

扬子石化-巴斯夫有限责任公司

低密度聚乙烯吹塑加工和应用指南

LDPE blow moulding – processing and applications

Bycolene™ 是扬子石化-巴斯夫有限责任公司低密度聚乙烯/乙烯醋酸乙烯共聚物产品的注册商标。

本聚乙烯薄膜-加工和应用手册，仅供客户参考。由客户自己决定LDPE产品和本手册信息的使用是否合适。本手册没有任何商务或特别用途合适性的保证、表达或暗示。BYC不承担客户应用本手册所获得结果的任何责任，也不承担单独或与其它产品一起使用我们LDPE产品的适合性和安全性责任。

Bycolene™ is a trademark owned by BASF-YPC Company Ltd.(BYC) for Low Density Polyethylene (LDPE)/Ethylene-Vinyl Acetate copolymer (EVA).

The objective of the brochures in Chinese is only reference for the downstream consumers of BYC LDPE. Customer is responsible for determining whether products and the information in this brochure are appropriate for customer's use. This brochure does not constitute a warranty, express or implied, including all warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. BYC accepts no responsibility for results obtained by the application of this information or the safety and suitability of our products alone or in combination with other products.

目 录

吹塑成型

- 1.1 供货方式和存储
- 1.2 预干燥
- 1.3 着色
- 1.4 回收料和边角料的再利用

成型要求

- 2.1 吹塑工艺
- 2.2 挤出机和螺杆
 - 2.2.1 常规挤出机
 - 2.2.2 具有槽式加料段的挤出机（“槽式机筒挤出机”）
 - 2.2.3 新的螺杆设计
 - 2.2.4 剪切和混合元件
 - 2.2.5 空穴转移混合器（CTM）
- 2.3 壁厚控制
- 2.4 回收料的使用

特殊吹塑工艺

- 3.1 注射吹塑
- 3.2 Bottelpack®工艺
- 3.3 3D 吹塑
- 3.4 3D 吸入吹塑工艺
- 3.5 与 3D 技术相结合的顺序共挤出技术
- 3.6 共挤出
 - 3.6.1 两层共挤
 - 3.6.2 三层共挤
 - 3.6.3 多层共挤

吹塑制品

再生

吹塑成型

Bycolene™ LDPE产品通常可以用加工热塑性树脂的所有方法来加工。产品具有良好的热稳定性和较宽的加工范围。

1.1 供货方式和存储

用于吹塑生产的不同牌号聚乙烯通过 25kg 袋包装的方式（堆放于 1250kg 或 1375kg 货盘上）或公路槽车的方式供货。包装袋必须存放于干燥的地方。如果可能的话，仓库和加工场所应该保持在 23（室内温度）。从温度更低的贮存地运来的粒料或粉料必须在加工场所放置一段时间，直到温度均衡，以防止冷凝。潮湿的天气或者急剧的温度变化同样可以导致冷凝，在上述情况下，在挤出机进料之前，应立即对原料进行预干燥。上述情况同样可以加重由聚乙烯内部散发出来的轻微的气味。

通过公路槽车供应的粒料或粉料，用气体压缩吸入输送泵装入散装存储料仓。料仓和气体压缩物料处理系统，必须设计成可以将PE表面的磨损降到最小，因为磨损可以导致生产的中断。倘若PE存放于 40 以下的空气中，同时避免阳光 / 紫外线的辐射，那么实际上就没有分解反应发生。通常来说，Bycolene™ 牌号的产品在存储过程中不应曝露于阳光的直射，因为紫外线辐射可以降解聚乙烯。

1.2 预干燥

保持原状、包装未开封的粒料和粉料一般在加工之前不需要干燥。而包装已打开，包括部分用储罐贮存的，应该重新密封；如果存放时间相对较长，那么里面的物料在加工之前就必须干燥。

1.3 着色

Bycolene™ 牌号的产品可以用混炼机着色。为达此目的使用了色母粒。要仔细确认存放色母粒的材料与被染色的塑料一致，同时所使用的染料要具有良好的热稳定性。合适的色母粒可以从市场上购买。

1.4 回收料和边角料的再利用

在吹塑生产过程中产生的边角料可以磨碎。边角料必须在造粒机中，粉碎成可以与第一次使用的粒子或粉末的新料一起作为挤出机进料的尺寸大小。实际过程中，回收料以不同的比例与新料进行混合，这样并不会导致在性质方面太大的变化。唯一的限制条件是，新料与回收料的熔融指数和密度应该是一样的，推荐的加工温度必须遵守，回收料应该是干净的，同时不会热降解。

成型要求

无论采用何种吹塑方式，吹塑的生产都需要一个挤出的型坯和一个模具，热塑性树脂的预成形体在其中变成其最终的形状。

2.1 吹塑工艺

工艺分为两个阶段：挤出和在模具中成型。这两个阶段结合成一个生产单元，从技术和经济的角度来看都是合理的，这样就形成了吹塑机。

原料或物料混合物从料斗加入挤出机。转速可控的螺杆沿着挤出机的纵向输送固体物料，并对其进行压缩。塑化所需的部分热量由加热元件从外部提供，然而在连续操作过程中，尽可能多的热量应该由挤出机机筒内的摩擦和剪切产生。

在理想的状态下，一股完全均匀的熔融的物料从螺杆的顶端挤出，连续进入型坯的头部，并在此转变成管状的预成形体或型坯。

型坯从模口连续向下挤出。如果型坯模头与一个间歇输出的收集器连在一起，那么就是成批地生产。安装于合模单元的吹塑模具封闭了型坯，通入压缩空气吹胀型坯，使其紧贴模腔壁。

一旦足够的热量通过迅速冷却的模壁从热成型材料撤走，那么新设计外观的吹塑制品就成型了，且形状基本保持不变，不发生进一步的变形。然后模具打开，推出制品，接着又开始吹塑的循环过程（成型坯 - 合模 - 吹胀 - 冷却 - 脱模）。

就设备和操作方式而言，吹塑工艺存在许多变量。然而原则上来说，这一点并不能改变什么。吹塑设备中的挤出机更适宜水平安装。它要么将熔体连续挤出至型坯模具，要么间歇挤出至集料器。

合模单元可以是固定的，也可以是移动的。模具的直径和间隙多数情况下具有很宽的变化范围。

吹塑芯轴和型坯拉伸芯轴是垂直的或倾斜的，倾斜成直角或一定的偏移量。吹塑芯轴经常被设计成在冷却阶段可以在吹塑成形体内部进行气体交换，或者可以引入冷却剂比如冷却气体。

最终，型坯密封装置（主要是那些用于使得型坯紧贴模具的装置）经过长时间的生产运转，通过确保均一的壁厚分布和持续不变的重量，提高制品加工精度。

当需要在狭窄的空间里，用单一的机器生产大量的制品时，那么选择多型坯冲模、多孔位吹模、多合模单元以及有多个模具的圆盘传送带是有必要的。

下面讲述挤出吹塑技术。特殊的设计和工序，仅仅当它们在工艺的通用状态下比较重要时，才予以考虑。

2.2 挤出机和螺杆

单螺杆挤出机几乎总是被用于聚烯烃的加工。一台用于加工热塑性塑料的挤出机必须满足许多不同的要求：

- 无障碍进料，物料的输送和压缩
- 原料和回收料（很宽的加工范围）的加工
- 适当的温度和均匀性物料的高输出率
- 达到和保持最适宜的熔融温度
- 因降解而产生的物料性质的改变最小
- 不同组分和添加剂的混合
- 无喘振操作
- 节能
- 螺杆和机筒的低磨损

不同数量和性质的目标参数可能会发生冲突，因此定义优先权和采取折中方案是必要的。

2.2.1 常规挤出机

出于历史原因，用来定义我们所知的常规挤出机的主要特点，是它们光滑的料筒内壁。在光滑料筒内旋转的螺杆，加料段和计量段的螺纹深度有相当大的差别。加料段螺纹深度与计量段螺纹深度的比值称作压缩比。

这些螺杆被描述为三段或多段螺杆，短压缩段螺杆或者连续锥形螺杆（如图 1 所示）。

典型设计

螺杆直径/ mm	90
螺杆长度	25D
加料段长度	10D
压缩段长度	6D
计量段长度	9D
加料段螺纹深度/ mm	12
计量段螺纹深度/ mm	4
螺距	1D

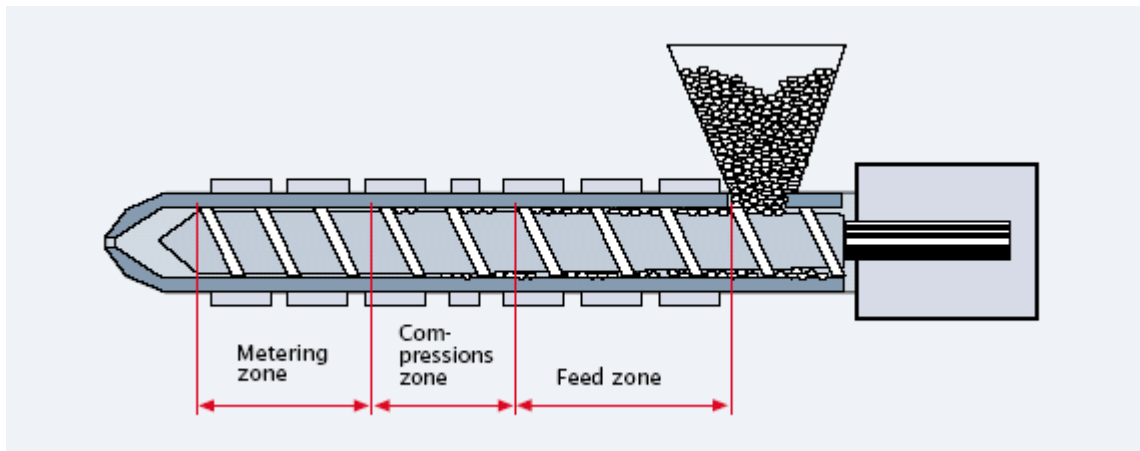


图1 加工LDPE的三段螺杆

常规单螺杆挤出机计量段的熔体输送是主要的。倘若加料段的固体容量大于或等于熔体输送段（计量段）的容量，那么固体的输送就是次要的。

常规挤出机的输出量是由温度、压力和螺槽的速率曲线决定的。这就意味着，物料的流体性质、模头和模具的阻力以及聚合物熔体的温度是影响流动速率的决定性因素。由于螺杆头部前方的压力，螺槽内的压力和拖曳流是重叠的，这就影响了输送能力。

然而，输送能力必然总是要结合熔融来考虑。物料不但通过加热的料筒从外部加热，而且通过摩擦产生的热量来加热。

对完全熔融的熔体，要想获得令人满意的均一性，那么就要在某一能达到的输送速度下操作。物料到达计量段的起始处时，能够完全熔融是我们所希望的，这样计量段就可以使物料完全均匀化。然而，如果同一台挤出机存在较大的输出速度的差异，那么这个要求是达不到的。这就意味着，塑化能力不足，输送量将受到限制，稳定的输送也很难保证。

当料筒内壁与塑料之间的摩擦力保持不变，同时大于塑料与螺杆螺纹之间的摩擦力，这时才能产生均一的物料流。在用易流动的牌号，例如用于挤出吹膜或者注塑的牌号，以及合适的沿机筒的温度分布时，这种条件就可以满足。然而，对于高分子量的熔体，这种方法并不奏效。塑料随着螺杆的旋转而旋转，输送发生中断。这是因为机筒壁与有待熔化的塑料之间的摩擦力，不足以克服螺杆、模头和模具带来的总的输送阻力而推动物料向前。输送速度进行短或长周期的波动，同时挤出机进行“脉动”。甚至对于易流动的聚乙烯牌号，由于输出量受背压的影响，常规挤出机从经济角度来看，存在一个有限的可操作范围。为达到很高的输出量，并伴随着模具背压的提高，就要求很高的速度。那么因摩擦力而与速度成比例的能量转换，将会导致很高的熔体温度。结果就是，限制了产量的进一步的提高。

换言之，对于所能达到的输出量而言，特定材料所允许的熔融温度的最大值是一制约因素。

基于上述原因，对于相同的螺杆直径，为了获得更高的输出量，必须采用诸如下述的挤出机设计。

2.2.2 具有槽式加料段的挤出机（“槽式机筒挤出机”）

槽式机筒挤出机是吹塑的主要机型，主要是基于不同的模头背压和低熔体温度的要求。

常规挤出机的输送行为受熔融段的控制，对比起来，槽式机筒挤出机的输出量是由槽式加料段的固体输送决定的。

常规挤出机的加料特性，并不适于吹塑成型。通过控制壁厚，使型坯的壁厚与吹模的几何尺寸相匹配，甚至对于较小的制品也一样，这已是现在的惯例了。这意味着模具间隙，模头处的全部阻力，是连续变化的。这将导致输送量和熔体温度的波动，这意味着成品重量将会有不必要的大的公差。在这种情形下，挤出机的连续操作状态是达不到的。

倘若特定的条件，诸如槽的设计和深度、槽的表面性质以及机筒最初部分的冷却等有关的条件可以满足，那么通过一个槽式加料段，就可以获得稳定的输送。

如今吹塑挤出机的槽都有一个直角交叉部分；与其它已经过实验研究以证实其功效的设计相比，诸如锯齿形、非常细小或者圆形的槽，这一几何形状提供了最大的进料量。

对于需要高剪切力的高分子量聚合物，槽的数目多少可以用机筒的直径除以10来得到 ($D/10$)；柔软的材料需要更多的槽，可计算为 $D/5$ 。D 必须以 mm 为单位。

槽沿轴向平行排列，最深至料斗开口处以下，从机筒内的热绝缘点延伸机筒内径3倍的长度（逐渐变浅）。它们必须抛光，同时进行充分的冷却，以避免在槽式机筒部分发生熔化。配以较浅的螺杆，它可以阻止或防止塑料在槽内的旋转。结果就是，螺杆上的螺纹在压缩塑料的同时，沿轴的方向推动螺纹之间的固体物料向前移动。试验表明，固体物料在输送 $3D$ 的距离后达到最佳压缩。

被压缩的塑料向前到达机筒的加热段。出于功能可靠性和节能的原因，机筒的冷却部分必须与加热部分热绝缘。

如果料斗开口下的第一个螺杆螺纹尽可能地充满，那么输送量会更大。为保证最大的供应量，槽式机筒挤出机在料斗开口以下被扩大了，这部分称为袋。直径增大的区域必须以 15° 的过渡角逐渐趋于正常的直径。

结合螺纹深度较浅的螺杆，压力输送格外稳定和均衡。如果仔细控制新鲜料与回收料的比率，那么在很短的时间间隔称重的重量偏差小于 2%，保证连续物料流通过挤出机，温度在最佳加工温度范围内仅有几度的波动。从而熔体的粘度实质上保持不变，因而就满足了可控制型坯壁厚的先决条件。

Bycolene LDPE可以不同的速度在常规和槽式机筒挤出机上挤出。输送阻力随限流器的变化而变化。甚至用非常易流动的PE牌号，当阻力（螺杆尖端前的压力）提高时，在常规挤出机上的输送量也会有相当大的下降。

高分子量的 PE 在输送时必须克服模头更高的压力，除此之外，槽式机筒挤出机的输送量仅有细微的差别，甚至用熔体粘度差别很大的材料也是如此。对于给定的螺纹深度，第一个螺纹承载的物料越多，那么得到的输送量越大。

两种挤出机设计中的机筒压力解释了槽式系统能够克服更高的阻力，并且具有较宽范围的、与速度成比例的输出量的原因（图 2）。

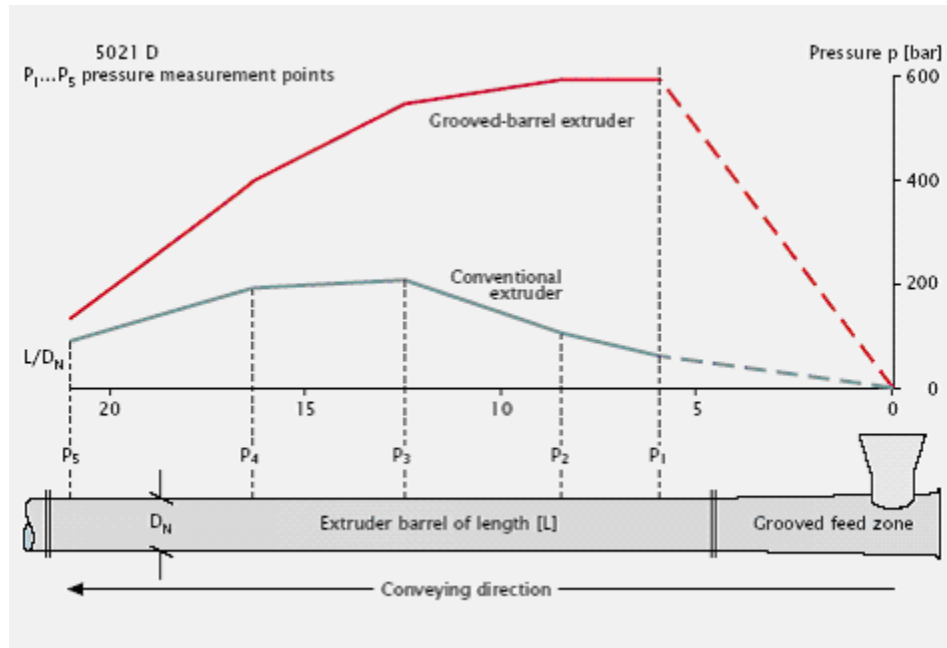


图2 机筒压力分布曲线

常规挤出机中的压力需要克服经过螺杆长度逐渐累加起来的模头阻力。另一方面，槽式机筒挤出机的最大压力常常出现在冷却加料部分的末端。

通过摩擦力来防止物料随螺杆一起转动，极端的情形是，物料沿轴向被螺杆驱动，就像螺母被芯轴驱动一样。由于轴向叠加层之间没有相对滑动，则输送量将与螺纹容量、螺纹填充度以及螺杆速度成线性关系。这种线性关系的发生，大概仅仅是由于螺纹中的物料层内部的变形行为。这就解释了为什么 LDPE、MDPE 和 HDPE 之间的输送量有差别，甚至当这些材料的堆密度相同时亦如此。

槽的几何尺寸、水冷加料段和螺杆流道容量决定了螺杆每旋转一圈输送的物料量。

只有达到螺杆的极限速度时，螺杆、模头和口模总的阻力才对输送量有影响。

这一基本的认识使我们很容易理解无法直接观察和测量的螺杆螺纹中物料的运动过程。总结起来，计量段没有特别的输送功能，而加料段对于槽式机筒挤出机的输送行为的重要性就很清楚了。

输送量随着槽的形状和槽的数量、加料段螺杆螺纹的深度、螺杆的螺旋角度以及螺纹的数量（直径更大的螺杆）的变化而变化。

在输出量与螺杆速度成正比的范围内，挤出型材的温度可以有效地控制；通过调节外部加热系统的热量输入可以设定所要求的温度。螺杆通过剪切和/或混合元件来获得足够均化的熔体。

2.2.3 新屏障螺杆设计

新的螺杆设计用来提高给定直径螺杆的输出量。更大的输出量也意味着更高的熔融效率。与此同时，希望降低最大压力（槽式加料部分末端的压力）以使磨损最小；在螺杆的熔体流道中，很高的绝对压力导致磨损和螺杆径向的偏斜，因此造成螺纹和机筒内壁的磨损。

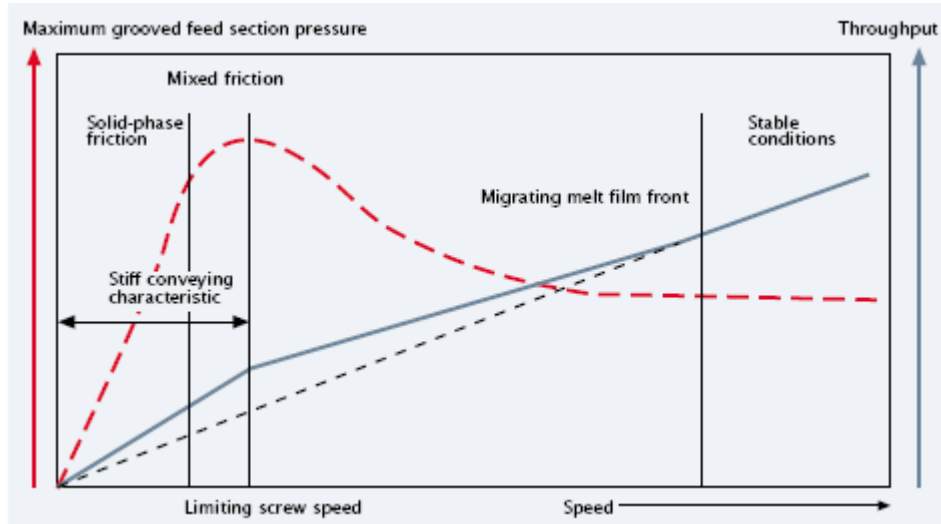


图3 槽式机筒挤出机的输送行为

槽式机筒挤出机，尤其是螺杆直径较大时，输出量受到螺杆转速和熔融温度提高的限制。在达到螺杆极限速度之前（图3），槽式机筒挤出机的输送特性曲线是平稳的，但是一旦超过极限速度就会对背压产生依赖性，槽式加料部分物料熔融，输送效率就损失了。在槽式加料部分压力升高，对于固相的摩擦力有决定性的影响，因此也对槽式加料部分的热量传递有决定性影响，这一压力依赖于加料段的输送工艺、后续螺杆区域的阻力特性和背压。槽式加料部分过高的压力导致很高的摩擦热，而用槽式套管冷却系统不能保证及时撤热，因此在槽式加料区域局部形成一层熔融的膜。一旦槽式加料区域开始形成熔融的膜，那么在加料段传递的压力和槽式加料区域末端的压力将不再上升，产量或特定的产量趋于下降。

对于常规的螺杆，通常不可能简单地通过增大螺纹深度来提高输出量，这归因于由此导致的熔融效率的急剧下降。只有同时延长塑化单元的长度才是可行的方法。这点可以从新的吹塑机设计趋势中看出来，长度从 20D 提高到 24D，极端情况下甚至到 30D。

通过这种方法，可以提高一定的输出量，而不能提高螺杆极限速度，因为这种改造使得槽式加料区域末端的压力仍然保持不变。为降低槽式加料区域末端的压力，以减轻槽式套管的磨损，那么在槽式套管后，就可以增大螺纹深度或螺距，或

二者兼有。通过这种方法，可以使熔融段的压力损失最小，可以降低槽式加料区域末端的压力。

屏障螺杆的概念最早是在上世纪 50 年代末由 Maillefer 提出来的。从那时起，这种设计一直在改进，尤其是在美国，但主要用于光滑（常规）机筒。近期欧洲有更多尝试，将槽式机筒的优点结合到屏障螺杆中。

所有屏障螺杆的操作方式在原理上都是相同的。一个典型特征就是螺杆流道被分为固相流道和熔体流道。固相流道通过屏障螺纹与熔体流道隔开。屏障螺纹比主螺纹有更大的间隙，这样只有熔融的物料和粒子可以进入熔体流道，这些物料和粒子至少在一个方向小于间隙。

当这些粒子流过屏障螺纹时，屈从于额外的、确定的剪切力，从而进一步熔融剩余的固相粒子。除此之外，屏障螺纹有助于使熔体混合均一。在屏障段的最佳使用状态下，未熔融的物料，在固相流道的尽头呈现出来。最终塑化的物料在熔融完成时，仅能有效地混合和分散（均一化）。基于这个原因，屏障螺杆仍然需要剪切和/或混合元件来保证充分的均化，尤其是屏障段全部用于熔融时高的输出速度。

2.2.4 剪切和混合元件

只有在一个尽可能宽的输送量范围内提供均质的熔体，槽式机筒挤出机才可能维持很高的物料输送量。由于槽式机筒挤出机的高输送量，通常整个螺杆长度都要参与物料的熔融。

只有所有的物料组分完全熔融时，开始熔体的混合与分散，熔体才能得到令人满意的均一性。基于此，在螺杆的顶端就需要剪切和/或混合元件。

螺杆流道的固相区域是不可能发生混合的，尤其是对于槽式机筒挤出机，这是因为，槽式区域末端的高压，通常会使得所有后续区域发生溢流。这意味着，螺杆流道中的拖曳流和压力流是相等的，这就妨碍获得足够均质的熔体。

剪切和混合元件在高输送量操作过程中，具有残余塑化和均质化的功能，在对其进行描述时，习惯上区分为分散元件和分配元件。然而，今天所使用的剪切和混

合元件从功能角度来看，不允许如此严格的分类。例如，Maddock 剪切元件和 Rapra 混合元件，不但引入剪切，而且进行分配式混合。

除了达到热均质以外，另一个目的就是保证颜料和添加剂在聚合物母体中最均匀的分散。为进行此类混合，最重要的条件是连续产生新的自由表面。换言之，螺杆流道中的熔体必须进行重排和分层。借助高剪切力是可能实现的，例如，可以打碎色母粒中颜料的局部堆积。

为了减小轴向压力分布的不利影响，并保持较低的熔融温度，剪切和混合元件必须尽可能设计成压力中性的。这就意味着，例如，剪切间隙既不能太小（防止过多压力损失），也不能太大（保证足够的均质性）。由此，借助剪切和混合元件，必须在压力的消耗和损耗之间找到一个折衷点。

下面说明一些已经被证实适合于吹塑挤出机的剪切和混合元件设计。除此之外，通过精心的设计选择，对于不同的用途，有很多其它剪切和混合元件可供使用。这些必须逐条检验其适用性。

图 4 所示的剪切元件广泛应用于吹塑挤出机。这一元件向流道进料，熔体仅能通过轴向螺纹进入出口流道。它被置于靠近螺杆顶端。然而，在高输送量的操作中，仅用剪切元件无法使高分子量熔体充分均质化。

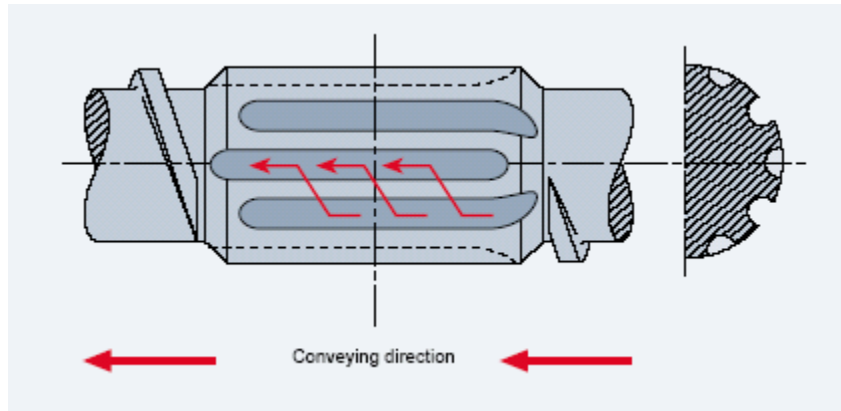


图4 Maddock剪切元件

图 5 所示的多面的或销钉状的混合元件，通过分流来保证良好的均质化。

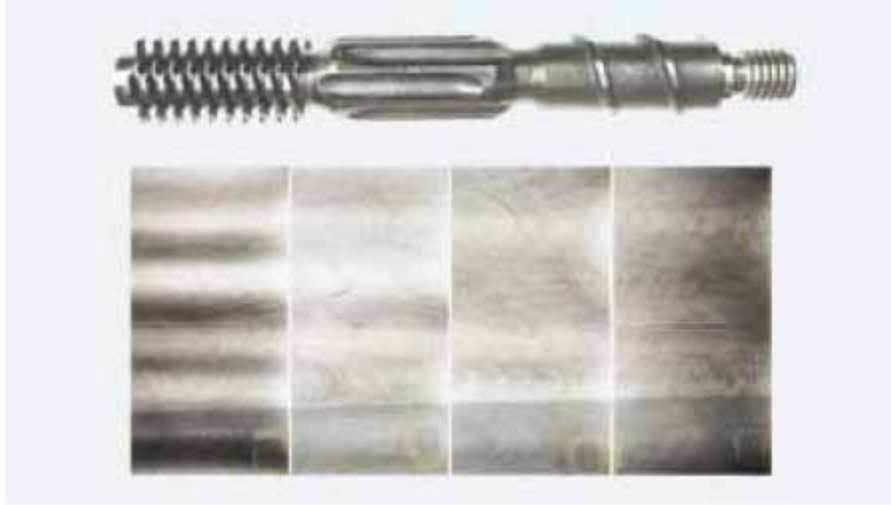


图5 Maddock剪切元件和面混合元件组合

2.2.5 空穴输送混合器（CTM）

借助于空穴输送混合器，在单螺杆挤出机上使颜料在高粘性聚合物母体中达到非常均匀的分散是可能实现的（图6）。



图6 CTM零件

一般而言，为使几种成分均匀地分散于同一混合物中，有必要在混合物中不断地形成新的表面（这不仅应用于液体系统，甚至更多地应用于固 - 液系统）。任何运转中的混合器都证明了这一观点。

在受压状态下，在紧密充满熔体的螺杆流道中，这种条件是永远不可能达到的。借助于上述手段（Maddock 剪切元件，多面混合元件等等）而获得的混合效果，仅仅是层流层之间速度差异的结果。因此，在可用于混合少量熔体的区域，可以完成重新混合。由于熔体高粘性而不会产生湍流，因此混合效率较低。

图 7 显示，从螺杆到机筒壁的熔体流动与相反方向熔体流动之间的强制相互作用，从而频繁进行熔体的重新混合。层流层的厚度可以减小至颜料粒子的大小，同时依赖于空穴的行数。实际经验显示，单行空穴可以使混合效应提高 10 倍，每增加一行，再提高 10 倍，这样，3 行空穴就可能达到 1000 倍的混合效果。

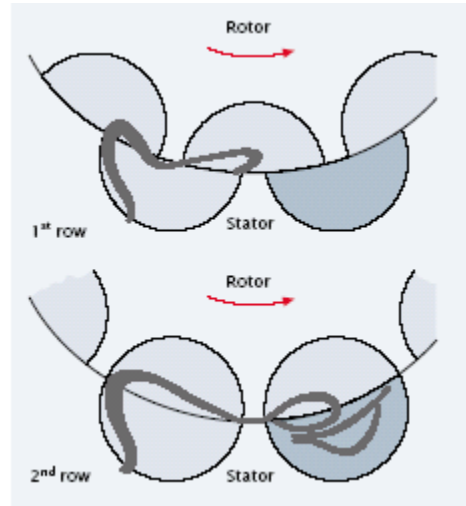


图7 CTM混合过程示意图

图 8 显示了不同的混合效果。其中加入了含 30% 颜料的色母粒。

A 为加入 0.7% 色母粒的普通的结构

B 为除了普通的结构，还有一些颜料块

C 为用 0.7% 色母粒进行 CTM 染色

D 为用 0.2% 色母粒进行同样的 CTM 染色

C 和 D 是完全无条纹的，仅能通过色调的深度来区分。实际样品的差别要比图解看的更清楚。

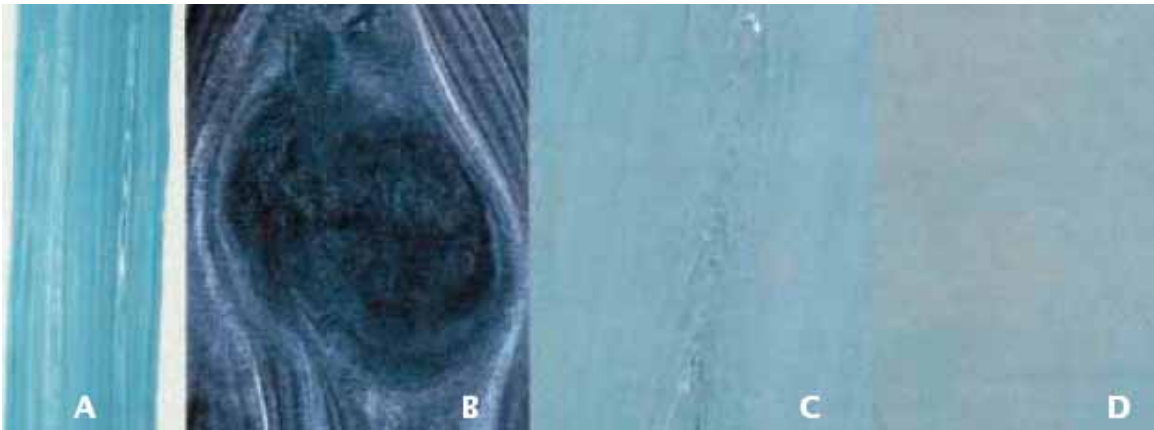


图8 混合分散效果的比较

2.3 壁厚控制

挤出吹塑成型制品的壁厚易受加工的影响。壁厚控制的目的是要把这个影响降到最小。

可以通过调整型坯内模和外模间的模间隙来完成壁厚控制。挤出方向和横向方向的间隙都可以调整。

到目前为止，从严重偏离环孔形状的口模中挤出可加工的型坯是不可能的。这可能是一个优点，例如，当需要具有正方形或直角棱镜形状的制品时，即可在离开口模时形成具有这个近似几何形状的型坯。

不幸的是，即使旋转对称的制品如瓶子和桶，在吹塑模的分模线和其垂直线上，经常也会出现相当多的厚度差异。

这是因为型坯在上述方向上必须被拉伸的一段长短不同的距离，但提供给型坯圆周各部分材料的重量却是相同的。

因此，可进行了降低材料过量处的材料用量和增加材料不足之处的材料用量的尝试。这只能通过型坯挤出过程中，改变口模间隙来完成。

使吹塑模具有均匀壁厚具有如下的好处：

- 对于给定几何形状可以使吹塑模的重量降到最低，而不影响使用性能；
- 提高耐压强度，降低部件重量；

- 提高了在冷却过程中，由于壁厚变化引起的内应力破裂的抵抗性；
- 减少了吹塑模的冷却时间，从而提高了给定时间内制品的产量；
- 更为均一的收缩率，低变形；
- 提高了在低温下落冲击试验中的下落高度和内压力试验中的许可应力；
- 即使是对吹塑制品，由于其特殊的形状，而使型坯局部产生较大的拉伸的情况下，也可能获得所期望的最小壁厚。

2.4 回收料的使用

制品生产完成后，挤出吹塑制品就包括成型部分和余料部分。后者被修整下来，在粉碎机中加工成适当的尺寸，并作为回收料循环利用。鉴于槽式机筒挤出机加料段较浅的流道，粉碎机应该配有遮断盘，向小挤出机供料时，其具有3-5mm的孔，向大挤出机供料时，孔径不超过8mm。原料中掺入30-40%(wt)的回收料进行混配，这已在实践中证明是可行的。

Bycolene LDPE产品的热稳定性很高，同一材料在性质发生明显改变之前，至少可经过挤出加工5次。这要求加工温度应是推荐温度，且停留时间要适当。

回收料不应该贮存起来，而应该立即在生产中循环利用。至少在较大的工厂，值得为每台设备配一个粉碎机。如果回收料即时连续循环使用，那么就会消除掺混的错误、物料的混乱和污染物。然而在整个生产过程中，相同品质的原料与回收料掺混对于制成部件的质量是很重要的，掺混比的影响，对于加工过程也是至关重要的。不同的堆积密度导致不够准确的混合，打乱了挤出机加料的均匀性。它们直接与挤出熔体温度和熔体粘度的变化有关，将对稳定生产造成不利影响。

特殊吹塑工艺

挤出吹塑是具有许多优点的生产工艺，但是无法达到精密的尺寸和重量公差。

3.1 注射吹塑

能得到更好的尺寸和重量一致性的工艺是注射吹塑。这一工艺把注塑的优点和挤出吹塑的优点结合起来。通过向外壁限定的空间里填充物料来生产型坯（即注塑），这样就可以达到精密的重量公差，进行特定区域的选择成型而不需要再修整，并维持尺寸的精确性。此工艺不产生废料，同时吹塑制品没有收缩接缝。

精确复制的开口和螺纹，均匀的壁厚，没有材料的堆积或细小的污点，这些都是优点。然而就制品的几何形状和适合该工艺的塑料品种等方面来说，还存在一定的限制。带把的瓶子，在轴向对称的而非分模线的对称面的平面以外有一个开口的制品，以及有几个开口的制品都不能生产。具有矩形或椭圆形横截面的瓶子，其较大的边长差异同样限制了注射吹塑的应用。

图 9 为注射吹塑的基本原理。首先进行型坯的注塑（1、2、3），然后转移进行吹塑（4），吹塑成中空制品（5）和脱模（6）。注塑精确地定形了瓶颈，吹塑保证了瓶身重量的一致。

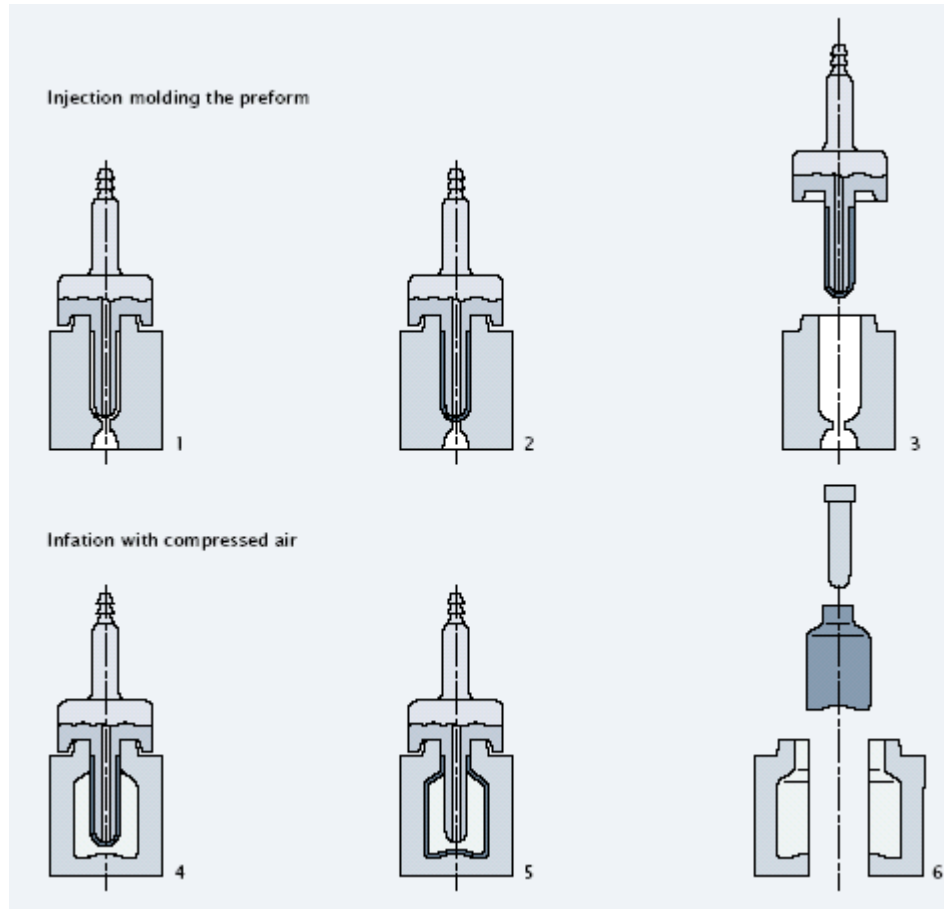


图 9 注射吹塑过程示意图

3.2 瓶装填工艺

在这一工艺过程中（图 10），制品在一个循环中进行吹塑、迅速充填和密封。被称为“Multibloc”的派生工艺，有较经济的成本，在长时间的运转过程中，生产容量小于 1ml 的非常小的包装。应用于医药领域时，接近理想的条件是，用消毒过滤空气吹胀容器，无菌装填产品以及趁热密封。

型坯以常规的方式由挤出机连续挤出。吹塑包括瓶身成形部分和密封成形部分。开始仅仅是模具的下半部分封住型坯，形成底部的收缩接缝。密封成形工具在型坯顶部应用空吸使其保持打开状态（1），在内部装填芯轴和吹塑芯轴一体的吹塑芯轴吹胀容器（2），并立即进行装填（3），在位置（4），密封成形装置进行密封。装填好和密封好的容器脱模（5）。



图10 吹塑充装密封工艺的原理示意图

3.3 3D吹塑

3D吹塑（也称为低边角料吹塑）一词描述了用于进行三维空间的、弯曲的、管状制品生产而没有挤出吹塑收缩接缝的工艺过程。

这些产品 - 主要用于汽车生产部门 - 通过挤出具有较小外径的管状型坯，用特殊的加工操作将其转变成空腔并将其吹塑成没有收缩焊缝的3D部件来制造。

3D吹塑部件可由一种或多种材料组成，这取决于它们的功能。它们通过如下的壁结构来区分：

- 单层应用（单层）
- 软 - 硬应用（顺序共挤出）
- 多层应用（共挤出）

3D技术成为管式的、顺序共挤出和常规共挤出吹塑生产的基础，因为余料的有效减少意味着材料可以通过有效成本来加工。

3.4 3D吸入吹塑工艺

在 3D 吸入吹塑工艺中，管状型坯从熔体集料器挤出，进入封闭的型腔。型坯顺着与型腔一端相连的吸入风机产生的气流向前移动。

3.5 与3D技术相结合的顺序共挤出技术

与 3D 技术结合的顺序共挤出，用于将波纹管和软连接区域与具有多重弯曲的复杂制品相结合。通过在一次吹塑成型中加工具有不同硬度的相容的材料，那么减少零件的总数，因而可降低空气导管系统生产装配和后勤成本。

3.6 共挤出

将几种塑料结合起来的要求起因于这样的事实，即没有一种目前所知的单一材料拥有所有所需要的性质，例如，用于包装制品或存储容器。正如玻璃是透明的和阻隔气味的，但易碎，而塑料耐冲击、耐低温和腐蚀，但有一定的渗透性。所需要的和实际的材料性质的名单可以列出很多。

塑料可以是刚性的也可以是柔性的，硬的或软的，透明的或不透明的，低温坚韧性，耐不同类型的化学介质。它们具有很小的热导率和电导率，但是没有塑料可以完全阻隔气体和蒸汽。经过几年深入的开发工作，共挤吹塑工艺已逐渐投入应用，以将所需要的性质尽可能多的结合起来。

没有粘合剂，不同类型的塑料往往不会粘合在一起。而粘合剂本身就是一种可以粘合两种材料的聚合物。

3.6.1 两层共挤

最简单的的例子就是，吹塑制品由两层构成，即支撑层以及有必要的含有添加剂的层。此工艺限制于使用相容的而不需要粘合剂的塑料。好的色彩效果和抗紫外线层的结合就是典型的应用。

3.6.2 三层共挤

阻隔材料要求特定的阻隔效果，且必须用粘合剂与提供强度的支撑层粘结。根据应用的不同，阻隔层可以置于吹塑制品的内部或外部。图 11 为此工艺的示意图。

型坯由三层不同的热塑性塑料共挤出。型坯的内层，通常是三层中最厚的，用于承受应力的层，可由中间加料或侧面加料模头形成。

其它层的熔体流，包括粘合剂，在与下一个熔体层汇合之前，流经环形流道或心型流道，形成封闭的管路。

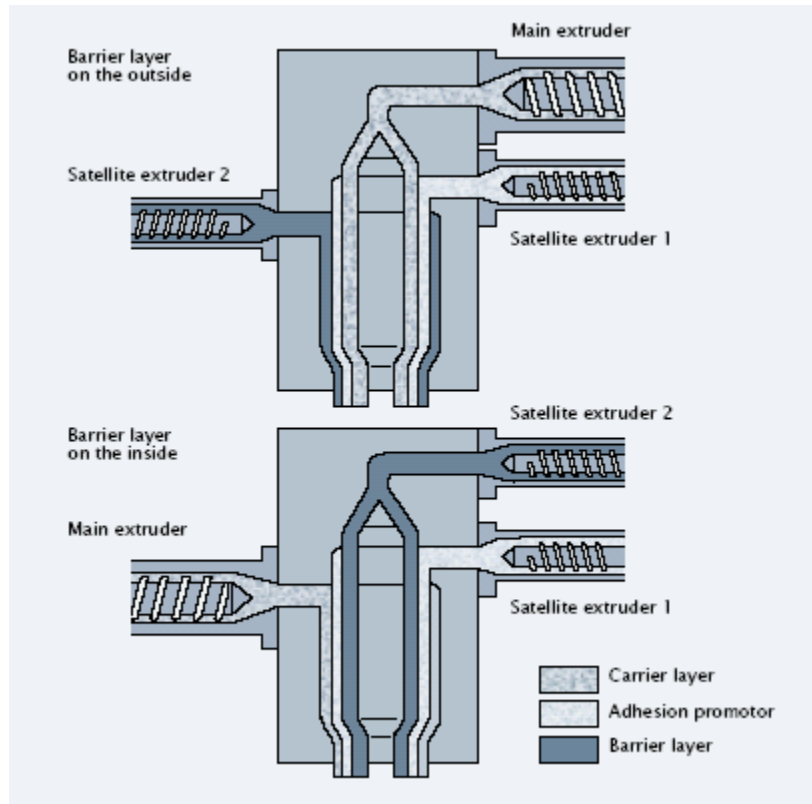


图11 三层共挤示意图

3.6.3 多层共挤

有效的阻隔塑料例如聚酰胺或聚乙烯醇（EVOH）只能通过粘合剂与聚烯烃粘合起来。

如果阻隔材料本身需要避免有些物质的侵蚀以保持它们的有效性，那么至少需要五层共挤出。例如，乙烯-乙烯醇共聚物是一种优良的氧和烃的阻隔，然而，由于它对水敏感，因此必须夹在两层防水层中间受到保护。

这一要求只能由至少五层结构来满足：支撑层 - 粘合剂 - 阻隔层 - 粘合剂 - 防护层。第一和第五层的位置可以互换。通常在挤出吹塑工艺中，余料作为回收料循

循环利用，这时需要六层共挤。因为这种材料并入阻隔层，与高分子量的 HDPE 相比较脆弱，它的机械性能受到负面影响。这只能通过适当的混合来抵消。

层厚的控制，尤其是阻隔层，对于制成品的适用性是至关重要的，但在生产进行当中，是无法实现的。然而可以通过调节单层的粒子用量的重力加料系统来控制。定期进行切片和其它检验（阻隔层的染色、聚乙烯的熔融等等）可提供质量保证。

吹塑制品

下面只介绍 LDPE 的吹塑加工制品。

LDPE 吹塑制品主要用于医药包装。为此用途，BYC 提供一些合适的 LDPE 牌号；但是，虽然是下表中的牌号，对一定生产日期生产的 LDPE 产品，假如没有具体说明可以用于医药和卫生制品的生产，仍不能用于生产此类制品。下表列出了这些牌号，以其制成的产品是透明的、柔韧的、自伸缩的、抗挠曲的、可消毒的，也是不含添加剂的，是用于包装注射用药物和眼科制剂的 LDPE 吹塑制品。

吹塑生产医药包装的 LDPE 牌号

牌号	密度 (g/cm ³)	MFR 190 /2.16kg (g/10min)
Bycolene 1810 D	0.919	0.25
Bycolene 2420 F	0.923	0.75
Bycolene 3020 D	0.927	0.3



图12 医药包装

再生

塑料废物非常适合于用垃圾掩埋法处理，因为现代方法可以将其使用后的有价值的材料回收利用。这就节省了矿物燃料，并且保护了环境。对于聚乙烯吹塑成型制品，与其它塑料废物一样，有三种基本的可能的备选方法（除非法律限制应用）：

- 机械再生 - 重新熔化塑料废物以形成新的成型制品；
- 原料再生 - 将塑料废物转化成化学的和石化的原料；
- 热能再生 - 用热能回收装置将其焚化。

要依据塑料废物类型的不同选择最合适的方法。

机械再生要求用在相对少的地点有大量的干净的、经过分类的塑料废物。因而可以控制再生过程中不可避免的性能损失，能量消耗较低，再加工成本也是可以接受的，所以再生具有市场。

原料再生过程中，使用过的塑料被降解成它们的初始物质或化学的或石化的原材料。然后用他们来制造新的原塑料或其它产品。这个方法非常适合于用来再生大量的混合的和污染的塑料废物。原料再生得到的原塑料质量优良，并且其应用不受限制。

与其它材料复杂混合在一起的聚乙烯，在现代煅烧工厂中可以被用来作燃料，如在发电站和水泥窑等工业熔炉中。这是热能再生中一种低污染，环境友好的方法。塑料废物在适当工厂中的清洁焚烧有利于保存矿物燃料的储量。

环境平衡表明上面所述的三种再生方法有利于资源的保护。再生问题的解决方法关键在于，根据生态标准和经济标准的要求，所有的可选方法要均衡考虑。