网状结构，橡胶的物理机械性能逐渐上升，但尚未达到预期的水平，但有些性能如抗撕裂性、耐磨性等却优于正硫化阶段时的胶料。

意义：预硫时间的长短反映了硫化反应速度的快慢（，主要取决于配方）。

（3）正硫期—正硫化阶段，正硫化是胶料的各项性能在一个阶段基本上保持恒定或变化很少，也称硫化平坦期。

意义：这个阶段橡胶的综合性能最好，是选取正硫化时间的范围。（硫化平坦期的宽窄取决于：配方、温度等）

（4）过硫期—过硫阶段，橡胶的交联反应达到一定的程度，此时的各项物理机械性能均达到或接近最佳值，其综合性能最佳。此时交联键发生重排、裂解等反应。

意义：过硫阶段的性能变化情况反映了硫化平坦期的长短，不仅表明了胶料热稳定性的高低，而且对硫化工艺的安全性及制品硫化质量有直接影响。

11. 橡胶制品生产过程中，残余焦烧时间的长短与橡胶制品的类型有什么关系？

**答：**不同的硫化方法和制品，对焦烧时间的长短亦有不同要求。在硫化模压制品时，总是希望有较长的焦烧期，使胶料有充分时间在模型内进行流动，而不致使制品出现花纹不清

晰或缺胶等缺陷。在非模型硫化中，则应要求硫化起步应尽可能早一些，因为胶料起步快而迅速变硬，有利于防止制品因受热变软而发生变形。不过在大多数情况下，仍希望有较长的焦烧时间以保证操作的安全性。

12. 何谓返原性胶料和非返原性胶料？

**答：**天然橡胶等主链为线形大分子结构，在过硫阶段中断链多于交联，机械性能下降，这种胶料称为返原性胶料；

大部分合成橡胶，如丁苯、丁腈橡胶，在过硫阶段中易产生氧化支化反应和环化结构，胶料的物理机械性能变化很小，甚至保持恒定，这种胶料称为非返原性胶料。

13. 何谓硫化三要素？对硫化三要素控制不当会造成什么后果？

**答：**硫化三要素是指硫化的压力、温度和时间。

模型硫化时必须施以压力。压力过低，胶料流动性差，不能充满模腔，制品容易产生泡，胶料不够致密，机械性能下降；但过高压力对橡胶的性能也不利，高压会对橡胶分子链的热降解有加速作用；对于含纤维织物的胶料，高压会使织物材料的结构被破坏，导致耐屈挠性能下降。

硫化温度是橡胶发生硫化反应的基本条件，它直接影响硫化速度和产品质量。硫化温度太高，硫化速度太快，胶料刚受热即交联而流动性下降，得不到所需要的产品，且高温易引起橡胶分子链裂解，乃至发生硫化返原现象，结果导致强伸性能下降；反之，硫化温度低，硫化速度慢，生产效率低，直至不硫化。

在一定的硫化温度和压力下，橡胶有一最适宜的硫化时间，时间太长则过硫，时间太短则欠硫，对产品性能都不利。

14. 何谓正硫化和正硫化时间？正硫化时间的测定方法有哪几种？各有何特点？

**答：**正硫化是胶料的各项性能在一个阶段基本上保持恒定或变化很少，也称硫化平坦期。

理论正硫化：从硫化反应动力学原理来说，正硫化应是胶料达到最大交联密度时的硫化状态，正硫化时间应由胶料达到最大交联密度所需的时间来确定比较合理。

工艺正硫化：橡胶处在正硫化时，其物理机械性能或综合性能达到最佳值，预硫或过硫阶段胶料性能均不好。达到正硫化所需的时间为正硫化时间，而正硫化是一个阶段。在实际应用中是根据某些主要性能指标(与交联密度成正比)来选择最佳点，确定正硫化时间。

(1) 物理机械法 麻烦，不经济；

(2) 化学法 简单、方便，但误差较大，适应性不广，有一定限制，不适于非硫黄硫化的胶料；

(3) 专用仪器法 不仅具有方便、精确、经济、快速和重现性好等优点，并且能够连续测定与加工性能和硫化性能等有关的参数而且只需进行一次试验即可得到完整的硫化曲线。

15. 某一胶料的硫化温度系数为 2，当硫化温度为 137℃时，测出其硫化时间为 80min，若

将硫化温度提高到 143℃，求该胶料达正硫化所需要的时间？上述胶料的硫化温度时间缩短到 60min 时，求所选取的硫化温度是多少？

$$\text{解: } \frac{t_1}{t_2} = K^{\frac{T_2-T_1}{10}}, \text{ 即 } \frac{80}{t_2} = 2^{\frac{143-137}{10}} = 2^{0.6}, \text{ 解得 } t_2=52.8\text{min}$$

$$\text{同理 } \frac{t_1}{t_3} = K^{\frac{T_3-T_1}{10}}, \text{ 即 } \frac{80}{60} = 2^{\frac{T_3-137}{10}}, \text{ 解得 } T_3=141^\circ\text{C}$$

16. 某胶料的硫化温度系数为 2，在实验室中用试片测定，当硫化温度为 143℃时，硫化平坦时间为 20~80min，该胶料在 140℃下于模型中硫化了 70min，问是否达到正硫化？

$$\text{解: } E_{20'} = It = K^{(T-100)/100} \times t = 2^{(143-100)/10} \times 20 = 393.97$$

$$E_{80'} = 2^{(143-100)/10} \times 80 = 1575.86$$

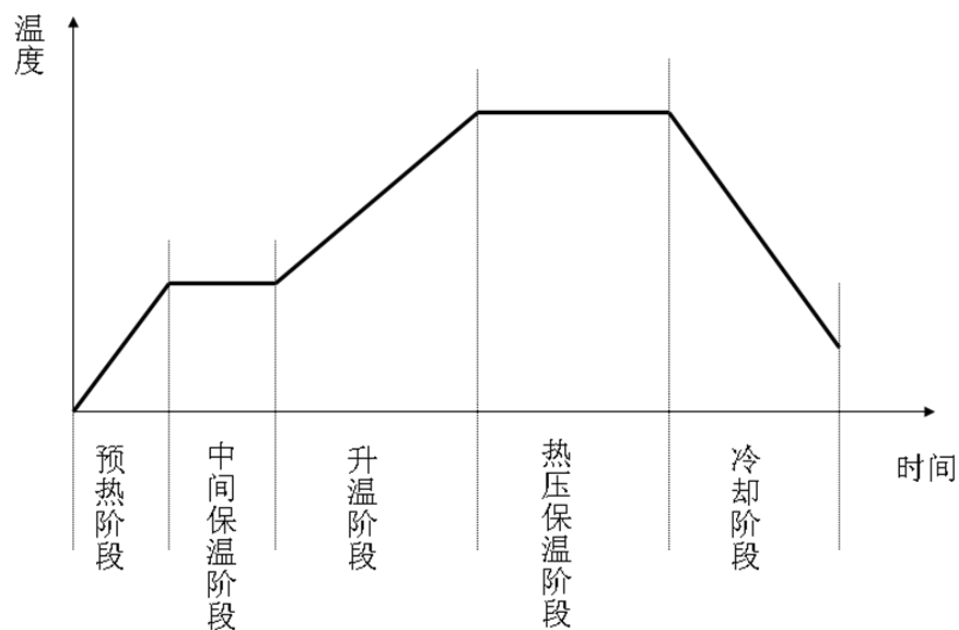
$$E_{70'} = 2^{(140-100)/10} \times 70 = 1120$$

$$\therefore E_{20'} < E_{70'} < E_{80'}$$

$\therefore$  该部位的胶料已达正硫化。

17. 绘出增强热固性塑料层压板成型时热压过程五个时期的温度和压力与时间的关系曲线，并说明各时期的温度和压力在成型中的作用。

答：压制的温度控制一般分为五个阶段



预热阶段：板坯的温度由室温升至树脂开始交联反应的温度，使树脂开始熔化，并进一步渗入增强材料中，同时排出部分挥发物。此时的压力=最高压力的  $1/3 \sim 1/2$ 。

中间保温阶段：树脂在较低的反应速度下进行交联固化反应，直至溢料不能拉成丝，然后开始升温升压。

升温阶段：将温度和压力升至最高，加快交联反应。（此时树脂的流动性已下降，高温高压不会造成胶料流失）

热压保温阶段：在规定的温度和压力下，保持一定时间，使树脂充分交联固化。

冷却阶段：树脂在充分交联后，使温度逐渐降低，进行降温冷却。

## 第七章习题与思考题

1. 挤出机螺杆在结构上为何分段？分段的根据是什么？

**答：**根据物料在螺杆中的温度、压力、黏度等的变化特征，可将螺杆分为加料段、压缩段、压缩段三段。

2. 挤出螺杆一般分为哪几段？每段各有什么作用？对于晶态塑料的挤出成型，应选择何种螺杆？其  $L_2$  的长度有何特征，为什么？

**答：**加料段——对料斗送来的塑料进行加热，同时输送到压缩段。塑料在该段始终保持固体状态。

压缩段——对加料段来的料起挤压和剪切作用，同时使物料继续受热，由固体逐渐转变为熔融体，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，应该成为完全塑化的黏流状态。

均化段——使熔融物料在均化段螺杆和机头回压作用进一步搅拌塑化均匀，并定量定压地通过机头口模挤出成型。

结晶型聚合物，熔化温度范围很窄，因而压缩段很短，应选择突变型螺杆。

3. 什么叫压缩比？挤出机螺杆设计中的压缩比根据什么来确定？

**答：**螺杆的压缩比是指螺杆加料段第一个螺槽的容积与均化段最后一个螺槽的容积之比，它表示塑料通过螺杆的全过程被压缩的程度。

压缩比的大小取决于挤出塑料的种类和形态，粉状塑料的相对密度小，夹带空气多，其压缩比应大于粒状塑料。另外挤出薄壁制品时，压缩比应比厚壁制品的大。

4. 什么是挤出机螺杆的长径比？长径比的大小对塑料挤出成型有什么影响？长径比太大又会造成什么后果？

**答：**挤出机螺杆的长径比是指螺杆工作部分的有效长度  $L$  与直径  $D_s$  之比。

$L/D_s$  大，能发送塑料的温度分布，混合更均匀，并可减少挤出时的逆流和漏流，提高挤出机的生产能力。 $L/D_s$  过小，对塑料的混合和塑化都不利。

$L/D_s$  太大，对热敏性塑料会因受热时间太长而易分解，同时螺杆的自重增加，自由端挠曲下垂，容易引起料筒和螺杆擦伤，制造和安装都困难，也增大了挤出机的功率消耗。

5. 渐变型和突变型螺杆有何区别？它们各适合哪类塑料的挤出？为什么？

**答：**渐变型螺杆的压缩段较长，为螺杆全长的 55%~65%，PVC 挤出成型用螺杆压缩段甚至达到 100%。渐变型螺杆适合无定型塑料的生产，因为无定型塑料的熔融温度范围宽。



突变型螺杆的压缩段较短，为 3~5Ds，PA 的挤出成型用螺杆压缩段甚至仅为一个螺距的长度。突变型螺杆适合结晶型塑料的生产，因为结晶型塑料的熔融温度范围很窄。

(所谓渐变型螺杆是指由加料段较深螺槽向均化段较浅螺槽的过渡，是在一个较长的螺杆轴向距离内完成的；而所谓突变型螺杆的上述过渡是在较短的螺杆轴向距离内完成的。)

6. 提高挤出机加料段固体输送能力，应对设备采取什么措施？指出其理论依据。

答案要点：

结构角度：1 增加螺槽深度； 2 降低物料与螺杆的摩擦系数； 3 增加物料与料筒的摩擦系数； 4 选择适当的螺旋角。

工艺角度：1 增加料筒温度 ( $f_b \uparrow$ )；②降低螺杆温度 ( $f_s \downarrow$ )。

7. 塑料在挤出机中的熔化长度的意义是什么？

答：挤出机中从熔化开始到固体床的宽度降到零的总长度称为熔化长度，熔化长度的大小反映了固体的熔化速度，一般熔化速度越高则熔化长度越短。

## 第八章习题与思考题

---

1. 何谓注射成型，它有何特点？请用框图表示一个完整的注射成型工艺过程。

2. 塑料挤出机的螺杆与移动螺杆式注射机的螺杆在结构特点和各自的成型作用上有何异同？

答：挤出螺杆：

输送、塑化、计量。

均化段槽深 $h_3$ 浅、长径比 $L/D$ 大、压缩比 $\varepsilon$ 大。

加料段 $L_1$ 短，均化段长 $L_3$ 长。

平动+转动（前移）。

螺杆头部形状多样。

物料熔融是一个稳态的连续过程。

注射螺杆：

预塑化、注射。

均化段槽深 $h_3$ 深、长径比 $L/D$ 小、压缩比 $\varepsilon$ 小。

加料段 $L_1$ 长，均化段长 $L_3$ 短。

平动+转动（前移+注射）。

螺杆头部为尖锥形。

物料熔融是一个非稳态的间歇过程。

3. 请从加热效率出发，分析柱塞式注射机上必须使用分流梭的原因。

答：使用分流梭加快了热传导，有利于减少或避免塑料过热而引起热分解现象。塑料熔体分流后，在分流梭与料筒间隙中流速增加，剪切速度增大，从而产生较大的摩擦热，料温升高，黏度下降，是塑料得到进一步的混合塑化，有效提高柱塞式注射机的生产量及制品质量。

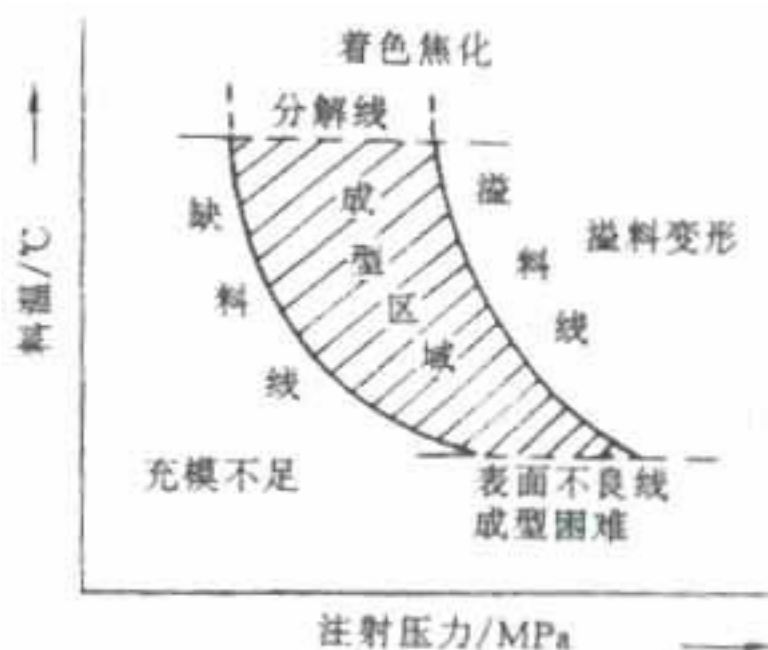
4. 注射机的喷嘴有哪几种类型？各适合何种聚合物材料的注射成型？

5. 以柱塞式注射机成型聚丙烯制品时, 注射机料筒的加热效率为 0.8, 如果聚丙烯预热温度 50℃, 注射料温 230℃, 注射机的料筒最高温度应控制几度?

答:  $E = \frac{T - T_0}{T_w - T_0}$ ,  $T_0 = 50^\circ\text{C}$ ,  $T = 230$ ,  $E = 0.8$ , 代入得  $T_w = 275^\circ\text{C}$

6. 试分析注射成型中物料温度和注射压力之间的关系, 并绘制成型区域示意图。

答: 注射压力与料温是相互制约的, 料温高时, 注射压力减小; 反之, 所需注射压力加大。



7. 保压在热塑性塑料注射成型过程中的作用是什么? 保压应有多少时间? 何谓凝封?

答: 当注射成型塑料熔体充满模腔后, 模具中熔体冷却收缩, 继续保持施压状态的柱塞或螺杆, 迫使浇口和喷嘴附近的熔体不断补充入模中 (**补塑**), 使模腔中的塑料能形成形状完整而致密的制品 (**压实**); 保压适当的时间, 可防止螺杆或柱塞退还时, 因模具主流道处塑料尚未冷却凝固而发生模内熔融塑料倒流现象 (**防倒流**)。

保压时间一般约 20-100s, 大型和厚制品可达 2-5min。

塑料注射充模保压时, 浇注系统的熔体先行冷却硬化的现象叫“凝封”, 凝封可防止模腔内尚未冷却的熔体向喷嘴方向倒流。

8. 试述晶态聚合物注射成型时温度（包括料温和模温）对其结晶性能和力学性能的影响。

9. 聚丙烯和聚苯乙烯注射成型时，考虑到产品的性能和生产效率，它们的模具温度应分别控制在哪个温度范围最适宜？为什么？（PP:  $T_g = -10^{\circ}\text{C}$ 左右，PS:  $T_g = 80^{\circ}\text{C}$ 左右）

答：聚丙烯的结晶能力较强，提高模具温度有助于改善熔体在模内的流动性，减小内应力和分子的定向作用，增强制件的密度和结晶度甚至能够提前脱模；但制件的冷却时间、收缩率和脱模后的翘曲变形将增大。制品结晶度的增加，制件的表面粗糙度值也会随之减小。

综合考虑 PP 模具温度  $T_c > T_g$ ，生产上常用温度为  $40-90^{\circ}\text{C}$

无定形塑料注射充模后无相转变，故模温高低主要影响充模时间长短，较低的模温，冷却快，生产效率提高。PS 熔融黏度较低，采用偏低的模温  $T_c < T_g$

10. 试述注射成型制品易产生内应力的原因及解决的办法。

11. 试分析注射成型过程中快速充模和慢速充模各有什么利弊。

答：充模速度 $\uparrow$ ，物料受剪切 $\uparrow$ ，生热 $\uparrow$ ， $\tau \uparrow$ ，黏度下降，充模压力 $\uparrow$ ，充模顺利，能提高制品的熔接缝强度，生产周期缩短；

但速度 $\uparrow\uparrow$ ，料流为湍流，严重时引起喷射作用，卷入空气，可引起塑料局部烧伤及分解，使制品不均匀，内应力较大，表面常有裂纹。

慢速充模时，熔体以层流状态流动，顺利将模腔内的空气排出，制品质量较均匀；

但充模过慢，会使熔体在流道中冷却降温，引起黏度提高，流动性下降，引起充模不全，并出现分层和结合不好的熔接痕，影响制品强度和表面质量。

12. 简述热固性塑料和橡胶的注射成型原理。

## 第九章习题与思考题

1. 压延成型工艺能生产哪些塑料和橡胶制品？以软质 PVC 薄膜的生产过程为例，画出生产工艺流程。

2. 压延时，压延机的辊筒为什么会产生挠度，对压延质量有何影响？说明对挠度有何补偿方法，并比较其优缺点？

1) 中高度法，将辊筒设计和加工成略带腰鼓形。辊筒加工要求高，且辊筒的弹性弯曲受物料的性质及压延工艺条件等诸多因素，所以固定不变的中高度补偿法有很大的局限性。

2) 轴交叉法，调整两辊筒的轴，使其交叉一定角度。该法的优点是可以随产品的品种、规格和工艺条件不同进行调节轴交叉角度，从而扩大了压延机的工作范围。轴交叉装置补偿的挠度差有三高二低特征。轴交叉补偿的挠度量是有限定的，因为轴线偏转角度大了就不能正常工作

从理论上讲，无论何种二次曲线都不可能完全与四次曲线的挠度曲线相吻合，因此中高度法和轴交叉法都不能完全补偿挠度差。

3) 预应力法，在辊筒轴承的两端预先施加额外的负荷，其作用方向正好与工作负荷相反，达到补偿目的。这种方法可以调节预应力的使辊筒弧度有较大变化范围，以适应变形的实际要求，比较容易控制而且补偿效果更好。

在实际生产中往往把上述三种补偿方式结合使用。

3. 用四辊压延机压延塑料薄膜时各辊的温度和转速应如何控制？为什么？

答：压延成型所用热塑性塑料大多都有容易黏附高温、高转速辊筒的特点，为了使压延成型顺利进行，操作上应控制温度和转速，以四辊压延机为例：

$$T_{III} \cong T_{IV} > T_{II} > T_I; \quad V_{III} \cong V_{IV} > V_{II} > V_I \text{ (第III辊筒为主辊筒)}$$

速比为 1: 1.05—1: 1.25

4. 何谓压延效应？产生的原因及减小的方法是什么？

压延成型过程中，黏流态塑料在通过压延辊筒间隙时，线形大分子沿着压延方向作定向排列。出现制品的各向异性，制品的纵向和横向的物理机械性能不同，这种现象在压延成型中称为压延效应。

↑温度；↓速度及速比；辊距↑；尽量不使用各向异性的配合剂、改变喂料方向和提高物料的塑性，压延后缓慢冷却，可降低压延效应。

## 第十章习题与思考题

---

1. 简述二次成型的黏弹性原理。

2. 根据型坯生产特征，中空吹塑成型可分为哪两大类型？请用框图表示这两种成型方法的工艺过程。

答：注坯吹塑、挤坯吹塑

注坯吹塑：

型坯注射成型→脱注射模→（型坯加热）→移入吹塑模→（型坯拉伸）→移入吹塑模→吹胀→冷却定型→脱模

挤坯吹塑：

型坯挤出→型坯垂挂直接入吹塑模→合模切断吹胀成型→保压冷却→开模脱出

3. 用平挤逐次双向拉伸法成型 PP 薄膜时，挤出的厚片为何要急冷？冷却后的厚片在拉伸前为什么又要预热？

答：PP 此类含有晶相的聚合物在拉伸过程中不容易使其定向程度提高，因此要保证其是无定形的，工艺上为达到这一要求，对 PP 结晶性聚合物采取方法是挤出后的熔融态厚片实行急冷，控制其结晶度在 5% 以下。

预热作用是将急冷的厚片重新拉伸到所需温度，以便二次成型。