

热塑性弹性体的挤出和螺杆设计

黄有发, 宋刚玉

(华南理工大学 工业控制与工程系, 广东 广州 510641)

摘要: 概述了热塑性弹性体的挤出加工条件和挤出螺杆的设计要求, 并通过分析比较指出, 对于某一类热塑性弹性体的挤出加工来说, 即便其组成材料相同而只是组分比例有差异, 也很难从整体上给出统一的加工条件和螺杆设计的特定规则。

关键词: 热塑性弹性体; 流变性能; 挤出; 螺杆

中图分类号: T Q334 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-890X(2000)08-0481-04

由于兼具弹性体特征和热塑性成型能力的新一代聚合物材料热塑性弹性体, 既可简化加工, 又能多次回收使用, 近年来其市场需求量有了很大增长。热塑性弹性体的种类越来越多, 其加工技术和加工机械也有了相应的发展。

目前市场上销售的热塑性弹性体有 3 类。一类是苯乙烯嵌段类热塑性弹性体, 另一类是接枝型热塑性天然橡胶, 第三类是混合型聚烯烃类热塑性弹性体(TPO)。热塑性弹性体由于具有独特的分子结构和分子形态, 因此在加工成型过程中表现出特有的流变特征。了解此类材料的加工性能、设置合适的加工条件、设计或选择合理的螺杆结构和参数以对其进行有效的挤出成型加工是很有必要的。特别是在当前热塑性弹性体材料成本还比较高的情况下, 对如何提高挤出生产效率、优化产品精度、减小材料损耗, 更应予以足够重视。

1 流变特征

制取热塑性弹性体所用基本材料都是聚合物, 而这些聚合物本身均具有非牛顿型流体的流变特征, 即典型的“剪切变稀”特性。TPO 的流动性不如热塑性聚合物材料, 通常具有较高的粘度, 即使在低剪切速率下其流动特性仍然

表现出典型的非牛顿型流体特征(见图 1 和 2)。

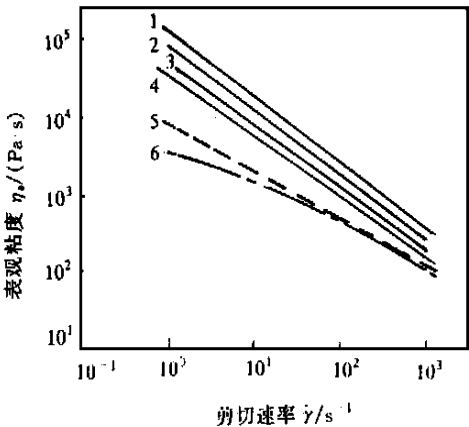


图 1 TPO、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) 和 PP 粘度与剪切速率 $\dot{\gamma}$ 的关系比较 (200 °C)

1—住友 TPE1700; 2—住友 TPE1800; 3—住友 TPE1900;
4—住友 TPE538; 5—ABS; 6—PP

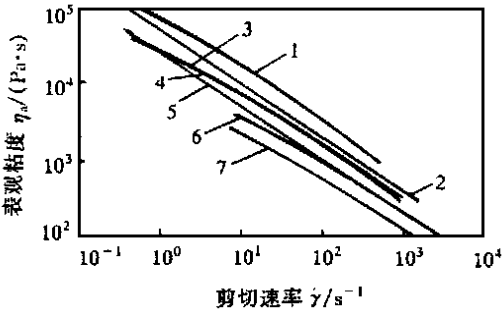


图 2 TPO 粘度与剪切速率 $\dot{\gamma}$ 的关系 (232 °C)

1—ET H1100; 2—Uniroyal TPR1700; 3—ET H3100;
4—ET L3100; 5—Uniroyal TPR 1900;
6—Telcar TR400; 7—Telcar TR100

作者简介: 黄有发 (1945—) 男, 广东揭阳人, 华南理工大学副教授, 主要从事高分子材料加工机械和加工工程的科研及教学工作。

从图2还可以看出,牌号为 Telcar TR(聚烯烃/EPDM)的热塑性弹性体的表观粘度在同一剪切速率下最低,而且在较低剪切速率下仍然表现出对剪切速率的敏感性。由于材料配比不同,生成的热塑性弹性体的粘度在相同剪切速率下也不同。例如,由BR和聚乙烯接枝反应生成的热塑性弹性体ET,其粘度随橡胶含量的增大而增大,而与聚乙烯的含量关系不大。使用高密度聚乙烯(HDPE)或低密度聚乙烯(LDPE)时,它们的熔体流动曲线也很难区别。例如,并用比为50/50的HDPE/BR热塑性弹性体的粘度与并用比为50/50的LDPE/BR热塑性弹性体的粘度差别不大。但是并用比为75/25的HDPE/BR热塑性弹性体的粘度与并用比为50/50的HDPE/BR热塑性弹性体的粘度便不同了,后者的粘度随BR用量的增大而增高。并用比为50/50的PE/BR热塑性弹性体比并用比为75/25的PE/BR热塑性弹性体更难加工,而且在较低剪切速率下还会出现熔体破裂,造成挤出物表面粗糙。

图3和4示出热塑性弹性体粘度与加工温度之间的关系。从图中可以看出,热塑性弹性体的粘度依赖于温度的变化,并随着加工温度的升高而降低。但是,与热塑性材料相比,其敏感程度差一些,尤其是TPO的粘度对温度的依

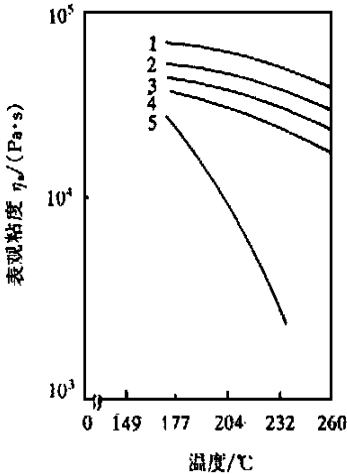


图3 TPO和ABS粘度与温度的关系
(剪切速率为 1 s^{-1})

1—Uniroyal TPR1700; 2—Uniroyal TPR2800; 3—Uniroyal TPR1600; 4—Uniroyal TPR190Q 5—ABS

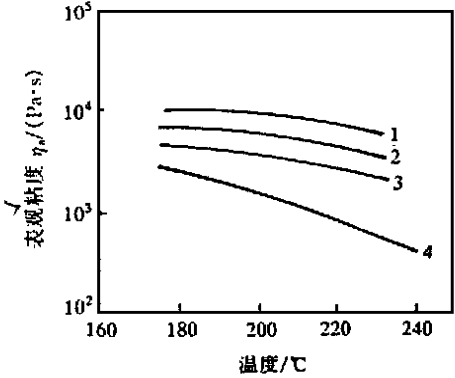


图4 TPO粘度与温度的关系(剪切速率为 10 s^{-1})
1—住友 TPE1700; 2—住友 TPE1900;
3—住友 TPE538; 4—住友 TPE902

赖性更小。粘度随温度的变化程度受组成材料的结构、形态和配方所影响^[1]。

2 热塑性弹性体的挤出和螺杆设计要点

热塑性弹性体的挤出成型加工同其它高分子材料一样,受材料本身分子结构、相对分子质量、相对分子质量分布和组成材料的比例等影响。总的来说,首先由于热塑性弹性体的弹性响应比较显著,造成流道中的压力损失较大,而且压力损失随着流动速率的增大而增加。由于瞬间的弹性恢复大,制品离模膨胀明显。其次是热塑性弹性体熔体的粘度对温度的依赖性较小,因此在挤出加工过程中熔体的粘度不容易受温度波动的影响,这就提供了一个既有相同流动形式又有较宽加工温度的条件。另外,热塑性弹性体具有较高的摩擦因数,在相同加工条件下,其挤出产量比普通热塑性高分子材料高。大部分热塑性弹性体材料均需要较高的熔融温度和较高的驱动转矩,故单位挤出所消耗的功率也相应增大。例如,挤出聚氨酯类热塑性弹性体(TPU)1 kg需消耗0.3~1 kW的功率。但具体对于某一类热塑性弹性体材料的挤出加工来说,即使其组成材料相同而只是组分比例有差异,也很难从总体上给出统一的加工条件和螺杆设计的特定规则。因此,这里仅就几类已投入市场销售的热塑性弹性体在挤出成型加工中的工艺条件和螺杆设计方面应注意的一些问题加以简要论述。

(1)TPO

TPO 的流动特性能使其很好地适应于挤出成型加工, 并且使用普通塑料挤出机就能基本达到目的。表 1 列出 TPO 中 4 种产品的挤出加工条件。长径比 L/D 为 $16:1 \sim 24:1$ 、压缩比为 $1:2.5 \sim 1:3.5$ 的螺槽深度较小的渐变型螺杆可获得优化生产效率和良好的挤出质量。在加料段应平缓过渡, 该段的长度至少应占螺杆有效长度的 $1/4$ 。在一般情况下, 若取加料段长度大于均化段长度, 则可获得更高的挤出产量。设置有混炼元件的混炼型螺杆更能使物料熔融均匀, 这种螺杆常常用来加工高粘度的此类材料。

表 1 TPO 的挤出条件

项 目	Uniroyal TPR	Telcar (PO/EPDM)	Somel (PE/PP)	ET 聚合物 (PE/IIR)
机筒温度/℃				
前区	163~190	149~163	172~199	172~182
中区	177~205	163~180	188~210	191~199
后区	191~216	168~193	199~221	205~221
连接板温度/℃	—	168~182	205~227	205~221
机头温度/℃	216~232	168~182	205~227	232~260
熔融温度/℃	216~249	163~360	210~238	227~246
螺杆转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	30~150	—	10~15	—
筛网目数	40/60/80	20/40	60/80	—

(2)TPU

由于 TPU 材料具有不同的硬度, 大部分材料适宜用于挤出成型加工。机筒温度通常设定为 $168 \sim 218\text{℃}$, 硬度较高的物料要求较高的加工温度。机筒温度的控制应不少于 3 个区段, 每段的温度差约 10℃ 左右。目前加工此类材料已朝着中到高剪切速率发展。挤出螺杆的长径比 L/D 至少取 $20:1$, 最好用 $24:1 \sim 30:1$ 。较大的长径比允许物料在螺槽内有较长的停留时间以保证均一的熔体质量。螺杆的压缩比取 $1:2 \sim 1:3$, 有的甚至取 $1:3.5$, 高的压缩比可保证良好的剪切和混合效果以及均匀的熔体。因此计量段的螺槽深度往往取直径的约 5%。一些 TPU 在熔融区的前段到中段区域会出现固体床破裂现象。为了防止这种现象的出现, 可采取较长的熔融段来进行缓和。如当

螺杆的长径比 L/D 取 $24:1$ 时, 该段的长度可达 $14 \sim 17D$ 。喂料段的长度约占螺杆全长的 $1/5 \sim 1/3$ 。塑化系统需要设置分流和混合元件, 或者采用螺槽深度较小的螺杆, 以保证加工过程熔体的均匀性。

(3)聚氨酯材料

聚氨酯材料的吸湿能力强, 挤出加工前应对物料进行干燥。干燥条件为: 温度 $82 \sim 93\text{℃}$, 干燥时间为 3 h 左右。如果物料没有得到良好的干燥处理, 产品会因含有气泡而降低强度性能。

(4)乙烯/丙烯共聚物弹性体(EPR)

EPR 这类材料由于添加有固化剂, 在加工过程中要求温度不宜过高, 一般保证在 $82 \sim 121\text{℃}$ 范围内即可。由于挤出温度要求低, 可用加工橡胶的设备进行加工。挤出机的螺杆长径比宜为 $15:1 \sim 20:1$, 压缩比为 $1:2 \sim 1:2.5$ 。也可采用单螺纹浅螺槽的塑料挤出机加工。但随着螺槽深度的加大, 有望降低加工的温度并提高产量。由于这类材料通常韧性较大但又能迅速熔融, 故可选择深螺槽高转矩的挤出螺杆。

(5)聚烯烃/EPDM 热塑性弹性体(Alcryn)

聚烯烃/EPDM 热塑性弹性体的熔融温度为 $163 \sim 177\text{℃}$ 。为了保证挤出产品表面光滑, 机筒温度一般设定为 $121 \sim 177\text{℃}$ 。为便于操作, 机筒的加热冷却系统最好采用电加热并使用循环水冷却装置。螺杆长径比一般取 $20:1 \sim 24:1$ 便可以保证制品表面质量并达到较高的生产能力。当采用较深螺槽的计量型螺杆且转速又偏高时, 同样会出现产品的质量问題。

(6)PP/EPDM 热塑性弹性体(Santoprene)

各组分量的多少决定该材料的硬度并影响其加工特性。所含橡胶成分越多, 该材料越软。在一定转速和特定螺杆挤出机中可得到高的挤出量。由于 PP 在挤出加工过程中会出现较低的固体输送效率和熔化速率, 因此常常采用长径比更大的螺杆, 如 $30:1 \sim 34:1$ 。深槽普通混炼型螺杆和屏障型螺杆均有良好的加工效果。加工这类热塑性弹性体的机筒温度设定为 $149 \sim 204\text{℃}$, 而经常采用的机筒温度为 $160 \sim 177\text{℃}$ 。材料最好也经干燥处理, 以保证挤出质量。

3 结语

热塑性弹性体是一种特殊的聚合物材料。其中有些材料可采用现用橡胶挤出机加工,有些材料可采用塑料用挤出机加工,或采用对上述两类机型加以适当改造的设备加工。由于这种材料具有独特的流变特性,在挤出成型加工

过程中应选择适宜的加工条件和合理的螺杆参数。

参考文献:

- [1] 何中森. TPE 成型系统[J]. 高分子工业(台湾), 1994, 55: 47-56.

收稿日期: 2000-02-16

Extrusion and screw design for thermoplastic elastomers

HUANG You-fa, SONG Gang-yu

(South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The processing conditions and screw design for extrusion of thermoplastic elastomers are described. It is found from the analysis that the different processing conditions and screw designs should be set for the different thermoplastic elastomers, even though they are composed of the same materials at different blending ratio.

Keywords: thermoplastic elastomer; rheological property; extrusion; screw

杜邦陶氏弹性体公司谋求在中国发展

中图分类号: TQ334 文献标识码: D

杜邦陶氏弹性体公司是由于 1996 年 4 月由杜邦公司及陶氏化学公司各出资 50% 共同组建的。这项联合投资事业结合了两家公司的优势,加速了新产品的创新。公司的意愿是在开发产品及服务方面满足客户的需求,并成为业内的领导者。

杜邦陶氏弹性体公司的净资产约 10 亿美元,员工约 1 400 人。全球均有该公司的生产基地和技术服务中心,客户遍及世界 82 个国家和地区。

全世界约有 100 亿美元的高档橡胶市场,且每年的增长率约为 2.5% ~ 3.0%,杜邦陶氏弹性体公司一直居这个市场的领导地位,且开发了多种橡胶,其中包括氯化、氟化及乙烯橡胶。除 EPDM 外,所有产品的占有率先居世界首位,预计在 5 年内可将 EPDM 的占有率提高至世界第 2 位。

杜邦陶氏弹性体公司的年营业额为 12 亿美元,其中美国占 50%,欧洲占 25%,高速成长的亚太地区则占 25%。公司主要致力于研发、

生产及行销中、高档橡胶材料,除 EPDM 外,根据耐热及耐油性要求依次为乙烯辛烯共聚橡胶、氯磺化橡胶、氯化聚乙烯橡胶、氟化橡胶及全氟化橡胶。这些材料广泛应用于汽车空调管、燃料管、密封圈(垫)、风雨胶条及电线电缆等领域。

为满足客户对产品物理性能及特性越来越高的需求,杜邦陶氏弹性体公司的策略是加强其在中、高档橡胶材料市场的领先地位。公司凭借强大的研发实力,尤其是茂金属(Metallocene)触媒技术来拓展产品种类。同时,公司也在寻找合作及并购的机会,以加强其在中、高档橡胶材料领域的优势。

以成长速度来说,杜邦陶氏弹性体公司对亚洲市场抱有很大期望,尤其对中国大陆市场十分感兴趣。他们相信该公司可以,也应该被视为是一个可以帮助中国大陆经济快速增长的重要伙伴。为了达到这个目标,公司正准备在大陆跨出重要的第一步,寻求合作及投资机会,并进一步与当地厂商建立更深入的联系或合伙关系。

(本刊编辑部 涂学忠供稿)