



中研股份  
ZYPEEK



**PRODUCT PROCESSING GUIDE**

**产品加工指南** »

吉林省中研高分子材料股份有限公司  
JILIN JOINATURE POLYMER CO.,LTD.

---

## PRODUCT PROCESSING GUIDE

# 产品加工指南 »

1. 本手册共八部分，包括前言、挤出、注塑、模压、静电喷涂、制件后处理、环境相容性与安全性、产品认证。
2. 本手册简单阐述了典型的FD-PEEK加工方法，如有特殊需要请与中研股份联系。



# 目录 CONTENTS

## 01

<b>前言</b> .....	<b>1</b>
概述 .....	1
运输及保存 .....	1
回收与再利用 .....	1
加工特性 .....	1
干燥 .....	1
注射机和挤出机清洁 .....	1
设备材质 .....	2
物料选择 .....	2
加工条件对产品性能的影响 .....	3

## 02

<b>挤出成型</b> .....	<b>4</b>
挤出设备 .....	4
工艺的设定 .....	4
加料方式 .....	5
冷却 .....	5
切粒成型 .....	5
型材挤出 .....	5
电线电缆包覆 .....	5
薄膜片材挤出 .....	6
单丝挤出 .....	6

## 03

<b>注塑成型</b> .....	<b>7</b>
注塑设备 .....	7
注塑机参数 .....	7
工艺参数设定 .....	8
成型收缩 .....	9
注塑产品后处理 .....	9
生产中断 .....	9
模具设计：钢材选择、适配流动性 .....	10
缺陷及解决方法 .....	11

# 目录 CONTENTS

## 04

<b>模压成型</b> .....	<b>12</b>
影响因素 .....	12
模压设备 .....	12
原料的选择 .....	13
工艺的设定 .....	13

---

## 05

<b>PEEK——静电粉末喷涂</b> .....	<b>14</b>
喷涂前准备 .....	15
喷涂步骤 .....	15
后续处理 .....	15

---

## 06

<b>制件后处理</b> .....	<b>16</b>
机械加工 .....	16
原型性能 .....	17
韧化处理 .....	17
最佳结晶度的热处理概述 .....	17
消除应力的热处理概述 .....	18
消除热残留和收缩的热处理概述 .....	18

---

## 07

<b>环境相容性与安全性</b> .....	<b>18</b>
------------------------	-----------

---

## 08

<b>产品认证</b> .....	<b>19</b>
-------------------	-----------

# 1 前言

## » 概述

FD-PEEK是一种具有高力学强度、耐热性、耐摩擦性、耐药品性、耐水分解性等的材料，同时具有优异的加工性，可适用于注塑成型、挤出成型、模压成型和喷涂加工，被广泛认为是热塑性材料中性能最佳的材料。

## » 运输及保存

用户在运输、中转和储存过程中应将物料保存在原包装中。若因意外发生包装破损、外露等情况应及时密封处理并区别使用。打开包装时应确保开箱环境清洁、温湿度适中，小心避免外界对其污染，剩余物料应尽快密封保存。应将FD-PEEK保存于干燥通风温度适中环境下，严禁阳光直射，保存期为8年。

## » 回收与再利用

对于大多数热塑性材料而言，将余料回收再利用不仅可以提高产能还可以降低损耗。FD-PEEK也可以通过这种方式进行回收再利用。但是，回收物料的再利用对产品的性能将会有一定影响，且可能会产生交叉污染。特别是当聚合物中含有添加剂时，再利用时需谨慎使用。即使添加少量的添加剂，经高温作用对物料性能也会产生严重影响。因此，建议利用回收物料时，不含填充物的回收材料不要超过总重量的25%，添加含填充物的回收材料不要超过总重量的10%（建议对填充物成分进行详细分析，可根据填充物对FD-PEEK的影响酌情增加或减少回收材料的添加比例）。

## » 加工特性

FD-PEEK的熔点高达343°C，但是当加工温度超过熔点后，材料具有优异的熔融流动性和热稳定性，因此具有较为理想的成型性能。

FD-PEEK的分解温度与一般工程塑料相比较为高，为500°C以上，所以在360~400°C区间加工熔体很稳定。

聚合物在400°C保持1h，仍有较好的熔融稳定性。但是当物料长时间处于高温状态时，物料的性能将会受到一定影响。所以当物料在加工过程中意外停机，聚合物在设备中停留时间低于1h时，则在360°C温度下，材料的性能下降不明显。当停留时间超过1小时，应把料筒温度降到340°C，在此温度条件下，物料性能较稳定。若停留时间超过3小时，则应清洗料筒。无论停留时间多少，再次生产产品时，建议丢弃最初生产的制件。

## » 干燥

FD-PEEK材料出厂时的含水率在0.3wt%以下，但产品放置一般会吸收0.5wt%大气水分。为提高加工产品质量，建议在加工之前对粉末和颗粒状材料进行干燥，直至产品最大含水率在0.02wt%以下。

### • 干燥条件

需在干燥空气干燥箱或真空干燥箱中进行。建议干燥条件为150°C~160°C下2~3小时。基料粉末宜置于干燥箱中干燥。薄膜加工时建议干燥4小时或更长时间。

建议干燥器露点 $\leq$ -30°C，用于干燥气体输送颗粒，输送胶管材质可采用PU，不得使用PVC。

## » 注射机和挤出机清洁

### • 加工前清洗

在理想情况下，应使用完全清洁的设备加工FD-PEEK产品。这就需要在加工之前对螺杆和料筒进行拆卸清洁。若不能完成此过程，建议在加工FD-PEEK之前，清理掉残留在塑化单元中的其他聚合物，并保证机器内部高度清洁。

料筒和螺杆可采用机械清洗或使用适当的清洗料冲洗。  
清洗料需在380°C下保持稳定而不发生热降解。可以采用商用清洗料。

## • 开机加工清洗

把温度调至被清除材料的加工温度。  
利用清洗料不断冲洗，直到不再出现被清除材料。  
空转螺杆将料筒内的清洗料排空。  
将机筒温度调至FD-PEEK树脂所需的加工温度，加入FD-PEEK，启动设备，直到出现干净的FD-PEEK熔体。

## • 加工后清洗

在加工FD-PEEK后，需将其从机筒中全部清除。若机筒及螺杆的表层含有氮化物，FD-PEEK熔体固化在氮化物层上可能引起氮化物层剥离而损坏螺杆，故在完全清洗和清除FD-PEEK后才可以降低料筒温度。

## • 清洗方法

取出喂料斗中剩余的FD-PEEK。  
用清洗料清洗，直至不再出现FD-PEEK残留物。  
将机筒温度降低到清洗料接受温度，继续用清洗料对料筒进行清洗，并逐步降低料筒温度，直到实际温度在300°C以下。采用不同的清洗料，温度甚至可以达到250°C以下。  
必要时，应拆卸螺杆，对螺杆和料筒进行机械清洗。

**\*注：以上内容为中研股份对于普通加工设备的一般经验，当物料在较大的加工设备中停留时间过长时，应小心处理。**

## 》 设备材质

在加工FD-PEEK时，由于聚合物及其复合材料会对设备产生一定的磨损，对设备材质有一定的要求。  
FD-PEEK对金属表面有较强的粘附性，与样品有接触的部分需要加以金属硬化处理。表层含有氮化物的螺杆，在冷却固化过程中可能会引起螺杆表面氮化物层开裂，甚至在清洗过程中引起氮化物层剥离，从而损坏螺杆。  
建议提高熔体接触表面的强度并做高度抛光处理，防止熔体长期粘附沉积而引起热降解。  
要求设备可以加热到400°C以上且能保持稳定。必须使用在高加工温度下仍能保证有52-54HRC洛氏硬度的钢材做模腔。  
不可使用铜合金材质的材料接触FD-PEEK聚合物，通常建议设备中接触材料的材质为：D2工具钢（马氏体铬工具钢），WEXCO777，CMP-9V，CMP-10V，Cr12MoV，S32219不锈钢。

## 》 物料选择

FD-PEEK产品按熔体黏度分为高、中、低熔融黏度等级。高黏度为770系列，中黏度为550系列，低黏度为330系列。此外，根据客户特殊要求还有其他黏度等级产品。  
FD-PEEK产品的供应形式包括各种牌号的FD-PEEK细粉、纯树脂粉料以及粒料，其中粒料主要为各种以FD-PEEK为基料的复合改性料。细粉级物料主要应用于喷涂工艺和模压成型，纯树脂粉料应用于挤出工艺，粒料可广泛应用于挤出、注塑、单丝成型和电线涂层等工艺。

表1FD-PEEK 树脂及其性能概述

型号	特点	成型方式	应用举例
330UPF	粒径25μm, 低黏度	喷涂、模压、预浸	可用于机械、汽车、食品加工、电子等零件加工及涂料
330PF	粒径50μm, 低黏度	模压、3D打印	可用于机械、汽车、食品加工、电子等零件
550PF	粒径50μm, 75μm, 中黏度	模压	可用于机械、汽车、食品加工、电子等零件
770PF	粒径75μm, 100μm, 高黏度	模压	可用于机械、汽车、食品加工、电子等零件
330P	低黏度	挤出、共混改性	可用于齿轮、医用部件、薄膜、片材以及半成品等
550P	中黏度	挤出	可用于齿轮、医用部件、薄膜、片材以及半成品等
770P	高黏度	挤出	可用于齿轮、医用部件、薄膜、片材以及半成品等
330G(H)	低黏度	挤出、注塑	低黏度, 可用于齿轮、医用部件、薄膜、片材以及半成品等
550G	中黏度	挤出、注塑	中黏度, 可用于齿轮、医用部件、薄膜、片材以及半成品等
551G	中黏度	挤出、注塑	超纯、超滤, 用于高级线缆等特殊环境
770G	高黏度	挤出、注塑	高黏度, 可用于齿轮、医用部件、薄膜、片材以及半成品等
330GL20	20%玻纤增强	挤出、注塑	高刚性, 可用于机械工业、航空航天、电气工业等
550GL20	20%玻纤增强	挤出、注塑	高刚性, 可用于机械工业、航空航天、电气工业等
770GL20	20%玻纤增强	挤出、注塑	高刚性, 低翘曲; 可用于壳体等
330GL30(H)	30%玻纤增强	挤出、注塑	高刚性, 低翘曲; 可用于壳体等
550GL30	30%玻纤增强	挤出、注塑	高刚性, 低翘曲; 可用于壳体等
770GL30(H)	30%玻纤增强	挤出、注塑	高刚性, 低翘曲; 可用于壳体等
550CA20	20%碳纤增强	挤出、注塑	高刚性, 可用于机械工业、航空航天、电气工业等
770CA20	20%碳纤增强	挤出、注塑	高刚性, 可用于机械工业、航空航天、电气工业等
330CA30	30%碳纤增强	挤出、注塑	高刚性, 低翘曲; 可用于壳体等
550CA30	30%碳纤增强	挤出、注塑	高刚性, 低翘曲; 可用于壳体等
770CA30	30%碳纤增强	挤出、注塑	高刚性, 低翘曲; 可用于壳体等
330FC30	低黏度, 30%PTFE、石墨、碳纤维增强	挤出、注塑	用于电气工程、汽车工业、机械工业等需要自润滑作用场合的零部件, 如轴承和齿轮等
770FC30	高黏度, 30%PTFE、石墨、碳纤维增强	挤出、注塑	高刚性、耐磨性强, 用于电气工程、汽车工业、机械工业等需要自润滑作用场合的零部件, 如轴承和齿轮等

\*注: UPF: 超细粉      PF: 细粉      P: 粗粉      G: 纯树脂      GL: 玻纤增强      CA: 碳纤增强  
 FC30: 30%PTFE、石墨、碳纤增强      H: 加黑

## 》加工条件对产品性能的影响

FD-PEEK是一种半结晶聚合物。材料的结晶度与材料的性能有直接的关系。合适的加工条件对获得合适的结晶度, 进而得到优异性能的产品是非常必要的。一般情况下, 需通过合适的后处理来提高材料的结晶度。后处理方法参见“后处理”章节。

## 2 挤出成型

FD-PEEK通过挤出工艺制成的产品主要包括：型材、单丝、薄膜、薄板、电线涂层以及纤维增强的颗粒等。本段内容只对挤出工艺及相关加工设备做介绍，其他专业问题不做叙述。如有问题，请联系中研股份相关技术人员。

### 》挤出设备

#### • 设备选择

挤出机料筒材料选择合金钢或者内衬为合金钢的复合钢衬制成，其特点为耐高温耐压强度较高，耐磨耐腐蚀。大多数螺杆设计适合FD-PEEK挤出，但连续压缩的PVC型螺杆不适用，因为这种螺杆没有加料区，致使塑料一进入料筒就发生压缩，导致螺杆扭矩过大。挤出机的尺寸和输出量应匹配，以缩短滞留时间，滞留时间一般为5-20分钟，不要出现死点，致使物料长时间滞留在设备内。

根据生产产品的要求选择不同型号的挤出机。

挤出机的螺杆选择，材质上也需要耐高温耐压强度较高，耐磨耐腐蚀的材料。生产复合产品建议选用双螺杆挤出机，双螺杆挤出机的螺杆为积木式组合，可以根据不同产品的需要组合螺杆结构。

例如：某公司生产770CA复合材料的螺杆组合如下：

32/32*1	48/48*5	32/32*2	22/22*1	60°/22*1	32/32*3
22/22*1	45°/32*1	45°/16*1	32/32*1	22/22*1	48/48*3
32/32*1	22/22*1	48/48*1	32/32*1	22/22*1	45°/32*1
60°/22*1	32/32*2	22/22*1	48/48*3	32/32*1	60°/22*1
32/32*2	22/22*3				

不同的螺杆组合生产出的复合产品其性能也不同，可根据不同需求灵活更改组合。

对于挤出成型挤出机的选择，建议采用单螺杆挤出机，螺杆压缩比采用大于或等于3.0，利于塑化和成型。

#### • 过滤

FD-PEEK熔体的过滤对挤出物力学性能的均匀性有着良好的影响。不锈钢编织网组成的复合过滤组合装置对连续流动的熔融体的过滤能获得较好的结果。如挤出机本身过滤结构达不到过滤要求，可根据具体挤出机的型号，选择加装过滤系统，从而达到理想的过滤效果。

#### • 口模

建议对加热系统进行优化设置，以使温度均一分布（如平板口模的加热）。此外为了达到并保持高温，必须保证较低的热辐射。如果无法做到这点，则需要用绝热材料包覆口模。与熔体直接接触的金属区域必须高度抛光，防止熔体粘附在金属表面，从而减少熔体在机筒中的停留时间，同时降低对熔体流动的干扰。

口模的温度对挤出物料的表面光洁度有影响，口模温度高，物料表面光洁度高。但不宜超过400°C，机头入口的熔体温度建议为380°C，机头入口和出口的熔体温度差小于20°C。

### 》工艺的设置

#### • 挤出机清洗

在挤出聚醚醚酮前需要对料筒和螺杆进行清洗，具体要求参照“前言”清洗章节。残留物料不易清洗或者清洗速度缓慢时，可以考虑在加热状态下将挤出机螺杆抽出，使用工具对螺杆、料筒内壁及模头进行清洗。清理螺杆应使用软质材料工具，如铜质或木质材料，防止对螺杆及料筒内壁造成损伤。切勿使用灼烧的方式清除粘附于螺杆上的FD-PEEK。

## • 温度控制

FD-PEEK挤出机设备要求温度可以加热至400°C且能保持稳定。因此不能使用铸铝加热器，而应使用高温合金或陶瓷加热器。柱状加热器应触及全部金属表面以确保温度分布均匀，不直接加热的区域应使用高温绝热法，以避免形成“冷点”。

FD-PEEK的挤出加工温度通常设定在350°C~400°C之间（表2为不同牌号产品的建议加工温度）。物料加入位置温度较低。料筒温度保证物料的充分塑化。挤出机机头的温度还将影响挤出料条的表面状态。口模温度高，物料表面光洁。

螺杆转速与喂料速度的调整应保证物料的正常输送，熔体压力异常时应适当调整螺杆转速。FD-PEEK以（CTE-35型挤出机）为例，螺杆转速为200r/min~300r/min间，喂料量通常控制在15~25kg/h。例如：某公司770CA复合材料工艺参数可为：各区温度为280°C、330°C、350°C、360°C、365°C、370°C、375°C、375°C、365°C。

主机转速：260r/min，喂料量：25kg/h，风床速度：5~10m/min，切粒机线速度：5~10m/min。

## • 加料方式

FD-PEEK树脂：FD-PEEK粗粉从挤出机主喂料口加入。可通过失重秤控制加料量。

增强纤维：短切碳纤维和玻璃纤维由侧喂料口加入。通常侧喂料口设置在螺杆全程的中点位置。可通过失重秤控制加料量。连续长玻璃纤维和碳纤维，从侧喂料口加入，由旋转的螺杆带入料筒内部。加入量可通过螺杆加入玻纤根数及螺杆转速调节。

\*注：树脂在喂料斗中进行加热可以提高其熔融特性，建议140~180°C之间即可。如果喂料斗无法加热，可考虑先预热树脂后加入到喂料斗中。

## 》 冷却

通过调整控制冷却设备的温度可以得到不同性能的挤出物，FD-PEEK是半结晶型树脂，冷却过程对其性能（透明度、颜色、机械性能等）有很大影响。如要得到半结晶型的挤出物，可控制冷却温度升高至200°C或更高。

## 》 切粒成型

颗粒的长度取决于切粒机刀齿的间隔。颗粒的直径决定于挤出机口模的直径、传送带转速和切粒机转速，通常在口模固定的情况下可以调节传送带和切粒机转速，速度加快则未冷却的样条会被拉长颗粒直径发细，同时传送带和切粒机转速应匹配，保证料条连续。如颗粒端面呈扁椭圆形可考虑增加冷却风扇数量，如颗粒端面不光滑可考虑减少冷却风扇数量或样条自然冷却。如需提升颗粒的结晶度可以考虑不使用风冷并延长传送带长度，使物料缓慢冷却。

表2 建议挤出温度

产品	前段/°C	中段/°C	后段/°C	机头/°C
G	240-340	360-365	360-370	360-370
CA	280-375	365-375	360-390	360-390
GL	280-330	360-375	360-380	370-380
FC	280-330	365-375	360-380	360-380

## 》 型材挤出

选用传统的挤出机及适当的模具和牵引装置可生产型材。

模具包含分流区、成型区。分流区大多采用衣架式结构，熔体的流道应呈流线型，内部表面要抛光，以防止熔体停滞或粘附。通常分流区要控制在370°C-400°C，成型区控制在30-120°C。挤出压力为1-10MPa。

常用于FD-PEEK型材的牵引设备有2种，即从动式牵引机和变频调速式牵引机。

去除型材挤出过程产生的应力，应该增加在线回火装置，通常温度为170±10°C。

裁断后的型材需要进行处理，处理温度高于玻璃化转变温度小于最高使用温度。

## 》 电线电缆包覆

FD-PEEK在电线电缆工业中，主要用于绝缘层、护套层及包覆层。

### • 机头设计

FD-PEEK绝缘层的挤出包覆通常使用转角为30°、60°及90°的挤压式或挤管式机头，既能将熔融物的流动方向改变，也能使熔融物维持良好的流线型流动。挤压式机头可使一定厚度的涂层直接包覆在拉伸通过机头的金属导线上；挤管式机头是把熔融聚合物挤成一根管子，而金属导线则从机头和熔融管子的中间被拉出，此时熔融管子经过拉伸而粘附在导线上，形成所需厚度的绝缘层。拉伸比是指机头口模的环形截面积与最终绝缘层截面积之比。推荐用于纯FD-PEEK的拉伸比是3:1~10:1。挤管式机头更多的被用来制造较薄的FD-PEEK包覆涂层。

### • 冷却结晶

在电线电缆挤出涂层过程中，熔体从转角机头中挤出，空气冷却距离为1m左右，此时FD-PEEK颜色会从透明的暗棕色变为不透明的灰色。一旦发生颜色的改变，即可用水冷却，这样使熔融FD-PEEK的内外结晶不受影响。

金属导线的温度可能妨碍电线电缆包覆层的结晶度，因此，最好在导线进入机头前加热。预热温度取决于导线的性质和几何形状，在120~200°C能得到良好的效果。假如在生产线上不能达到要求的结晶度，则可借后续的热处理使绝缘层产生后结晶。

FD-PEEK在挤出机中停滞的时间会最终影响绝缘层的质量。尽管它的热稳定性很好，但在加工过程可能形成胶状物质，经过滤后产生的胶状物仍会出现在挤出物中，最好选用挤出量和挤出机容量相匹配的挤出机。

## 》 薄膜片材挤出

选用传统的挤出机及适当的机头和牵引装置可生产薄膜和片材。

大多采用缝隙式机头，熔体的流道应呈流线型，内部表面要抛光，以防止熔体停滞或粘附。机头口模温度对膜片表面光洁度及尺寸的控制很重要，通常要维持在380°C±5°C。

常用于FD-PEEK薄膜及片材的牵引设备有两种，即浇铸筒和三辊压延机。前者用于厚度小于500μm的薄膜，后者用于更厚的薄膜和片材。无论浇铸辊筒或三辊压延机，都要抛光镀铬，并用直流变速马达驱动和调速。

通过控制浇铸辊筒的温度，可生产厚度大于500μm的半结晶或无定型薄片。50°C的浇铸辊筒温度可获得非结晶的透明薄膜。薄膜厚度持续增加时（>500μm），可用后加工热处理以获得最适宜的薄膜结晶度。

## 》 单丝挤出

### • 单丝成型

装有齿轮计量泵的挤出机，加上下游牵引、拉伸和卷绕装置，可以生产FD-PEEK单丝。计量泵确保在恒定压力下非常精确地将熔体挤入机头。单丝挤出口模后的后加工处理分为两个部分，即熔融体的定向和松弛。定向时，挤出物以水冷却方法冷却，且以V1速度拉伸，单丝再以V2的速度通过一台温度恒定在材料玻璃化转变温度以上的烘箱拉伸。速度V1和V2的差异主要用来拉伸聚合物，减小单丝的直径并使分子定向排列。松弛时，挤出物以V3速度通过第二台温度设定在靠近材料熔融温度的烘箱而定型。V2和V3的速度差异主要是用来松弛聚合物，其结果会增加单丝直径。

FD-PEEK单丝的物理机械性能可通过固相定向拉伸而加以改善。如单丝在第二阶段加工过程中拉伸，单丝离开机头后必须使它淬冷使它变成无定型态，但冷却不能太快，以免产生气孔。单丝空气冷却之后继而浸入水浴或直接浸入加热水浴冷却能取得满意结果。机头距水浴最近距离以及水浴温度取决于单丝直径，小直径单丝要求空气冷却距离为100~200mm，然后在50-80°C下水冷却。如单丝温度高于水浴温度，水浴会产生局部沸腾，致使单丝表面受损。

### • 单丝成型取向

FD-PEEK单丝使用单一阶段或者使用两个阶段拉伸定向，在200°C时拉伸，经过拉伸得到的单丝性能取决于拉伸程度。推荐的拉伸比为2.5:1和3:1，最大拉伸比是3.8:1，高于3:1的单丝，扭结强度会迅速下降。

单丝定向排列时，必须在拉伸下将其热定型。热定型必须在温度接近聚合物熔点且拉伸松弛比为0.95:1的情况下才能实现。所得的单丝具有坚韧、高度定向排列及拥有可控的直径，在材料的玻璃化转变温度以上保持其形状和特性。

# 3 注塑成型

## » 注塑设备

FD-PEEK的注塑成型通常用标准往复式单螺杆注塑机，如果涉及和其他塑料的镶嵌式注塑或者多色注塑，双色或多色注塑机也是可以的。由于FD-PEEK的黏度较大，注塑成型通常要求料筒温度达到450°C的上限，这样更有利于FD-PEEK树脂和复合材料的注塑成型。

## » 注塑机参数

### • 料筒

对FD-PEEK聚合物产品加工成型，通常与注塑机料筒相连的加热器需达到420°C，大部分注塑机能达到这样的温度，如在需要调整的情况下，需安装温度范围较高的控制器和陶瓷加热圈。加料口温度应保持在65°C~100°C，进料装置建议使用冷却水控制后部区域温度。为保证聚合物的热稳定性，建议后部区域的温度较前段温度低10°C~25°C。FD-PEEK聚合物及其复合材料的加工温度很高，所以建议尽可能缩短材料在机器内部的停留时间，料筒容量为总注射量（包括浇口和流道）的2~5倍较为合理。

### • 螺杆

常用的标准螺杆（三段式）设备即可用于加工FD-PEEK。分段：进料段55~60%，压缩段20~25%，计量段20~25%。螺杆长度：18D~24D。螺纹深度比：(2~2.5): 1。低黏度的FD-PEEK通常有流延现象，为防止熔体的流出需设置后松退，松退距离为3~5mm。若松退距离过长，会导致熔体夹带空气，造成烧焦和浇口痕迹。

建议使用直通式射嘴，避免使用自锁式喷嘴。因为其输送熔体的能力较差，会导致注塑压力损失，还会导致熔体因在某些位置的停留时间过长而产生热降解。确保喷嘴和料筒充分受热，避免熔体在喷嘴和料筒连接部位不能够充分熔融或有结块，不建议使用延长型喷嘴。

为保证浇口脱模顺畅，喷嘴的外径应比主流道衬套的孔径小约0.5~1mm。喷嘴的半径也应比主流道衬套的半径小5mm左右。

### • 浇口和流道

FD-PEEK的注塑成型可根据成型数量和设计顶出方式采用直浇口、侧浇口及潜伏式浇口等。小的潜伏式浇口冷却快，因此适宜在保压时间短的情况下使用。建议对加工纯树脂PEEK最小直径可设置1mm，对复合型PEEK最小直径可设置2mm。

主流道：最小直径4mm，直浇口的直径为模塑制品厚度的1~1.5倍。仅在成型薄壁或小型零件时才考虑使用潜伏式或侧浇口。

分流道：应采用圆形或梯形，截面积应尽可能大。

热流道系统：若采用热流道系统加工FD-PEEK，建议采用能够通过顶端的导热分流梭进行外部加热的喷嘴。这样可以减少压力损失，且具有清晰稳定的流道横截面。

加工增强改性的FD-PEEK产品，使用硬质金属材料制成的导热分流梭还可以防止磨损。针阀式自锁系统实际中也可使用，但是建议尽可能避免加工增强改性的FD-PEEK，因为流道长时间的受高温高压高速冲击，在流道内容易产生积碳，阻碍产品的正常成型。

加工FD-PEEK的热流道系统通常使用含铬量高，不易腐蚀的钢材，以保证加工温度高达400°C以下能正常工作。

### • 模温

对于加工成型FD-PEEK的制品，我们建议模具温度设置在175°C~205°C，该温度指的是模具包裹产品的模芯温度，以便产品能够保证充分结晶。通常模具的加热有油温机加热、水温机加热、电加热等方式。

## • 油温机加热

由于油温机加热受热输送的热损失影响，通常会将温度设置到200°C以上。油温机加热针对异型产品的成型有一定的优势，型腔油路的合理分配能使得产品成型时各部位能均匀受热。油温机的安装一定要确保安全，需时刻监控油路是否有渗油现象，这样既容易对产品表面造成侵蚀，又容易对操作员产生伤害。

## • 水温机加热

目前，水温机加热温度通常在100°C左右，增压后的水温机加热能达到近180°C的温度，但是通常不建议使用水温机加热，主要还是考虑安全的因素。

## • 电加热

对于FD-PEEK的注塑成型，模具采用电加热方式居多，主要因为电加热模具升温速度快，安全性也较油加热高。通常采用的电加热方式为加热管加热，这种方式热稳定性较高。但是对于结构性强、尺寸较大的产品的注塑成型不是很有利，这种情况可考虑模具预埋加热丝的方式解决。

## • 排气

排气孔通常设计在模具分型面或者流道的末端，约为0.01mm~0.03mm深，不会产生披锋，必要时深度最多可以扩展到0.05mm，但需要注意是否会产生披锋。但也有特殊情况，好多精密的尺寸较小的部件不允许有肉眼可见的披锋，且对应所使用的FD-PEEK流动性有较高，排气尺寸通常不超过0.005mm。

此外，还可以通过合理设计脱模顶杆实现排气，在料流汇合处设置排气孔同样可以帮助避免“烧焦”。在模腔内部，压缩空气可以达到很高的温度而损坏注塑制品使盲孔充分排气，否则会造成制品无法充满，因此应使用便于拆卸清洗的排气栓。

## 》 工艺参数设定

采用FD-PEEK注塑成型通常采用40MPa~160MPa的压力进行，保压压力建议不低于30MPa。FD-PEEK的最佳成型温度为360°C~400°C，为避免高剪切热造成更高的料温产生物料降解，通常最高不建议超过410°C。

## • 成型环境

注塑成型FD-PEEK建议控制室温在15°C~25°C，湿度控制在30%~60% RH，空间环境要求无浮尘、无强流动空气。

## • 注塑压力

注塑过程中所需要的实际注塑压力主要取决于熔体温度和模温，同时也和流动距离及制品壁厚的比值有关。通常提高熔体温度和模温有利于提高FD-PEEK在模具内的流动性，所需的注塑压力可相应的设置低一些。成型侧浇口或潜伏式浇口的产品为避免产品缩水，应当设置较大的注塑压力。

## • 注塑速度

注塑速度与模具的结构，制品表面质量（浇口、尺寸、披锋、排气）密切相关，需适当调整。另外，由于FD-PEEK流动性分高中低，在具体注塑成型产品时注射速度也需适当的对应调整。

## • 保压压力

保压压力的设置主要为了弥补注塑末段压力不够而造成产品的缩水、缺胶或变形。合理设置保压压力是注塑成型合格产品的必要条件。

## • 保压时间

由于FD-PEEK树脂固化点较高，熔体在浇口处可能过早凝固，因此应根据浇口的凝封点确定最佳保压时间，保压时间太短，模腔未充满从而产生缩痕和气孔，保压时间太长又容易造成粘模现象，建议根据制件做适度调整。

## • 螺杆转速

在FD-PEEK熔胶和储料过程中，最佳螺杆转速为40~100rpm，但通常建议为40~60rpm，防止纤维的断裂和剪切热的快速上升。过低的螺杆转速会导致较长的循环时间，过高的螺杆转速形成的高剪切作用，也会导致材料产生热降解。

## • 背压

适当的背压有利于提高熔体的均匀性，并能确保注射量的一致性。建议背压设置在4~12Bar之间，对于增强的FD-PEEK产品，建议适当降低背压，以防止填料在加工过程中被破坏而影响机械性能。

## 》 成型收缩

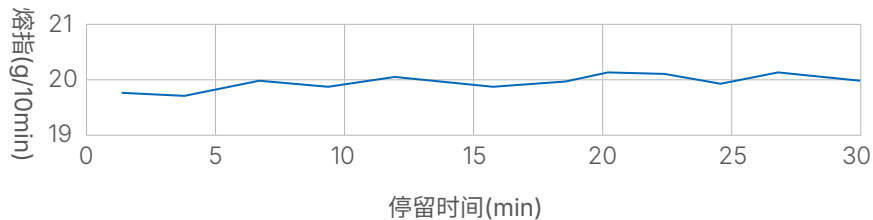
FD-PEEK聚合物及其复合材料也具有同其他热塑性塑料一样的收缩性，聚合物制品在模具中冷却时会收缩，聚合物内部发生结晶行为也会造成产品收缩。成型收缩率主要受结晶度影响，可以通过控制熔融和成型温度加以控制。

## 》 注塑产品后处理

FD-PEEK成型产品的后处理能得到较高的结晶度，同时也能去除成型时带来的内应力。FD-PEEK的热处理过程遵循梯升梯降的过程，梯升起始点设置在150°C，每隔一个小时升10°C，直至升至200°C，在这一温度下至少保持4h以上，然后梯降，依然遵循每1小时降10°C，直至150°C后，关闭系统至常温取出产品。

## • FD-PEEK在料筒中的停留

下图为以中研550G注塑实验取得的FD-PEEK在螺杆中的停留时间：



以上实验得出，FD-PEEK在料筒中停留时间直至25分钟熔指才有明显变化，说明中研PEEK的热稳定性很高，从而给客户在注塑FD-PEEK时有了明确指导方向。

## 》 生产中断

短时间的生产中断（不超过0.5h），料筒中的FD-PEEK熔体在360°C的高温下不会出现明显降解。

生产中断时间持续0.5~3h，则需要将物料料筒温度降低到340°C，以保证熔体稳定性，再次生产时，去除料筒中的残留料并废弃最初的几模产品。

生产中断超过3h，建议进行设备清洗，具体清洗方法详见“前言”注塑机和挤出机清洗部分。

## » 模具设计：钢材选择、适配流动性

### • PEEK 注塑模具钢材的核心选择依据

核心需求	对应钢材性能要求	典型应用场景
1. 耐高温性	热稳定性好（高温下无变形）、耐热疲劳	模具温度 $\geq 180^{\circ}\text{C}$ 的 PEEK 成型；连续生产
2. 耐磨性	高硬度（ $\geq \text{HRC}50$ ）、抗磨粒磨损	加玻纤 / 碳纤的增强 PEEK（玻纤会磨损型腔）
3. 抛光性 / 表面精度	材质纯净（低杂质）、组织均匀	制品需高光洁度（如医疗、电子零件）
4. 耐腐蚀性	抗 PEEK 熔体或添加剂（如阻燃剂）的腐蚀	含腐蚀性添加剂的 PEEK（如含氟阻燃剂）
5. 导热性	导热系数适中（加速冷却，减少成型周期）	薄壁 PEEK 制品（需快速冷却定型）

### • 快速选型指南

PEEK类型	模具温度	生产批量	推荐钢材	核心理由
纯PEEK（非增强）	180-190 $^{\circ}\text{C}$	小批量（ $\leq 10$ 万）	718H、NAK80	成本低， 满足外观和精度
30% 玻纤PEEK	180-210 $^{\circ}\text{C}$	中批量（10-50万）	H13	耐热耐磨， 适合高温和玻纤磨损
30% 玻纤PEEK	180-210 $^{\circ}\text{C}$	大批量（ $\geq 50$ 万）	H13、STAVAX	耐腐耐磨， 长期稳定性好
含陶瓷颗粒PEEK	180-210 $^{\circ}\text{C}$	任意批量	ASP-60	极端耐磨性需求

## » 缺陷及解决方法

缺陷类型	产生原因	工艺解决方案
缺胶 (短射)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 注塑机注射量不足;</li> <li>2. 模具浇口、流道设计不合理, 截面过小或长度过长;</li> <li>3. 塑料熔体流动性较差 (原材料分子量过大、熔融温度过低等);</li> <li>4. 注射速度过慢;</li> <li>5. 模具温度过低。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加注射量, 调整注塑机参数增大射胶量;</li> <li>2. 优化模具浇口和流道设计, 扩大截面尺寸, 缩短长度;</li> <li>3. 提高料筒温度和模具温度, 提升塑料熔体流动性;</li> <li>4. 加快注射速度, 减少塑料流动过程中的冷却时间。</li> </ol>
飞边 (溢边)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 模具合模力不足;</li> <li>2. 注射压力过高;</li> <li>3. 模具分型面不平整、有杂物或磨损;</li> <li>4. 塑料熔体流动性过好 (如温度过高)。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提高合模力, 检查并调整注塑机合模系统;</li> <li>2. 在保证产品充满的前提下, 适当降低注射压力;</li> <li>3. 清理分型面杂物, 修复和研磨磨损或不平整的分型面;</li> <li>4. 适当降低料筒温度, 降低塑料熔体流动性。</li> </ol>
气泡 (气孔)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 塑料原材料含水分或挥发物;</li> <li>2. 注射速度过快, 卷入空气且无法及时排出;</li> <li>3. 模具排气系统设计不合理;</li> <li>4. 保压不足或保压时间过短。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 对原材料进行干燥处理;</li> <li>2. 降低注射速度, 采用分段注射 (先慢后快);</li> <li>3. 优化排气系统, 在型腔最后填充部位、熔接痕处设排气槽 (深度0.01-0.03mm, 宽度3-5mm);</li> <li>4. 增加保压压力和延长保压时间。</li> </ol>
缩痕 (凹陷)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 塑料熔体冷却时体积收缩, 周围塑料已凝固无法补充;</li> <li>2. 保压压力不足或保压时间过短;</li> <li>3. 模具温度过高, 冷却过慢, 收缩量增大;</li> <li>4. 产品设计不合理, 壁厚差异过大。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提高保压压力和延长保压时间, 根据产品调整参数;</li> <li>2. 降低模具温度, 加快冷却速度 (注意温度不宜过低);</li> <li>3. 优化产品设计, 减小壁厚差异, 厚壁部位可增加浇口数量、设置加强筋。</li> </ol>
熔接痕	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 塑料熔体流动性较差, 分流后汇合温度低;</li> <li>2. 模具浇口位置设置不合理, 分流距离过长或汇合角度不当;</li> <li>3. 注射速度过慢, 熔体冷却过多;</li> <li>4. 模具温度过低。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提高料筒温度和模具温度, 提升熔体流动性;</li> <li>2. 优化模具浇口位置, 减少熔体分流, 保证合理汇合角度和距离;</li> <li>3. 提高注射速度, 减少熔体流动过程中的冷却;</li> <li>4. 在熔接痕部位设置排气槽, 排出气体。</li> </ol>

# 4 模压成型

模压成型又称压制成型，即将模塑料（粉料、粒料、碎屑或纤维预浸料等）置于液压机的阴模型腔内，合上阳模，借助压力和热量作用，使物料熔化并充满型腔，形成与型腔相同的制品。冷却后脱模，制成模压制品。

通常PEEK可模压尺寸较大的密封环、防静电板材等坯料，且能保证产品的密实度和翘曲度，这些是注塑工艺很难达到的。

## 》影响因素

模压成型过程中存在三大影响因素，即温度、压力、时间。

### • 模压温度

提供物料熔融所需热量，使塑料熔体在压力作用下能够流动以充满型腔。模压温度的选择不能过高也不能过低，既要保证模具腔内的物料能够完全熔融，还要防止温度过高使腔内的物料高温变性。一般选择高于熔点30°C左右。

### • 模压压力

分为冷压压力、热压压力及保压压力。冷压压力可以增加原料的密实性，排除原料中因手工填料所堆积的气体，有助于热压阶段。热压压力推动模具紧密闭合，使塑料熔体充满腔体，并排出熔体内仅存的气体。保压压力是在压制过程完成后，在冷却阶段给予毛坯件的压力，能够保证制品的固定尺寸、形状，防止制品在冷却时发生变形。热压压力通常比冷压压力小，而保压压力则是热压压力的最大值，各数值的确定需要根据原料的种类和特性、制件的尺寸和结构而定。

### • 模压时间

通常指的是原料的熔融时间，时间的长短直接决定模具腔内的物料是否熔融彻底，影响着制品的质量。一般提高模压温度，可缩短模压时间。模压时间的长短与制品的实际壁厚有关，模压温度不变，制件壁厚增加，模压时间延长。模压温度、压力和时间三者并不是独立的，实际生产中首先确定三个参数中的一个，再由试验调整其它两个，若效果不好，需对已确定的参数进行必要调整。

## 》模压设备

### • 压力设备

- (1)针对所压制的产品尺寸不同，液压机需能产生并传递足够的压力。
- (2)压力机械除可采用传统液压机外，还可采用硫化机、压片机等设备。

### • 模具

(1)通常采用耐蚀金属如Stavax（此对标日本SKD11/美国D2，此钢材热处理后的HRC可达60，有超耐磨性）、Duplex(Ni/Cr)（此牌号对标美国2205，含镍含铬使得该钢材具有很好的耐氧化和耐腐蚀性）、涂铬不锈钢等材料，也可使用洛氏硬度为50的P20硬质工具钢。其它普通钢材所制成的模具在使用过程中极易因操作不当而受损，需要多次淬火处理以增加硬度。

(2)在进行模具设计时，各嵌件间闭合缝隙需在0.05~0.10mm之间，间隙过小不利于排出熔体内气泡，过大则溢料较多。

(3)为了有助于脱模，模具沿脱模方向的表面尽量进行抛光处理，使用时需涂抹专用脱模剂。

(4)可以采用内部或外部电加热装置直接对模具进行加热，也可以将模具整体置于可达到400°C以上的高温烘箱或加热炉内进行加热。加热过程既要保证模具内的物料熔化完全，还要防止温度过高导致的聚合物变性。

## 》原料的选择

原料型号的选择对制品的最终性能和质量至关重要；原料的选择与制品的要求、结构相关。

PEEK原料选用原则如下：

(1)细粉状和颗粒状的PEEK原料都可用于模压成型。但颗粒料模压后，制件表面不但会存在明显的颗粒熔接痕而影响外观质量，还可能成为模压件中隐藏的力学薄弱点。

(2)选用的PEEK细粉料需粒度适中（常规150~300目），分布均匀。目数较大的PEEK堆积密度较小，不便于向模具内填料，特殊要求除外。

(3)结构复杂、壁厚较薄的制品应选择黏度小，流动性较好的型号的物料，可采用550PF或330PF系列产品；制品结构简单、壁厚较厚，可采用770PF系列产品。

(4)如在模压生产中采用复合料，首先须确保辅料的理化指标达到FD-PEEK加工工艺的要求及制品的性能要求。然后选用黏度小的原料型号，以确保复合后的物料黏度大小适于工艺。并采用合适的混合设备，务必混合均匀。

## 》工艺的设置

### • 前期准备

为了防止制件中产生气孔或气泡，需要对原料进行前期干燥处理，干燥条件见“前言及简介”中干燥章节。

### • 安放部件

将已清理干净的模具各部件的接触物料面涂抹上薄薄一层的脱模剂。然后进行正确组装，需确保各部件位置端正，以避免在压制过程中对模具发生损伤。

### • 填料与闭模

将毛坯件102%理论重量的原料填入模具空腔内，注意不要混入其他杂质。然后将模具压盖闭合，合模速度宜由快至慢，以防止腔体内形成瞬时高压，以利于排除气体和保护模具各部件。

### • 冷压（预压）

将准备就绪的模具置于液压机内，在10~30MPa的压力下将物料压实，然后松开，压实，再松开，反复加压和释压三次以上，压力逐渐提高。冷压过程不但能够排出模具中残留的气体，保证制品的性能和质量，还能缩短熔融时间（空气传热差）。

### • 熔融

将冷压后的模具置于高温烘箱内或开启外加热装置，对物料进行熔融加热，温度设定在380~400°C之间。具体的温度值和加热时间取决于物料的厚度（壁厚）和型号，如390°C下，770PF制成的、壁厚10mm的制件需加热1.5~2h。在熔融过程中，一定要有足够的熔融时间。

### • 热压（压铸）

将物料熔融完全的模具快速置于液压机内，进行热压。热压过程与冷压相似，但压力一般较小。待压制完成后，以最大压力直接进行10~30min的保压。

### • 冷却（固化）

保压完成后，待体系温度降至300°C以下，可将液压机压力释去。然后，自然冷却至150°C。

### • 脱模

待模具温度降至150°C以下，可进行脱模以取出毛坯产品。一般使用脱模架或脱模板帮助脱模。脱模动作宜缓慢进行，压力要小，否则可能会损坏制品或损伤模具。

## • 后期处理

根据模压件产品的尺寸要求，需要对毛坯件的内、外表面（可能会因脱模剂和脱模工具的影响而受污染）进行必要的机械加工。有时还需要进行热处理（韧化）以消除应力。具体方法参见第6章“制件后处理”章节。

# 5 PEEK——粉末静电喷涂

静电喷涂是把固体PEEK聚合物粉末传送到金属基体表面，喷涂厚度可达到2mm，通常用空气把精细粉末传送到静电喷枪的喷嘴处，在喷嘴和基体之间具有大的电位差，用于精细粉末的喷射导向。在涂覆之前，需对基体进行喷砂处理，并用适当的溶剂进行除油，以便进行聚合物粘合。PEEK粉末也至少在150°C烘箱中干燥3小时，然后通过手动或自动喷涂台将PEEK粉末喷涂在处理好的基材上。涂覆完成之后，制品放入380~400°C烘箱中使涂层熔融流平，然后从烘箱中移出并冷却。通过控制冷却速度，可控制涂层内的结晶化程度。对无定形涂层进行后期处理，可提高结晶度等级，方法是将制品在200°C的环境下放置30分钟。如果涂覆部件具有较大的热质量时，冷却速度会减慢，结晶度提高，可能导致涂层破裂。可使用冷空气流以适当的速度冷却涂层，控制结晶度等级。由于水淬可能导致热冲击，因此建议不要使用。



## 》喷涂前准备

### • 制件预处理

- (1)预除油：使用吸油纸或布人工擦拭去除表面大量的油污（如表面油污较少，无需此步骤）。
- (2)除油：使用除油液在一定的工艺温度及浸泡时间控制下彻底去除预涂覆制件表面的油污。
- (3)水洗：在水洗槽内用温水浸泡后使用高压温水进行冲洗，去除制件表面绝大部分除油液的残余。
- (4)酸洗：在酸洗槽内浸泡除锈，酸洗液浓度及温度要得到有效控制（对于锈蚀较重的制件需酸洗去除锈蚀，无锈蚀则无需(4)-(6)步骤）。
- (5)一次水洗：在水洗槽内进行温水浸泡，去除表面大部分酸洗液。
- (6)二次水洗：高压温水冲洗，去除剩余酸洗液。
- (7)烘干：利用120°C恒温烘箱加热干燥，干燥时间依制件的质量及截面积而定。可以去除制件表面及内部的水分（特别是铸造制件）。
- (8)喷砂：利用喷砂机对制件预涂覆表面进行喷砂（白刚玉60-80目；粗糙度达到SA2级）。

### • 原料准备

- (1)提料：提取所需物料，物料需无污染，各项指标合格；
- (2)干燥：利用恒温烘箱对粉末涂料进行干燥（150°C 3小时），对制件不涂覆部分进行保护。保证喷涂的涂层质量。

## 》喷涂步骤

### • 静电喷涂

依据静电喷涂机的操作程序对制件进行涂覆，确保涂层均匀且厚度适合，形成均匀一致的粉体涂料附着层。

### • 熔融流平

利用高温烘箱，在恒温控制下对涂覆制件进行加热（温度380~400°C），使涂覆层熔融流平，确保涂层形成致密均匀的防护层。

### • 涂层固化

对于个别热质量差别极大的制件进行冷风强制快速降温，尽量保证涂层颜色、性能等的一致性。

## 》后续处理

### • 检验

依据客户要求对涂层的各项指标进行检测，满足客户要求；  
设备或工具：相应的检验设备（厚度仪、电火花仪、色度仪、百格刀等）；

### • 包装

对涂覆合格的制件进行涂层保护包装，交付客户。设备或工具：防磕碰包装材料。

# 6 制件后处理

以PEEK聚合物和复合物成型的产品适用于多种后续处理工艺，如机械加工、粘合、着色和表面金属化等。

## » 机械加工

以下是针对FD-PEEK材质工件进行机械加工的加工指南，基于材料特性和最佳实践，从材料特性、装夹方法、刀具钻头材质、切削参数、加工工艺、材料变形和去应力等方面进行详细分析。

FD-PEEK是一种高性能工程塑料，具有优异的综合性能，但在机械加工中易发生变形，需严格控制材料处理和工艺参数以确保工件质量。

### • 材料特性分析

FD-PEEK是半结晶性热塑性工程塑料，其特性直接影响加工过程和结果：

高温性能：熔点约343°C，连续使用温度可达250°C。

机械性能：高拉伸强度、耐磨性和自润滑性，适合高负荷应用，但热膨胀系数大，加工时易产生热应力。

化学稳定性：耐化学腐蚀和辐射，在油、酸、碱环境下稳定。

影响因素：由于结晶度依赖加热过程，加工参数需精确控制以避免应力变形。

### • 装夹方法

装夹不当会导致工件变形或损坏，需采用低应力、均匀支持方式：

专用夹具设计：优先选用定制工装夹具（如真空吸盘或柔性夹持系统），避免直接压板夹紧，以减少受力点压力和局部变形。

装夹原则：轻力夹持，确保工件均匀受力；薄板件装夹时加入缓冲材料（如橡胶垫），防止划伤和应力集中。

位置优化：固定点在工件刚性较强区域，非边缘或薄壁部位；动态装夹（如加工中心旋转夹具）适于复杂几何形状。

方法	适用场景	控制要点
真空吸盘	薄板 / 精密平面工件	吸力 $\geq 0.08\text{MPa}$ ，边缘加硅胶密封条
软爪卡盘	轴类 / 回转体工件	夹持力 $\leq 5\text{N/mm}^2$ ，避免塑性变形
仿形夹具	异形结构件	仿形工装匹配工件轮廓
胶粘	少量特殊外形	注意胶水粘接力和用量和清除难度

### • 所用刀具钻头材质

选择高硬度和耐磨材质，减少刀具磨损和热影响：

刀具材质：推荐硬质合金或PCD（聚晶金刚石）刀具，后者更耐磨且寿命长；涂层的刀具（如TiN涂层）可减少摩擦。

钻头材质：使用PCD或硬质合金钻头，保证锋利刃口；高速钢钻头易磨损，不适用于连续加工。

几何参数：选用锋利主偏角和正前角刀具（主偏角10-15°），降低切削阻力；钻头顶角118°~135°，螺旋角30°（排屑流畅）。

## • 切削参数优化

控制切削参数是防止变形和提升表面质量的关键，需结合实际工况调整：

工序	速度vc(m/min)	进给f(mm/r)	切深ap(mm)
粗加工	80-110	0.15-0.20	≤1.5
半精加工	120-150	0.08-0.12	≤0.8
精加工	180-220	0.03-0.06	≤0.3
<b>黄金法则：碳纤增强PEEK- 速度↓20%,进给↓30%</b>			

以上参数仅供参考，实际加工中要结合机床材质、刀具、工件外形特征等因素综合考量。

冷却方法：冷却液优先选用中性水基溶液（禁用强酸/碱性冷却剂），减少温升；避免油性冷却液以防化学反应。冷却速率适中，冷却液流量控制在高位但不致材料骤冷。加工后及时擦净冷却液。

## • 加工工艺细节

**预处理步骤：**材料干燥后，进行退火处理释放内部应力；模具和设备清洁无杂质。

**加工步骤：**粗→半精→精三阶段：

粗加工留余量0.3-0.5mm→半精消除变形→精加工至公差。

**对称加工法：**交替加工对称面（如左→右→左循环）。

**分层切削：**切深分多次阶梯递减切削深度加工。

**加工环境温度：**对于尺寸精度要求较高工件要在恒温车间进行加工。

## • 材料变形和去应力策略

变形源于内部应力和机械应力，重点在预防与修正。

变形原因：热膨胀、冷却不均、切削热积聚会引起翘曲；夹紧力不均加重形变。

预防措施：(1)加工前退火释放原始应力。(2)优化冷却系统，确保散热均匀。(3)分步加工策略，先粗后精，避免单次切除过量材料，中间利用时效去应力。

去应力方法：若已变形，进行二次退火或时效处理，辅以机械校正（如压力整形），但须避免过度处理。

## 》 原型性能

原型组件是一系列特定应用条件下评测材料性能的最佳方法。不过，机械加工组件的物理性能与看起来完全相同的注射成型组件间也有细微的差别，这是由模制过程固有的物理特性造成的，包括表面/内部效应和纤维取向。

## 》 韧化处理

以PEEK聚合物制造的组件可以进行热处理，以增强结晶度、消除热残留、限制其后在高温下的尺寸改变，或是消除应力，以上称为“韧化处理”。热处理的适当程序取决于加工的目的。

## 》 最佳结晶度的热处理概述

如果组件出现褐色的非晶态表面或需要较高的强度和耐化学腐蚀性能，那么便需要增强组件的结晶度（也可以通过提高模具温度来消除非晶态）。

- 组件最少在150°C下干燥3小时。
- 以每小时10°C的速度提升组件温度，直到平衡温度达到200°C。
- 组件的停留时间取决于组件的厚度，建议热处理温度至少保持4小时。
- 以每小时10°C的速度降温，直到系统温度降到140°C以下。
- 关闭烘箱电源，使组件冷却至室温。

## 》消除应力的热处理概述

注射成型或机械加工操作会增加组件应力，导致设备的物理性能降低，可以用如上所述的方法，在温度250°C下对样品进行韧化，以消除这些应力。

## 》消除热残留和收缩的热处理概述

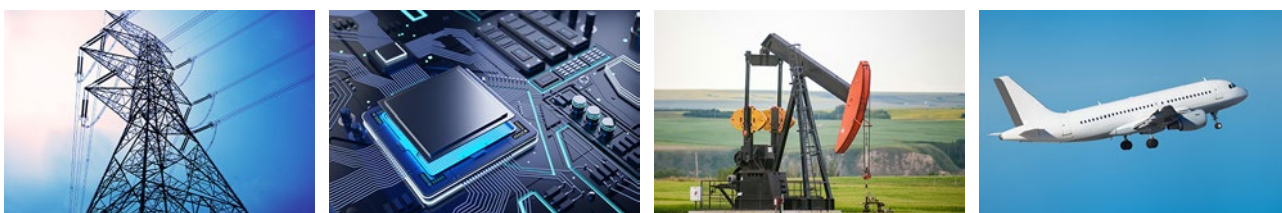
对于某些应用，材料在宽泛的温度范围内保持尺寸稳定的能力极为重要，可以通过对组件进行热处理来消除变形效应或热残留。

- (a) 组件最少在150°C下干燥3小时。
- (b) 以每小时10°C的速度提升组件温度，直到平衡温度达到200°C。
- (c) 组件的停留时间取决于组件的厚度，建议热处理温度至少保持4小时。
- (d) 以每小时10°C的速度降温，直到系统温度降到140°C以下。
- (e) 关闭烘箱电源，使组件冷却至室温。

# 7 环境相容性与安全性

中研公司产品型号众多，被广泛应用于航空航天、汽车、船舶、工业及能源等众多领域，这些应用场景要求符合相关国际行业标准认证。我公司材料符合多项重要国际认证标准。

已经通过了UL 94V-0等级注册、欧盟REACH认证、RoHS、SVHC候选物质测试；部分型号做了相关法规相关部分测试，通过了美国有毒物质控制法案(TSCA)检测，PFAS 检测、欧盟持久性有机污染物POPs法规（具体产品型号可咨询中研公司）。



# 8 产品认证

## 食品

### FDA

公司产品符合FDA条例21CFR 177.2415-2013的制造和测试要求，可以用于接触食品的应用。中研股份并不担保在后续加工阶段加入了其他物质的最终材料也符合该条例要求。最终使用者和加工商应注意，确保接触食品的产品符合FDA21CFR 177.2415-2013条例的提取限制要求，是这些食品接触产品制造商的责任。（具体型号可咨询中研公司）

## 电子电气

### RoHS

公司产品在测试镉、铅、汞、六价铬、多溴联苯、多溴二苯醚、邻苯二甲酸酯、邻苯二甲酸二（2-乙基己基）酯和邻苯二甲酸二异丁酯的测试结果表明以上物质在FD-PEEK中均未析出，符合欧盟ROHS指令2011/65/EU附录II的修正指令（EU）2015/83的限值要求。（具体型号可咨询中研公司）

## 欧盟准入

### REACH-SVHC

公司产品已通过REACH-SVHC认证。（具体型号可咨询中研公司）

## 易燃性等级

### UL94V-0

公司产品1.5mm及3mm厚度达到V-0级。（具体型号可咨询中研公司）

免责声明：本指南所阐述的封端聚醚醚酮（FD-PEEK）加工方法为典型而非通用的加工方法指南，客户应结合各自的实际情况和需要进行参考适用，客户有义务对指南内容的可靠性进行验证，该指南不作为中研股份对客户进行封端聚醚醚酮（FD-PEEK）加工方法可靠性或其他法律责任的保证或担保，中研股份享有对该指南内容进行修改和最终的解释权。



因为专注 所以专业  
FOCUS AND PROFESSION

服务热线：400 186 1177

传 真：+86(0431)89625599

公司邮箱：sales@zypeek.cn

公司网址：www.zypeek.cn

公司地址：吉林省长春市绿园经济开发区中研路 1177 号（邮编：130113）



中研微信视频号