

实验 1 聚氨酯泡沫塑料的制备

聚氨酯是由异氰酸酯和羟基化合物通过逐步加聚反应得到的聚合物。它具有各方面的优良性能，因此得到广泛的应用。目前的聚氨酯产品有：聚氨酯橡胶、聚氨酯泡沫塑料、聚氨酯人造革、聚氨酯涂料及粘结剂。其中以聚氨酯泡沫塑料的产量最大，由于它具有消音、隔热、防震的特点，主要用于各种车辆的坐垫、消音防震材料以及各种包装用途。

一、实验目的

熟悉多种不同密度软质和硬质聚氨酯泡沫塑料的制备方法，了解聚氨酯泡沫塑料发泡的原理。对比较硬泡沫使用原料的不同，合理设计配方，掌握分析影响泡沫材料性能的工艺因素。

二、基本原理

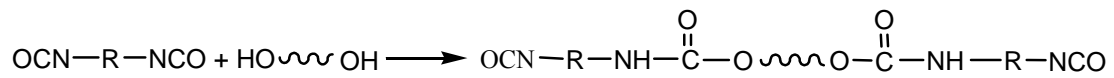
聚氨酯泡沫的形成是一种比任何其它聚氨酯的形成都远为复杂的过程，除在聚合物系统中的化学和物理状态变化之外；泡沫的形成又增加了胶体系统的特点。要了解聚氨酯泡沫的形成，还须涉及气体发生和分子增长的高分子化学、核晶过程和稳定泡沫的胶体化学以及聚合体系熟化时的流变学。

聚氨酯泡沫的制造分为三种：预聚体法、半预聚体法和一步法。本实验主要采用一步法。一步法发泡即是将聚醚或聚酯多元醇、多异氰酸酯、水以及其他助剂如催化剂、泡沫稳定剂等一次加入，使链增长、气体发生及交联等反应在短时间内几乎同时进行，在物料

混合均匀后，1~10 秒即行发泡，0.5~3 分钟发泡完毕并得到具有较高分子量一定交联密度的泡沫制品。要制得泡沫孔径均匀和性能优异的泡沫，必须采用复合催化剂、外加发泡剂和控制合适的条件，使三种反应得到较好的协调。在聚氨酯泡沫制备过程中主要发生如下反应。

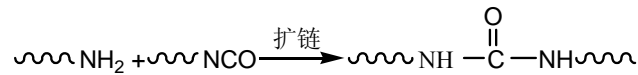
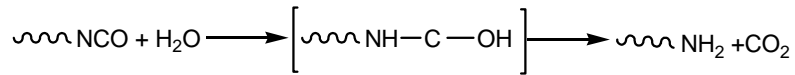
1. 预聚体的合成

由二异氰酸酯与聚醚或聚酯多元醇反应生成含异氰酸酯端基的聚氨酯预聚体。



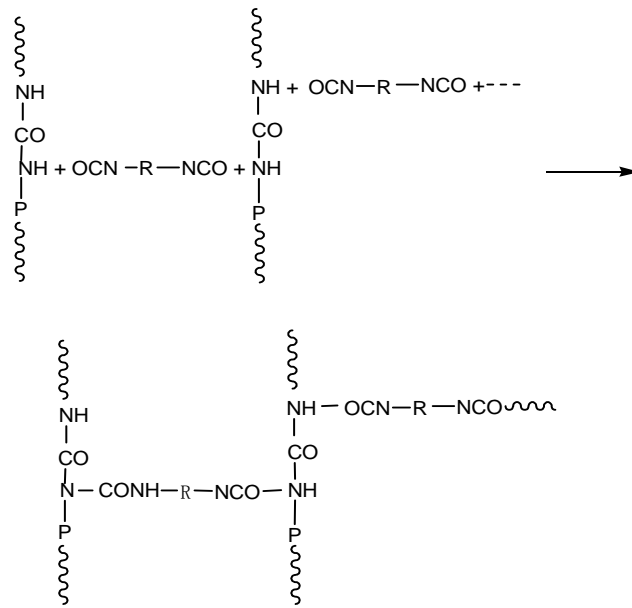
2. 气泡的形成与扩链

异氰酸根与水反应生成的氨基甲酸不稳定，分解生成胺与二氧化碳，放出的二氧化碳气体在聚合物中形成气泡，并且生成的端氨基聚合物可与异氰酸根进一步发生扩链反应得到含脲基的聚合物。



3. 交联固化

异氰酸根与脲基上的活泼氢反应，使分子链发生交联，形成网状结构。



聚氨酯泡沫塑料按其柔韧性可分为软泡沫和硬泡沫，主要取决于所用的聚醚或聚酯多元醇，使用较高分子量及相应较低羟值的线形聚醚或聚酯多元醇时，得到的产物交联度较低，为软质泡沫；若用短链或支链较多的聚醚或聚酯多元醇时，为硬质泡沫。根据气孔的形状聚氨酯泡沫可分为开孔型和闭孔型，可通过添加助剂来调节。乳化剂可使水在反应混合物中分散均匀，从而可保证发泡的均匀性；稳定剂可防止在反应初期泡孔结构的破坏。

主要影响因素如表 1 所示。

表 1 制备泡沫塑料时产生的疵病原因及解决办法

疵病	可能原因	解决办法
开裂	发泡后期凝胶速度大于气体发生速度	减少有机锡催化剂用量，或提高胺类催化剂用量
	物料温度过高	调整物料温度
	异氰酸酯用量不足	调整异氰酸酯用量

	气体发生速度过快	减少胺类催化剂用量
	凝胶速度过慢	增加有机锡类催化剂
泡沫崩塌	硅油稳定剂不足或失败	增加硅油用量
	物料配比不准	调节至一定范围
	搅拌速度不当	调节至一定范围
	凝胶速度大于发泡速度	使发泡速度平衡
泡沫收缩	搅拌速度太慢	增加搅拌速度
	异氰酸酯用量过多	减少用量
结构模糊	搅拌速度过快	适当减慢速度
气泡严重	物料计量不准	检查各组分，计量准确

三、仪器与原料

1. 仪器

烧杯、玻棒、台称、纸杯、烘箱。

2. 原料

原料	高密度泡沫	中密度泡沫	低密度泡沫
聚醚 330	100	100	100
甲苯二异氰酸酯	30~35	35~40	37~42
水	1.5~2.5	2.5~3	3~3.5
辛酸亚锡	0.1~0.2	0.2~0.3	0.2~0.3
三乙基二胺	0.2~0.3	0.1~0.2	0.1~0.2

硅油	1.0~2.0	1.0~2.0	1.5~2.5
二氯甲烷	0.5~1.5	0.5~1.5	1.5~2.5
防老剂	0.1~0.4	0.1~0.4	0.1~0.4

四、实验步骤

1. 将除甲苯二异氰酸酯外的组分按重量称取于一个纸杯中，然后加入一定重量的甲苯二异氰酸酯，迅速搅拌约 30 秒，观察发泡过程。
2. 室温静置 20 分钟后，将泡沫在 90~120℃烘箱中熟化 1 小时左右，移出烘箱冷至室温。
3. 按照高、中、低密度的三种配方各制备一次，若有失败，找出原因重做。
4. 将三种密度泡沫取样测试密度、抗张强度、撕裂强度、压缩强度和回弹性，测试所得各项性能列表对比。
5. 参考有关资料设计一个硬质聚氨酯泡沫的配方，根据设计的配方参照上面的实验步骤制备硬质聚氨酯泡沫。

五、思考题

1. 对比三种配方制备的软质聚氨酯泡沫的性能，分析影响密度的因素有哪些？
2. 聚氨酯泡沫塑料的软硬由哪些因素决定？
3. 如何保证均匀的泡孔结构？

六、参考文献

1. 梁晖等主编. 高分子化学实验. 北京：化学工业出版社，2004

实验 2 反应性挤出实验—聚乙烯熔融接枝马来酸酐

所谓“反应性挤出”是将挤出机作为连续反应器，在对物料进行熔融挤出的同时实施聚合、接枝、降解、共混增容等化学反应的工艺过程。反应性挤出是近年来在聚合物领域迅速发展起来的一种新型工业技术，其在工业上的主要应用包括：

- (1) 合成聚合物；
- (2) 对聚合物进行可控制降解；
- (3) 对聚合物进行功能化改性（接枝反应）；
- (4) 聚合物的官能化和官能团改性（卤化、磺化、官能团转化）
- (5) 不相容聚合物共混体系的反应性共混增容；

反应性挤出之所以能够在聚合物应用领域成为非常活跃的研究主题，源于挤出机在对聚合物实施化学反应时所具有的独特优势。这些优势体现在：

- (1) 对高粘物料和低粘物料良好的输送性，尤其是在处理高粘物料上的功能；
- (2) 优良的混合性、分散性；
- (3) 轴向的柱塞流保证了停留时间的均匀分布；
- (4) 较宽的温度、压力范围和良好的反应控制（温度、压力、停留时间……）；
- (5) 连续操作、无溶剂的分离、回收和排放——低能耗、低成本、环保；
- (6) 具有多阶能力；

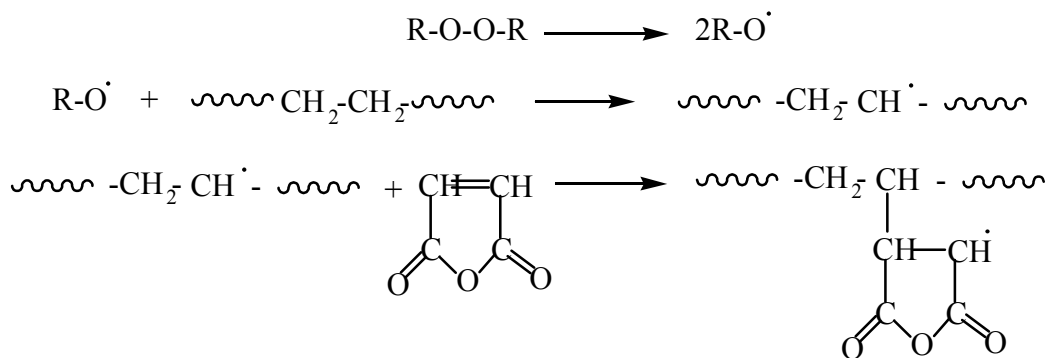
当然，挤出机作为化学反应器也有其局限性。例如系统向外的传热能力较差，在处理大量反应热方面具有困难；对于需要长反应时间的体系，增加了成本和实施的难度。

在实施反应性挤出过程时对挤出机和挤出条件都具有较高的要求。挤出机的构造、螺杆组合、进料装置和进料位置、以及出料位置一方面需要满足对反应物料的塑化、熔融和熔体输送功能，另外还应该具有良好的分散混合、传热、和自洁性。另一方面，挤出条件的选择和确定在兼顾物料流动性能前提下，应该满足充分进行化学反应的要求。本实验以聚乙烯与马来酸酐熔融接枝为例，使同学了解和熟悉反应性挤出的过程和一般要求，并且掌握聚乙烯熔融接枝马来酸酐的工艺流程。

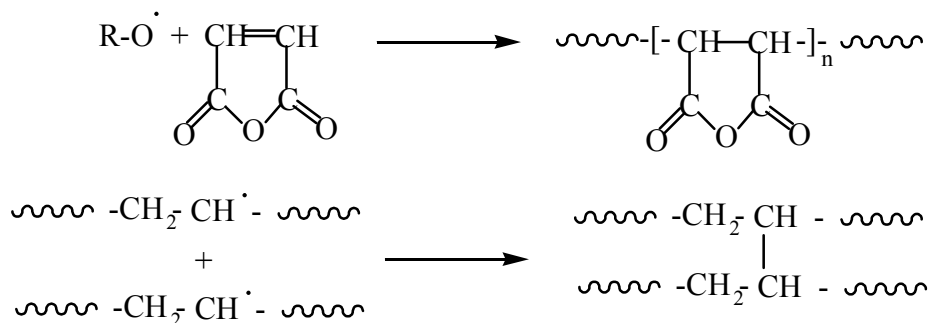
一、实验原理

聚乙烯是目前产量最大、成本低廉的通用塑料，具有一系列优良的物理机械性能，在许多领域得到广泛应用。但是由于其分子链的非极性结构，聚乙烯与无机填料之间缺少亲合性，与其它极性聚合物之间的相容性极差，导致聚乙烯填充物和共混物的性能低劣；此外，聚乙烯的非极性结构也使其制品的粘结性和印刷性很差。在聚乙烯分子链上接枝马来酸酐可以改善聚乙烯的上述性能。

聚乙烯与马来酸酐的接枝是自由基反应。当过氧化物引发剂在高温下分解出初级自由基后，初级自由基随后可以从聚乙烯分子链上夺取氢质子发生终止，从而形成聚乙烯大分子自由基，该大分子自由基可以与马来酸酐的双键进行加成，从而使马来酸酐接枝到聚乙烯分子链上形成接枝产物。



在反应过程中还存在其它一些副反应，如马来酸酐的均聚、大分子自由基之间的偶合所导致的扩链、交联等。这些副反应对于接枝反应是不利的，应该尽量避免。



二、实验原料和设备

高密度聚乙烯树脂 (HDPE), MFR = 6

马来酸酐 (MAH), 纯度 $\geq 99\%$

过氧化二异丙苯 (DCP), 工业品

受阻酚类抗氧化剂 (抗氧化剂 1010), 工业品

液体石蜡, 工业品

二甲苯 (化学纯)

丙酮 (分析纯)

台秤和电子天平

高速分散混合机

双螺杆挤出机组

熔融指数测定仪

红外光谱仪

索氏抽提萃取装置

平板压机

三、实验步骤

A. 聚乙烯与马来酸酐的熔融接枝

(1) 打开双螺杆挤出机电源开关，将挤出机各段温度设定为：

I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	机头
150℃	180℃	200℃	200℃	210℃	210℃

该温度分布是在过氧化物 DCP 的分解半衰期和物料在挤出机内的平均停留时间基础上设定的，请同学们考虑其原因。待各区温度到达设定值后，继续加热 30 分钟方可启动主机。

(2) 按照表 1 中配方，准确称取聚乙烯树脂、马来酸酐、DCP 和其它助剂。先将 HDPE 加入高速混合机，加入适量液体石蜡后启动高速分散机搅拌约 1 分钟，然后关闭分散机，加入各种助剂，再启动高速分散机搅拌混合 2 分钟，将混合物料倒出后备用。

表 1 聚乙烯接枝马来酸酐配方

实验编号	HDPE	DCP	MAH	抗氧 1010	液体石蜡
1	1000 g	0.5 g	6 g	3 g	10 ml
2	1000 g	1.0 g	6 g	3 g	10 ml
3	1000 g	1.5 g	6 g	3 g	10 ml

(3) 将物料加入挤出机料斗，启动双螺杆挤出机主机并调节变频器频率至 30Hz(电流约为 10A)，启动加料电机，调节加料螺杆转速为 30 rpm，物料开始进料。待熔融物料从机头挤出并进入正常挤出状态后，将挤出物牵条，经水冷和风冷干燥后切粒。

(4) 待物料全部挤出完毕后，用 1 公斤左右纯聚乙烯树脂对挤出机螺杆和料筒进行清理，然后依次关闭加料电机、主机、各加热段，最后关闭挤出机电源。

B. 聚乙烯/马来酸酐接枝物的表征

接枝物的表征分为接枝率测定和扩链（交联）程度表征两部分：

(1) 红外光谱法测定接枝率

a. 取少许接枝物（数十粒）放入 50 ml 烧杯中，加入 25ml 二甲苯，在电炉上加热至微沸，用玻璃棒搅拌，使接枝物溶解。该步骤应在通风橱中进行。

b. 待溶液冷却后，聚合物以淤浆状析出沉淀。将沉淀物包入滤纸包中，放入索氏抽提器中用丙酮作为溶剂进行回流萃取，以去除接枝物中残留的未反应单体和可能的马来酸酐均聚物，回流萃取时间至少 8 小时。

c. 将滤纸包取出并将抽提物烘干，将平板压机加热至 180℃。用聚酯薄膜做膜板将抽提物压制成厚度约为 100 μ 的红外光谱膜片。使用红外光谱仪对膜片进行扫描，得到接枝物的红外谱图。

d. 根据红外谱图上 1790 cm^{-1} 位置上有无马来酸酐羰基的特征吸收峰来判断马来酸酐是否接枝到聚乙烯大分子链。以聚乙烯在 2040 cm^{-1} 处的吸收峰作为内标，将 1790 cm^{-1} 位置上马来酸酐特征吸收峰的高度与 2040 cm^{-1} 处聚乙烯特征吸收峰的高度计算吸光比 R：

$$R = \frac{\lg(X_1 / X_2)}{\lg(Y_1 / Y_2)}$$

式中， X_1/X_2 为马来酸酐特征吸收峰基部与顶部的透射比； Y_1/Y_2 为聚乙烯特征吸收峰基部与顶部的透射比。吸光比 R 可以表示马来酸酐接枝率的相对高低。

(2) 在挤出过程中分别取样，测定接枝物的熔体流动速率 (190℃, 2160 克)，根据接枝物熔体流动速率与原料 HDPE 熔体流动速率的差值比较接枝后聚乙烯大分子链的扩链 (交联) 程度，同时建立接枝后物料的扩链 (交联) 程度与过氧化物用量的关系。

四、思考题

1. 与在传统的釜式反应器上进行聚乙烯熔融接枝相比，利用挤出机进行熔融接枝反应具有哪些优缺点？
2. 如何在聚乙烯的熔融接枝过程中抑制扩链和交联等副反应？
3. 如何获得马来酸酐的绝对接枝率？

五、参考文献

1. 井手文雄，高分子论文集 (日) 32, 645, 1976
2. 林明德、俞强等，塑料工业 (1), 15, 1990

实验 3 反应挤出实验——尼龙/聚乙烯反应性共混

一、实验目的

了解并掌握改善聚合物共混体系相容性的方法和聚合物共混相容性的表征方法，掌握尼龙/聚乙烯反应共混增容的工艺流程。

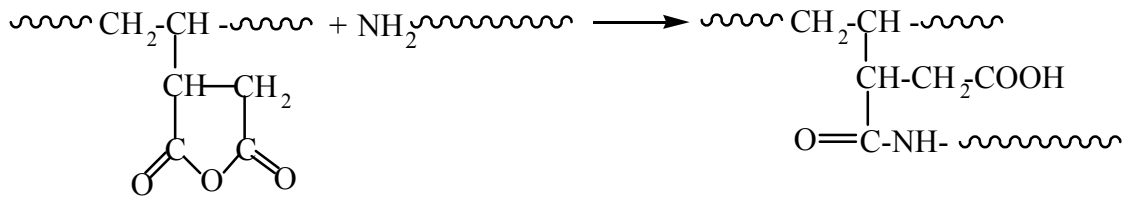
二、实验原理

尼龙是分子链上具有酰胺键的一大类聚合物的总称，其最典型的代表是尼龙-6 和尼龙-66，它们都是性能优良的工程塑料，在汽车、电器、仪表等许多工业领域具有广泛的应用。但是，尼龙分子链上的酰胺键对水有很好的亲和性，导致尼龙制品的吸湿性较高，而吸湿后制品的尺寸稳定性、电性能、以及机械强度都会受到不利影响；其次，尼龙-6 和尼龙-66 的低温韧性较差，在寒冷条件下受力容易发生脆性破坏；另外，尼龙原料的价格也比较高。这些缺陷对尼龙的应用带来了一定程度的限制。

采用聚乙烯与尼龙进行共混可以改进和提高尼龙的上述性能。聚乙烯可以明显降低尼龙的吸水率，从而提高制品的尺寸稳定性和电性能；聚乙烯对尼龙还可以起到增韧作用，提高制品的干态和低温状态下的冲击强度，改善尼龙的力学性能；此外，价廉的聚乙烯还可以大幅度地降低尼龙的生产成本。

但是，由于尼龙与聚乙烯的极性相差很大，二者之间共混相容性极差。若将二者进行简单机械共混，会出现宏观相分离的共混形态，该共混形态不但无法获得所期望的共混改

性效果，相反会使共混物的性能劣化。因此，尼龙与聚乙烯共混时必须加入相容剂来改善共混相容性。尼龙与聚乙烯共混的相容剂可以通过聚乙烯接枝马来酸酐与尼龙进行反应性挤出来制取，其原理是聚乙烯接枝马来酸酐分子链上的酸酐基团与尼龙分子链的胺基或亚胺基在熔融挤出共混过程中发生了化学反应：



该反应就地生成了尼龙与聚乙烯的嵌段（或接枝）共聚物，它们在熔融挤出共混过程中可以对尼龙和聚乙烯可以起到共混相容剂的作用，一方面通过降低尼龙与聚乙烯两相间的界面张力，提高两相的分散程度；另一方面增强两相之间的界面结合力；从而形成了具有良好分散和牢固界面结合的共混形态。这种共混形态可以保证共混物具有优良的成型工艺性能和机械强度，获得所期望的共混改性效果。

三、实验原料和设备

高密度聚乙烯树脂 (HDPE), MFR = 6.0	1 Kg
尼龙-6 (PA-6), 挤出级	3 Kg
聚乙烯接枝马来酸酐 (HDPE-g-MAH), 由实验工制备	1 Kg
高速分散混合机	一台
双螺杆挤出机组	一台
气流干燥器	一台

四、实验步骤

A. 尼龙-6 与聚乙烯的反应性挤出共混

(1) 将尼龙-6 粒子置于 100℃ 气流干燥器中干燥 8 小时以上，去除树脂中的水份。聚乙烯树脂置于普通干燥箱中于 80℃ 下干燥 4 小时。

(2) 打开双螺杆挤出机电源开关，将挤出机各段温度设定为：

I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	机头
200℃	230℃	240℃	240℃	230℃	230℃

待各段温度到达设定值后，继续加热 30 分钟后方可启动主机。

(3) 分别称取干燥 PA-6 树脂 1.2 Kg 和 HDPE 树脂 500g，在高速搅拌机中混合 2min 后加入挤出机料斗。启动双螺杆挤出机主机，并调节变频器频率至 30Hz (电流约为 10A)。启动加料螺杆电机，调节螺杆转速为 30 rpm，进行熔融共混挤出。注意观察挤出现象，如挤出工艺稳定性、挤出物外观等。

(4) 称取干燥 PA-6 树脂 1.2 Kg、HDPE 树脂 300g、HDPE-g-MAH 200g，按照步骤(3)操作。观察挤出现象并与简单共混体系比较。

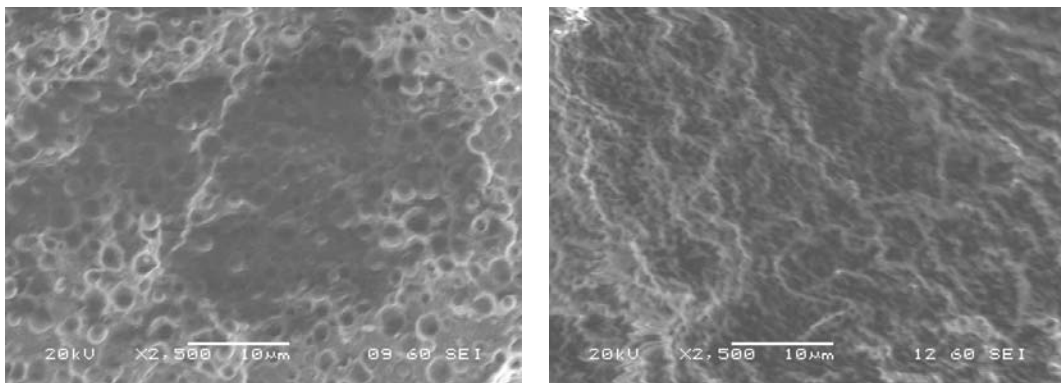
(5) 待物料全部挤出完毕后用 1 公斤纯聚乙烯树脂对挤出机进行清理，然后依次关闭加料电机、主机和各加热段，最后关闭挤出机电源。

B. 尼龙-6/聚乙烯共混相容性的表征

(1) Molau 实验——将由简单机械共混得到的尼龙-6/聚乙烯共混物和通过反应性挤出得到的共混物切片各数十粒分别放入两只试管中，然后在试管中加入甲酸。试管在室温下放置 2 ~ 3 天后，两个试管内物料的状态发生了明显变化。装有机械共混物的试管呈现透明的尼龙/甲酸溶液，在溶液的上方漂浮着聚乙烯的絮状物；而放有反应性共混物的试管内

则变为乳白的悬浮液。这种状态差别是由两种共混体系的相容性差别所导致的。请同学根据所观察到的实验现象，解释两种共混体系的相容程度。

(2) 扫描电子显微镜 (SEM) ——取简单机械共混物和反应性共混物的挤出料条各一根，将它们置于液氮中冷冻 1~2min，用钳子将其掰断，在断面上进行喷金处理后，使用扫描电子显微镜观察断面处的共混形态，可以发现：机械共混物的断面较为平整，尼龙分散相以较大颗粒分散在聚乙烯基体中，由于两相之间的界面结合很差，可以观察到相界面破坏后的清晰界面；而反应性共混物的断面则粗糙不平，尼龙在聚乙烯基体中的分散非常细小均匀，相界面变的非常模糊，清楚地显示出反应共混后形成了具有良好分散和牢固界面结合的共混形态。



简单机械共混物

反应共混物

图 1 尼龙-6/聚乙烯共混物的扫描电子显微镜照片

C. 尼龙-6/聚乙烯共混物的力学性能

(1) 将尼龙-6、尼龙-6/聚乙烯机械共混物和反应性挤出共混物各 1.5Kg 置于气流干燥器中于 100℃ 下干燥 8 小时以上，以去除树脂中的水份。

(2) 打开塑料注塑机电源开关，将注塑机各段温度设定为：

I 区	II 区	III 区
200℃	230℃	230℃

待各段温度到达设定值后，继续加热 30 分钟。

(3) 将三种物料分别在塑料注塑机上制备出供拉伸试验用的哑铃状试样（十根）、供弯曲试验用的矩形试样（十根）、供简支梁冲击试验用的带缺口矩形试样（十根）。

(4) 将试样在室温下放置一天，量取试样尺寸后，按照测试标准分别测定试样的拉伸强度、断裂伸长率、弯曲强度和简支梁缺口冲击强度（请同学在测试前通过查阅手册确定测试方法和条件）。

(5) 将测得的三种物料的各种机械强度列表并进行比较，讨论与聚乙烯的简单机械共混和反应性挤出共混对尼龙-6 机械性能的影响。

五、思考题

1. 不相容聚合物之间的简单机械共混为何得不到令人满意的共混形态和物理机械性能？可以采用哪些方法来改善不相容共混体系的相容性？

2. 如何表征和评价两相共混体系的相容性？

六、参考文献

1. 林明德、俞强等，高分子材料科学与工程. 8 (6), 38 , 1992

2. 俞强、刘春林等，中国塑料. 7 (21), 14 , 1993

实验 4 结晶塑料和非晶塑料的压制成型

无定型塑料和结晶型塑料从熔融态冷却到室温发生不同的物理变化。无定形塑料无相变过程，而结晶型塑料产生了相变。由于冷却速度不同，结晶性塑料其结晶度，结晶构型会产生区别，从而影响其机械性能。

一、实验目的

- 1) 熟悉平板硫化机的使用方法；
- 2) 压制 PS 和 HEPE 试片；
- 3) 测试 PS、HDPE 相同条件下的收缩率；
- 4) 将 HDPE 试片制成拉伸试样，进行抗张强度测试。

二、实验原理

结晶型物料性能依赖于冷却速度。变化冷压机的温度就可得到性能不同的材料(注意：试样厚度不宜超过 2mm)。

$T_c \sim T_k$ (缓冷) ΔT 小	$T_c \ll T_g$ (快冷) ΔT 大	$T_c(\text{稍}) > T_g$ (中冷) ΔT 中等
接近等温静态过程：易形成大的球晶，制品发脆，力学性能下降；	聚合物来不及结晶，使制品体积松散，此外，制品表面，内部结	结晶较完善，因此稳定性高，生产周期适中。

加大生产周期，生产效率低。	晶程度不一致，制品因次稳定性差，易产生内应力，力学性能降低。	
---------------	--------------------------------	--

T_m ——熔体温度； T_c ——冷却介质温度； $\Delta T = T_m - T_c$

三、实验设备

平板硫化机 2 台，模框 2 副（平板，园片各一副），游标卡尺一把。聚苯乙烯和 HDPE 粒料若干。

四、实验步骤

（1）将模板、模框擦干净，把模框夹在模板中间放入压机的热板之间，开动压机，使模板和压机的上下热板相接触，预热到 180°C 。

（2）取出模具，在圆形模框中分别加入 PS,HDPE 粒，体积为模框体积的 1.1 倍左右。

（3）盖好模板，迅速将模具（模板和模框）移动到热压机中。

（4）开动油压机，使模板和压机的上下热板相接触，加热 3 - 5 分钟，然后加压到表压 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ ，经 2 ~ 3 次卸压放气后，在工作压力下压制 3 分钟。

（5）迅速去掉平板间的压力，将模具取出，移至冷压机中，加压到 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ ，使模具在压力下冷却。冷却 20 分钟后，卸压，打开模板进行脱模。

（6）分别量取试样的外径和模框的内径，计算 PS，HDPE 的收缩率。

$$\varepsilon = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \times 100\%$$

其中： d_1 为模框内径； d_2 为制品外径。

(7) 换用平板模框，采用 HDPE 料，重复步骤 1, 2, 3, 4, 5。

(8) 将冷压机升温至 100°C，重复步骤 7。

(9) 将 7)、8) 所制得的平板，用标准裁刀制成测试样条，比较其拉伸力学性能。

五、讨论与思考

- 1) 该种测试收缩率的方法不符合国家标准，只能作 HDPE、PS 间相对比较。
- 2) 为什么试样厚度不宜超过 2mm？
- 3) 讨论实验数据，该数据对模具设计，和成型加工有何指导意义？

实验 5 橡胶硫化

将具有线形分子结构的橡胶（生胶）通过化学或其他方法使其分子链发生交联形成三维网状结构（硫化胶）的过程称为橡胶的硫化。硫化胶不仅在机械性能方面得到提高，并使之形状得以固定不再具有可塑性和粘性流动。因此，准确地掌握橡胶的硫化工艺条件是保证橡胶制品质量的一个重要方面。

硫化的方法和设备很多，因制品而异，本实验是热硫化方法，学生在配方的基础上，用密炼机混炼制备混炼胶，然后进行模型硫化操作以制取一定形状的硫化胶样品。

一、实验目的和要求

1. 了解胶料的混炼设备及工艺过程；
2. 了解平板硫化机、密炼机的结构特点及其操作方法；
3. 了解本实验用的胶料组成及其作用以及制定胶料硫化工艺条件的理论依据；
4. 掌握橡胶硬度计的使用方法；
5. 熟悉热硫化法，模具硫化的工艺特点，熟练地掌握本实验的操作过程。

二、原料和实验设备

一立升密炼机一台，25 吨平板硫化机一台，圆片橡胶模具，剪刀，螺丝刀，台秤等。

橡胶及助剂，脱模剂，橡胶硬度计。

三、实验原理

将配方好的物料加入到密炼机中，按设定的混炼工艺条件混炼，制得混炼胶。在开炼机上将混炼胶压片备用。将混炼胶胶片放入模具中，在硫化机平板之间加热，使胶料软化和流动成型；在一定的硫化工艺条件下，胶料中的硫化体系使橡胶大分子发生复杂的化学反应，最后定型为硫化胶。

四、实验程序

1. 按设定的配方配料，总重量控制在 800 克。
2. 将配料按序加入到密炼机中，按设定的混炼工艺条件混炼。
3. 混炼胶加入到开炼机中，拉成片，备用。
4. 检查硫化机各部分是否正常，清洁机器；然后将硫化机加热至设定温度，恒温。
5. 检查硫化模具是否完好，清洁模具，除去残留胶屑及油污杂物。
6. 把模具放在硫化机的平台上，并使之与上、下两平板接触预热 20 分钟。
7. 检查胶料是否完好，如发现喷雾现象则应回炼；清除胶料表面的灰尘杂物。
8. 视模具型腔大小，用剪刀剪取混炼胶料与硫化试样。
9. 取出模具，打开模具进一步检查，清洁，涂脱模剂，把试样置于模具型腔中间，合模，放入硫化机中进行硫化。
10. 将硫化机压力升高到 10Mpa(表压)数十秒钟后卸压放气，再升压保持表压有 10Mpa 下，使胶料硫化到规定的时间为止。
11. 卸压后取出模具，并立即乘热取出硫化胶制品。
12. 清理模具，涂上机油防锈。

13. 将硫化后的片材裁样，制成标准样条，放置一段时间，测试性能。

注意事项：

1. 操作要准确迅速，要求使胶料在模具内各处硫化速度均匀。
2. 要保证模具型腔清洁，不要让杂物混入试片；
3. 涂布脱模剂时要使之均匀，如涂抹时产生气泡一定要除尽。
4. 往型腔放入胶料时要求位置应准确，保证充满型腔，防止制品缺料。

五、思考题

1. 讨论本实验用胶料硫化的实质。
2. 本实验胶料的硫化工艺条件与硫化制品的性能有何关系？
3. 设计一个橡胶硫化的配方，说明各组分的作用。

六、参考资料

高等学校试用教材《高分子材料成型加工原理》，P224-228。

实验 6 塑料注射成型机的操作 及注塑模具的安装调试

一、实验目的

1. 学会正确操作注射成型机；
2. 熟悉塑料成型模具的安装、调试过程；
3. 了解模具设计的合理性及注射成型工艺条件；
4. 讨论并分析各注射机主要性能参数，加深理解各主要性能参数及计算方法。

二、实验设备

CJ150 塑料注射成型机一台；塑料模具一副（本机允许模具厚度范围 160-450mm）；PE 料或 PP 料 50 公斤；吊装设备一台；常用安装工具一套。

三、实验步骤

本实验分三部分：(I) 注射机的操作；(II) 塑料模具的安装调试；(III) 注塑部件主要性能参数测定。

(I) 注射成型机的操作

1、操作注射机注意事项

为了确保操作者的安全，充分发挥机器的效能和延长机器的使用寿命。在使用机器过程中，应注意下列几个方面：

(1) 注意操作安全。每次操作开始，检查机器的安全装置 - 安全门可靠性。机器运转过程中，切记不可将手伸入锁模机构中，在取制品时一定要打开安全门。另外，在运转中，手亦不要伸入喷嘴和浇口之间，在清理或检修模具时，请关闭油泵电机。

(2) 机器的液压系统压力已调试好，切不要随便改变液压元件的压力，以免危险的发生。

(3) 料筒从室温加热到所需要的温度大约需要 30 分钟，料筒内有残余冷料时，须再保温 15 分钟。才能启动螺杆进行加料，以保证残余料的充分熔融，避免损伤螺杆。

(4) 塑化加料初期，螺杆和料筒内尚无料时，不可采用高的螺杆转速（应在 50 转/分以下），待原料充满螺杆槽（熔料由喷嘴口挤出）时，再将螺杆转速升高到需要的数值，以免因空转速度过高或时间过长而损伤螺杆和料筒。

(5) 机器的润滑，需用机油润滑处应每天加一次，特别使锁模部分的连杆销和钢套，一旦长期缺油，就可能发生咬伤，而无法进行工作。

(6) 机器运转过程中，注意液压系统工作油的温度，调节油冷却器的冷却水量，保持油温在 50℃ 以下。

(7) 注射机模板的安装表面具有较高的加工精度，切不要用硬物或其它东西损伤模板表面。

(8) 在加工中停顿或加工结束时，不要使模具长时间（一般不超过 10 分钟）处于锁模状态，以免造成连杆销和钢套断油，可能使模具无法打开。

(9) 保持相互运动表面的清洁。

(10) 检查电路时，要使用万用表，不得使用校灯。

2、注射机操作方法和步骤

a) 开车前的准备

在注射机开车之前，必须做好充分的准备工作，以便及时发现异常和予以改正，防止开车时发生事故，必须做以下工作。

1. 拆除合模部分的固定连接板。(新机器在未使用时，装有固定连接板)
2. 检查各运动表面、拉杆、导轨、导杆，并保证清洁。
3. 从外观检查各紧固件是否有松动现象，电路、水路、油路的连接是否可靠。
4. 各电气元件和仪表是否有损坏。
5. 各加热圈是否有松动现象，热电偶与料筒的接触是否良好。
6. 检查油标的油液面位置是否满足要求。
7. 按机器的操作要求加注润滑油。

b) 熟悉机器

为了能安全顺利地上机操作，必须对机器的结构、功能、按钮位置有足够的了解，主要表现下列几个方面：

1. 了解注射机的注射装置、合模装置、安全装置的结构及其功能。
2. 了解注射机的液压系统，并掌握有关液压元件的位置及其功能。
3. 掌握行程开关的位置、作用、调节方法。
4. 熟悉并掌握注射机控制面板各个按钮的位置及其功用。以及注射机的紧急停车装置，

以免操作时按错按钮而导致事故。

c) 操作步骤

准备工作做好、熟悉机器后，需按以下步骤进行操作。

1. 接通电源总闸，并合上注射机总开关，此时，指示灯亮。
2. 接通冷却水道。(包括模具冷却水道)
3. 接通料筒，喷嘴加热线路，并根据工艺条件确定料筒上各段加热温度，以及喷嘴的加热温度。
4. 关闭料斗落料口插板，并进行上料。
5. 启动油泵电机。
6. 选定注射速度。
7. 采用“调整”操作方式。
8. 闭合、开启模具。
9. 顶出。
10. 注射座前进和后退。
11. 待料筒、喷嘴温度达到规定温度并保温一定时间后，打开料斗中料口插板，根据制品需料量，通过行程开关的位置变动，控制螺杆后退的距离，然后进行预塑。
12. 按下列顺序操作机器：
13. 采用“半自动”操作方式。
14. 在操作中发现异常应立即停止，经过检修确认正常后，再重新操作。
15. 操作结束时，应按先后顺序作复位工作。

16. 关闭料斗落料口插板。
17. 采用“手动”操作方式，注射机座进行后退。
18. 采用“调整”操作方式，开启模具于自由状态。
19. 先切断加热电源，关闭油泵电机。然后切断总电源和冷却水。
20. 将操作台上的按钮恢复到零位。
21. 做好机械的清洁和保养工作。
22. 把所有工具交还给实验指导教师。

d) 本实验中的问题讨论

1. 根据本实验，验证注塑成型机中的有关理论。
2. 注射、保压、冷却过程中，开模时的运动状态，并做较详细的分析。

(II) 塑料模具的安装调试

1、实验方法和步骤：

塑料模具的调试主要包括模具的安装和试模两个过程。在进行这些过程时必须按照下面步骤：

a) 模具安装

1. 预检模具

在模具安装之前，根据图纸对模具进行比较全面的检查，以便及时发现问题进行修模。

当模具固定模板和运动模板分开检查时，要注意方向记号，以免合拢时搞错，对于模具的运动部分，必须检查是否清洁或有异物落入，以免损伤模具。

2. 吊装模具

模具吊装时必须注意安全，人员（一般为2~3人）之间要配合密切，模具尽可能整体安装，若模具设有侧向移动机构，一般应将滑块在水平位置。

3. 紧固模具

在安装调整模具时，采用“调整”操作方式，把液压系统的压力调到5Mpa。拨动操作面上闭模开关进行闭模，然后利用调模机构进行调模。调节模板开档至比模具厚度大1~2mm。再启模后将吊装的模具吊入模板中间，并使定位凸肩进入固定模板定位孔内，而后拨动闭模开关闭模，利用调模装置调整模板开档，使模具被两片模板夹紧。根据模具的大小用紧固螺钉、压块将模具安装在两块模板上。此时必须注意将压紧所在平面与模板平面平行。（可用调节螺钉或垫块调整）提高压紧可靠性。

4. 闭模松紧度的调节

闭模的松紧度既要防止制品的溢边，又能保证型腔的适当排气。对于目前常规的锁模机构，闭模松紧度主要凭目测和经验：一般情况，在模具被紧固后再启模，利用调模装置，再调小模板开档0.5mm左右，然后进行启闭模，并试验成型，制片如有飞边，则可用微调装置逐渐将开档调小。但是，在满足成型制品要求的情况下，不要过分预紧模具，对于需要加热的模具，应在模具达到规定温度后再校正闭模松紧度。

5. 低压保护调节

在初步完成锁模预紧力调整之后，为确保模具的工作安全，必须进行低压保护作用的调节，首先将液压系统的压力调至可以移动模板的最低压力，根据制品的需要，调节行程开关的位置选定低压保护的起始点，然后，在低压保护作用下，以极慢的速度进行闭模，

并调节另一行程的开关位置，使模具接触前 0.2 - 0.5mm 位置时，低压保护结束。在调节低压保护时，要进行反复的试验，做到灵敏、可靠。

6. 顶出距离和顶出次数的调节

模具紧固后，慢速启模，将顶杆的位置调节到模具上的顶出板和动模底板之间尚有不小于 5cm 的间隙，做到既能顶出制品，又能防止损坏模具，顶出次数可以是一次顶出，亦可以是多次顶出。根据制品的需要，可以在操作面板上选择。

7. 接通冷却水管或加热线路。

b) 试模

1. 试模前准备工作——在试模前，必须对设备的油路、水路、电路进行检查，按要求保养设备，做好开车前的准备工作。

2. 确定工艺参数

3. 检查原料是否合格，对于湿度大的料应进行干燥处理。

4. 根据推荐的工艺参数加热料筒和喷嘴，若模具亦需加热，应接通电路并加热。

5. 判别料筒和喷嘴温度是否合适，其方法可将喷嘴脱离固定模板，用较低的注射压力，使塑料从喷嘴口缓慢流出，观察料流，若没有硬块、气泡、银丝、变色且光亮，说明料筒喷嘴温度比较合适，反之，则需要适当调节。

(III) 注射部件主要性能参数的测定

1. 实验内容及数据

表征注射机注射部件的主要性能有注射塑化性能，其中具有代表性的性能参数为注射

量和塑化能力。因此：本实验进仅对注射机注射量螺杆塑化能力及其影响参数，进行测量与分析。

(1) 机器注射量 (g)

根据规定，机器注射量应在无模具条件下，螺杆作全程的最大注出塑料量，其计算公式为：

$$w = V_C * \alpha * \rho$$

式中：W—根据规定,机器注射量(g),待测； V_C —理论注射容积(cm^3)； α —系数； ρ —加工塑料在常温下的密度。PE: $\rho_{PE}=92\text{g}/\text{cm}^3$ ；PS: $\rho_{PS}=106\text{g}/\text{cm}^3$ 。

(2) 螺杆塑化能力(kg/h)

根据注射螺杆塑化机理，由于螺杆间歇性工作 和塑化时螺杆轴向位移以及注射时附加于螺槽内物料的运动等作用，形成了塑料在螺槽内的熔融过程为非稳定过程，表现出熔料轴向温差大以及塑化时螺杆塑化能力和功率消耗的不稳定（注意观察）。

螺杆设计直接关系到被加工塑料的塑化质量塑化与螺杆的塑化能力，然而在注射螺杆塑化物料时，背压对其影响也是显著的。这对注射螺杆设计与使用以及对螺杆塑化控制技术都相当重要，并由实验证实背压对塑化能力及功率的影响。根据规定，螺杆塑化能力为背压 $P_b=0$ ，螺杆转速 $n=n_{\max}$ 时，单位时间提供的熔料量。

即：
$$G = 3.6W_{\max}/t(\text{kg/h})$$

式中： W_{\max} - 满行程的塑化量(g) (待测)； t - 塑化时间(s)待测。

螺杆塑化能力也可由下式进行理论计算。

$$G_C = 7.74D_S^2 h_s n \cdot \eta \cdot \rho \times 10^2 (\text{kg/h})$$

式中： D_S - 螺杆直径(cm) ($D_S = 4.0\text{cm}$)； h_s - 均化段槽深(cm) ($h_s = 2.5\text{cm}$)； n - 螺杆转速

(rpm) ; η - 效率($n=0.85\sim 0.90$) ; ρ - 熔料密度($\rho_{PS}=0.98$ $\rho_{PE}=0.79$)。

2. 实验装置及测试仪表

塑料注塑机 1 台 CJ150 , 其主要性能参数 (注射部分) 为 :

机器理论注射量 (PS) (g) 277

最高注射压力 (kg/cm²) 190

螺杆直径(mm) 42

螺杆转速(rpm) 0-200

3. 测试项目与测试条件

a) 螺杆满行程时的注射量 (对空注射)

测试条件 :

(1) PS 料(或 PE 料)

(2) 喷嘴处加热温度 $216\pm 6^{\circ}\text{C}$

(3) 预塑时喷嘴闭锁

(4) 额定注射行程

(5) 测塑化能力时 , 螺杆为额定转速 , 转动时间与停止时间为 1 : 1。

b) 螺杆满行程时塑化量与塑化时间 ($P_b=0, n=185\text{rpm}$)

c) 螺杆塑化能力与背压之间关系($n=\text{Const}$)

d) 螺杆塑化能力与转速关系 ($P_b=\text{Const}$)

4. 实验方法与步骤

a) 方法

(1) 螺杆塑化量及注射量用称重天平计量；

(2) 塑花时间以记时秒表计量；

记下塑化全行程的塑化时间，然后对空注射，待物料冷却后称重。

(3) 调整油马达以改变螺杆转速；

(4) 背压由设置在注射油缸上的背压阀调节。

b) 步骤

准备工作：

(1) 预习指导书内容，明确实验目的，内容方法。

(2) 熟悉机器操作注意事项（见实验《二》）及仪表使用方法。

(3) 料筒升温，按加工塑料选定机筒各段加热温度接电加热。

(4) 进行岗位分工，按其分工内容，检查准备工作（如仪器是否完好，工具，量具是否齐备）。

开机；

(1) 料筒加热至规定温度后，保温半小时，操作人员经指导教师同意方能开车。

(2) 先按“调整钮”检查机器工作是否正常，当机器进入正常运转状态，方可进入实验测试阶段。

(3) 测试数据

按实验程序和各自分工，进行数据测定，测定应在稳定条件下进行。记录数据，应听小组负责人统一指挥，每组数取三次。

5. 实验报告与要求

1.实验目的

2.按实验测出内容与要求整理数据，绘制图表。

3.对实验结果与观察现象进行分析。

应附上注射部件性能参数实验记录。

实验 7 聚氯乙烯塑料配方及加工条件实验

一、实验目的

1. 掌握软、硬聚氯乙烯的混合与塑炼方法；
2. 熟悉配方中各组分的作用；
3. 学会使用双辊塑炼机，了解设备的基本结构；
4. 了解加工条件对制品性能的影响。

二、实验原理

聚氯乙烯的混合与塑炼是制备 PVC 半成品的常用方法。将 PVC 树脂与各种助剂根据产品性能要求配合后，经过混合塑化，便可得到一定厚度的薄片，可用于板材、片材、薄膜等产品的生产，或用于科学研究。实验中，也可通过测定性能和研究混炼条件对产品性能的影响。

1. 配方的设计

配方的设计是树脂成型过程的重要步骤，对于聚氯乙烯塑料尤为重要。为了提高聚氯乙烯塑料的成型性能、材料的稳定性，获得良好的制品性能并降低成本，必须在聚氯乙烯树脂中配以各种助剂。

聚氯乙烯配方中通常含有的组分：

- (1) 树脂 树脂的性能应能满足成型加工和最终制品性能要求。

(2) 稳定剂 稳定剂的加入可防止树脂在高温加工过程中发生降解，聚氯乙烯配方中，稳定剂通常按化学组分可分成四类：铅盐类、金属皂类、有机锡类和环氧油类。

(3) 增塑剂 可增加树脂的可塑性、流动性，使制品具有柔软性。对于硬质氯乙烯制品，一般不加或少加（5%以下），以避免影响其性能；而软质制品中添加量一般为 40-70 份。

(4) 填充剂 在聚氯乙烯塑料中添加填充剂，可大大降低产品成本，改进制品的一些性能。常用填充剂有碳酸钙等。

(5) 润滑剂 润滑剂的主要作用是防止粘附金属，延迟聚氯乙烯的凝胶作用，降低熔体粘度，润滑剂可按其作用分为外润滑剂和内润滑剂。

(6) 其它 如：抗冲改性剂、阻燃剂、发泡剂、加工改性剂、着色剂等。

聚氯乙烯配方中各组分的作用是互相关联的，不能孤立地选配，在选择组分时应全面考虑各方面因素，按照不同制品性能要求、原材料成本、成型工艺进行选择。

2. 混合

混合过程是使多相不均态的各组分转变为多相均态的混合过程，常用的混合设备有 Z 型捏合机和高速混合机。混合过程中粒子相互扩散和摩擦，导致物料温度升高，水分逃逸，增塑剂被吸收，物料与组剂分散均匀。

3. 塑炼

塑炼目的是使受热的聚氯乙烯塑料反复通过一对相向旋转的水平辊筒的间隙而被塑化。双辊塑炼机的辊距、辊温、加料量、辊筒的速比、转速均影响塑化效果。

三、实验原料及设备

PVCⅢ型树脂，三盐基性硫酸铅，二盐基性亚磷酸铅，有机锡，硬脂酸，硬脂酸铅，硬脂酸钡，硬脂酸镉，邻苯二甲酸二丁酯，邻苯二甲酸二辛酯，石蜡，癸二酸二辛酯，双酚 A，2 - 羟基 - 4 - 甲氧基 - 二苯甲酮，三嗪 - 5，亚磷酸三苯酯，偏苯三酸酯，聚酯型增塑剂，己二酸丙二醇酯，三氧化二锑，氯化石蜡，氯化聚乙烯，钙 - 锌液体复合稳定剂，AC 发泡剂，ABS，CPE。

双辊塑炼机：规格 B160×320；辊筒速比为 1：1.35；加热方式：电加热。

四、实验步骤

1. 了解上述助剂的作用和特点
2. 根据下列要求确立软质聚氯乙烯配方（任选一种）。

耐热型，耐寒型，耐油型，阻燃型，发泡型。

3. 确立 PVC 硬板配方及其增韧配方。

4. 根据配方进行粉料的配制：

称取 PVC 树脂，取小部分放入研钵中，称取其它助剂于研钵中，并研碎，混合，倒入其余的 PVC 树脂于研钵中混合均匀。

5. 塑炼：将辊筒温度升至 110℃ 以上，并调节辊间距仅一线距离，倒入粉料。当辊筒温度达到塑化温度，则物料包辊（记录包辊温度），打三角包（注意安全），观测原料颜色的变化，混炼一定时间后出料，塑料膜厚在 0.5mm 左右。

6. 改变增塑剂用量，观测起始包辊温度，并比较性能变化。

7. 升高辊筒温度，混炼 PVC 硬板配方及其增韧配方，并比较性能变化。

五、讨论与思考

- 1) 为了制备透明性 PVC 制品，对助剂有何要求？
- 2) 比较各配方的包辊温度，你会得出什么结论？
- 3) 打“三角包”有何作用？
- 4) 上述 PVC 硬板配方中，如果加入 10 份 LDPE，能增加其韧性吗？为什么？

实验 8 制膜工艺实验

一、实验目的

1. 熟悉单螺杆挤出机的一般结构；
2. 掌握单螺杆挤出机的操作要领；
3. 熟悉吹塑薄膜成型工艺过程；
4. 掌握平挤平吹法制膜工艺流程。

二、平挤平吹法制膜工艺过程

塑料薄膜是常见的一种塑料制品，它可由压延、吹塑、直接挤出等方法生产。吹塑薄膜是将塑料挤成薄膜管并趁热用压缩空气将它吹胀，冷却定型后即制薄膜制品。

在吹塑薄膜成型过程中，根据挤出和牵引方向的不同，可分为平挤上次法，平挤下吹法和平挤平吹法三种。

平挤平吹法是指使用水平机头，机头出料与膜管牵引方向相同的一种生产工艺，其工艺流程如图 1 所示。挤出的熔融物料由机头环形缝隙水平挤出成圆筒状的膜管，从机头侧面进气口吹入一定量的压缩空气使之横向吹胀。同时，借助于牵引辊连续运转进行纵向拉伸，并经设置在膜管外的冷却风环吹出的冷却空气定型。由人字板压叠成双折薄膜，通过牵引辊以恒定的线速度进入卷取装置。牵引辊本身也是一对压辊，将通过人字板后的双层薄膜完全压紧，使膜管内的空气封闭而不漏以保持膜管内部空气恒定，保证薄膜的宽度不

变。该法适用于窄幅薄膜（如聚乙烯、聚氯乙烯等）的吹塑成型。平吹法也适用于热收缩薄膜的生产。

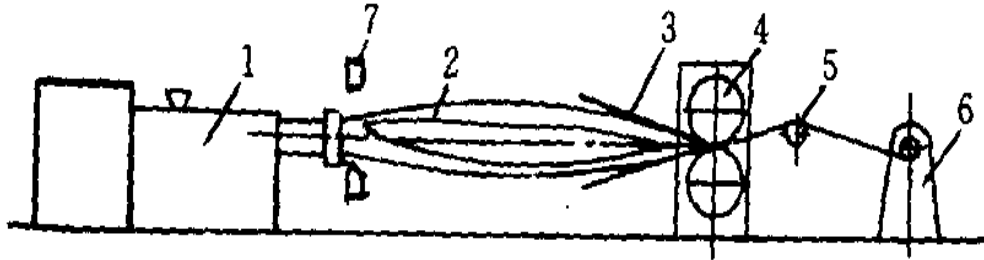


图1 薄膜的平挤平吹法工艺流程

1—挤出机 2—膜管 3—人字板 4—牵引辊 5—导向辊 6—卷取装置 7—风环

三、实验设备与原料

φ45 单螺杆挤出机一套；平挤平吹法薄膜成型辅机一套；合适的口模一套；常用安装与调试工具一套；吹膜级 LDPE、LLDPE 各 50Kg。

四、操作步骤

1. 检查压缩空气管路、调整口模处间隙，检查主机与辅机中心线是否对准；
2. 开启电热源，对机身机头及辅机加热升温，待各部位温度到达设置温度后，保温 30~40min 使机器内温度一致；
3. 以低速启动开车，空转并检查设备运转是否正常；
4. 加料生产，当物料出口模后将挤出物慢慢引上冷却及牵引设备（事先开启这些设备）；
5. 通过调节调整螺栓，使膜泡管厚度均匀；
6. 调节风环位置、风量以稳定薄膜冻结线和膜厚度；
7. 适度调节牵引比和吹胀比，保证膜正常不被拉破和吹破。

五、思考题

1. 试述单螺杆挤出机的基本结构并说明螺杆有哪些基本参数？
2. 按塑料在螺杆上的运动情况，螺杆可以分为几个区域？各有什么作用？
3. 当挤出机开车与停产时要注意些什么才不至于发生事故？
4. 平挤平吹法有什么优缺点？
5. 讨论影响膜厚度的因素。

实验 9 中空挤出——吹塑成型实验

一、实验目的

1. 了解塑料中空成型的工艺过程；
2. 分析影响中空成型工艺和制品质量的因素。

二、实验设备

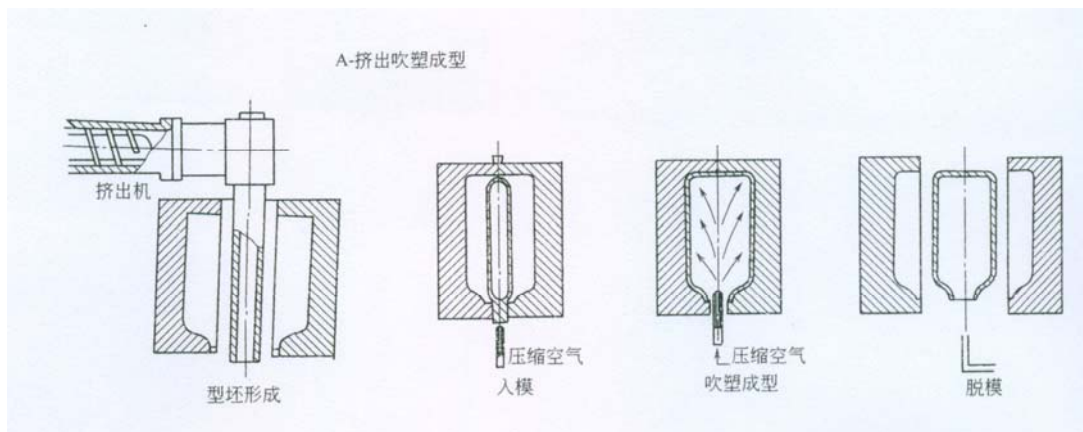
1. SJ-45B 挤出机一台，上海挤出厂生产
2. SJ-PI-F2.5 塑料吹瓶辅机一台
3. 中空吹塑料模具一副
4. PE 或 PP 料 25 公斤
5. 常用工具一套

三、中空挤出——吹塑成型加工过程及加工原理

中空吹塑料成型是将挤出或者注塑成型的塑料管坯（型坯）趁热（处于半熔融的类橡胶态时）置于模具中，并及时在管坯中通入压缩空气将其吹胀，使其紧贴于模腔壁上成型为模具的形状，经冷却脱模后即制得中空制品。此方法可用于聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等塑料的成型加工，也可用于聚酰胺、PET 和聚碳酸酯等的加工。本实验主要介绍挤出 - 吹塑料加工方法。

常见的挤出 - 吹塑加工方法：

1. 管坯的形成通常直接由挤出机挤出，并垂挂在安装于机头正下方的预先分开的型腔中；
2. 当下垂的型坯达到合格长度后立即合模，并靠模具的切口将型坯切断（本实验中型坯由人工切断）；
3. 从模具分型面上的小孔插入的压缩空气吹管，送入压缩空气，使型坯吹胀紧贴模壁而成型；
4. 保持空气压力，使制品在型腔中冷却定型后即可脱模。



四、影响挤出一吹塑料成型加工的因素

影响成型工艺和制品质量的主要因素有型坯温度、壁厚、空气吹胀压力、吹胀比、模温和冷却时间等。

1. 型坯温度

生产型坯时，关键是控制其温度，使型坯在吹塑成型时的粘度能保证在吹胀前的移动，并在模具移动和闭模过程中保持一定形状。温度过高，型坯会发生变形、拉长或者破裂；型坯温度过低，聚合物挤出模时的离模膨胀会变得严重，以致型坯挤出后会出现长度方向的明显收缩和壁厚的显著增大现象，而且型坯的表面质量降低，出现明显的鲨鱼皮、流痕等；同时型坯的不均匀亦随降低的增加而有所增加，制品的强度差、容易破裂、表面粗糙无光。

一般型坯的温度应控制在被加工料的 $T_g \sim T_f$ (或 T_m) 之间，并比较接近 T_f (T_m)。

2. 吹气压力和充气速度

中空吹塑料成型，主要是利用压缩空气的压力使半熔融状态坯胀大而对管坯施加压力，使其紧贴模腔壁，形成所需的形状。压缩空气还起到冷却制件的作用。根据材料种类的不同和加工温度的差异，以及加工温度下型坯的模量值有差别，吹气压力也不一样，一般在 0.2 ~ 0.7Mpa 之间。吹气压力大小还与制品大小、型坯厚度有关，一般薄壁和大容积的制品宜用较高压力，而厚壁和小容积制品则用较低压力。最合适的压力应使制品成型后外形、花纹、文字等表露清晰。充气速度一般大一些好。

3. 吹胀比

吹胀比(型坯吹胀的倍数)是指制品的大小与型坯的尺寸之比，一般吹胀比为 2 ~ 4 倍。吹胀比的大小应根据塑料种类和性质、制品的形状和尺寸以及型坯的尺寸等决定。

4. 模温和冷却时间

模温的高低，首先应根据塑料的种类来确定，材料的玻璃化温度较高者，允许有较高的模温，反之则应尽可能降低模温。

为了防止聚合物产生弹性回复引起制品形变，中空成型制品的冷却时间较长，冷却时间可占成型周期的三分之一至三分之二。

五、实验步骤

1. 接通挤出机料斗座冷却水，根据加工物料的性质确定加工工艺条件，设定挤出机和机头温度，至设定温度后再保温 20~30 分钟，在挤出机料斗中加入物料，挤出管坯；
2. 接通空气压缩机电源，启动吹瓶辅机，打开模具；
3. 挤出管坯至需要长度时，用切刀切下管坯，将切下的管坯移至打开的模具中，然后合模，吹气嘴向管坯中通入压缩空气进行吹胀；
4. 保持吹气压力至冷却结束，打开模具取出制品，等待下一次操作。
5. 实验结束后，切断电源，关闭冷却水。清理机器。

六、实验思考题

1. 塑料能进行中空吹塑成型加工的依据是什么？
2. 影响塑料中空吹塑成型制品质量的因素有那些？简述之。

实验 10 硬质塑料管材挤出实验

一、实验目的

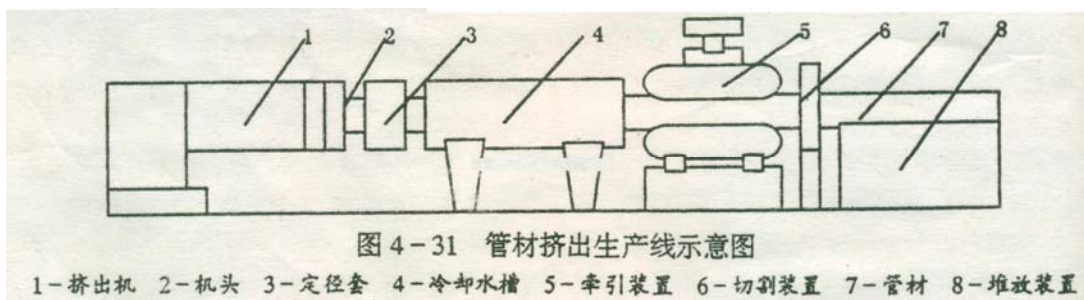
1. 了解常规塑料管材生产线的组成、各部分的作用及生产工艺流程；
2. 讨论并分析管材的定径方法、冷却方式对管材质量的影响。

二、实验内容

(一) 挤管生产线的组成

塑料管材具有质轻、耐腐蚀、价格低、生产工艺简单等特点，它的应用非常广泛。生产管材的塑料一般有聚氯乙烯 (PVC)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、尼龙、聚四氟乙烯等。

挤出管材的生产线一般由挤出机、机头、定型装置、冷却水槽、牵引装置和切割设备、堆放装置等组成，参见下图。



1. 挤出机

生产线主面一般采用单螺杆挤出机。目前双螺杆挤出机的应用也越来越多，特别是挤出大口径硬质 PVC 管材时，由于其优异的加料性能和排气性能，使用愈加广泛。单、双螺杆挤出线的辅机部分差别大同小异。下面主要介绍以单螺杆挤出机为主机的挤管生产线。单螺杆挤出机主、辅机的选用及生产管材的规格参见下表。实验中采用主机是螺杆直径为 45mm

的单螺杆挤出机，辅机采用真空定径、喷淋冷却。

挤管辅机基本参数

辅机规格	45	90	150
外径 (mm)	10 ~ 40	40 ~ 110	125 ~ 200
	25 ~ 63	63 ~ 160	160 ~ 280
			200 ~ 400
推荐配用挤出机规格 (螺杆直径 mm)	30 45	65 90	120 150 200
冷却方式	浸浴式	浸浴式	喷淋式
牵引管径范围 (mm)	10 ~ 75	35 ~ 170	120 ~ 450
切割方式	圆盘锯	圆盘锯	行星锯
切割方式 (mm)	~ 170	~ 170	120 ~ 450
辅机中心高	1000	1000	1100

2. 机头和口模

挤出管材所用的机头有很多型式，以物料在机头中的流动方向分，可分为：直通式机头、直角式机头和偏置式机头三种。塑料的种类、管材标准的不同，定型的方法也不一样，机头的选择主要由定型方法确定。如果采用外径定径，则选用直通式机头；若用内径定径，选用的机头应是直角式或偏置式。我国塑料管的国家标准要求管材的外径公差，所以采用外径定径，选用直通式机头。

3. 定型

物料从机头口中挤出时，基本上处于熔融状态，必须进行冷却和定径，使管状挤出物的温度下降而硬化、定型，以保证挤出的管材离开定型装置后不会由于牵引、本身的重量、冷却水的压力以及其它条件影响而变形。定型方法一般有外径定径和内径定径两种。

外径定径是在管状挤出物外壁和定径套内壁紧密接触的情况下进行冷却而实现的。实现这种紧密接触的方法有两种：一种是内压充气法，即在管状物内加压缩空气，管外加冷却定型套，使管材外表面贴在定型套内表面迅速冷却而固定管外径的方法；另一种是借助管外抽真空而将管状物外壁吸附在定型套内冷却定外径尺寸的方法。

内径定径是一种靠芯棒延长轴的外径确定管材内径的方法。该芯棒延伸轴具有很小锥度，其内部通冷却水，使管状物内表面冷却而定径。内径定径法多采用直角机头和偏置机头。

外径定径法生产的管材，其外径尺寸精度高，外表面光滑，但内壁比较粗糙，不利于流体在管内流动；而内径定径法生产的管材内径尺寸稳定，内壁光滑，有利于流体在管内流动。内径定径法适用于 PE、PP，尤其是内径尺寸有要求的管材的生产。但由于内径定径法所使用的机头流道较长，对流动性差、易分解的塑料（如 HPVC）不太适用。比较而言，外径定径结构简单、操作方便，我国主要采用该方法。

4. 冷却

由机头挤出的管状物（管材）经过定型装置初步定型后，其内外表面的温度较低，但塑料是热的不良导体，其壁厚内部还未完全冷却，如果不继续冷却，内部的热量会导致已冷却的表面温度上升，引起管材变形，因此必须继续冷却。

管材的冷却一般有浸浴式（冷却水槽）冷却和喷淋（喷淋水箱）冷却两种。

浸浴式冷却水槽通常分为 2~6 段，以维持温度梯度，调节冷却速度。冷却水一般是从最后一段通入水槽，从最前一段出去，使水流方向与管材运动方向相反，这样管材的冷却比较缓和，内应力较小。但这种冷却水槽的上下层的水温不同，加上管材在水中受到浮力的作用，可能会使管材弯曲，特别是对于大型管材影响比较大，所以这种冷却方法一般只用于小型管材的生产。对于大型管材一般采用喷淋冷却，以减少管材的变形。

喷淋式冷却采用沿管材圆周上均匀布置喷淋水的方法进行冷却。它用喷淋水箱来代替冷却水槽，可减少管材的变形，得到均匀的冷却效果。

5. 牵引

常用的牵引装置有滚轮式和履带式两种。牵引装置的作用是给机头挤出来的已初步定型的管材提供一定的牵引力和牵引速度，克服冷却定型过程中所产生的摩擦力，使管材以均匀的速度自冷却定型装置中引出，并通过调节牵引速率来调节管子的壁厚，从而获得合格的管材。

牵引装置应具有较大的夹持力且能均匀地分布于管材圆周上，牵引速度也应十分均匀，并能无级变速。

6. 切割

当管材(硬质)挤到一定的长度后要进行切割。切割装置一般有圆盘锯切割和行星锯切割两种装置。前者适合于小口径管材切割，后者适合于大口径管材的切割。

三、实验步骤

1. 准备工作

- (1) 预习指导书内容，明确实验目的。
- (2) 熟悉机器操作注意事项。

2. 开机

- (1) 主机加热至设定温度后，保温 20~40 分钟，在实验老师的指导下开机。
- (2) 接通辅机的电源、真空泵、冷却水。
- (3) 启动辅机。
- (4) 主机螺杆的转速应逐渐由低速升至正常。

四、讨论与思考

1. 如何选择管材的定径方法，它们有何特点？
2. 挤出管材的壁厚如何控制？
3. 管材的冷却方式有几种，有何特点？