

加工指南

Extrusion^{Molding} 挤出成型手册



目录

简介	2
一般加工准备	2
操作处理	2
干燥 加	2
工性能	2
着色	2
设备	3
一般设计	3
设备所需材料	3
螺杆/料筒设计	3
料筒容量和停留时间	4
料筒加热	4
过滤网和多孔板	4
机颈、机头和模头	5
清洗和停机	5
电线和电缆涂层	6
模头和十字头设计	6
下游设备	7
结晶度	7
薄膜和薄板制造	8
模头设计	8
薄膜和薄板的结晶度	8
单丝	9

在当今这个竞争激烈的世界，您希望从先进材料供应商那里得到的绝不仅仅是材料本身。挖掘高性能聚合物的最大潜力，意味着将组件设计与材料选择和优化工艺结合考虑。这是实现最大使用价值以及以尽可能低的组件成本达到高制造效益的关键所在。设计和材料选择确定之后，要提高产品质量和产量，工艺优化就变得至关重要。

威格斯聚合物解决方案事业部在业内拥有超过30年经验，专为帮助客户挖掘聚芳醚酮(PAEK)聚合物及相关产品的最大潜力。我们提供各种各样的VICTREX PEEK产品，在广泛的温度范围和极端条件下这些产品均能提供出众的性能，且每种产品都能很方便地在标准设备上加工。

在聚芳醚酮的设计、材料选择和加工支持方面，我们都能为客户提供无与伦比的技术支持。作为这种技术支持的一部分，我们编写了这份手册，为您优化压塑成型加工条件助一臂之力。此外，我们遍布世界各地的技术团队可以为您在原型构建、应用开发、设计和模拟上提供帮助，并在替代金属材料的相关应用中提供支持。

我们数量不断增加的技术中心拥有支持全系列 VICTREX PEEK 产品的加工设备，提供现场加工培训和广泛的材料及特征分析。我们可为特定应用项目提供量身定做的数据生成服务，为此提供支持的是建立在大量产品和应用基础上，并不断丰富 的数据库。同时，通过与各大学术机构合作，及参与众多行业领先的研究项目，我们的技术知识和能力进一步得到了加强，使我们能够与客户合作开发更多创造性的解决方案。



VICTREX™ PEEK

VICTREX™ PEEK聚合物以及其耐高温变体VICTREX HT™聚合物以及 VICTREX ST™聚合物，被公认为全世界性能最佳的热塑性材料之一。产品的供应形式包括熔体过滤颗粒、碾磨精细粉末或含有功能性填充物和增强剂的复合材料。在高性能应用的设计与制造中，这些聚合物用来替代金属和其他材料，以提高性能增强设计自由度，同时降低系统成本。

APTIV™ Films

威格斯 APTIV™薄膜外形很薄且非常柔韧，提供VICTREX PEEK聚合物的所有出色性能，其高性能组合包括热成形性和优异的声学性能，使其成为目前性能最好、用途最广的热塑性薄膜。APTIV薄膜这项技术突破，有助于降低系统成本并改善产品性能，同时提供更大的设计自由度并简化工艺流程。

VICOTE™ Coatings

VICOTE™ 涂料由VICTREX PEEK聚合物制成，为环保高性能专用涂料。这种粉末和水融分散体提供高温性能、出众的抗划伤性和耐磨性、高强度和耐久性。与传统涂料相比提高了性能、延长了应用寿命、提高了设计自由度，同时降低了系统成本。

VICTREX Pipes™

VICTREX Pipes™是由VICTREX PEEK 聚合物制成的耐久、轻质的挤出管材产品，具有耐高温性能和独特的综合性能。VICTREX Pipes是金属和低性能聚合物的理想替代材料，该聚合物管材具有优秀的耐化学性和耐腐蚀性、低渗透性、耐磨损性和抗冲击性。

耐高温性能

优异的耐高温性能，连续使用温度达260°C，可以在苛刻的环境中为产品带来更长的使用寿命、可靠性以及更宽的安全范围。

机械强度和尺寸稳定性

威格斯材料优异的强度、刚性和长期耐蠕变和耐疲劳性能，使其可用以设计重量更轻、耐久性 or 强度更高的零部件。

耐磨性

在潮湿或干燥磨损环境中，低摩擦系数和优异的耐磨性有助于延长零件的使用寿命和维持其完整性。

耐化学腐蚀性

对多种酸、碱、烃类和有机溶剂具有优异的耐受性，甚至在高温下也具有耐腐蚀性。

耐水解性

威格斯材料的吸湿性和渗透性很低，不会在水、蒸汽或海水中水解，因此成功地被用来提高组件的可靠性。

电气性能

在极宽的频率和温度范围内可保持优异的电气性能，满足电气和电子工程应用的苛刻要求。

低烟尘、低有毒气体释放量

无需使用添加剂即可自熄，燃烧产生的气体毒性极低。

纯度

释气与萃取物极低，适用于更清洁的生产。

环保

完全可回收、无卤素、符合RoHS和REACH标准。

质量和供应保障

所有生产通过 ISO 9001:2008认证，符合欧盟安全 and 环境法规。我们不放过每个细节 – 对每个批次的聚合物进行多达 50多种检测 – 向我们的客户保证产品质量和一致性。

作为世界上唯一一家垂直整合的聚酮材料解决方案提供商，我们对关键性原材料拥有完全的掌控 – 这一点对聚合物质量的一致性而言至关重要。

我们的宗旨是在产能方面必须有超前意识，这意味着我们在保障客户供应方面具有无可比拟的实力。我们的两个独立运营的聚合物工厂拥有年产4,250吨的产能。通过集中式物流系统和当地配送仓库，我们在世界各地均可提供快速交货(一般在7天之内)。

简介

所有适用于半结晶聚合物的一般挤出指南也适用于威格斯材料的挤出成型。但鉴于威格斯材料更高的熔点，操作时需要特别注意一些方面，简要总结如下。

高温性能：

设备的额定温度必须达到450°C。加工PEEK时料筒必须能够在高达400°C的温度工作，加工HT和ST时料筒必须能够在高达430°C的温度工作。

冷却：

部件离开模头后，应立即使用空气冷却/热辊，同时在温度高于T_g时获得最佳结晶产品。

在结晶后，可以采用水冷却的方法冷却挤出物。

水分含量：

威格斯材料虽然不是吸湿性材料，但是在挤出成型前必须进行干燥。

清洁度：

必须避免污染 – 极力推荐采用干燥用专用铲、专用盘等。

启动程序：

为了避免加工时产生黑斑，在每次使用前通常都需要拆下螺杆、料筒和模头组件并对其进行清洁。

详细内容见下文各节。

一般加工准备

操作处理

威格斯材料一般密封在聚乙烯袋中，再装入坚固的纸板箱或扁平箱里。强烈建议在后续的运输和储存过程中，该材料一直密封保存在原包装中。需要使用时，应在清洁环境中打开箱子，并小心避免污染。任何剩余材料都必须尽快重新密封，并存放在干燥地方。只要把原材料密封在原包装内，并在标准条件(15 ~ 25°C，干燥、远离阳光直射)下存放，其储存期可超过10年。

干燥

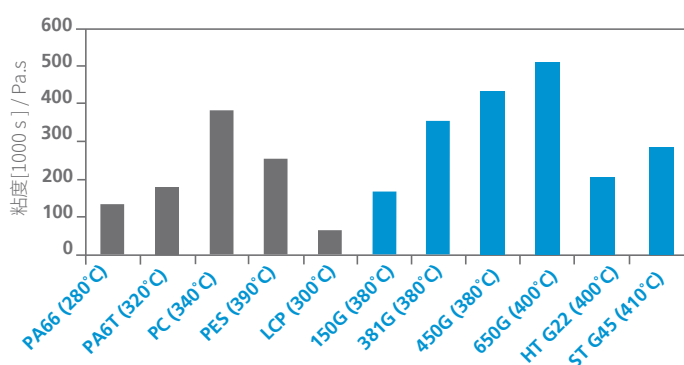
虽然威格斯材料在正常情况下是以原包装干燥形式供应，但是它们有可能会吸收大气中的水分，水分含量可能高达0.5%。由于在PAEK加工温度时，残留水分会产生较高的蒸汽压，导致挤出物起泡，因此在加工之前，应对颗粒进行干燥，使含水量低于0.02%。

颗粒可在150°C的空气循环炉中干燥3小时或在120°C的炉中干燥整晚。数量较大，如成批生产时，最好使用露点为-40°C的干燥炉。

加工性能

各种高性能聚合物在剪切速度1000 s⁻¹时的熔体粘度比较曲线如图1所示。虽然PEEK、HT和ST的加工温度最高，它们的熔体粘度与聚酰胺(PI)熔体和聚碳酸酯(PC)的熔体粘度相近。

图1: 各种热塑性塑料在典型加工温度、剪切速度1000 s⁻¹时的剪切粘度



着色

未填充的和玻纤增强PEEK、HT和ST提供自然色/米色和黑色产品。其它复合物的颜色由其材料组成决定，如碳纤增强材料是黑色。

其它颜色的产品可通过在天然PEEK、HT或ST中使用色母添加剂获得，或从威格斯合作伙伴处购买预着色产品。

进一步信息请联系您当地的威格斯代表。

设备

一般设计

基于PEEK、HT和ST的聚合物和复合物很简便地采用传统加工技术挤出成型。具体要求详述如下。

对PEEK来说，挤出机温度应能够达到400°C；或对HT和ST来说，挤出机温度应能够达到430°C。

不要求进行排气。可以使用齿轮泵，但是必须确保不会给系统造成任何死点(例如挤出边缘不要有缺口，也不要使用大小不合适的塞子)，因为这些死角可能导致形成凝胶和黑斑。设计良好、压力输出稳定的螺杆应能够用于大多数挤出工艺。

设计目标是在要求温度下以恒定的输料速度得到均匀的熔体。建议对熔体温度和压力进行监控以充分控制加工过程。聚合物在加工设备中的停留时间对成品的质量会造成影响。PEEK的热稳定性非常优越，但是由于HT和ST的晶体熔点依次增高，其热稳定性可分别视为良好和一般。当停留时间过长与/或料筒温度太高时，所有材料在加工时都可能发生降解。因此，挤出机的能力和产量应匹配，以将系统中凝胶和黑斑的产生可能降至最低。

对适合熔体加工的钢材的关键要求是温度，加工PEEK时，钢材温度需能够保持在400°C，而加工HT和ST时需保持430°C。玻纤或碳纤填充的威格斯材料的磨损与其它工程热塑性塑料类似。除了在过高温与/或过长停留时间的情况下加工PTFE的耐磨牌号以外，加工其它威格斯材料不会产生腐蚀性分解产物。设备供应商可提供能在这些条件下工作的挤出机。

若需要指定材料，双金属料筒(即WEXCO 777或Xaloy X-800)和粉末冶金(如CPM-9V或CPM-10V)或铬合金螺杆是经过验证可以获得满意效果的设备材料。



挤出加工时需严格注意细节，以确保获得质量最好的产品。

使用氮化材料时应特别小心，确保威格斯材料与氮化材料表面涂料接触时不会发生固化，因为固化会导致这些涂料从钢基体上剥离。同时避免铜和铜合金与熔体接触，否则会导致威格斯材料降解。对于那些威格斯材料与铜或铜合金直接接触的电线涂层应用来说，熔体和金属表面之间的接触时间并不足以在结晶和冷却发生之前引发任何问题。

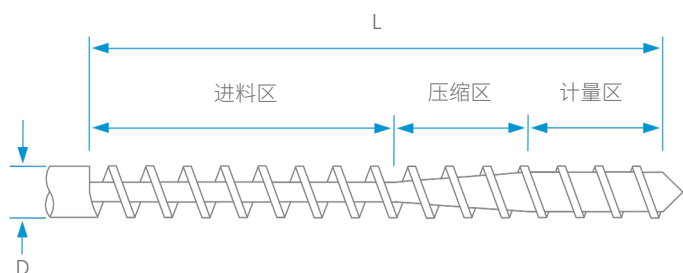
对于机颈、模头和机头来说，应选择适合高温加工的材料(如H13、Stavax、Hastalloy或Inconel)。

螺杆 / 料筒设计

长径比(L/D) 24:1是对料筒长度的最低要求，料筒长径比接近30:1时，加工窗口将更大。料筒内部应光滑，不建议使用槽形进料段。

由于与大多数传统聚合物材料相比，PEEK、HT和ST的熔融温度更高，要求采用更长的进料段，使颗粒在螺杆段的停留时间充分，以接近熔点。如图2所示，进料区长度至少达到料筒直径的8倍(8D)。与聚酰胺或液晶聚合物(LCP)等其它聚合物相比，PEEK、HT和ST在熔点附近时的粘度并不发生急剧变化。因此建议采用从进料段到计量段逐渐过渡的设计，压缩段短则5D即可，但长度为8D更好。2~3的压缩比能应对大多数挤出加工状况。典型的计量长度是8D，也可以使用长度更长的计量段。如果有必要，在计量段可以采用温和的混合装置。螺杆头部应圆整或为锥形，以避免在螺杆末端形成死区。

图2: 推荐螺杆类型



料筒容量和停留时间

挤出机的尺寸和输出量应匹配，以获得小于30分钟的理想停留时间。在较低螺杆转速(<10转/分钟)进行挤出加工，将导致停留时间较长，导致由更长热残留带来的更多加工问题。避免出现“死点”。进行挤出加工前，应清洁、磨光所有的内部表面。

料筒加热

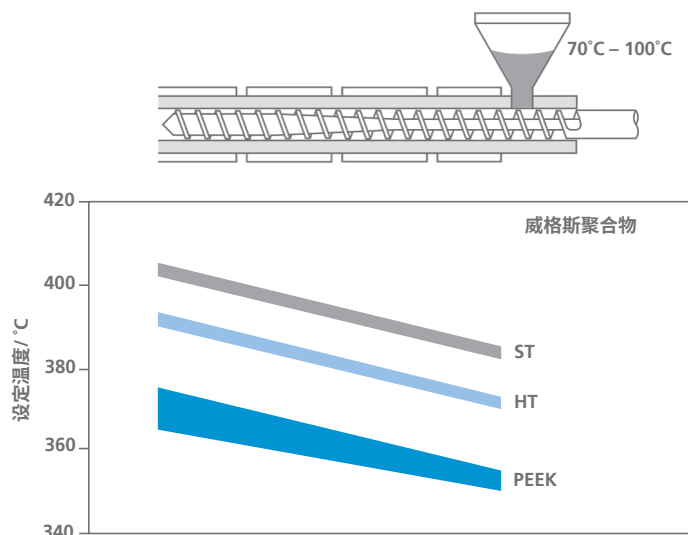
PEEK及其复合物挤出加工的料筒加热器必须能够保持在400°C，HT、ST及其复合物挤出加工的料筒加热器必须能够保持在430°C。大多数挤出机不需要改造也能够达到这些温度，如果需要改造，通常是升级加热器与/或控制器。陶瓷加热器可以提供更均匀一致的加热控制，优于云母加热器。此外，建议使用可以带来加工和成本节约收益的料筒覆盖层。

沿螺杆和料筒到料斗的热传导可能会降低输送效率。为实现正确的料斗进料，加料口温度应保持在70°C ~ 100°C，可以通过水冷却实现热控制，但是必须注意保持后部区域的温度。

建议至少使用四个独立的加热区，每个区配备自己的热电偶和比例积分微分(PID)控制器，以进行准确的温度控制。必须小心以确保沿料筒整个长度及至十字头的所有表面均有足够的热量分布，温度控制误差应小于±2°C。

典型的料筒温度设定如图3所示，更具体的温度设定见各牌号数据表。这些数据表可通过联系您当地的威格斯代表获取。

图3: 威格斯材料的典型温度曲线



过滤网和多孔板

多孔板用于在螺杆中形成背压和阻止熔体的转动；多孔板的孔的尺寸应与挤出机的尺寸成比例，设计用于消除死点。多孔板上的孔以刻槽以增强流动。通常将过滤网组放置在多孔板前面，以去除材料中的所有残留杂质或意外带入的污染，并进一步帮助在螺杆中形成压力。然而过滤网组不应过细，以免熔体剪切过度或压力降过大。此外应监控压力，必要时更换过滤网组。该区域的加热和保温非常关键。

机颈、机头和模头

死点/低速流动会导致局部降解，导致材料变色或熔体产生黑斑。因此，通过机颈、机头和模头的流量应合理，以避免死点/低流量，横截面应逐渐变化，接头应对齐和流线化。可以对系统进行建模，以确保不存在任何低流量区域：若有顾虑，则应减少区域。建议对每个区域(机颈、机头和模头)的加热器区域(假设尺寸足够大)进行分别控制，在允许的情况下使用隔热保温。



采用正确的加工参数和模头设计，可以实现临界公差。

清洗和停机

正常的停机程序包括首先清空挤出机，然后分步完全拆卸并清洁所有工具，包括螺杆。有些部件需要放进炉中进行完全清洁。日常加工时，每台挤出机必须配备两套模头和螺杆。



挤出的VICTREX管材。

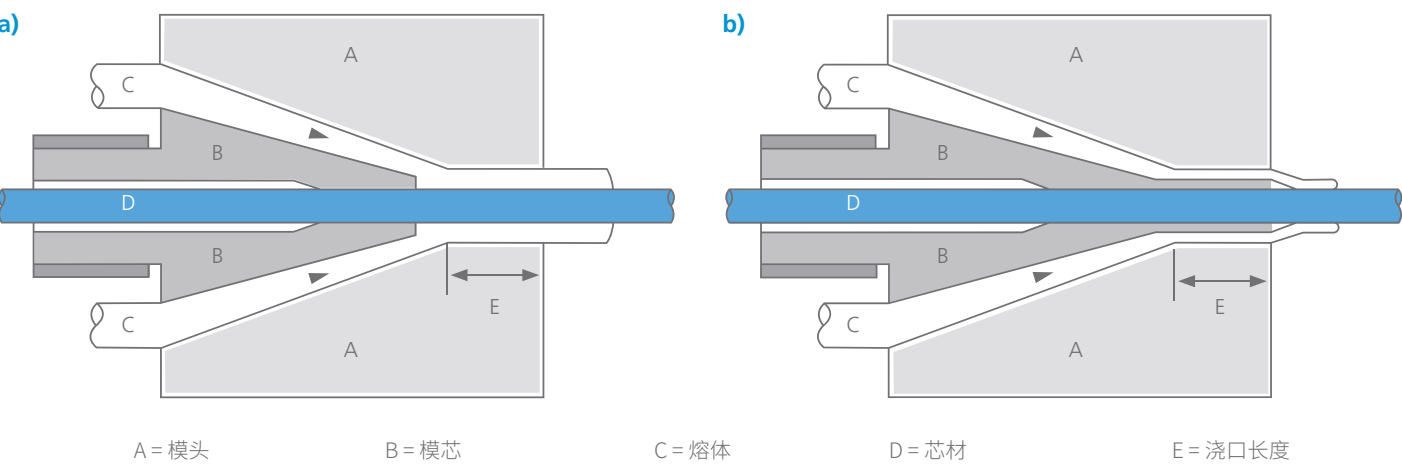
电线和电缆涂层

PEEK聚合物广泛用于电线和电缆行业，HT和ST也可采用类似的技术用于线缆涂层。包括用于电线和电缆的基本绝缘、包覆，以及用作外部涂层材料。

模头和十字头设计

如图4所示，PEEK、HT或ST绝缘层通常使用压加压模头，也就是“抽管”系统(“tube-on” system)。对于大多数线缆涂层加工来说，“抽管”工艺的效果更佳。

图4: 线缆涂层 a)压加压模头 b) 抽管模头



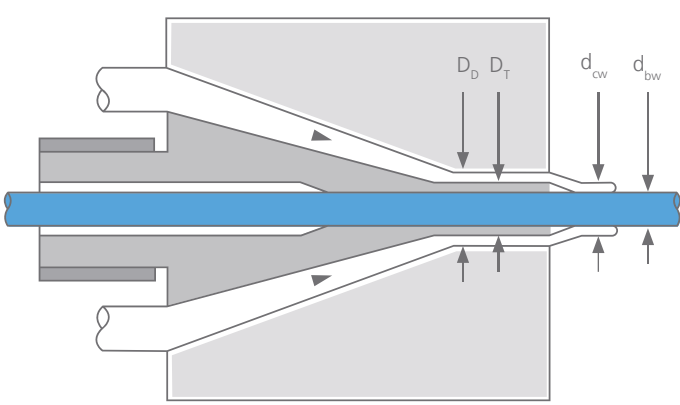
当从模具中抽出导体时，加压模头可以直接在导体上涂覆特定厚度的涂层。导体和涂层之间的粘附力较高，模头的形状保持良好(例如在多芯导体时)，然而绝缘层的厚度依情况而定(未控制导体到电线的集中度)。

采用抽管模头时，在熔体和导体离开模头之前并不发生接触。当VICTREX PEEK、HT或ST以薄管形式被挤出，导体通过管道被抽出，同时熔体也被带出，管道直径减小，熔体得以附着在导体上，形成所需厚度的绝缘层。

抽管工艺比加压工艺复杂，但通常可以为大多数应用提供要求的性能，包括降低涂层和导体之间的粘附力(导线端部更易剥离)、绝缘厚度一致和更好的表面光洁度。抽管工艺还可用于预涂电线的包覆/护套。

对抽管工艺来说，必须考虑抽出比(DDR)和抽出平衡比(DBR)，如图5所示。

图5: DBR和DDR的计算



D_D = 模口直径
 D_T = 模芯导向器直径
 d_{cw} = 涂覆电线直径
 d_{bw} = 裸线直径

拉伸比
$$DDR = \frac{D_D^2 - D_T^2}{d_{cw}^2 - d_{bw}^2}$$

拉伸平衡比
$$DBR = \frac{D_D}{D_T} \cdot \frac{d_{bw}}{d_{cw}}$$

抽出比(DDR)是指环面横截面积与最终涂层面积的比例。PEEK、HT和ST的建议抽出比为3:1 ~ 10:1, 在极薄涂层的应用中, 抽出比可接近50:1。此外应特别注意抽出平衡比(DBR), 抽出平衡比应该尽可能保持在1:1左右。

在加工过程中, 抽管系统的十字头设计并不是关键因素。但是首选设计使用单向分流器, 因为它能使熔流方向改变90°, 同时保持完好的流线型流动。虽然更为复杂的分流器也能满足加工要求, 但是清理却很麻烦。

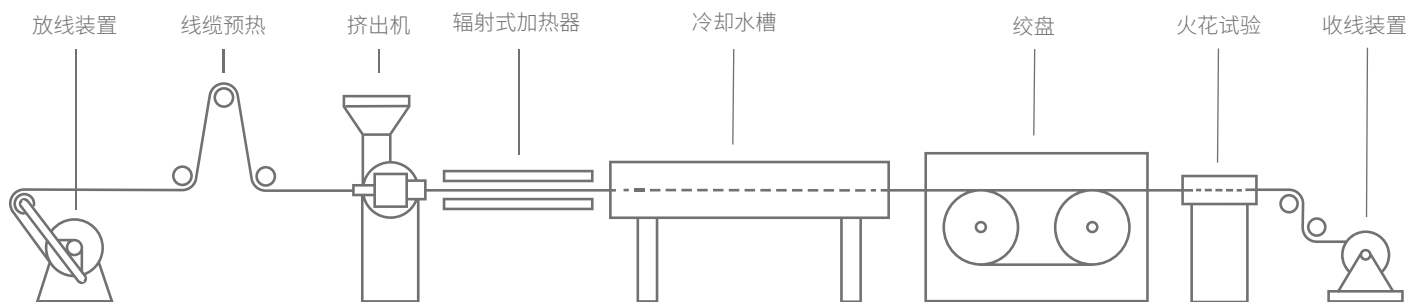
下游设备

基本线缆涂层装置的示意图如图6所示。但是取决于线缆涂层应用, 装置的要求也有所不同, 因此每条生产线都有不同之处。



合适的下游设备使加工能够进行定制, 以获得要求的结晶度。

图6: 线缆涂层示意图



结晶度

PEEK、HT和ST很多优良的物理性能, 都源自于它的半结晶态特性。

在电线和电缆涂层加工中, 熔体从口模十字头抽出, 并在约1米见方(取决于生产线速度)的空间内通风冷却。冷却时, PEEK、HT和ST的颜色将从透明的咖啡色变为不透明的灰色/米色。这种变化是由于冷却和绝缘体表面结晶造成的。

转变完成后, 由于熔体聚合物内部的结晶度不会受到显著影响, 所以可以进行附加的水冷却。如果要求无定形线缆涂层, 则水槽应离模头更近一些。

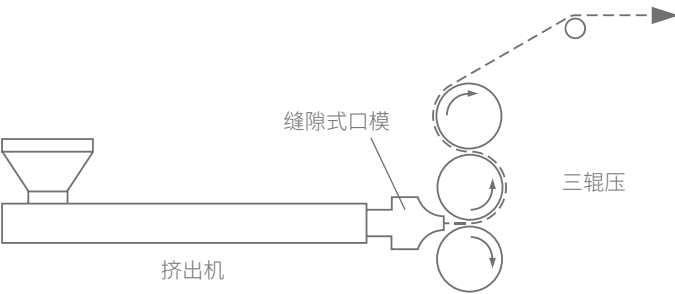
在电线和电缆涂层加工中, 道题的温度会阻碍结晶过程。

因此, 建议尽可能先加热导体, 再放入十字头中, 预热温度取决于导体的种类和几何形状, 但使用120°C ~ 200°C之间的温度可得到很好的效果, 如果再生产线上不能获得满意的结晶度, 可以通过后续的热处理来使绝缘体再结晶。

薄膜和薄板制造

PEEK、HT和ST可用以制成膜材/薄板。这种加工过程使用传统的挤出机，配合适当的口模牵引设备，如图7所示。

图7：薄板生产设备



模头设计

PEEK、HT和ST加工为薄板时，建议使用缝隙形模头。这些系统应使熔体的流动流畅，并保持内部平滑，以防止滞流或在模头内产生粘滑运动。对于形成良好的表面光洁度和尺寸控制，模头凸缘的温度至关重要。

薄膜和薄板的结晶度

通过控制定型鼓的温度，可以生产出半结晶态或无定形薄板 ($<500\text{ }\mu\text{m}$)。定型鼓的温度低于 T_g 会生成无定形透明薄膜，温度超过 170°C 则会生成不透明的半结晶态薄膜。

厚膜可在其本身残留的热量条件下结晶。



测量挤出APTIV PEEK膜的厚度。



要得到质量好的膜，设备洁净度和严格的工艺控制是必要的。

单丝成型

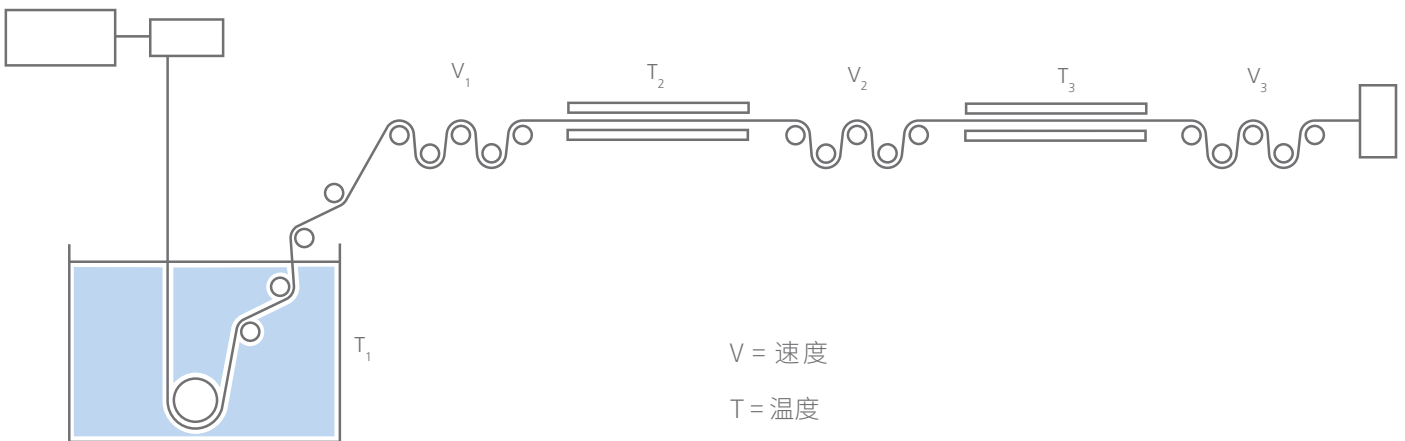
使用挤出机和牵引拉伸设施，可以将PEEK、HT和ST加工成单丝。用于生产单丝的挤出机一般都配有齿轮泵，以确保在恒压条件下送入口模的熔体计量精确。其它非计量系统的使用效果经证明也令人满意。典型的单丝生产线如图8所示。

图8所示的是挤出后的加工过程，可以看作两个完全不同的部分：熔体的取向和松弛。在熔体取向过程中，挤出材料进行通风和水冷却。细丝以更高速度($V_2 > V_1$)从加热炉中抽出，炉温设置为高于材料的玻璃态转化温度。加快拉伸聚合物的速度，可以减小直径并使细丝取向排列。



威格斯 PEEK挤出纤维

图8: 单丝生产设备示意图



在熔体松弛期间，聚合物通过温度接近材料熔融温度的第二加热炉进行“热固化”。

技术支持

威格斯聚合物解决方案事业部专注于聚芳醚酮产品，可全面满足您对质量、技术和供应保障的要求。当今的竞争环境异常激烈，因此选择一家拥有先进技术并且技术服务最深入、响应最快的领先供应商携手合作，是取得成功的关键。

欲获取更多信息或帮助，请联系当地的威格斯聚合物解决方案事业部业务代表或访问我们的网站 www.victrex.com。

总部位于英国的威格斯是享誉全球的聚醚醚酮高性能聚合物解决方案的供应商，专注于汽车、航空航天、能源（包括制造和工程）、电子和医疗等战略市场。每天有数百万人依赖于采用威格斯聚合物制成的产品或组件，应用领域横跨智能手机、飞机和汽车、石油和天然气作业以及医疗器械。凭借40多年的经验，我们利用PEEK和PAEK聚合物以及半成品和成品部件，开发全球领先的解决方案，为客户打造市场优势，为环境与社会发展做出贡献，并为股东创造价值。如需了解更多信息，请访问威格斯官网 (www.victrex.com) 或关注我们的微信公众号。

World Headquarters

Victrex plc
Hillhouse International
Thornton Cleveleys
Lancashire
FY5 4QD
United Kingdom

tel +44 (0)1253 897700
fax +44 (0)1253 897701
mail victrexplc@victrex.com

Asia Pacific

Victrex High Performance
Materials (Shanghai) Co Ltd
Part B Building G
No. 1688 Zhuanxing Road
Xinzhuang Industry Park
Shanghai 201108
China

tel +86 (0)21-6113 6900
fax +86 (0)21-6113 6901
mail scsales@victrex.com

Europe

Victrex Europa GmbH
Langgasse 16
65719 Hofheim/Ts.
Germany

tel +49 (0)6192 96490
fax +49 (0)6192 964948
mail customerservice@victrex.com

Japan

Victrex Japan Inc
Mita Kokusai Building Annex
4-28, Mita 1-chome
Minato-ku
Tokyo 108-0073
Japan

tel +81 (0)3 5427 4650
fax +81 (0)3 5427 4651
mail japansales@victrex.com

©Victrex plc September 2016

©威格斯公司2025更新

Victrex plc believes that the information contained in this document is an accurate description of the typical characteristics and/or uses of the product or products, but it is the customer's responsibility to thoroughly test the product in each specific application to determine its performance, efficacy, and safety for each end-use product, device or other application. Suggestions of uses should not be taken as inducements to infringe any particular patent. The information and data contained here in are based on information we believe reliable. Mention of a product in this document is not a guarantee of availability. Victrex plc reserves the right to modify products, specifications and/or packaging as part of a continuous program of product development. Victrex plc makes no warranties, express or implied, including, without limitation, a warranty of fitness for a particular purpose or of intellectual property non-fringement, including, but not limited to patent non-infringement, which are expressly disclaimed, whether express or implied, in factor by law. Further, Victrex plc makes no warranty to your customers or agents, and has not authorized anyone to make any representation or warranty other than as provided above. Victrex plc shall in no event be liable for any general, indirect, special, consequential, punitive, incidental or similar damages, including without limitation, damages for harm to business, lost profits or lost savings, even if Victrex has been advised of the possibility of such damages regardless of the form of action.

VICTREX™, APTIV™, VICOTE™, VICTREX PIPE™, VICTREX HT™, VICTREX ST™, VICTREX WG™, PEEK-ESD™ and the Triangle (Device), are trademarks of Victrex plc or its group companies.

