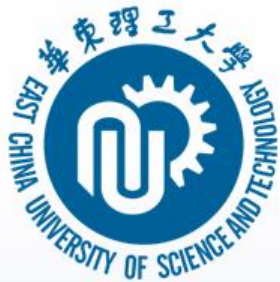


第六章

压制成型



第一节 热固性塑料的模压成型

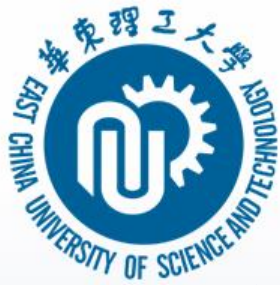
- 一、热固性模塑料的成型工艺性能
- 二、模压成型设备和模具
- 三、模压成型工艺
- 四、模压成型工艺条件及控制

第二节 橡胶制品的模型硫化

- 一、橡胶制品及生产工艺
- 二、橡胶制品的硫化
- 三、模型硫化工艺及硫化条件

第三节 复合材料压制成型

- 一、层压成型
- 二、接触成型



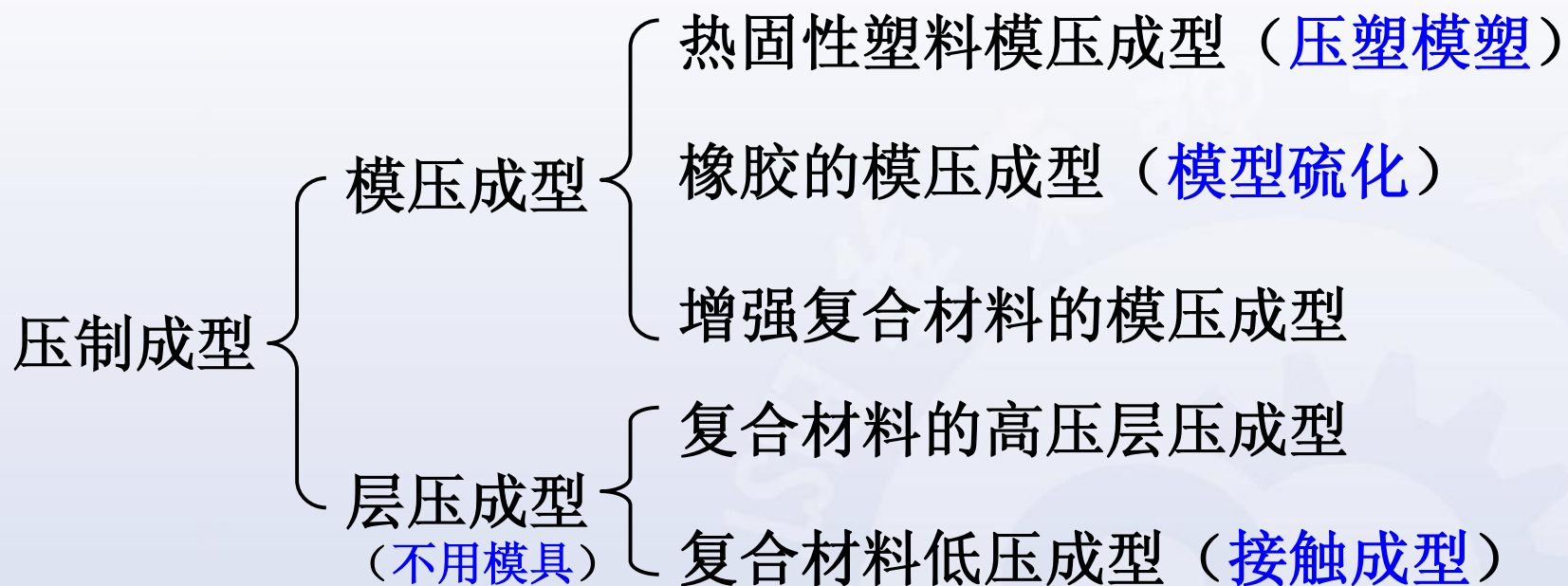
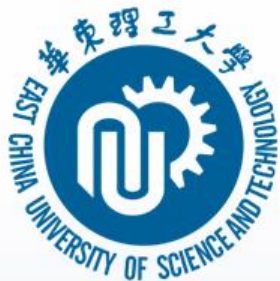
压制成型是高分子材料成型加工技术中历史最悠久，也是最为重要的一种工艺。

几乎所有的高分子材料都可用此方法来成型制品。

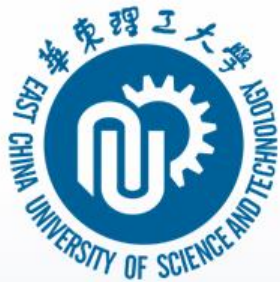
考虑到生产效率、制品尺寸、产品使用的特点，目前主要用于：

热固性塑料、橡胶制品、复合材料的成型。





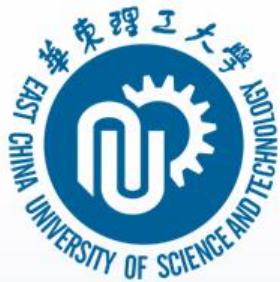
模压成型



第一节 热固性塑料的模压成型

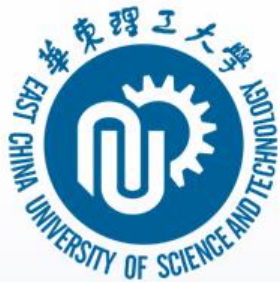
将压塑料置于金属模具的型腔内，然后闭模；在加热、加压的情况下，塑料产生熔融、流动并充满型腔；经适当的放气，并经保压后，塑料就充分交联固化为制品。由于热固性塑料经交联固化后，其分子结构变成三维交联的体型结构，所以制品可以趁热脱模。





工艺特点:

- * 成型工艺及设备成熟，是较老的成型工艺，设备和模具比注射成型简单。
- * 间歇成型，生产周期长，生产效率低，劳动强度大，难以自动化。
- * 制品质量好，不会产生内应力或分子取向。
- * 能压制较大面积的制品，但不能压制形状复杂及厚度较大的制品。
- * 制品成型后，可趁热脱模。



一、热固性模塑料的成型工艺性能

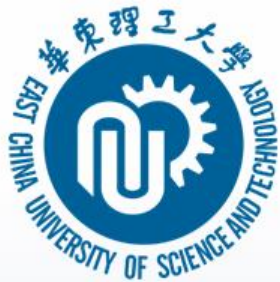
1、流动性

热固性模塑料的流动性是指其在受热和受压情况下充满整个模具型腔的能力。

流动性即可塑性，对成型加工极为重要，直接影响热固性塑料成型过程中的物理化学行为及制品的质量。

影响流动性的因素：

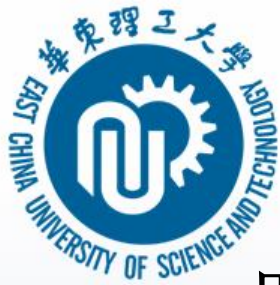
- (1) 压模塑料的性能和组成（分子量、颗粒形状、小分子）
- (2) 模具与成型条件（光洁度、流道形状、预热）



流动性过大、过小的后果:

太大: 溢出模外, 塑料在型腔内填塞不紧, 或树脂与填料分头聚集。

太小: 难于在压力下充满型腔, 造成缺料, 不能模压大型、复杂及厚制品。



2、固（硬）化速率

用于衡量热固性塑料在压制成型时化学反应（交联）的速度。

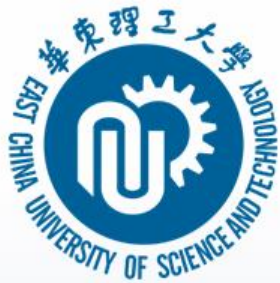
定义：热固性塑料在一定温度和压力下，从熔融、流动到交

联固化为制品的过程中，单位厚度的制品所需的时间，常以

s/mm厚度表示，此值越小，固化速度越快。

固化速度依赖于：

塑料的交联反应性质，成型时的具体情况：预压、预热、成型温度和压力。



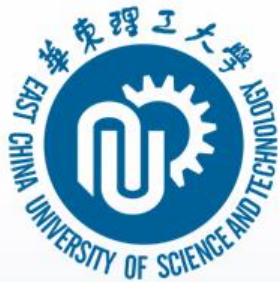
固化速度太快:

硬化太快，过早硬化，流动性下降，不能很好地充满型腔，制品缺料，不能压制薄壁和形状复杂的制品。

出现：表面先固化，流动性差。

固化速度太慢:

生产周期 - ，生产效率 - 。



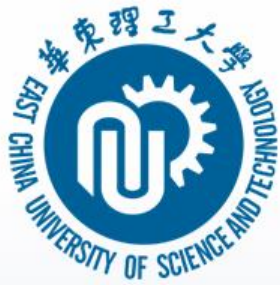
3、成型收缩率

高分子材料的热膨胀系数比模具（钢材）大得多，热固性塑料成型中发生交联，结构趋于紧密，加上低分子物挥发，体积必定收缩，尺寸变化很大。

成型收缩率：

$$S_L = \frac{L_0 - L}{L} \times 100\%$$

一般高分子材料的 S_L 在 $1\sim 3\%$ ，是模具设计的重要指标。



产生收缩的基本原因：

化学结构的变化（交联）、热收缩、弹性回复、塑性形变。

影响收缩率的因素：

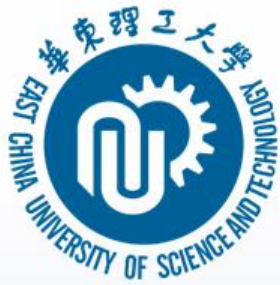
工艺条件、模具和制品的设计、塑料的性质。

产生的后果：

制品翘曲、开裂。

解决的办法：

预热、采用不溢式模具、严格工艺流程。



4、压缩率

是热固性塑料制品的比重与粉状或粒状的热固性模塑料的表观比重之比。即压塑料在压制前后的体积变化。

压缩率:

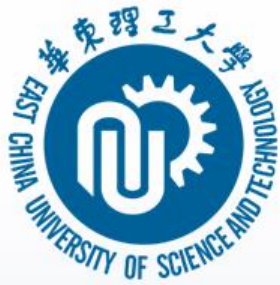
$$R_p = \frac{d_2}{d_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

产生后果:

R_p 越大, 所需的模具装料室越大 $\frac{3}{4}$ 消耗模具钢材, 不利于传热, 生产效率低, 易混入空气。

解决方法:

预压。酚醛压塑粉经预压: R_p 从 2.8 $\text{\textcircled{R}}$ 1.25



5、水份与挥发物的含量

游离水，以及受热受压时所释放出的氨、甲醛与结合水。

产生后果：

流动性太大，收缩率大，翘曲，无光泽，波纹。

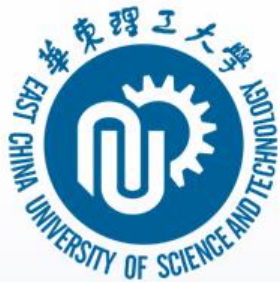
解决方法：

预热。

6、细度与均匀度

细度：颗粒直径大小；

均匀度：颗粒间直径大小的差距。



二、模压成型设备和模具

1、成型设备—压机

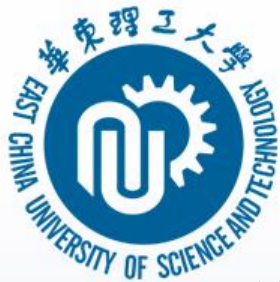
压机的作用：

- § 通过模具对塑料传热和施加压力；
- § 提供成型的必要条件： T 、 P ；
- § 开启模具和顶出制品。

压机 — 机械加压、液压（上压式、下压式）

图6-1

图6-2



2、模具

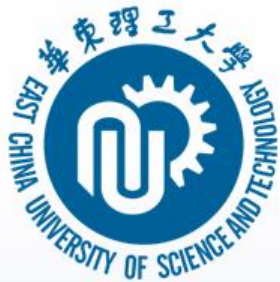
模具（**钢制**），有多种类型，结构形式通常较简单。

模压成型用的模具常用的有三种：

1) 溢式模具 [图6-3](#)

2) 不溢式模具 [图6-4](#)

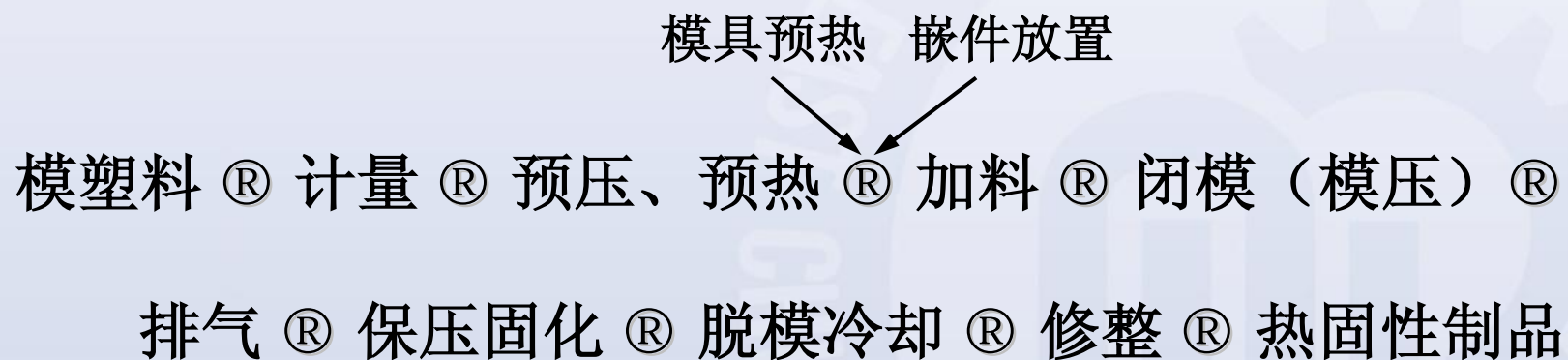
3) 半溢式模具 [图6-5](#)

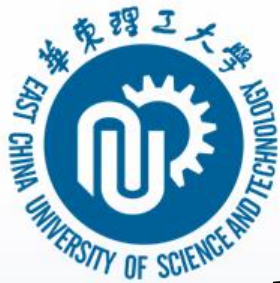


三、模压成型工艺

模压成型用的模塑料大多数是由热固性树脂加上粉状或纤维状的填料等配合剂而成。

模压成型的工艺流程：





1、计量

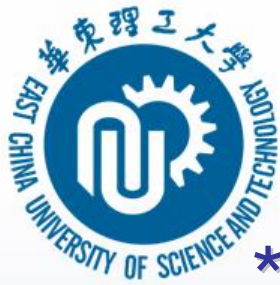
重量法：按质量加料。准确但麻烦；

容量法：按体积加料。方便但不及重量法准确。

记数法：按预压坯料计数。操作最快，但预先有个预压计量操作。

2、预压

在室温下，把定量的物料预先用冷压法压制成一定形状大小的坯料。



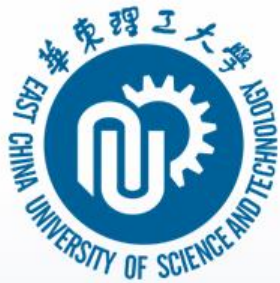
预压的优点:

- * 加料快, 准确, 简单, 便于运转。
- * 降低压缩率, 可减小模具的装料量。
- * 使物料中空气含量少, 利于传热。
- * 改进预热规程。(预压后可提高预热温度)

缺点: 增加一道工序, 成本高。

预压压力:

一般控制在使预压物的密度达到制品最大密度的
80%为宜, 预压压力的范围: **40~200MPa**。

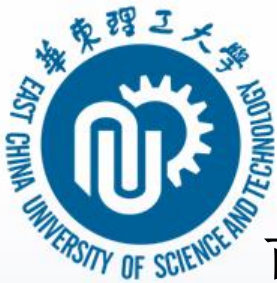


3、预热

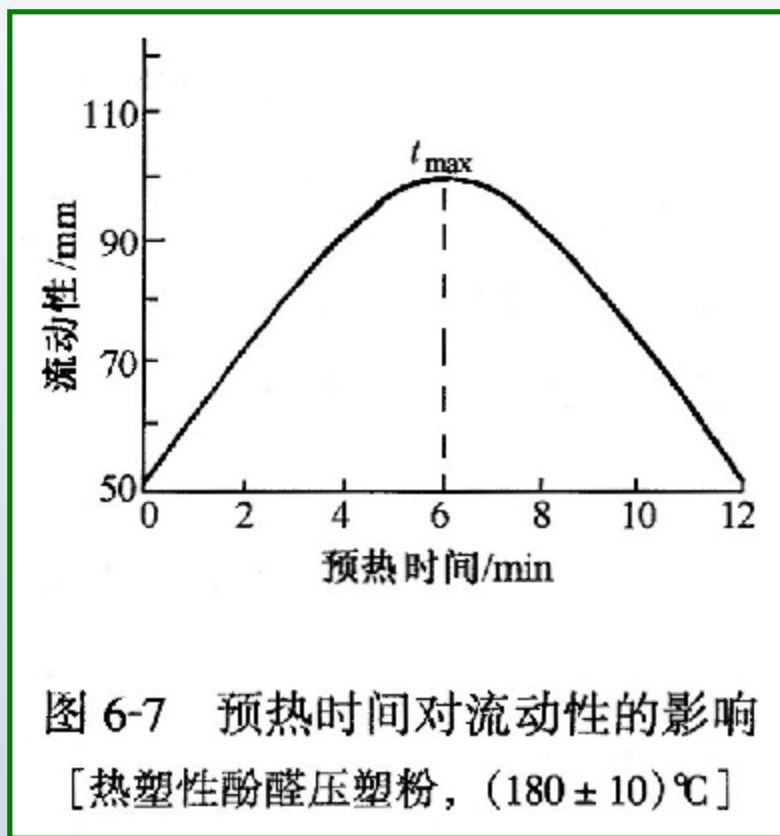
热固性塑料在模压前的加热有**预热**和**干燥**双重意义。

预热的优点：

- * 加快固化速度，缩短成型时间。
- * 提高流动性，增进固化的均匀性。
- * 减小制品的内应力，提高制品质量。
- * 降低模压压力。（**预热：15~20MPa，未预热：25~35MPa**）

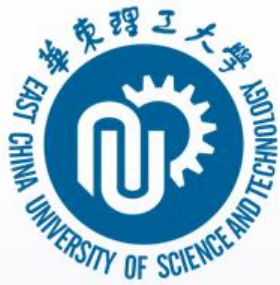


预热时间与预热温度有关联，当预热温度确定后，可通过试验，作出预热时间与成型流动性的关系曲线，然后在曲线上找出最佳流动性所对应的预热时间。



预热方法：

热板加热、烘箱加热、
远红外线加热、高频加热。



4、嵌件安放

嵌件通常是制品的导电部分，或使制品与其它物体结合用的，安放要求：正确，平稳。

5、加料

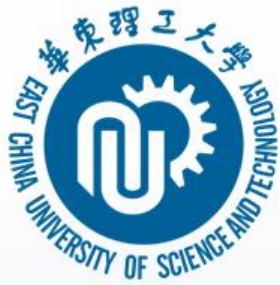
加料量多，则制品毛边厚，难以脱模；少则制品不紧密，光泽差；所以加料量要准确。

加料工序强调的是**加料准确**和**合理堆放**。

一般应堆成“**中间高，四周低**”的形式。

原因：* 有利于排气；

* 闭模中对模与物料接触时少冲料



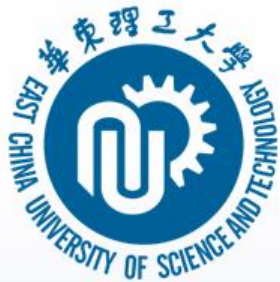
6、闭模

加料完毕后，即使阳模、阴模闭合。

应先快后慢 — 阳模未接触物料之前，应尽可能使闭模速度快，而当阳模快要接触到物料时，闭模速度要放慢。

先快的优点： 有利于缩短非生产时间；
避免塑料在未施压前即固化；
避免塑料降解。

后慢的优点： 防止模具损伤和嵌件移位；
有利于充分排除模内空气。



7、排气

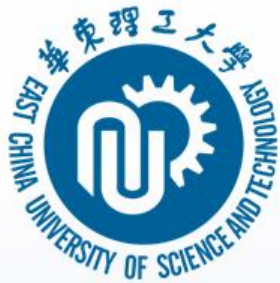
排气的原因：热固性塑料在加工中因缩聚等化学反应会释放出小分子物质，在成型温度下体积膨胀，形成气泡。

排气的作用：赶走气泡、水份、挥发物，缩短固化周期，避免制品内部出现气泡或分层现象。

排气的方式：卸压，松模，时间很短即可（零点几秒～几秒），如此连续几次（2～5次）。

排气的次数、间隔时间等，决定于所模压物料的性质。

何时排气：不能过早，也不能过迟。



8、固化

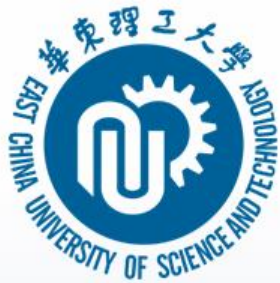
在一定的 P 、 T 下，经过一定的 t ，使缩聚反应达到所要求的交联程度。

从理论上说，经过固化后，原来可溶可熔的线型树脂变成了不溶不熔的体型结构的材料。

在实际操作中，全部固化过程不一定完全在固化阶段完成，而在脱模以后的“后烘”工序完成。以提高设备利用率。

例：酚醛塑料的后烘温度： $90\sim 150^{\circ}\text{C}$

时间：几小时 \sim 几十小时。



9、脱模

热固性塑料可趁热脱模，通常靠顶出杆来完成。

（问题：热塑性塑料呢？）

热脱模须注意两个问题：

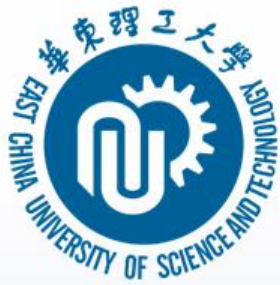
- 防止冷却翘曲
- 防止产生内应力

10、后处理

热处理 — 消除内应力；进一步固化，直至固化完全。

处理温度比成型温度高 $10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

整修 — 修边。



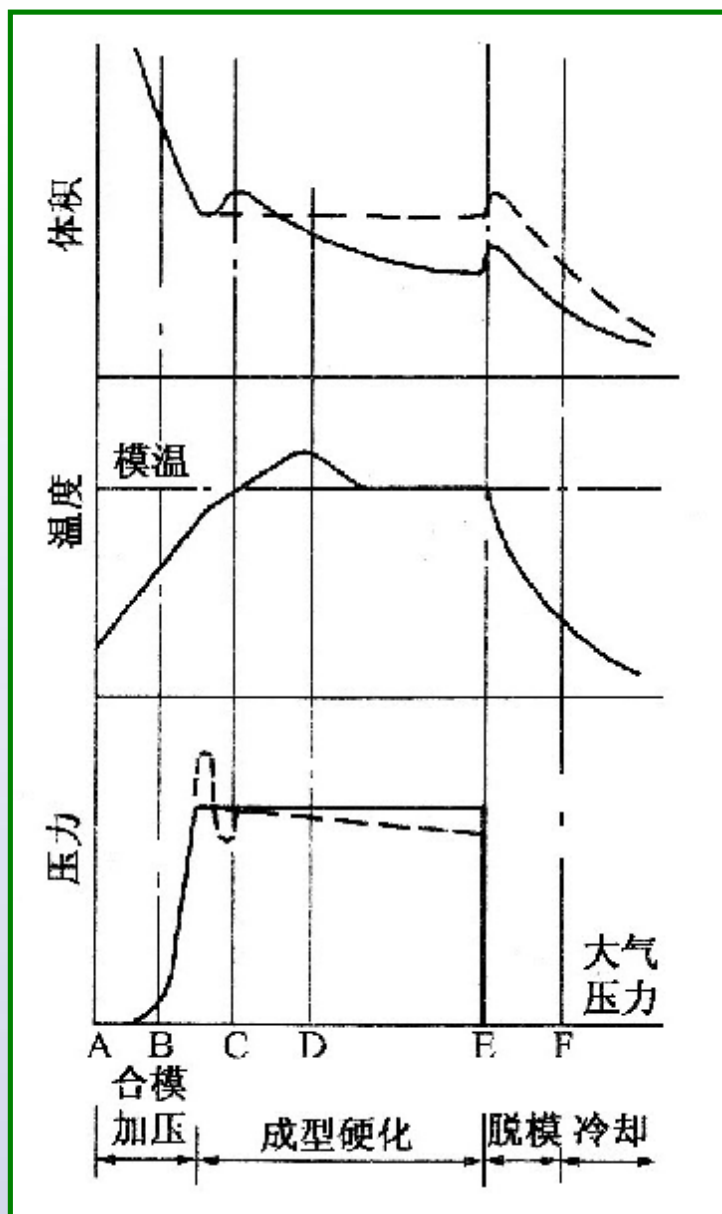
四、模压成型工艺条件及控制

热固性模塑料在模腔内变化情况：



在整个过程中，热固性树脂不仅有物理变化，而且还有复杂的化学交联反应。

模具外的加热和加压的结果：模腔内在发生化学、物理变化的同时，模具内的压力、塑料的体积以及温度也随之变化。



无凸肩模具



有凸肩模具

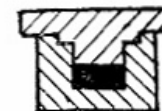
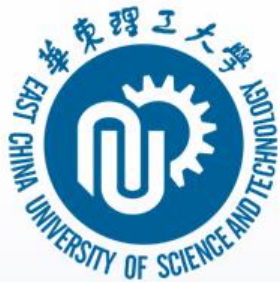


图 6-8 热固性塑料模压成型时的压力-温度-体积关系

——无支承面 - - - - 有支承面

实线：无突肩(不溢式)模具

虚线：有突肩(半溢式)模具



三大工艺因素

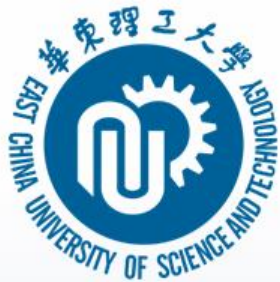
模压压力

模压温度

模压时间

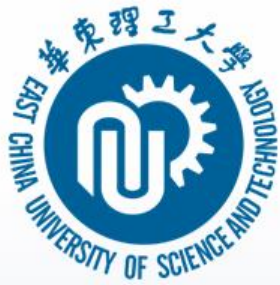
1、模压压力

压机对制品平面沿垂直方向施加的单位压力 (MPa)，生产上常用压机的表压表示，可以换算。



压力的作用:

- * 促进物料流动，充满型腔以提高成型效率。
- * 增大制品密度，提高制品的内在质量。
- * 克服放出的低分子物及塑料中的挥发分所产生的压力，从而避免制品出现气泡、肿胀或脱层。
- * 闭合模具，赋予制品形状尺寸。



成型时所需的模压压力：

$$P_m = \frac{pD^2}{4A_m} P_g$$

式中： P_m — 模压压力（MPa）

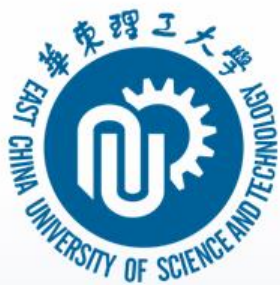
P_g — 压机实际使用的液压，即表压（MPa）

A_m — 制品在受力方向上的投影面积（ cm^2 ）

D — 压机主油缸活塞的直径（cm）

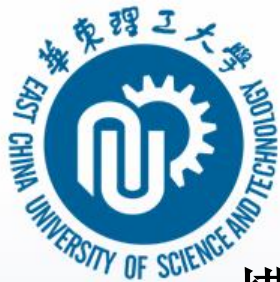
一般，热固性塑料如PF、UF：

$$P_m = 15 \sim 30 \text{ MPa}$$



模压压力的选择与模塑料的工艺性能和制品的成型条件有关：

工艺性能	流动性 -	⊥	模压压力 -
	固化速度 -	⊥	模压压力 -
	压缩率 -	⊥	模压压力 -
成型条件	经过预热	⊥	模压压力 ?
	模压温度 -	⊥	模压压力 ?
	制品深度 -	⊥	模压压力 -
	形状复杂	⊥	模压压力 -
	制品密度 -	⊥	模压压力 -

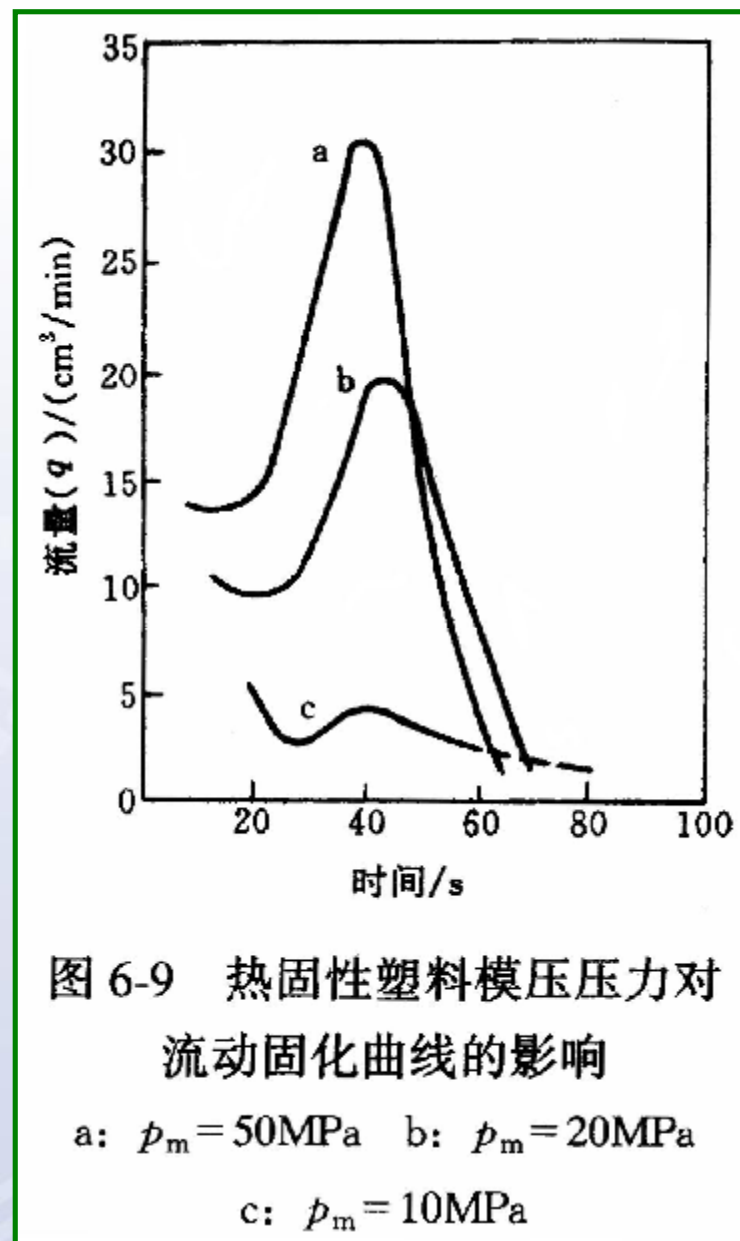


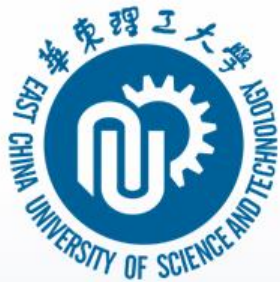
模压压力主要受物料在模腔内的流动情况制约。

与温度有关

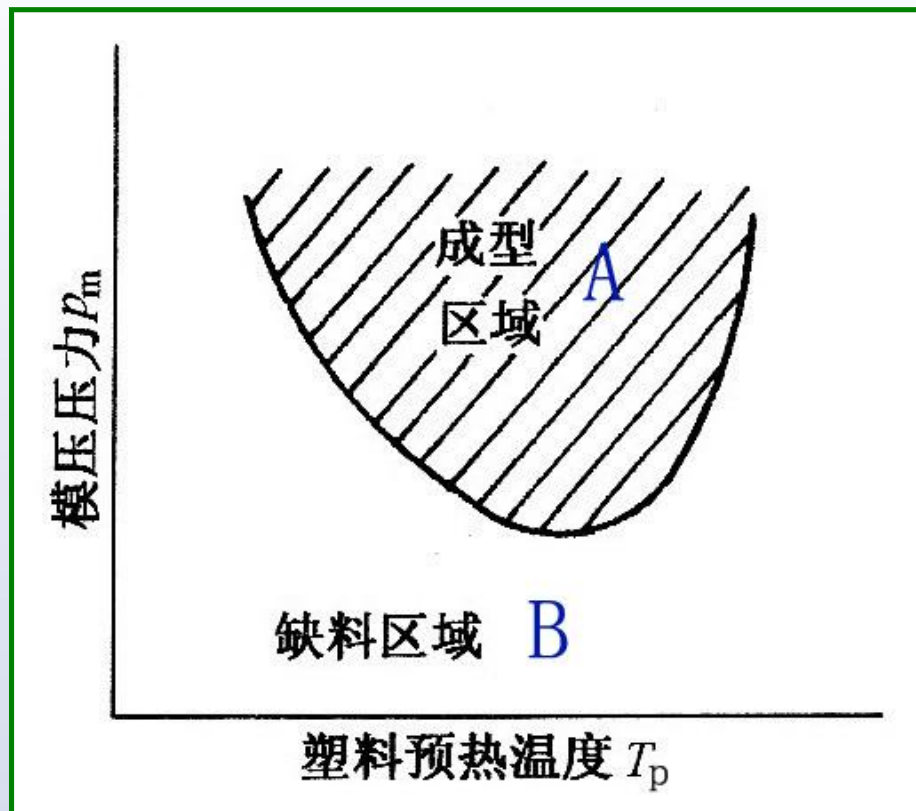
压力对流动性的影响：

压力高，一般对各种性能是有利的，但对模具使用寿命有影响，设备功率消耗大。





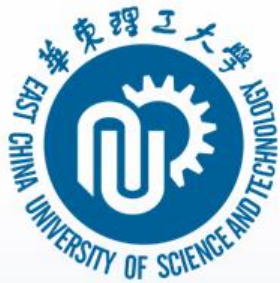
流动性与温度（预热温度）的关系：



A: 塑料可以充满模腔的区域

B: 塑料不能充满模腔的区域

模压压力 (P_m) 与预热温度 (T_p) 的关系



2、模压温度

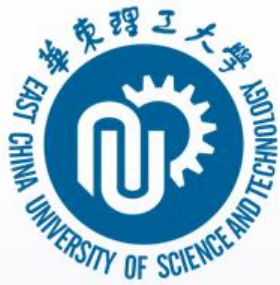
即成型时的模具温度。

塑料受热熔融来源于模具的传热。

模压温度的高低，主要由塑料的本性来决定 — 交联的要求。

模温影响：

- * 塑料的流动性
- * 成型时的充满是否顺利
- * 硬化速度
- * 制品的质量



在一定温度范围内：

T - ： 硬化速度 - ， 粘度 - ， 流动性 - 。

但又由于 T - ， 固化速度 - ， 使粘度 - ， 故流动性 - 。

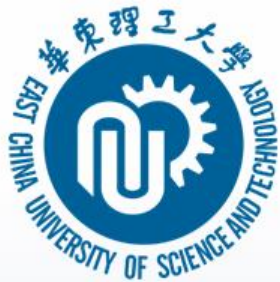
所以：随 T - ， 流动性 $\frac{3}{4}$ 温度曲线具有峰值。

如果 T_p - \uparrow 软化趋势 $>$ 交联趋势 $\uparrow P_m$ -

(即 P_m 低也能顺利充模)

如果 T_p - - \uparrow 交联趋势 $>$ 软化趋势 $\uparrow P_m$ -

(即 P_m 高才能顺利充模)



☆ 模压压力 (P_m) 与模压温度 (T_m) 的关系

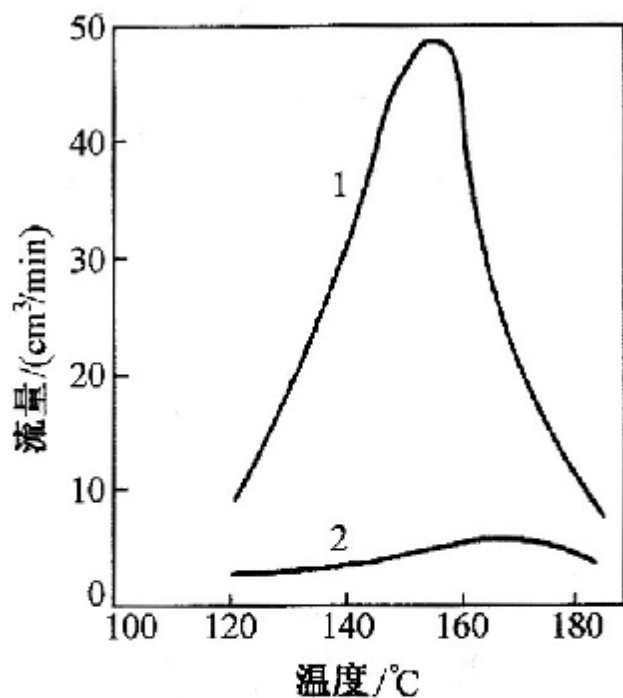
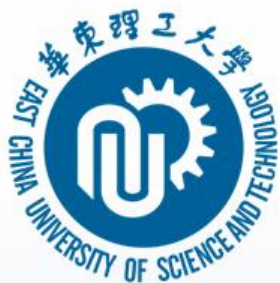


图 6-11 热固性塑料流量
与温度的关系

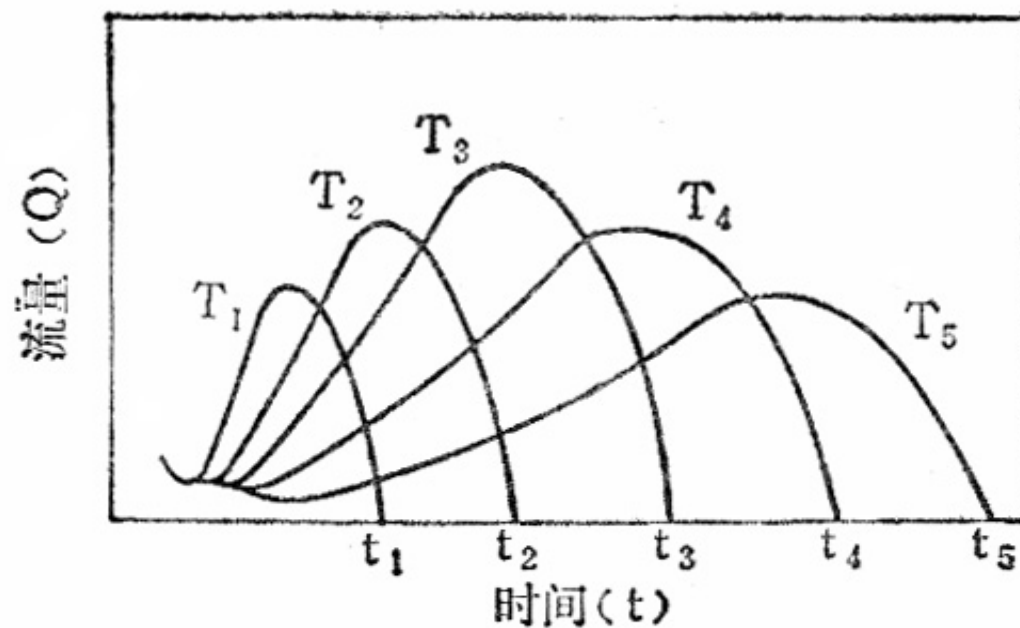
1— $p_m = 30\text{MPa}$ 2— $p_m = 10\text{MPa}$

所以，闭模后应迅速增加压力，使塑料在温度还不很高而流动性又较大时充满模腔各部分。



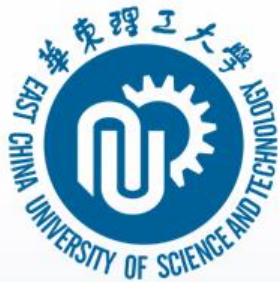
一般情况下:

温度升高, 硬化速度 -, 固化时间 -, 模塑周期 -,
对生产有利。



热固性塑料在不同温度下的流动曲线

温度 $T_1 > T_2 > T_3 > T_4 > T_5$ 时间 $t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5$



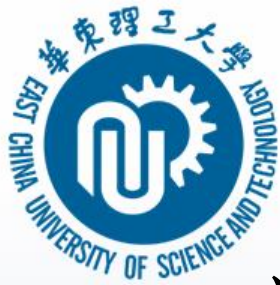
模温太高的后果:

- * 树脂和有机物分解
- * 硬化速度太快，造成外层先固化，不再流动，气体难以排出，制品缺料，内应力 - ，制品质量 - 。

模温太低的后果:

- * 硬化不足，质量下降
- * 硬化周期长

日用模塑料（PF、UF）的模压成型温度：**145~155℃**



3、模压时间

塑料从充模加压到完全固化为止的这段时间。

模压时间的长短决定于：

- * 硬化速度（与树脂种类有关）
- * 制品的形状、厚度
- * 压模工艺条件： T 、 P
- * 是否预压、预热

一般： T - ，固化快，模压时间 - ，模塑周期 - 。

P 影响不明显，但 P - ，模压时间略有 - 。

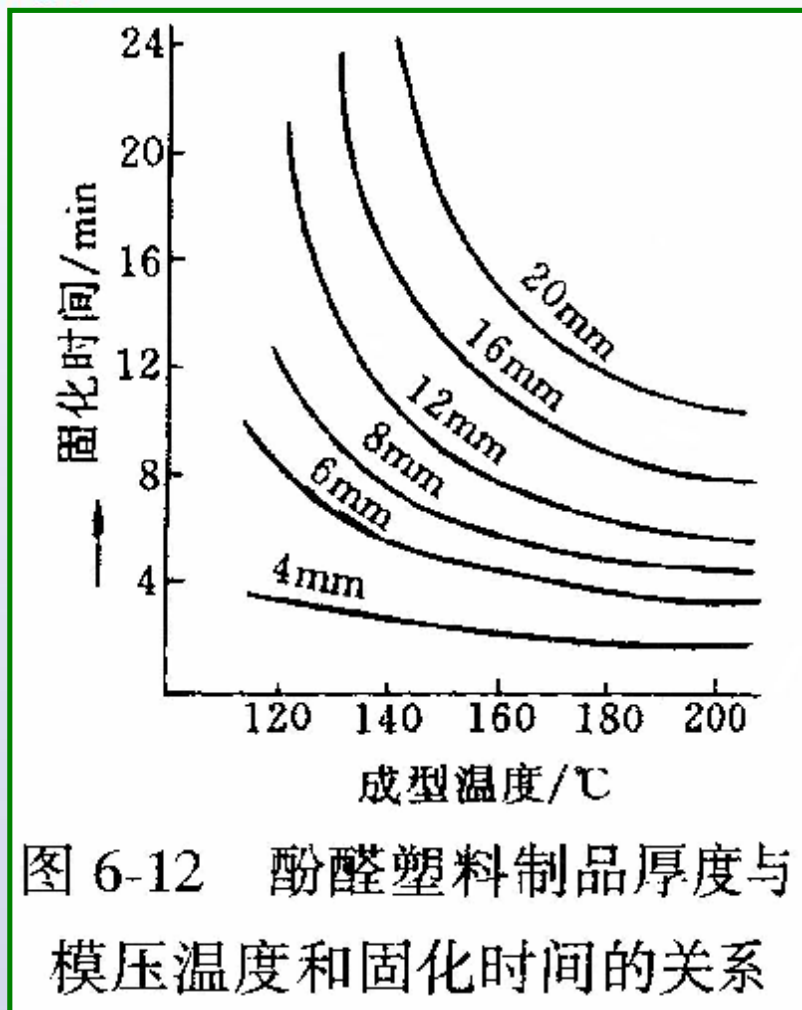
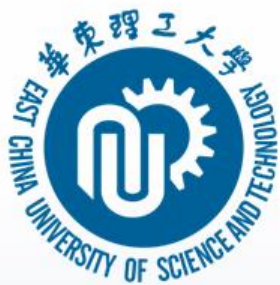


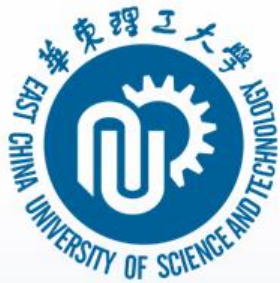
图 6-12 酚醛塑料制品厚度与模压温度和固化时间的关系

厚度的影响:

传热距离和传热时间随着厚度增加而增加,使得整个模压时间延长。

预热的影响:

预热减少了塑料的充模和升温时间,可使整个模压时间缩短。



总之，模压时间长，可使制品交联固化完全，性能 - 。

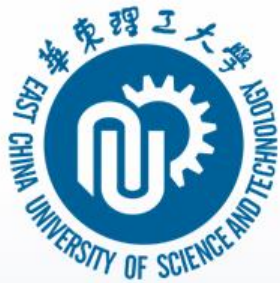
模压时间太长：

- * 生产效率 - ；
- * 长时间高温将使树脂降解。

模压时间太短：

- * 硬化不足，外观无光泽，性能 - 。

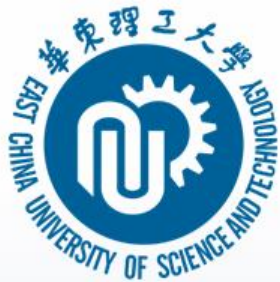
一般，PF、UF的模压时间为：**1min/1mm**制品厚度。



对模压成型的工艺条件：**压力、温度、时间**三者要综合考虑。

一般原则：

在保证制品质量的前提下，尽可能地降低压力、温度和缩短时间。



第二节 橡胶制品的模型硫化

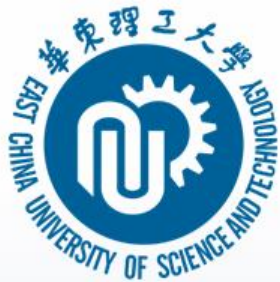
模压成型广泛应用于各种橡胶制品的生产。橡胶模压所用的原料是混炼胶或经成型后的橡胶半成品。生产工艺基本上与热固性塑料的模压成型相同，橡胶成型最后是通过交联（**硫化**）形成**网状**结构的制品。

在橡胶制品生产中，**硫化**是最后的一道加工工序，而模型硫化在硫化工艺中的使用最为广泛。

橡胶硫化设备

轮胎硫化



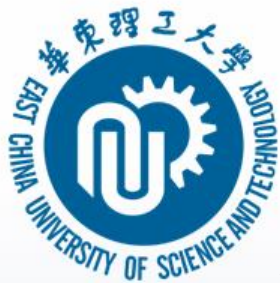


一、橡胶制品及生产工艺

1、橡胶制品品种

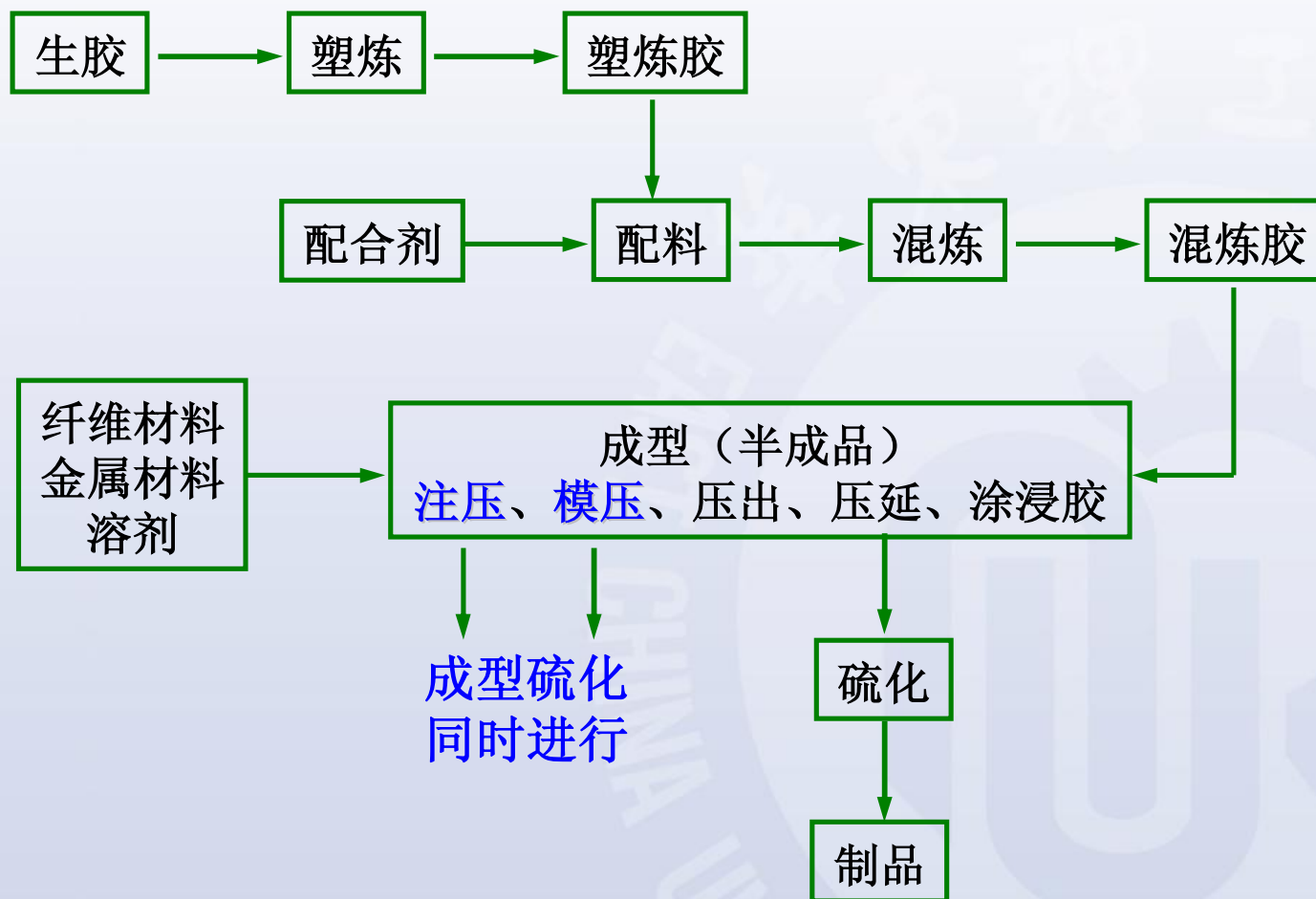
- * 轮胎：生胶的50~60%
- * 胶带：运输胶带、传动胶带
- * 胶管：软管、纤维增强
- * 胶鞋：贴合鞋、模压鞋、注压鞋
- * 其它橡胶工业制品：油封、胶布、胶板、胶辊

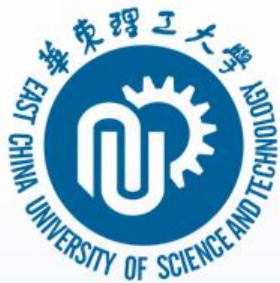
橡胶制品：模型制品、非模型制品。



2、橡胶制品生产工艺

橡胶工艺：干胶工艺和乳胶工艺





二、橡胶制品的硫化

1、橡胶在硫化前后结构和性能的变化

硫化前

线形结构，分子间以范德华力相互作用



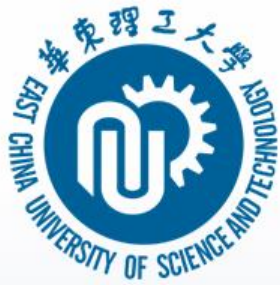
硫化时

分子被引发，发生化学交联反应



硫化后

网状结构，分子间主要已以化学键结合



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

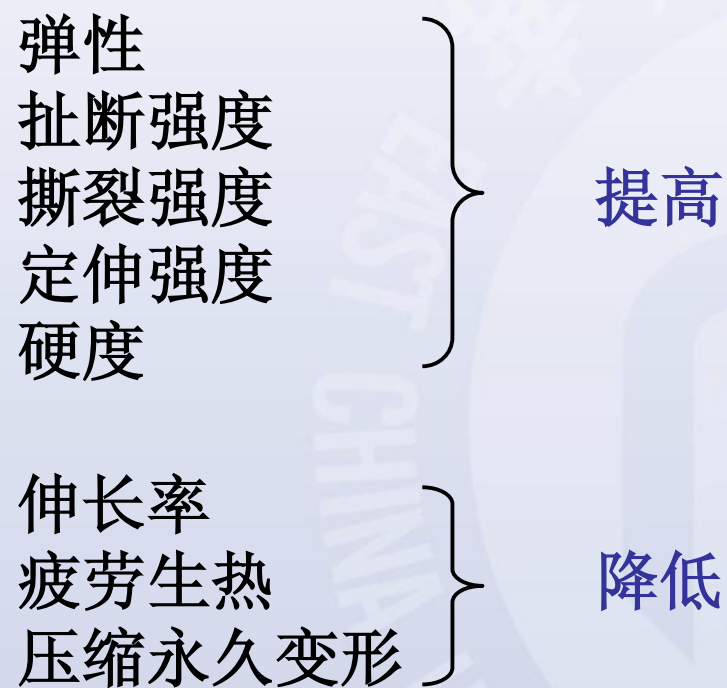
性能: 1) 力学性能 (定伸强度、硬度、拉伸强度、伸长率、弹性); 2) 物理性能; 3) 化学稳定性

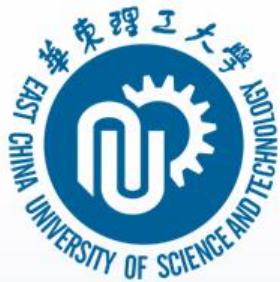


硫化后橡胶的性能变化:

以天然橡胶为例，随硫化程度的提高:

1) 力学性能的变化





2) 物理性能的变化

透气率、透水率降低

不能溶解，只能溶胀

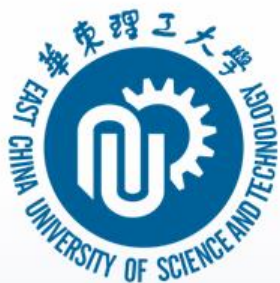
耐热性提高

3) 化学稳定性的变化

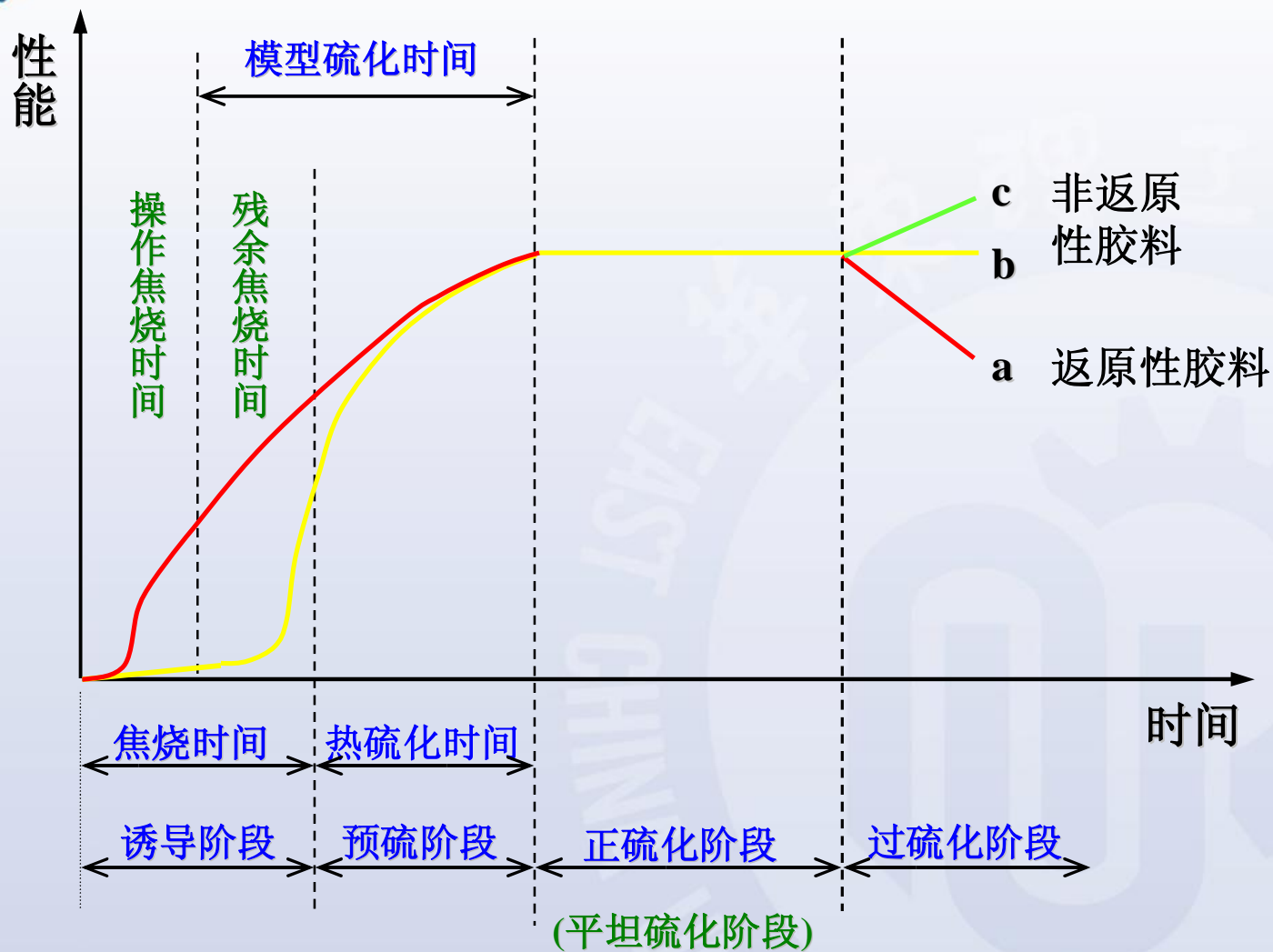
化学稳定性提高。

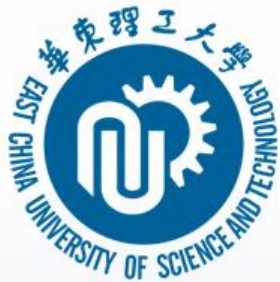
原因： a. 交联反应使化学活性很高的基团或原子不复存在，使老化反应难以进行。

b. 网状结构阻碍了低分子的扩散，导致橡胶老化的自由基难以扩散。



2、硫化历程





(1) 焦烧期 $\frac{3}{4}$ 硫化起步阶段，硫化诱导期

硫化起步 — 硫化时，胶料开始变硬而后不能进行热塑性流动的那一时刻时间（焦烧）。

焦烧期的长短：决定了胶料的焦烧性及操作安全性。

取决于配方，特别是促进剂。可用迟效性

促进剂：**CZ**。

焦烧时间的起点：实际上是从混炼时加入硫磺的那一时刻开始。



焦烧时间

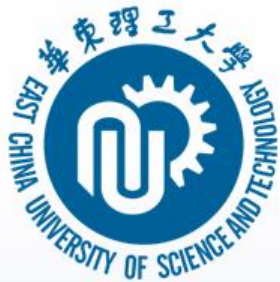
操作焦烧时间 — 混炼，停放，成型

残余焦烧时间 — 进入模具后开始加热到开始
硫化这段时间

若：操作焦烧时间 $>$ 焦烧时间，就发生焦烧

防止焦烧：

- * 具有较长的焦烧时间：配方
- * 混炼、停放要低温，成型时要迅速，即减少操作焦烧时间



(2) 欠硫期 $\frac{3}{4}$ 预硫阶段

诱导期后，开始交联，至正硫化。

在此阶段，交联度低，即使在此阶段的后期，性能（主要是拉伸强度、弹性等）尚未达到预期的要求。

但其抗撕性、耐磨性、则优于正硫化胶料，若要求这些性能时制品可以轻微欠硫。



(3) 正硫期 $\frac{3}{4}$ 正硫化阶段

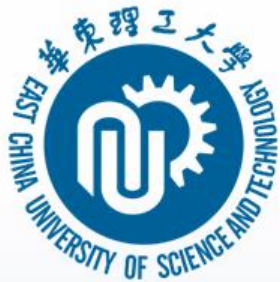
制品达到适当的交联度的阶段，此时各项力学性能均达到或接近最佳值，其综合性能最好。

正硫化是一个阶段 $\frac{3}{4}$ 各项性能基本上保持恒定或变化很少，也称**硫化平坦期**。

硫化平坦期的宽窄取决于：配方、温度等。

正硫化时间的选取：拉伸强度达到最高值略前的时间。

主要是考虑“后硫化”。



(4) 过硫期

正硫化后，继续硫化进入过硫化。

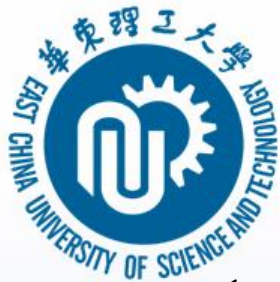
进入过硫化后：

性能下降 $\frac{3}{4}$ 硫化返原（断链多于交联，NR、IIR）

性能恒定甚至上升 $\frac{3}{4}$ 非返原（交联占优、环化）

交联和氧化断链两种反应贯穿于橡胶硫化过程的始终。
只是在硫化过程的不同阶段两种反应优势不同。

进入过硫的早晚，即硫化平坦期的宽窄，主要取决于两个方面：1) 配方（如TMTD）；2) 温度。



3、正硫化点的确定

(1) 物理机械法

(2) 化学法

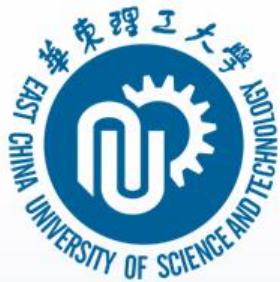
(3) 专用仪器法

硫化特性曲线 $3/4$ 初始粘度、最低粘度、焦烧时间、硫化速度、正硫化时间、活化能。

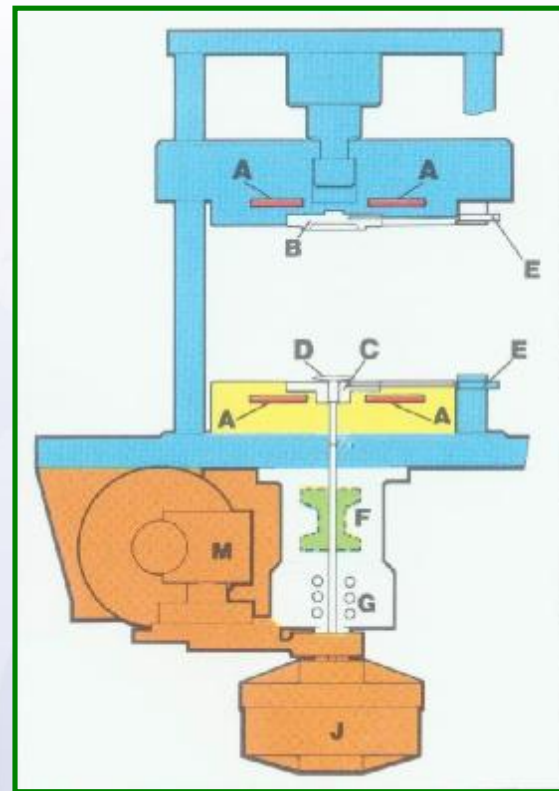
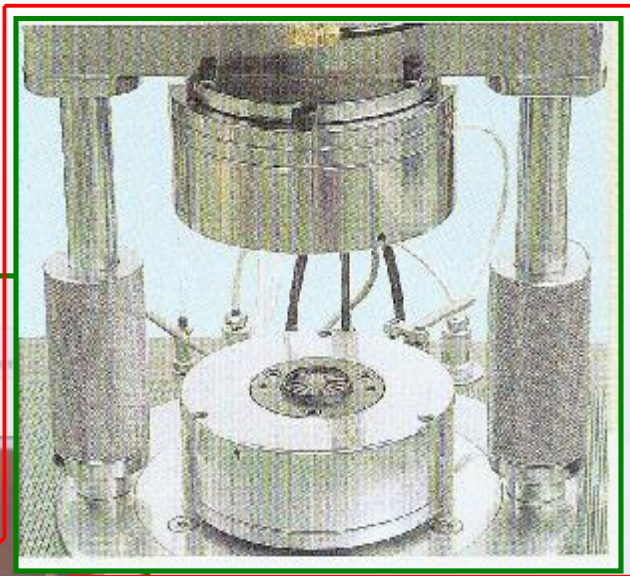
H 测定原理：胶料的剪切模量与交联密度成正比。

$$G = D \cdot R \cdot T$$

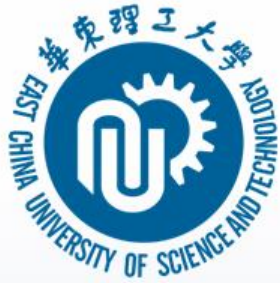
胶料剪切模量 交联密度 气体常数 温度



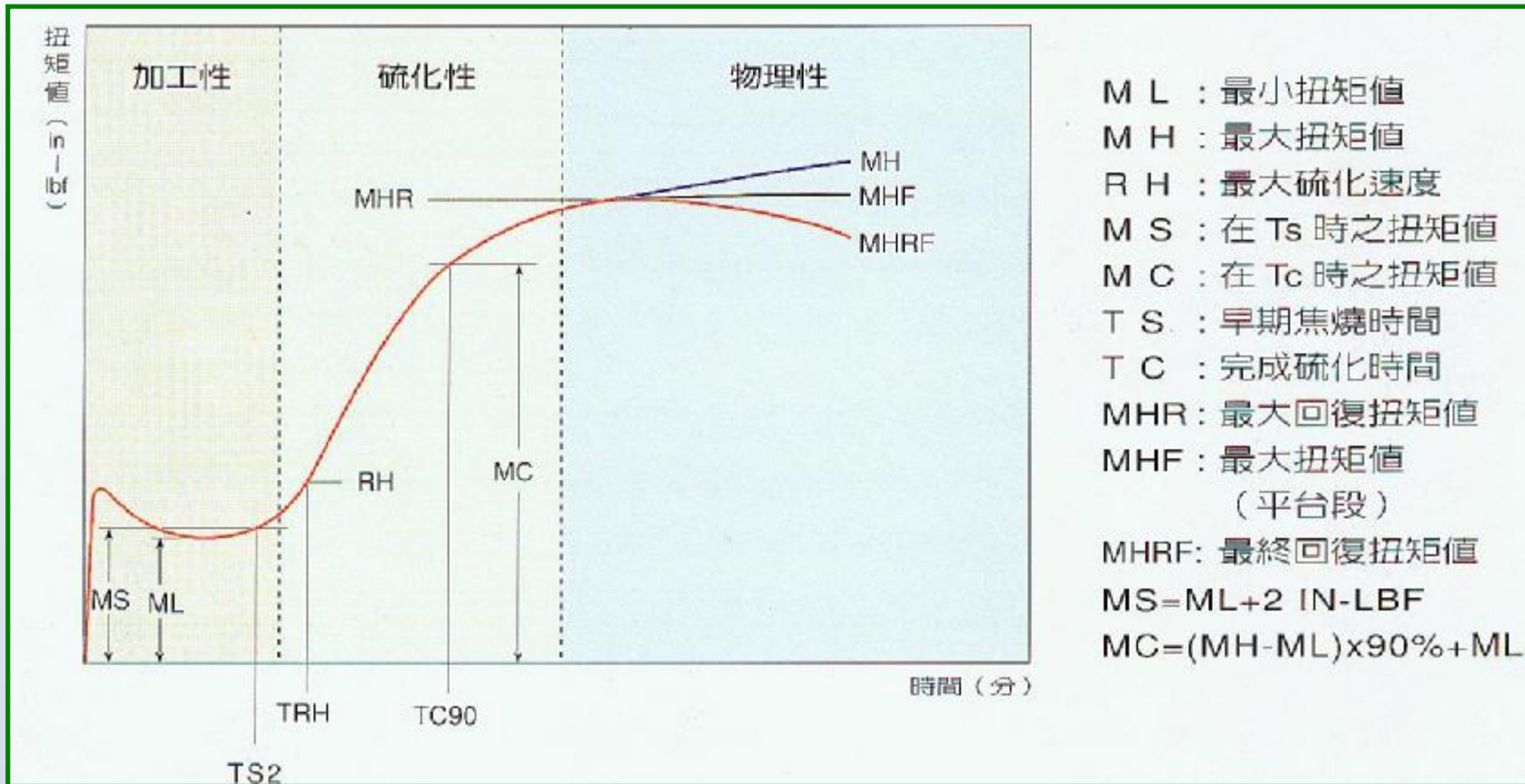
硫化仪及其工作原理

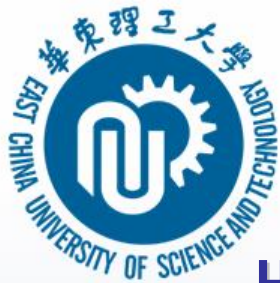


- A 加热器
- B 上模具
- C 下模具
- D 转子 E 温度计 F 扭矩传感器
- G 轴承 M 电动机和齿轮箱 J 气动夹持器



H 硫化曲线分析





H 硫化参数的确定

t_{10} 、 t_{90} 、平坦情况

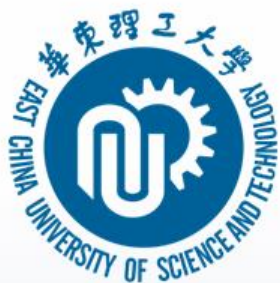


温度

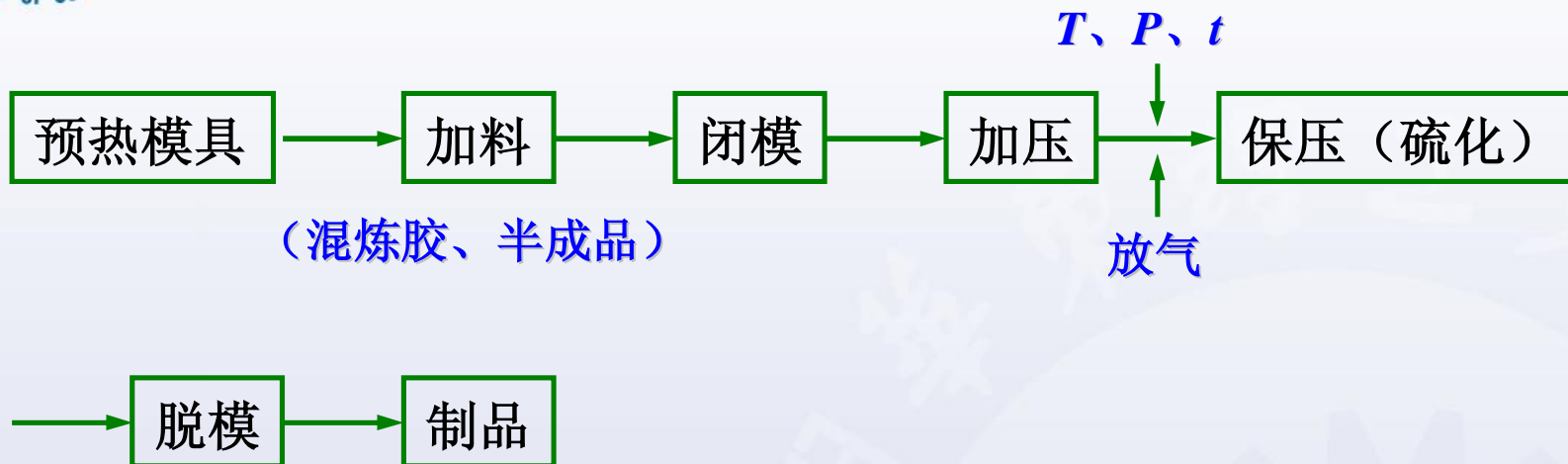


配方

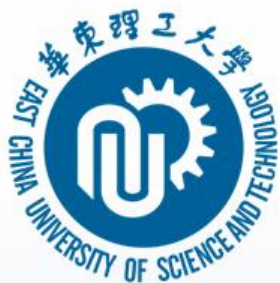
研究实例：小麦蛋白的交联过程



三、模型硫化工艺及硫化条件



这一过程基本上与热固性塑料的模压成型相同，硫化工艺条件是硫化压力、硫化温度和硫化时间。



1、硫化温度

橡胶的硫化是化学反应，与其它化学反应一样，硫化速度随温度的升高而加快，所以升高温度能提高生产率。

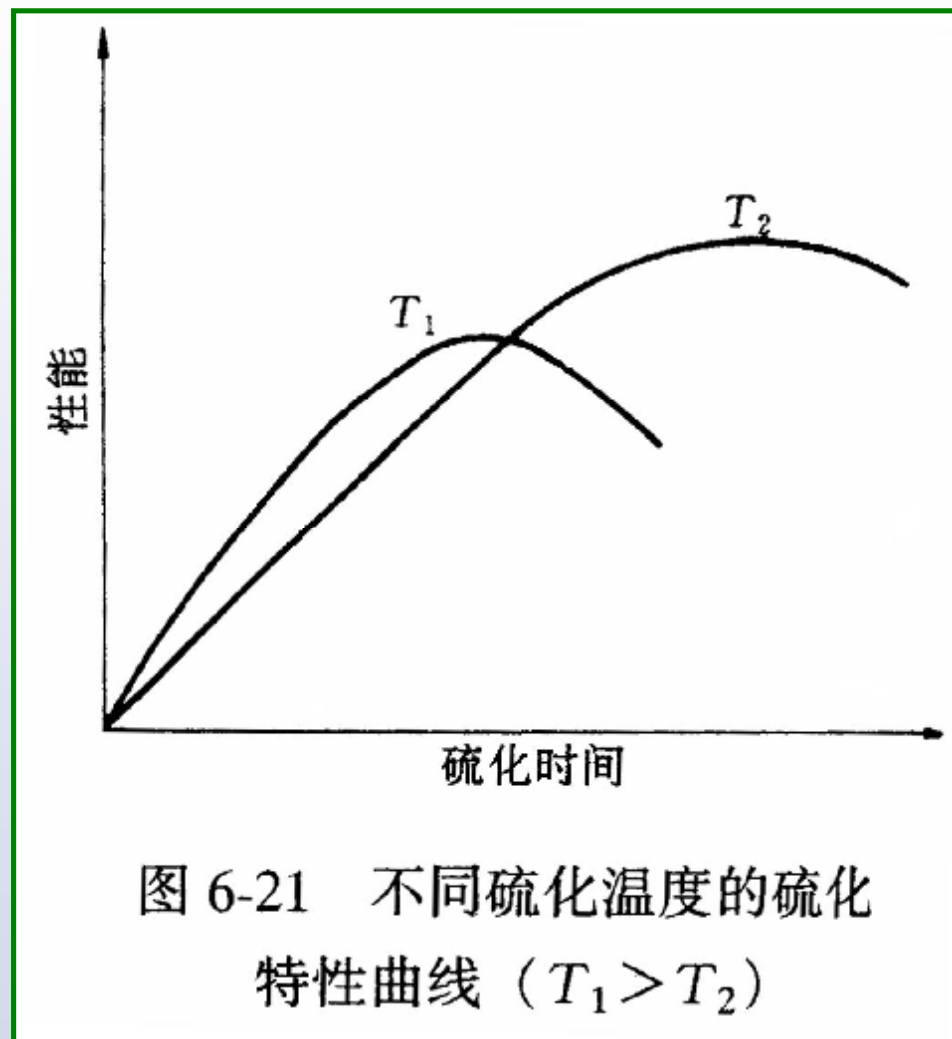
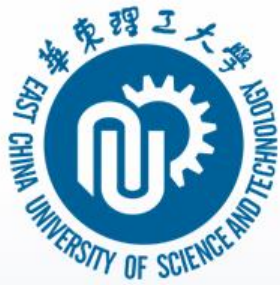


图 6-21 不同硫化温度的硫化特性曲线 ($T_1 > T_2$)



一般当温度每增加（降低） $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，时间可缩短（增加）一倍，两者有一关系：

$$\frac{t_1}{t_2} = K^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

式中：

t_1 — 温度 T_1 时所需的硫化时间

t_2 — 温度 T_2 时所需的硫化时间

K — 温度系数（通常取2）



2、硫化时间

在一定的 P 、 T 下， t - ，硫化程度 - ，性能 - 。但 t 太长，会发生降解，性能 - ； t 太短，没有达到较好的硫化。

硫化时间的长短须服从于达到正硫化时的硫化效应为准则。

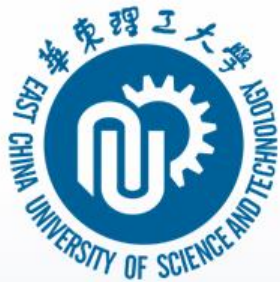
硫化效应： $E = I_t \cdot t$ ， I_t $^{3/4}$ 硫化强度， t $^{3/4}$ 硫化时间

硫化强度：

$$I = K \frac{T-100}{10}$$

K — 硫化温度系数； T — 胶料的硫化温度， $^{\circ}\text{C}$

T_0 — 规定硫化效应所采用的温度。一般 $T_0 = 100^{\circ}\text{C}$



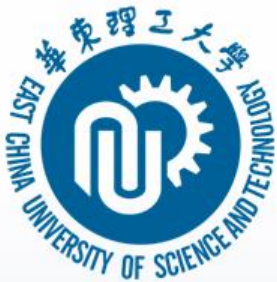
3、硫化压力

大多数橡胶制品的硫化是在一定压力下进行的，加压的目的和压力高低的影响同热固性塑料。

胶料流动性差、制品形状复杂、制品表面花纹细致、结构复杂、厚制品、硫化温度高，则硫化压力高一些。

一般模压制品的硫化压力为**2~4 MPa**。

所以对硫化工艺条件的确定，人们总是利用硫化仪做硫化特征曲线，反复测 t 、 T 后才确定的。原则是 t 、 T 要匹配。正确决定 T 、 t 、 P 是保证硫化胶质量的关键。



第三节 复合材料压制成型

高分子复合材料 $\frac{3}{4}$ 高聚物 + 增强材料（或填充材料）

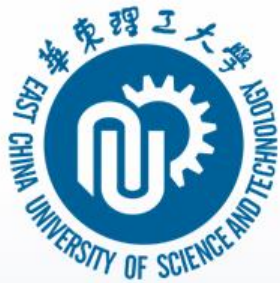
“复合”，赋予了材料优异的物理力学性能。

复合材料制品：热固性树脂 + 纤维性增强材料。

常用的增强材料有玻璃纤维、石棉、金属等。比强度甚至超过合金钢，故又名“玻璃钢”（Fiber glass-reinforced plastics, **FRP** or **GRP**）。

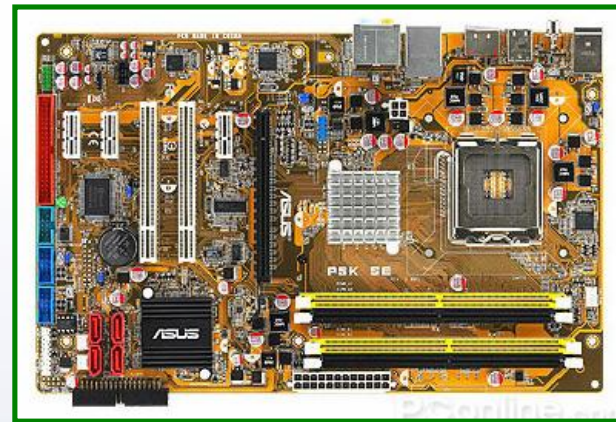
优点：密度低、绝缘性强、耐化学腐蚀、电性能优良。

不足：弹性模量低、耐温性差、易老化。

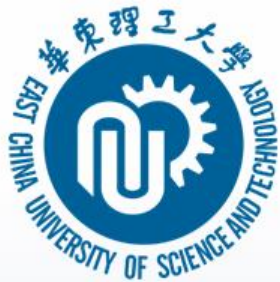


一、层压成型

1、概述



定义：增强热固性塑料的层压 $\frac{3}{4}$ 以片状连续材料（玻璃布、纸、布）为填料（骨架材料）浸渍树脂溶液，经干燥后而成为附胶材料，通过剪裁、叠合成层或卷制，在加热、加压的条件下，使树脂交联固化成型为片状、棒状或管状的层压制品。



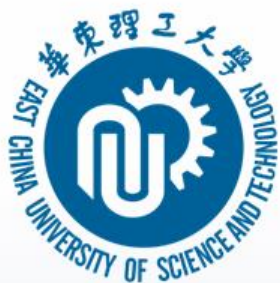
特点:

- * 压力: 较高的, 大于 70kg/cm^2 , 为层压;
较低的, 小于 70kg/cm^2 , 为接触成型。
- * 压力传递: 不用模具, 而是用两块光滑的钢板。
- * 填料: 所用填料是大面积的骨架材料。

树脂/填料=50/50

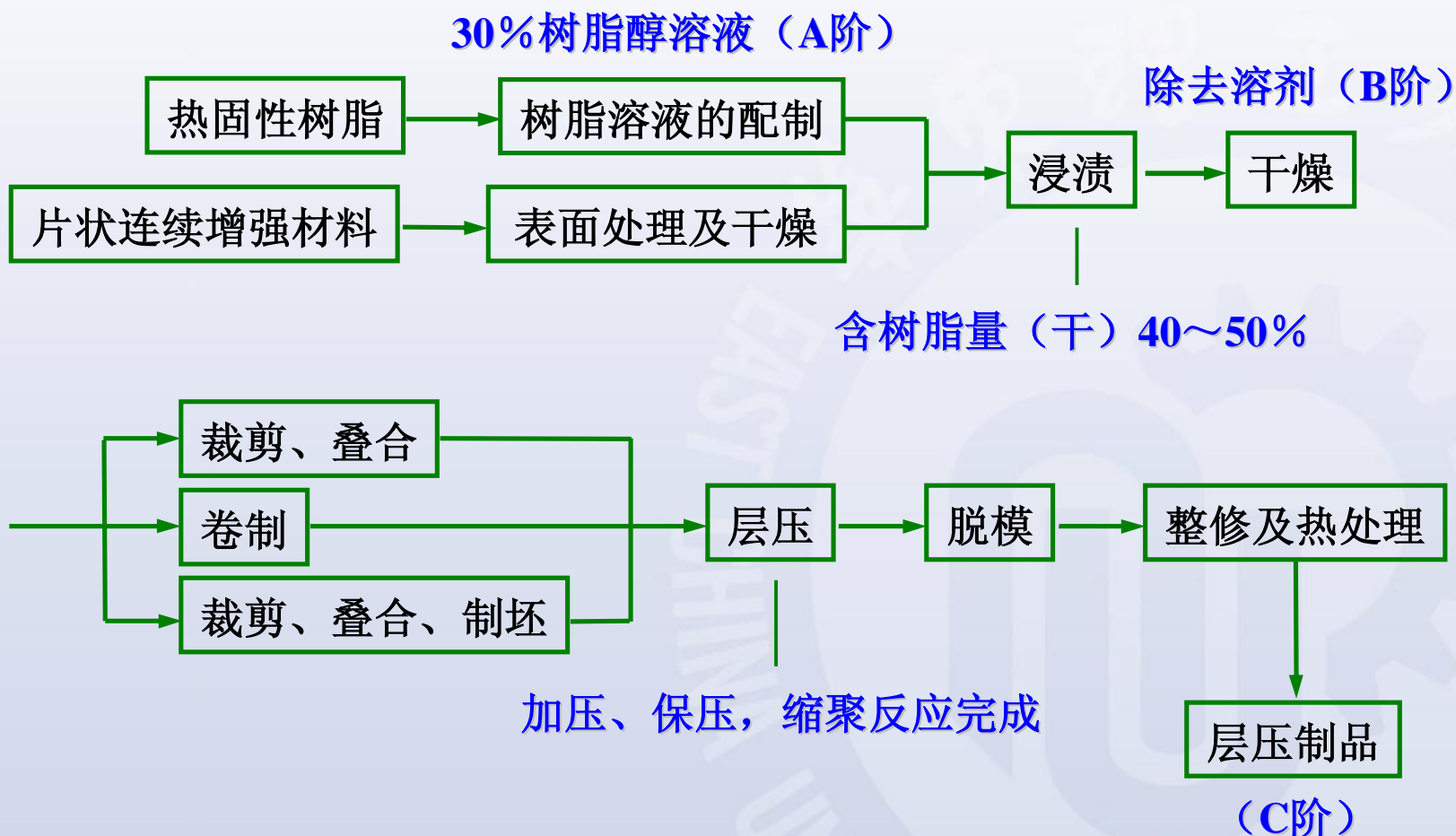
层压成型的主要设备是下压式多层液压机。

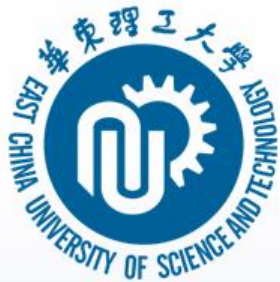




2、层压成型工艺

工艺流程:

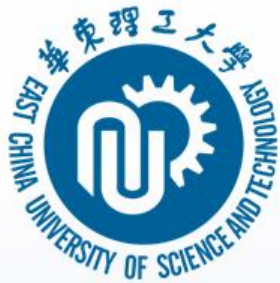




(1) 酚醛树脂的制造和浸胶液的配置

酚醛树脂 — 甲酚或二甲酚与甲醛制造，作为绝缘树脂具优良的耐水性和电性能，用作浸胶的酚醛树脂是碱催化的A阶段的甲酚—甲醛树脂。

浸胶液 — 为了浸渍填料，树脂必须配成溶液，一般用酒精作溶剂，配成30%左右的酒精溶液，有时加一些聚乙烯醇缩丁醛树脂，以增加树脂的粘结力。



(2) 浸渍填料

图6-23

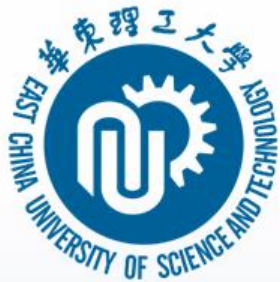
酚醛树脂液涂布到填料上，关键是控制上胶量，一般要求含胶在40~50%（干）。

(3) 干燥

干燥是为了除去溶剂及大部分的挥发成分，另外使树脂进一步推进化学反应，使树脂从A阶段推进到B阶段。附胶材料树脂的缩聚程度影响层压成型操作及制品质量。

(4) 裁剪、迭合

根据制品的要求来决定裁剪的大小和迭合的层数。



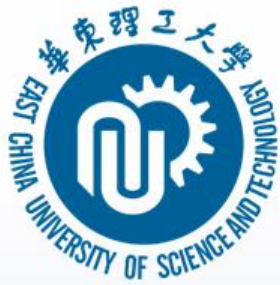
(5) 层压成型

图6-24

选合好的坯料放入两钢板之间，放入多层液压机的两层模板之间，预热，加压，保压一段时间，使树脂从B阶段进入C阶段。

(6) 后处理加工

切去毛边，机械加工成各种形状(layered)制品。



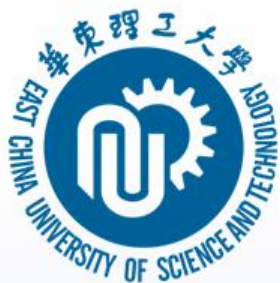
3、层压工艺条件

与模压成型一样，**温度、压力和时间**是层压成型的三个重要的工艺条件，但有其本身的特点。

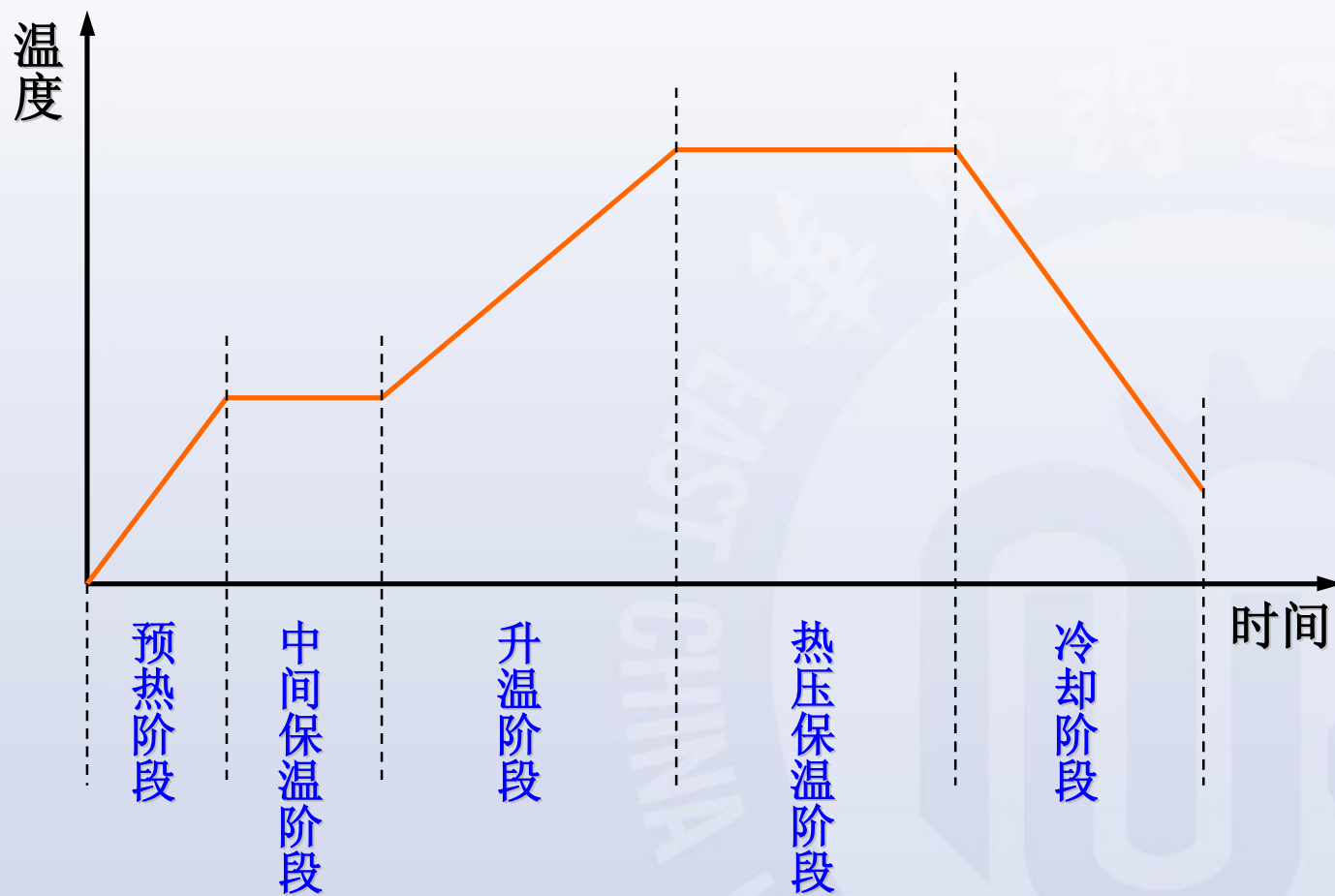
(1) 层压温度

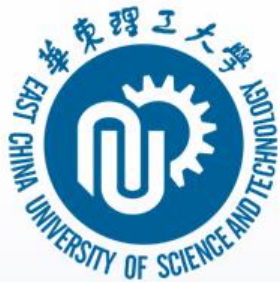
温度的高低取决于：

- * 树脂的类型和固化速度
- * 浸胶材料的含胶量
- * 树脂中的挥发份及不溶胶树脂的含量
- * 层压制品的厚度



压制的温度控制一般分为五个阶段



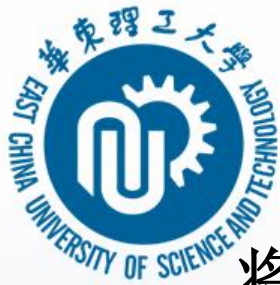


▮ 预热阶段

板坯的温度由室温升至树脂开始交联反应的温度，使树脂开始融化，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

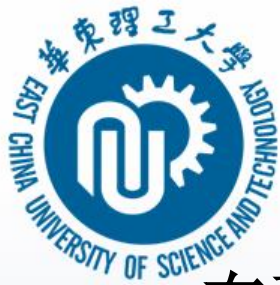
将温度和压力升至最高，加快交联反应。（此时树脂的流动性已下降，高温高压不会造成胶料流失）

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。



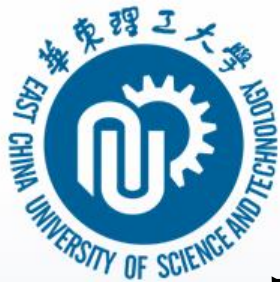
(2) 层压压力

在五个阶段各不相同：第一、二两阶段压力较低，当树脂的流动性下降到一定程度时，才可在第三阶段升温 and 加足压力。

(3) 层压时间

决定于树脂的类型、硬化特征及制品的厚度。

层压时间 = 预热时间 + 叠合厚度 × 硬化速度 + 冷压时间
保压层压时间



4、层压塑料的用途

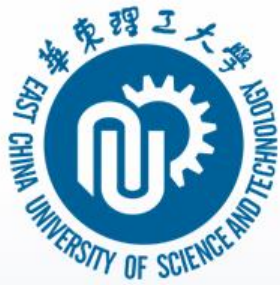
层压板的使用性能决定于树脂和填料的类型。

如：

氨基树脂 + 纸 → 建筑装饰板

有机硅、酚醛、环氧 + 玻璃布 → 绝缘材料、防腐材料、结构材料

酚醛 + 布 → 机械零件



二、接触成型

1、概述

低压的层压成型。

以不饱和聚酯树脂为胶粘剂浸渍片状连续填料。

以玻璃纤维布做增强材料所得的制品 $\frac{3}{4}$ 玻璃钢。

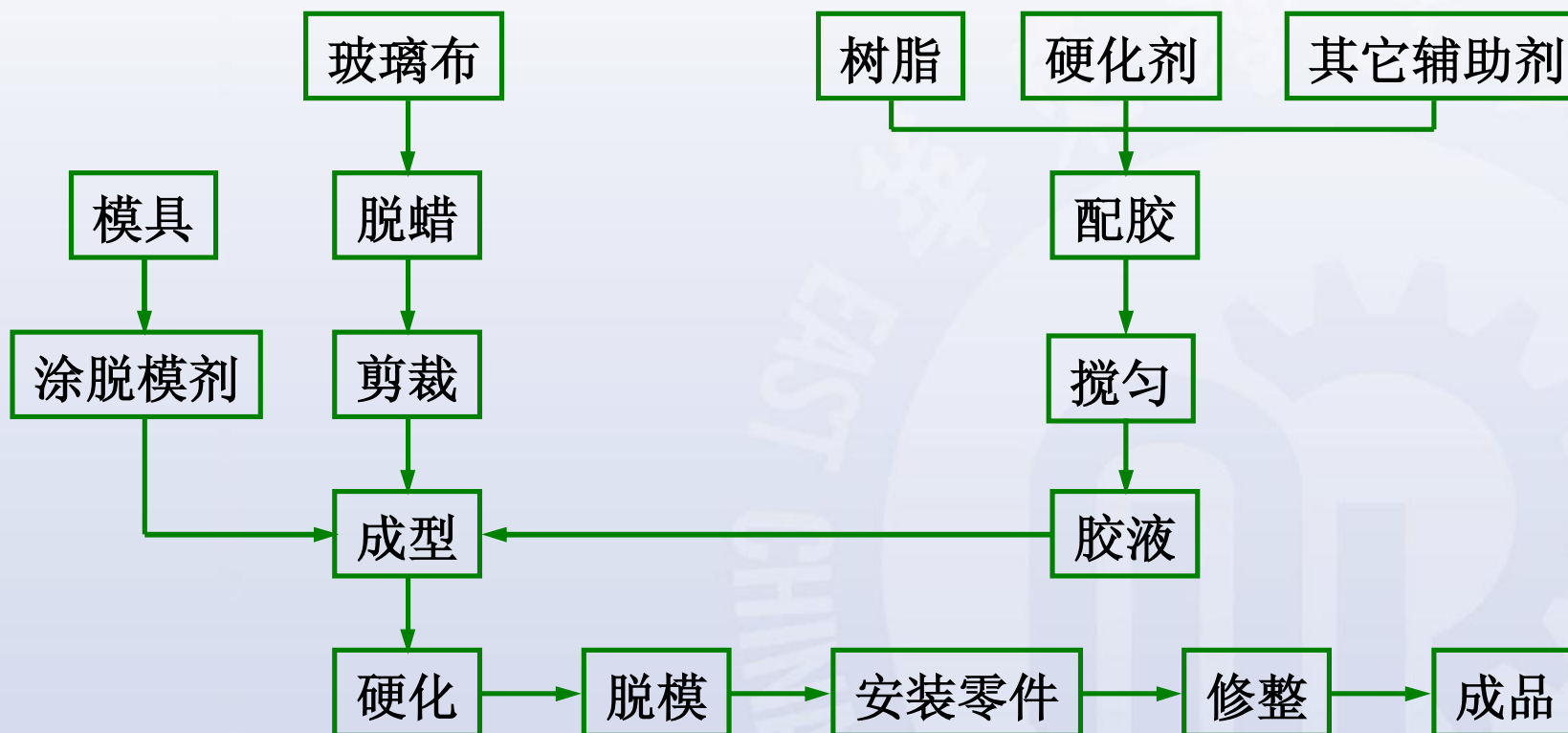
树脂的交联硬化：**游离基型加聚**反应。无低分子物产生，成型时**可不用加压**，或只用少许压力以保持胶结面相互接触即可。故称**接触成型**，也称**手糊成型**。

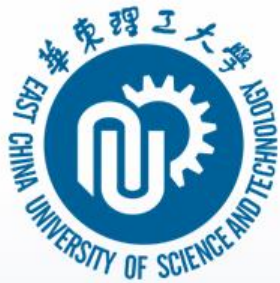




2、接触成型工艺

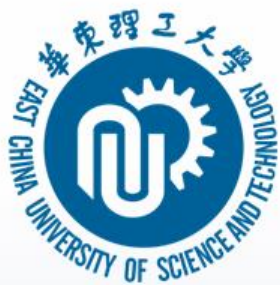
工艺流程:





3、工艺条件

- * 模具形式有三种：阴模、阳模、对模。 [图6-32](#)
- * 脱模剂有三大类：薄膜型、溶液型、油蜡型。
- * 玻璃布脱蜡：经化学处理或热处理。
- * 涂好脱模剂后，须干燥，因为水份会影响树脂的硬化。
- * 糊制的温度和湿度对硬度影响很大。
- * 硬化及热处理：热处理一般在烘房内进行。
不饱和聚酯：60~80℃；
环氧树脂：80~100℃。



本章结束