

TPU 注塑工艺和模具

根据拜耳英文资料整理

1. 注塑

TPU 最适宜的加工手段莫过于螺杆型注塑机械。用通常长度的单螺纹，三段螺杆能生产很好的塑化均匀的熔融物。如果需要高的塑化能力（生产量），可以使用较长的螺杆（图 1.1）。

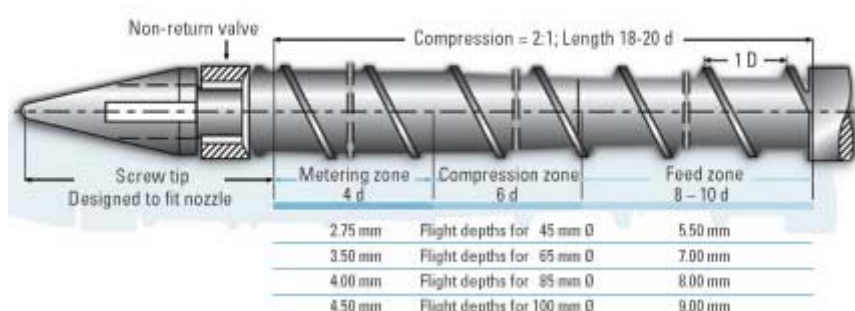


图 1.1 加工 TPU 的注塑螺杆

短压缩区螺杆由于高剪切力而不适用。TPU 塑化需要高的能量，要求螺杆有高的扭矩驱动。扭矩不足会导致螺杆转速的波动和塑化的不均匀。在限度之内，较高的螺筒温度会产生良好结果，尽管会冒材料过热的危险。射嘴和螺筒头的通路应设计成没有死角，而使材料能够射入而不致受到热破坏。螺筒和射嘴的加热系统的精确温度控制是要点。注意确保射嘴在整个长度都均匀受热。谨防在通路上熔料局部过热和可能受冷。熔融的 TPU 是即无腐蚀性也无磨损型。基于这里理由，螺杆不需任何特殊合金钢或加强镀层。



图 1.2 换挡手柄注射成型

2. 螺筒和模具的温度设定

2.1 注射单元

TPU 应在 190 到 220 °C 之间的熔融温度下加工。对于一些硬的级别熔融温度可能会提高到 240°C 。具体级别 TPU 的熔融温度范围在相关的产品信息表中可以找到。图 2.1 所示为不同邵氏硬度下对螺筒和射嘴加热设定的指导值。

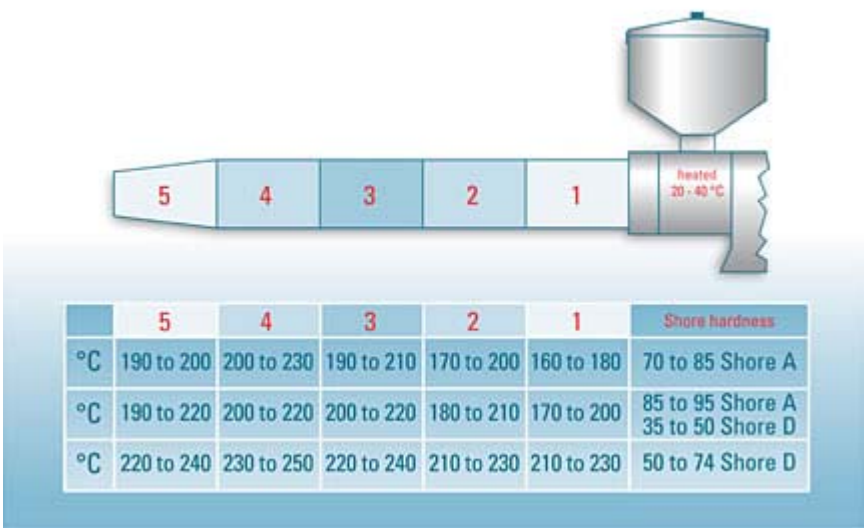


图 2.1 不同硬度的温度设定

2.2 模具

模具温度的主要影响在于表面质量和脱模行为。他也影响最终结构的收缩和内应力（受冷时） 。 正常模具温度应用 20 - 40 °C。但用一些改良的 TPU 级别和使用玻璃丝填充加强 TPU，模具温度应提高到 60 °C 以确保最佳的表面质量。对于厚壁物品冷却，降低大约 5 °C 能减少循环周期时间。

2.3 塑化

对于塑化速度应选择圆周速率不超过 0.3 m/s。计量行程应在 1 D 和 4 D 之间。 下图所示为不同螺杆直径下的最大速度。

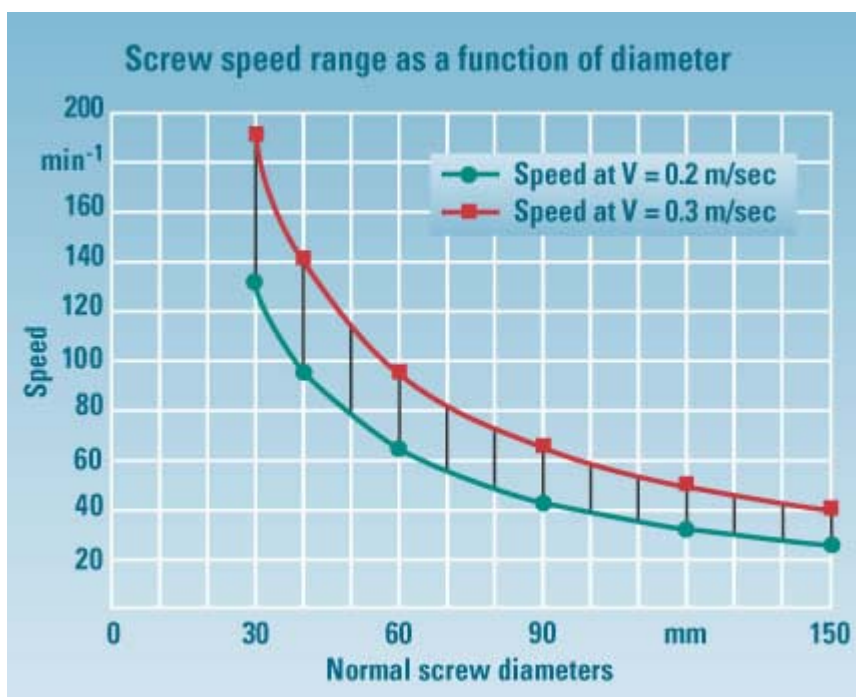


图 2.2 螺杆速度和螺杆直径的函数关系

实际经验是利用螺筒 30 - 75% 能力是最佳的。如果螺筒能力对应注射量非常低，则熔融物在塑化单元停留太长的时间。会导致熔融物热损坏。

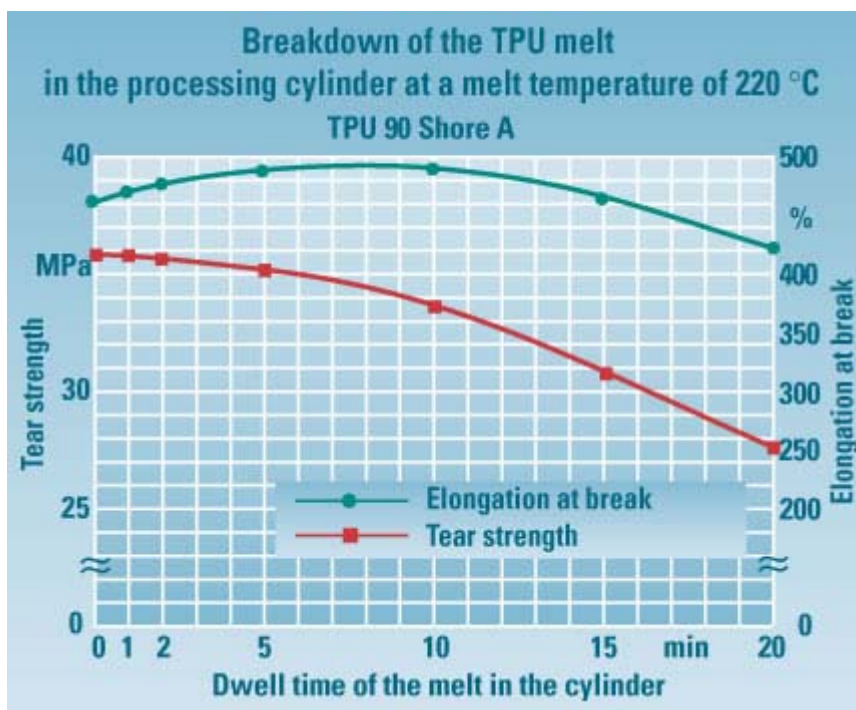


图 2.3 TPU 熔融物在螺筒加工中的分解

2.4 注射压力，保持压力，背压力，注射速度

对于理想的加工，要点是对压力和注射速度的不间断的控制。其应能控制注射和保持压力在 100 到 1200 bar 范围内。为了均化必须有背压力，通常设定在注射压力的 1 到 2.5% 之间。注射速度主要基于壁厚。通常对于厚壁物品的模具需要慢的填充，而薄壁物品需要快的填充。对于注射速度除了壁厚和模穴类型，模具排气扮演重要角色，其有助于避免高压热空气导致的所谓“烧痕”。注射压力/保持压力施加较大的影响是在了空间稳定性和脱模性。成型时的过高的注射压力，同时过低的保持压力产生凹痕。成型超载脱模更困难。用错列的压力工作是可取的，即用比注射压力较低的保持压力。按规则，注射压力的 50% 的保持压力是适当的。这样能够用最小的内部压力生产出物品。

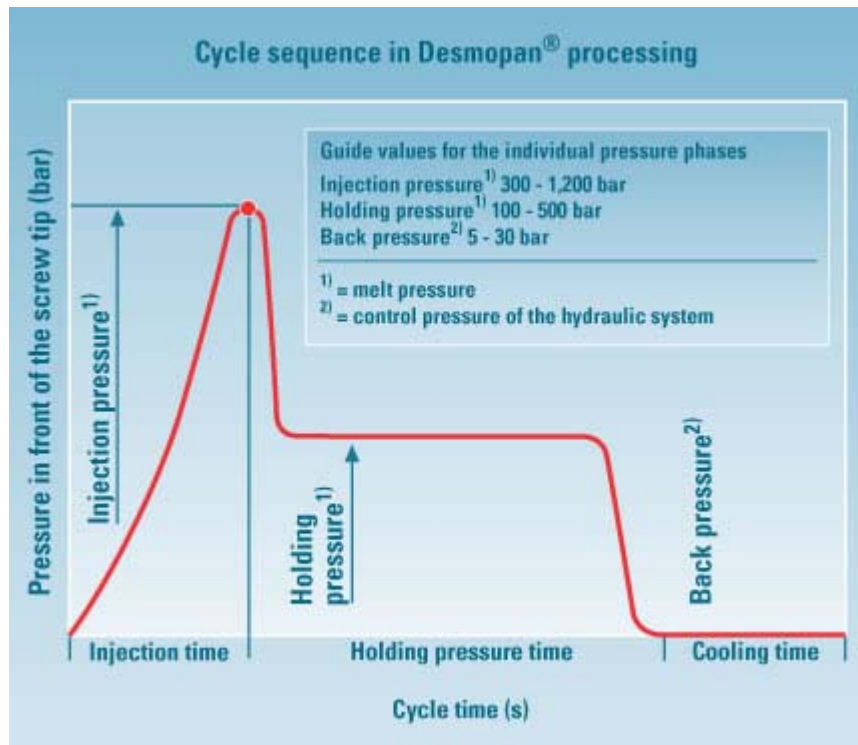


图 2.4 TPU 加工的典型循环步骤

2.5 循环时间

决定循环时间的是物品的形状，壁厚，模具的冷却和材料本身。下图所示为壁厚对注射循环周期的影响，把 TPU 量化为三个级别：硬的，中等的，软的。

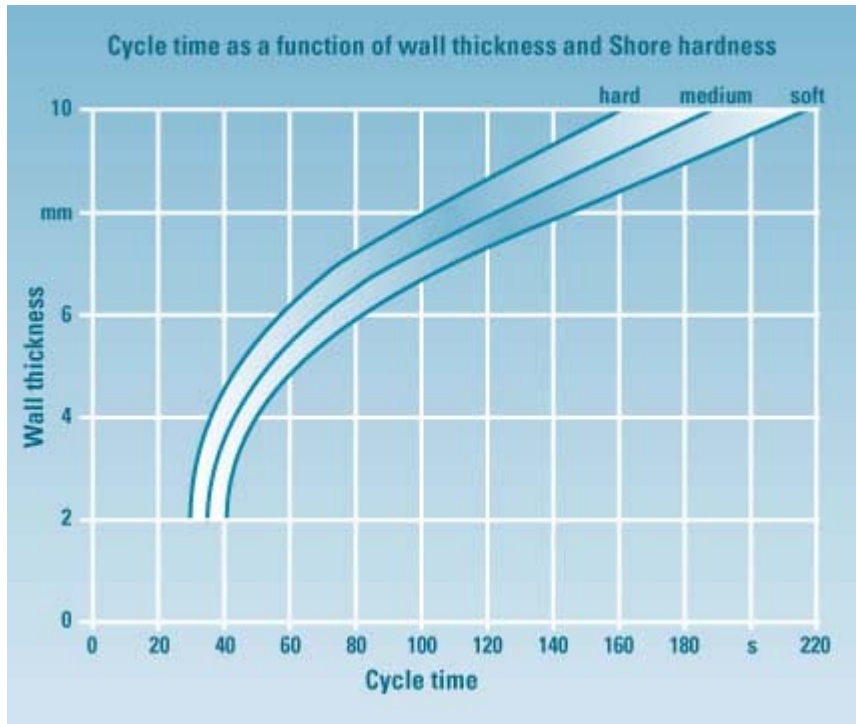


图 5.5 循环时间对壁厚和硬度关系

2.6 脱模

TPU 的复制模具需要详细叙述。软级别的 TPU 很奇特，其能产生太不一般的壁的物品。这必须在设计模具是通盘考虑。脱模可以使用脱模剂。硅烷基脱模剂如 **Baysilon M** 效果良好。无硅烷脱模剂也可以，但必须频繁使用。

3. 废料循环

废料、浇口，不合格品等制成的粉碎料如果清洁和干燥可以制成颗粒再生利用。对于注塑，在纯料中加不到 30% 的粉碎料不会影响产品的性能。如果自己加工粉碎材料，成型物品必须按要求进行测试决定能否满足性能要求。对于挤出纯料中混和粉碎料是不适当的(因为粘度不同)。如果是同质的纯的粉碎料用于挤出，不是绝对不可以，但用于注塑是完全可以的。

4. 模具设计 / 外形结构

4.1 注射成型工具

TPU 模具应采用同种的用于热成型的钢制造。简单的小型产品趋向也采用铝合金制造。对于样件模具可以正常使用插入铸造树脂或压铸金属。 下列模具类型可以加工 TPU:

- 两片式模具
- 三片式模具
- 双并式模具

- 全压式模具
- 多开隙模具

4.2 浇口

TPU 通常使用以下类型的浇口：

- 薄膜浇口
- 隔膜浇口
- 针点浇口
- 环形浇口
- 直浇口
- 隧道式浇
- 热浇道浇口

对于浇口，浇道和注道应比硬塑料大 25 - 50 % (图 4.1)。在浇口系统应特别避免压力下降。

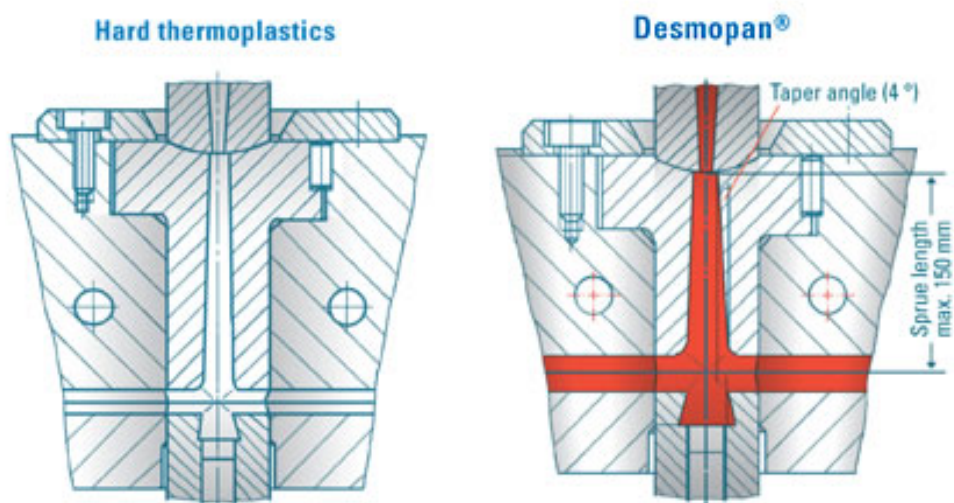


图 4.1 注道衬套设计

浇道越远越应注意，流路必须设计成全通路使用整个的一个浇道直径，并且其布置在一个或两半模模具上(图 4.2)。在多模穴模具上，即两片或三片型，浇道应布置成流路基本是相同长度(图 4.3)。

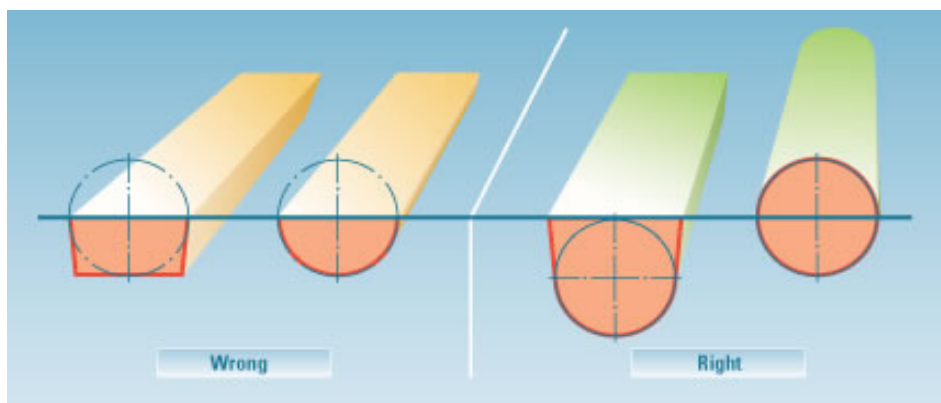


图 4.2 浇道截面

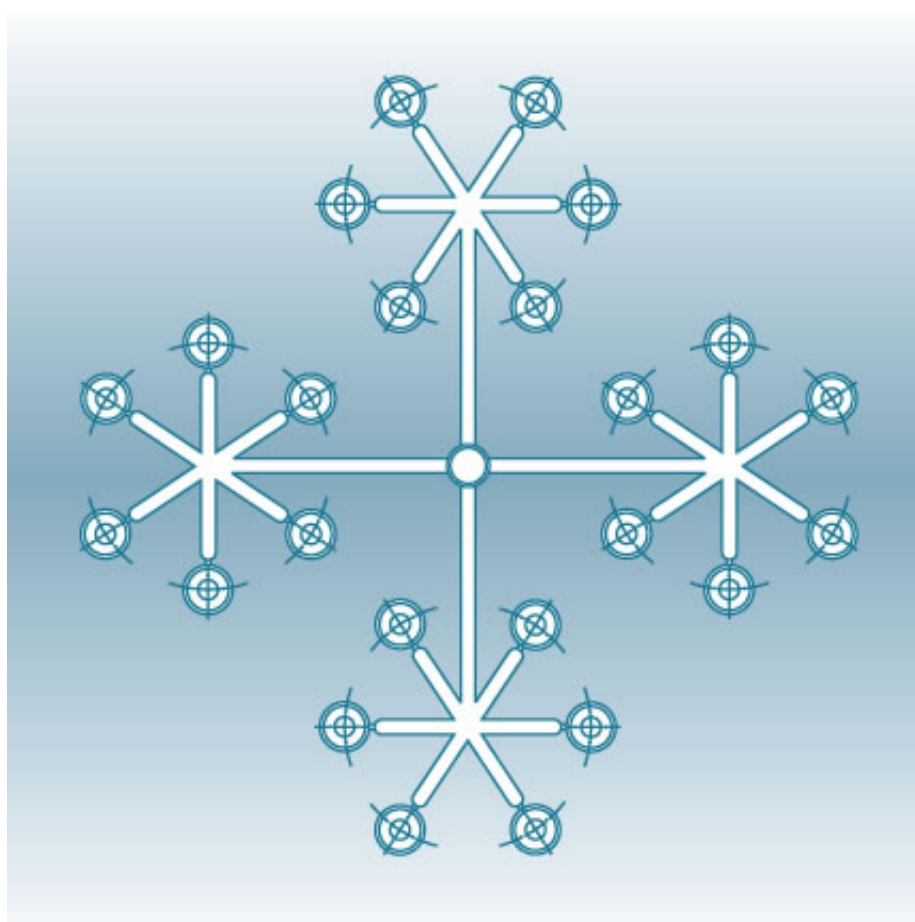


图 4.3 多模穴模具的浇道

针点浇口必须有一个弱点在浇口截面以确保干净的撕掉。大的针点浇口必须在部件上不连带任何喷射或其它的压痕发生。对于轴向对称的零件，可能会用环形或隔膜浇口更好地防止形成流线。模具填充和排气必须保持在紧密的控制之下。(图 4.4)。

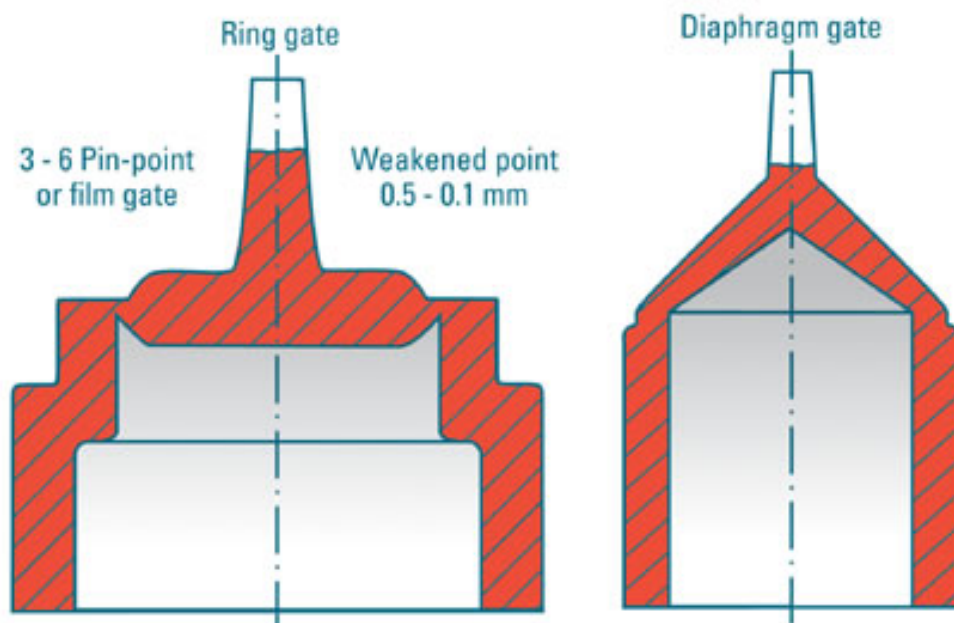


图 4.4 浇口形式

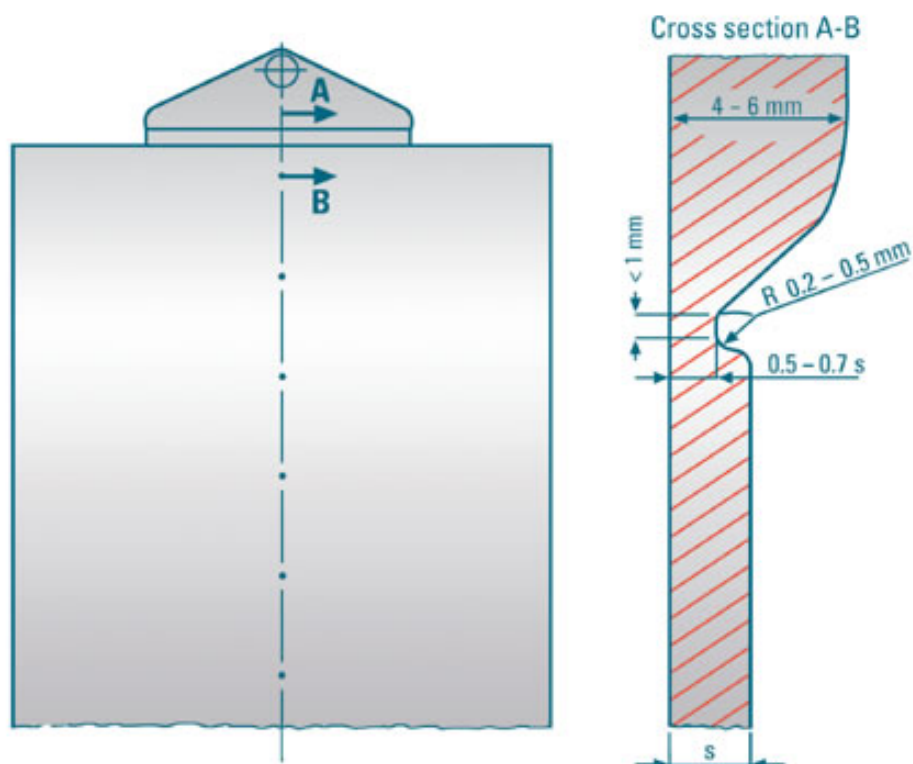


图 4.5 "衣架式" 薄膜浇口

如果浇注点是看不到的，隧道式浇口是最佳解决方案。(图 4.6).

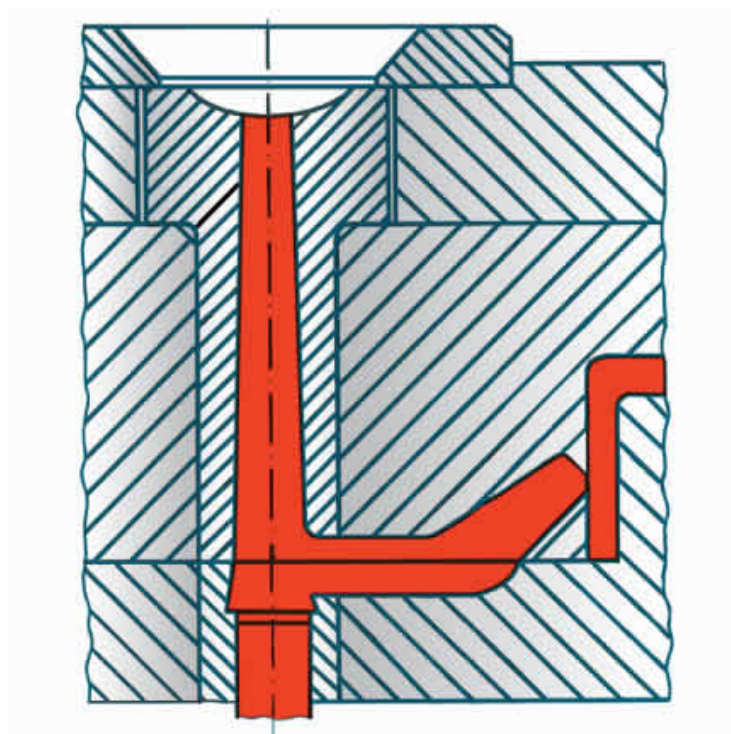


图 4.6 用扁平喂料的隧道式浇口

4.3 热浇道技术和热浇道射嘴

热浇道喂料系统适合热塑性塑料越来越流行。TPU 也同样，这个技术被防范采用。图 4.7 列出这个方法的主要规则。

1. 流动技术	2. 温度控制	3. 机械状态
最佳流变学设计：	好的温度控制和精确的温度测量：	热浇道设计的因素统计：
—最小的剪切造成温升	—适当数量的控制回路	—注射压力
—容许的剪切速率(在流动限制 $<5000s^{-1}$)	—当最大温度发生决定温度位置	—锁模，密封和保持力
—低压力下降(开放流路应首选环形截面)	—在冷得注射成型和热浇道之间的好的热分离	—热膨胀
	—在整个浇道长度统一的温度	—浇道表面的抛光
		—浇道直径 $<7mm$ ： 压力增大
		—浇道直径 $>11mm$ ： 长停留时间

图 4.7 热浇道系统的要求

4.4 例 1: 直浇口的开放射嘴

4.4.1 不用塑料隔离帽的开放射嘴

加工 TPU 不常用，因为热分离不好，导致 "眼圈"，光晕，粘连和材料滴流。

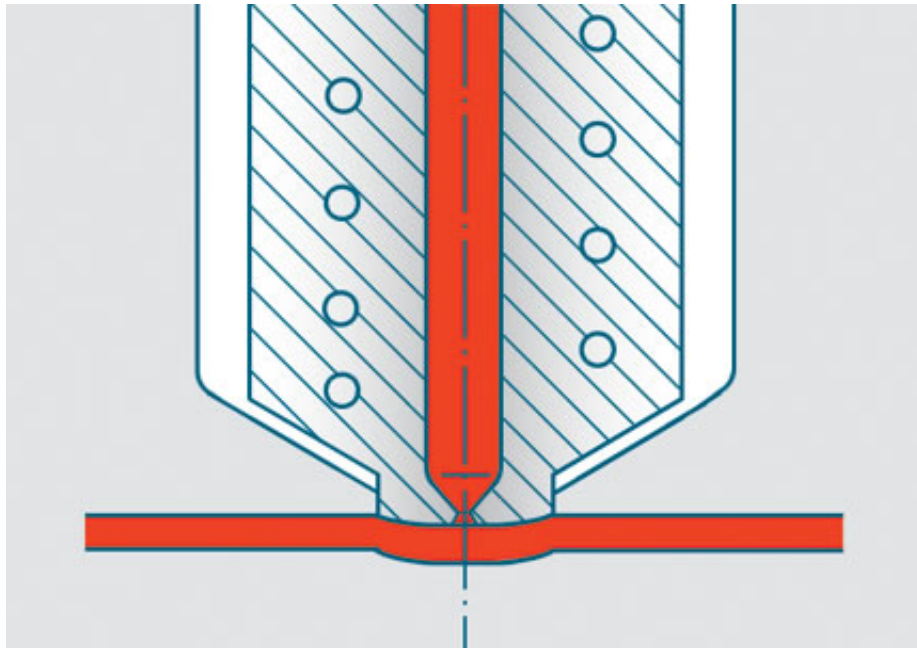


图 4.8 不用塑料隔离帽的开放射嘴

4.4.2 用塑料隔离帽的开放的射嘴

隔离帽和冷却系统导致较好的热分离(图 4.9)。

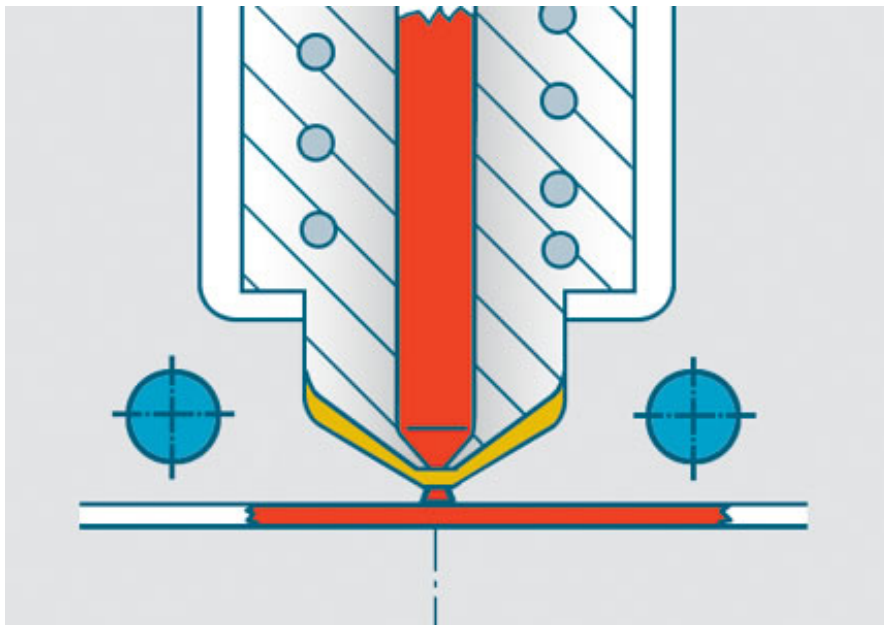


图 4.9 用塑料隔离帽的开放的射嘴

4.4.3 用鱼雷头的开放射嘴

狭窄的环形缝隙导致过大的剪切力。一般不适于 TPU (图 4.10)。

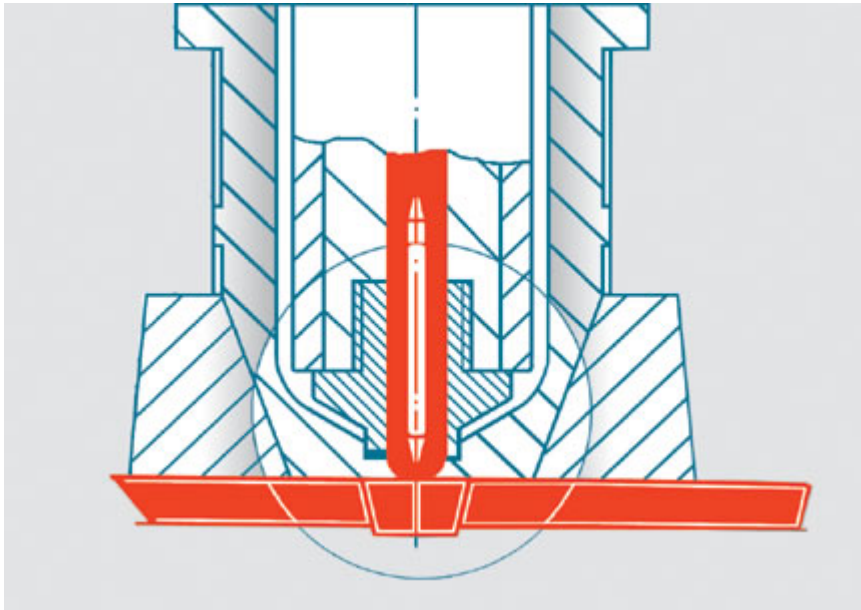


图 4.10 带鱼雷头的开放射嘴

4.5 例 2: 带浇口的开放射嘴

这个系统是主要用于大型模具（单/多模穴）。具体优点是压力损失低和热分离好(图 4.11)。

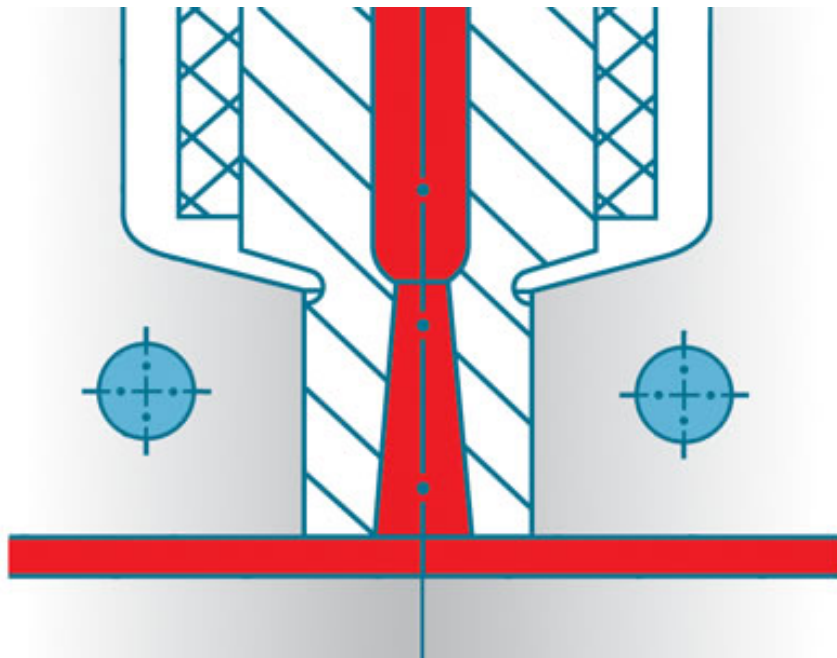


图 4.11 带浇口的开放射嘴

4.6 例 3: 带针阀的射嘴

清洁的浇注点能直接放置在部件上。这个浇注系统表现出有效的热隔离和低压力损失(图 4.12)。

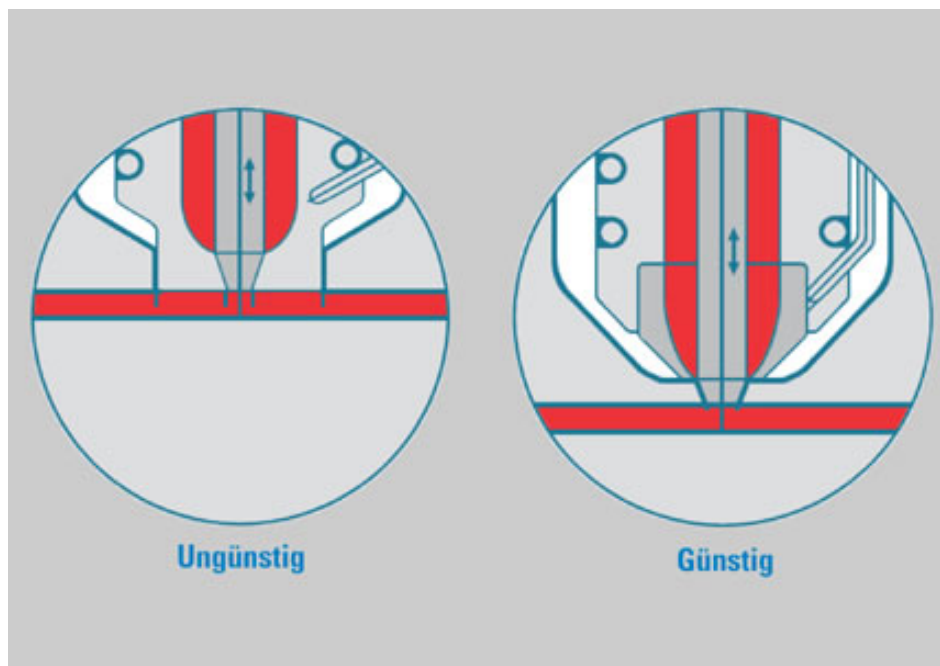


图 4.12 带针阀的射嘴

4.7 模具的流动特性

TPU 的流动行为基本和其它热塑性材料相同。流动路径的长度决定于熔融的温度，填充零件的壁厚，注射速度和材料的流变学特性。根据设备和技术条件注射速度各种各样。下图所示为 TPU 流动路径和熔融温度的关系。

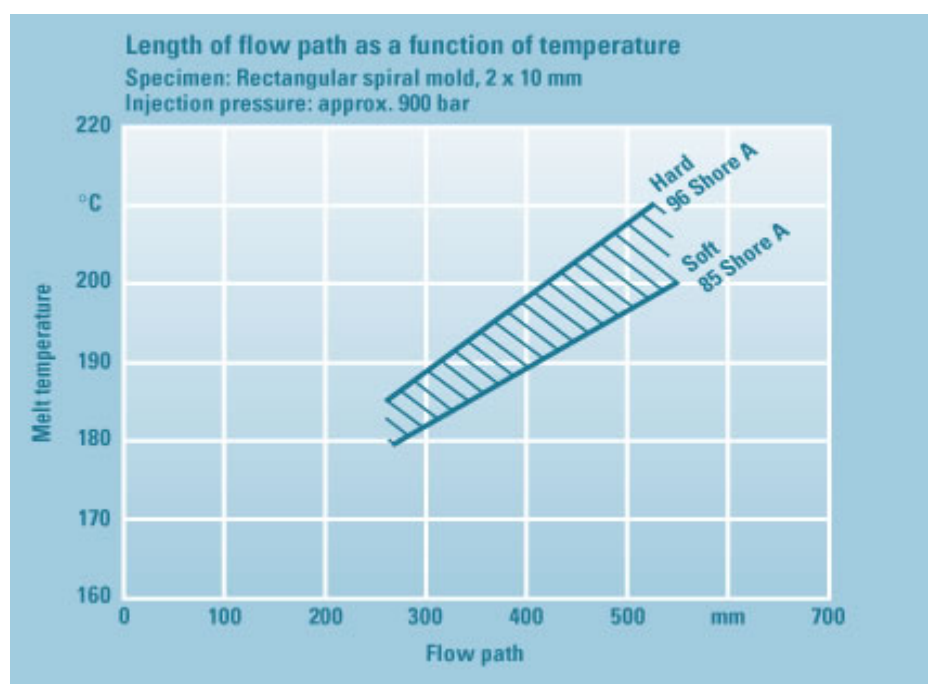


图 4.13 流动路径长度和熔融温度的关系

4.8 模具排气

特别对于 TPU 厚壁零件，重要的是好的模穴排气。在分模线上 0.02 到 0.05mm 深度和 5mm 宽度的凹槽认为合适 (图 4.14)。如果某个非模具分模线区域空气被压缩则通过使用针和用合适的办法插入适当排气是可行的。

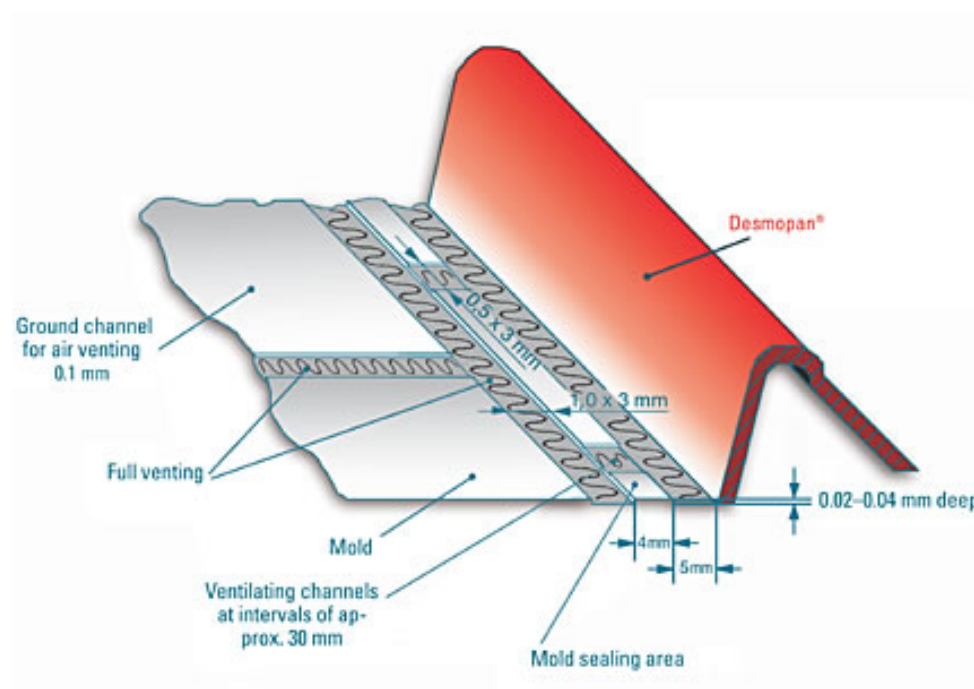


图 4.14 排气开槽示意图

4.9 收缩

对于热塑性聚氨酯其仅能在模具设计阶段基于物品外形在一定限度之内修改收缩数据，其壁厚和加工条件都对收缩产生重大影响。模具设计的大致规则设定收缩大约 1%。次要的差别靠良好的弹性形变抵消。用软级别的 TPU 和薄壁的物品比用硬级别的 TPU 和较大壁厚的物品模塑后的收缩是巨大的。图 4.15 给出在整个区域的全部收缩的状况。

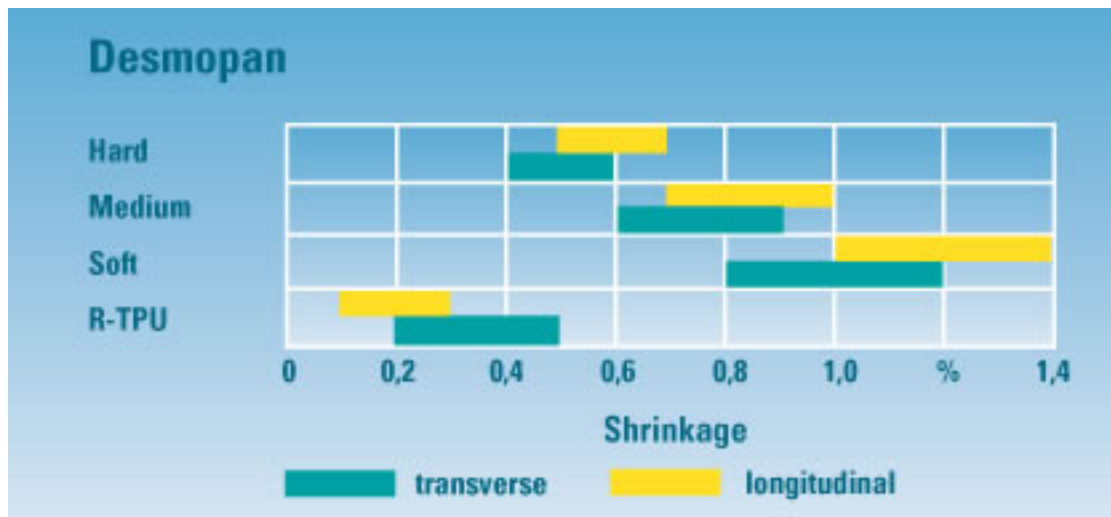


图 4.15 TPU 收缩范围的比较

4.10 脱模

4.10.1 模穴表面

一个模具的模穴表面粗糙度达到 $0.5 - 0.6 \mu\text{m}$ 减少脱模力和 TPU 助剂喷出。脱模力是用其它的粗糙度或涂料在他们最小的比较而言。

4.4.2 脱模锥度

模具锥度应至少为 5° ，用软的级别 TPU 制造较明显。交错的锥度改善从模壁上的脱开 (图 4.16)。

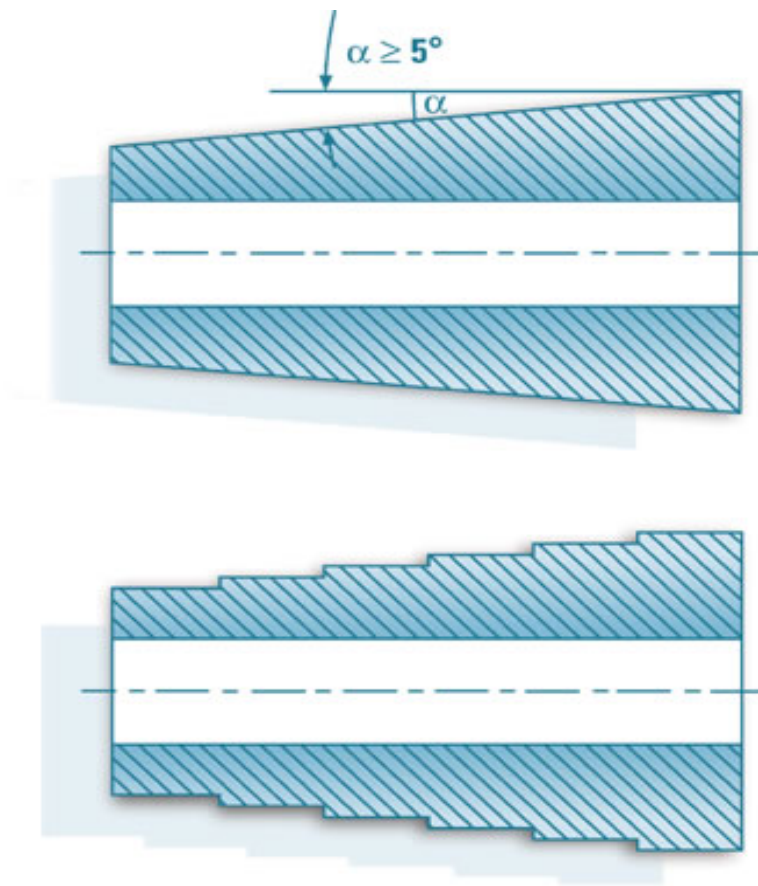


图 4.16 脱模锥度

4.10.3 顶出装置

对于 TPU，顶出装置的表面应尽量大，以避免成品物件的变形(图 4.17)。

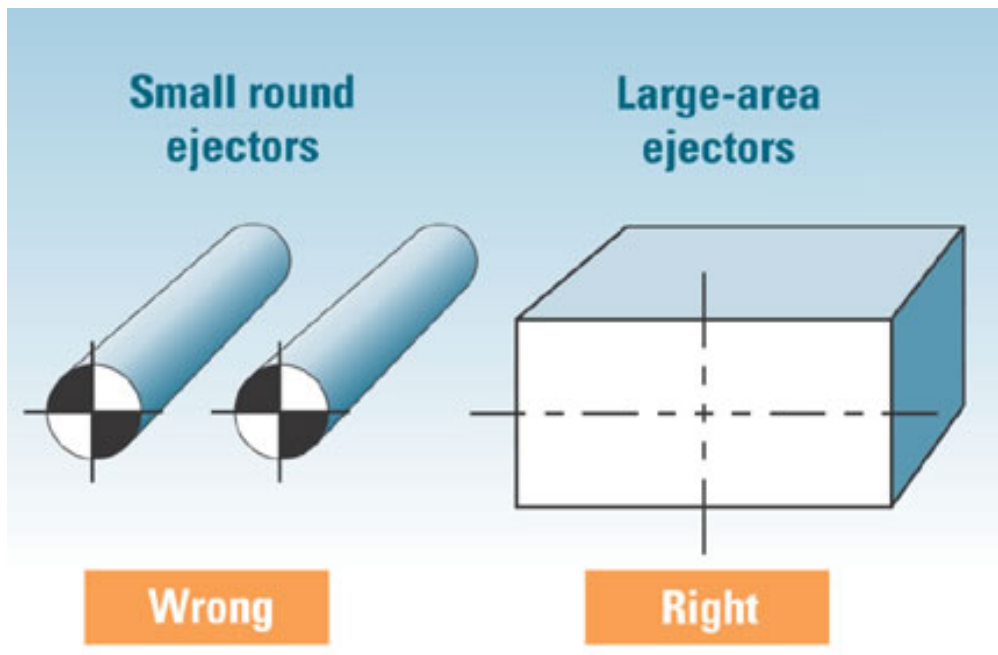


图 17 顶出装置

TPU 的高弹力允许底部脱模和中空物品。吹制成型能够用压缩空气吹制芯 (图 4.18)。

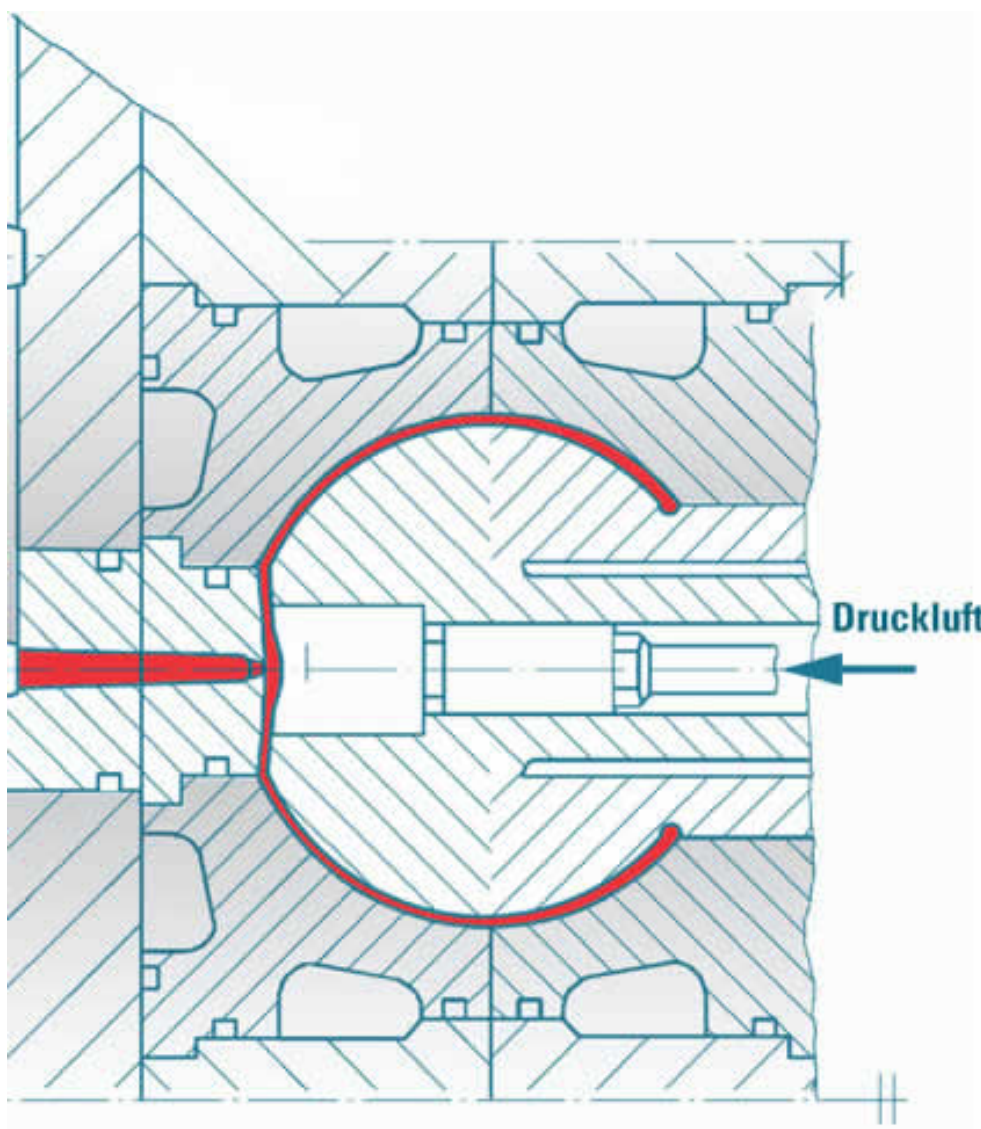


图 4.18 吹塑成型

4.11 着色

TPU 一般只提供本色。着色是一个简单的过程和可用机器处理。用 TPU 基色母颗粒是既简单又可靠。聚苯乙烯和 SAN 树脂基的母粒勉强可以，而那些聚烯烃和 PVC 基的对于 TPU 是不合适的。颜料和色浆可以用于着色。需要的添加量决定于物品的壁厚，颜料的颜色浓度和指定的色度。

一般添加量是：

色母粒：	1.0 - 4.0 %
色浆：	0.5 - 1.0 %
颜料：	0.2 - 0.5 %

可以利用标准的商业装备在使用 TPU 时添加和混合着色剂。对于特殊的颜色可以使用转鼓混合机或用翻斗混合机等类似装置。确保着色剂或其他的任何添加剂不含任何水分是非常重要的。一种静止混合器趋向极大的改善颜色分散和减少着色剂用量。

4.12 添加剂

为改善加工特性和特殊行为，我们推荐添加常用功能母粒如：

- 抗粘剂
- 脱模剂
- 紫外光稳定剂

加入前都必须预先干燥。