

SABIC  
Innovative  
Plastics™

سابك  
sabic

Ultem® PEI树脂



沙伯基础创新塑料  
热塑性工程塑料  
产品指南

共享未来





简介	4
应用	5
餐具/公共饮食业	6
医疗	6
飞机	7
汽车	7
汽车照明	8
电信, 模制	
互连器件 (MID)	8
电气和照明	9
HVAC/流体输送	9
产品选择	10
产品描述	10
Ultem® 1000树脂系列基础聚合物	10
Ultem 2000树脂系列	10
Ultem 3000树脂系列	10
Ultem 4000树脂系列	10
Ultem CRS 5000树脂系列	10
Ultem 6000树脂系列	10
Ultem 7000树脂系列	10
Ultem 9000树脂系列	10
Ultem ATX树脂系列	
(聚醚酰亚胺/聚碳酸酯混合物)	10
选择树	10
热性能-抗冲击性-流动性比较	15
热性能-模量-流动性比较	16
性能	17
热学性能	17
阻燃性	18
机械性能	19
电学性能	22
环境耐受能力	26
设计	31
加工	32
材料	32
模具设计	33
设备	34
模塑条件	36
二次加工	41
焊接	41
胶粘剂	41
机械装配	41
喷漆	42
金属化	42

## 简介

Ultem®聚醚酰亚胺树脂(PEI)是一种无定形高性能聚合物，具有出色的耐热性、良好的耐化学腐蚀性、天然的阻燃性和极佳尺寸稳定性。

基础聚合物Ultem 1000树脂呈透明的琥珀色，是通过缩聚制成的，它的化学结构如下

- 很高的长期耐热能力，玻璃态转变温度(Tg)为217°C，HDT/Ae为190°C，相对热量指数(RTI)为170°C

- 天然的阻燃性，并且发烟量低，符合ABD、FAR和NBS要求

- 极佳的尺寸稳定性（蠕变敏感度低，热膨胀系数低且均匀）

- 高温下具有极高的强度和模量

- 对多种化学物质具有良好的抗腐蚀能力，如汽车流体、全卤化碳氢化合物、酒精和水溶液

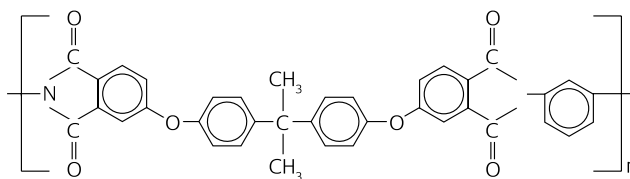
- 在较宽的温度和频率范围内具有稳定的介电常数和耗散因数

- 具有对可见光、红外线和微波的穿透性

- 符合FDA、EU、美国食品接触规定和USP VI类

- 在传统的成型设备上有出色的加工性能

基础聚合物Ultem 1000树脂呈透明的琥珀色，是通过缩聚制成的，它的化学结构如下



### Ultem Polyetherimide resins



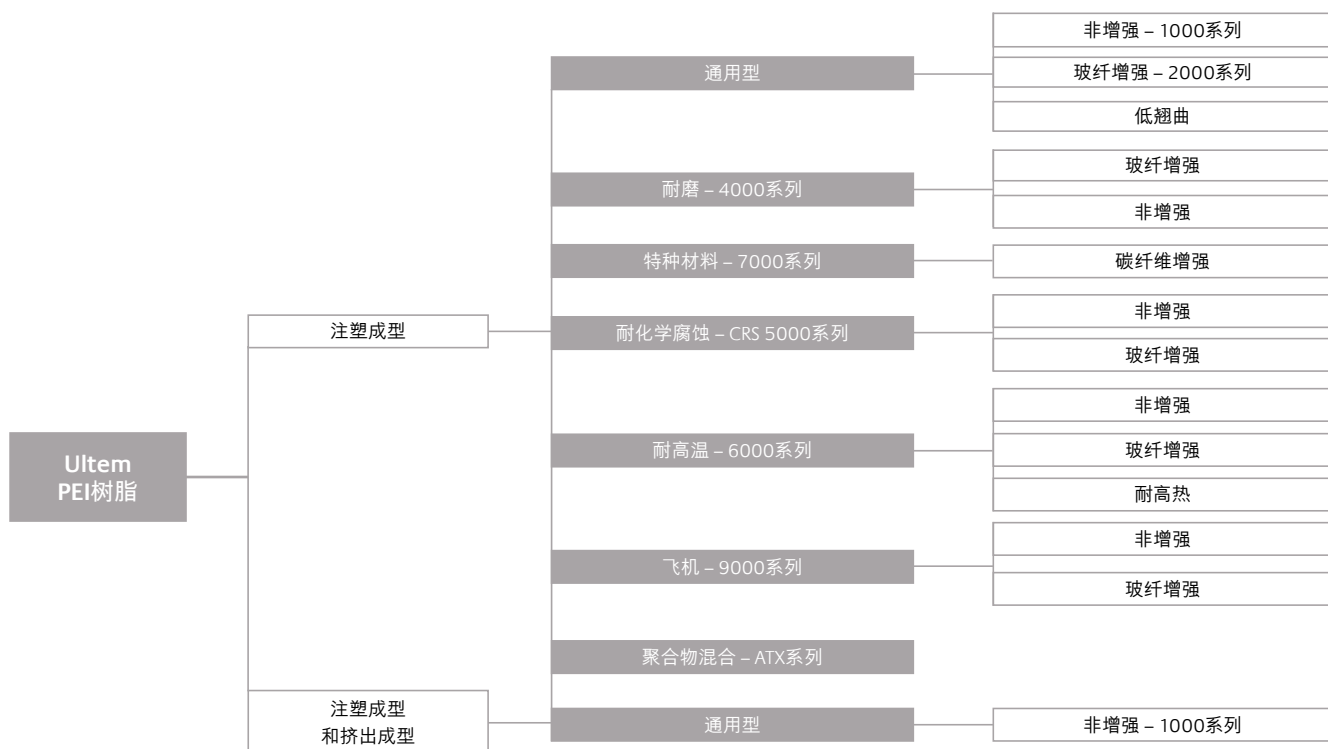
PEI



PEI+PCE



PEI+SI



餐具/公共饮食业

医疗

飞机

汽车

汽车照明

电信，模制连接器件(MID)

电气和照明

HVAC/流体输送



### 2.1 餐具/公共饮食业

由于具有高性能和设计灵活性，Ultem®树脂可以广泛用于各种高质量、可重复使用的食品服务行业，使用完后，可将其回收。这些应用的例子有餐盘、汤碗、蒸盆或份数盘、钟形罩、微波碗、烤箱器皿、烹饪用具和可重复使用的飞机餐具等。

餐具和公共饮食业使用的Ultem树脂具有以下特性

- 在干烤箱中可耐到200 °C 高温
- 出色的红外线和微波透过性，可快速重新加热食物
- 在组合蒸锅和热接触加热器中再加热
- 在加入清洁剂洗碗机中使用1000个周期后仍能够保持性能不变
- 出色的抗着色性能，即使是染色力最强的东西（例如调味番茄酱、胡萝卜和烤肉调味酱）也奈之何
- 符合美国食品及药物管理局（FDA）、欧盟和美国国家食物接触规定
- 耐受大多数烹调油和油脂
- 长时间水解稳定性
- 实际抗冲击性能（从零度以下到200°C）
- 不烫手（用Ultem树脂制成的盘加热后可轻松用手拿起）
- Ultem ATX树脂系列具有出色的抗冲击性能和中等热学性能
- Ultem树脂系列具有出色的抗冲击性能以及与Ultem 1000树脂相近的热学性能

### 2.2 医疗

Ultem树脂可为可重复使用的医疗设备（如消毒盒、活栓、牙科设备和吸液管）提供增值性能。

Ultem树脂之所以是医疗应用的合适选择，是因为

- 完全符合ISO10993、FDA和USP Class VI类标准
- 可经受各种消毒方法，如EtO气体、γ 辐射、高温高压灭菌和干热消毒
- 出色的耐化学腐蚀性，可耐大多数油脂、洗涤剂 and 消毒剂的腐蚀
- Ultem 1000E树脂透明具有较低的残余应力和更高的韧性



Goodrich Hella宇航照明公司使用Ultem树脂制作新的客服组件

### 2.3 飞机

具有天然阻燃性的Ultem®树脂产品系列广泛用于飞机制造业，如空气阀和燃油阀、餐盘容器、方向盘、内部镀层部件和结构(半结构)配件。

之所以选择Ultem树脂，是因为

- Ultem 9000树脂系列完全符合飞机制造业关于飞机内部件规范，包括ABD 0031、FAR 25.853、OSU 65/65热释放测试和NBS烟密度测试规范
- Ultem 1000, 2000, CRS 5000, 6000和7000树脂系列符合飞机制造业的ABD 0031、FAR 25.853、OSU 100/100等热释放测试和NBS烟密度测试规范
- 极低的发烟量和毒气释放，使它适合用于生产飞机内部的部件
- 具有耐化学腐蚀性，可耐大多数燃料和液体
- 具有极佳的加工性能和非常好的部件复制性
- 与Ultem 1000树脂相比，Ultem CRS 5000树脂系列具有更好的耐飞机液压油（如Skydrol）的能力
- 由于Ultem树脂是热型性复合材料,使得它在加工时,比传统复合材料的产率更高
- Ultem树脂生产的Ultem蜂窝板，坚韧而质轻

### 2.4 汽车

Ultem树脂可为汽车制造商提供高性能、低成本的金属替代品其坚固性足以在某些应用中替代钢铁；其质轻性足以在某些应用中替代铝。

在诸如传动组件、节流组件、点火组件、传感器和恒温器壳件等的应用中，Ultem树脂具有以下性能

- 耐高温达200°C，相对热量指数(RTI)为170°C
- 耐化学腐蚀，可耐大多数汽车燃料、液体和油的腐蚀
- 极佳的尺寸稳定性（蠕变敏感度低，热膨胀系数低且均匀）
- 极高的扭曲强度和扭矩保持力
- 极佳的加工能力，成型公差非常小
- 无需二次加工，如机械加工和阳极电镀



### 2.5 汽车照明

Ultem®树脂产品系列尤其适用于高温环境，例如汽车车灯。

典型的应用有前灯反射镜、雾灯反射镜、聚光圈和电灯泡底座，因为Ultem树脂在这些应用中具有以下性能

- 高耐热能力，可耐高达 200°C 的温度，相对热量指数为 170°C
- 可直接金属化，不需要底漆
- 与传统热固材料相比具有更低的系统成本
- 具有设计和加工灵活性，是反射镜自由设计的典范
- 对于多零件组合的装配和调节器件，具有很好的集成能力
- 红外线穿透使得材料易于散热
- 与传统的热固性材料相比，由Ultem树脂制成的反射镜质轻、壁薄，大大降低部件重量
- 极佳的尺寸稳定性（蠕变敏感度低，热膨胀系数低且均匀）
- Ultem树脂比“传统”材料更易回收使用
- Ultem 1010M 在电镀反射镜应用中具有良好的加工性能

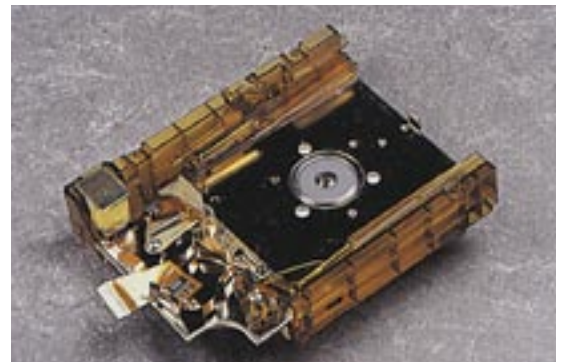


### 2.6 电信，模制连接器(MID)

独有的电镀能力使Ultem树脂成了电信和MID应用的理想材料。Ultem树脂在以下几种应用中将电学性能与注射模塑三维机械组件的优点结合在了一起：电控装置、计算机组件、手机内置天线、射频双工机或微型滤波器和光纤连接器。

Ultem树脂具有以下性能

- 独特的电镀性能及化学粘结性
- 能够提供较高的工作效率（提高产率）和易组合性能（易于装配）
- 高耐热能力，可耐高达200°C的温度
- 在很大的温度范围（零度以下到 200°C）和频率范围(1 Hz - 1010-Hz)内具有稳定的介电常数和耗散因数
- 极佳的尺寸稳定性（蠕变敏感度低，热膨胀系数低且均匀）
- 稳定的加工性能，因而器件可重复加工
- 与常见的Ultem增强材料相比，EPR牌具有更高的流动性能和高好的电镀性



## 2.7 电气和照明

从连接器到反射镜，Ultem®树脂对于当今各种要求苛刻的电气和照明应用都是理想的选择。

在这些领域，Ultem具有以下性能

- 可耐受高达200°C的温度，相对热量指数为170°C；可经受125°C的球压测试
- 极佳的尺寸稳定性（蠕变敏感度低，热膨胀系数低且均匀）
- 符合 UL 文件 E75735 要求，可用作电压高达600伏的变压器和电动机的绝缘材料
- 天然的阻燃性
- 通过了960°C下的灼热导线测试(1-3.2 mm)
- 吸水率低
- Ultem牌号F0和F1类符合法国运输标准NF F 16-101
- 适用于二向色涂层，无需为反射镜涂底漆
- Ultem 6000树脂系列用于生产耐高温连接器

## 2.8 HVAC/流体输送

如果应用环境中同时存在高热和流体，Ultem树脂可提供理想的性能平衡。

对于抽水机叶轮、膨胀阀、热水池和热交换系统之类的应用，之所以选择Ultem树脂，是因为它具有以下性能

- 长期耐热能力，相对热量指数为170°C
- 焊接线强度高适用于在高温和动态高压应用
- 经认证最高可耐受90°C的饮用水（KTW认证）
- 热水条件下出色的机械性能
- 优良的水解稳定性
- 极佳的尺寸稳定性（蠕变敏感度低，热膨胀系数低且均匀）



## 3.1 产品描述

### 3.1.1 Ultem® 1000树脂系列基础聚合物

- 通用型
- 非增强型
- 符合食品接触标准
- 符合USP VI类标准
- 有低粘度牌号
- 挤出级和注塑级

### 3.1.2 Ultem 2000树脂系列

- 玻纤增强
- 比Ultem 1000树脂硬度更高
- 比Ultem 1000树脂具有更高的尺寸稳定性
- 有低粘度牌号
- EPR系列的电镀附着性是标准Ultem2000增强型的四倍，流动性提高30%

### 3.1.3 Ultem 3000树脂系列

- 玻纤和矿物填充
- 高强度
- 比Ultem 2000系列具有更好的尺寸稳定性

### 3.1.4 Ultem 4000树脂系列

- 耐磨性
- 更低的摩擦系数
- 非增强级和玻纤增强级

### 3.1.5 Ultem CRS 5000树脂系列

- 比Ultem 1000树脂具有更好的耐化学腐蚀性
- 比Ultem 1000树脂具有更好的耐受飞机液压油性能
- 非增强级和玻纤增强级

### 3.1.6 Ultem 6000树脂系列

- 在所有Ultem树脂牌号中耐热性最好

### 3.1.7 Ultem 7000树脂系列

- 碳纤维增强
- 极佳的强度重量比
- 在所有的Ultem树脂牌号中模量最高

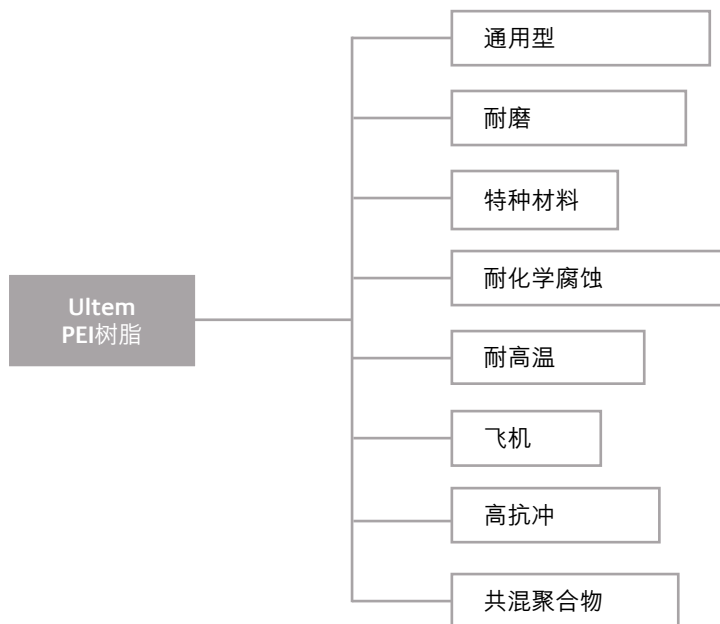
### 3.1.8 Ultem 9000树脂系列

- 符合飞机制造业规定(ABD、FAR、OSU和NBS)
- 交货时附带各自的批量认证
- 非增强级和玻纤增强级
- 挤出级和注塑级

### 3.1.9 Ultem ATX树脂系列（聚醚酰亚胺/聚碳酸酯混合物）

- 中等耐热性
- 其它性能与Ultem 1000可相比
- 抗冲击性比Ultem 1000高
- 流动性比Ultem 1000树脂好
- 可直接金属化，不需要底漆
- 可提供符合食品接触标准的牌号

## 3.2 选择树



牌号	热性能•冲击性•模量 阻燃性•流动性
牌号	除非另有说明，否则全部是注塑成型牌号
(R)	标准脱模，不透明，非食物接触
(M)	优化的脱模性，用于金属电镀的反射镜
(F)	食物接触
(E)	易脱模，透明
(P)	粉末
(EPR)	增强的电镀性能，含脱模剂
(Std.)	标准
(HF)	高流动性
(S)	特殊过滤
(X)	低离子析出
耐热性	HDT/Ae，单位是°C (ISO 75)
抗冲击强度	23°C下缺口Izod冲击，单位是kJ/m <sup>2</sup> (ISO 180/1A)
抗冲击强度	23°C下无缺口冲击，单位是kJ/m <sup>2</sup> (ISO 180/1U)
模量	弯曲强度，单位为MPa (ISO 178)
阻燃性	以mm厚度标识(UL94)
流动性	MVR，360°C/5.00kg下，单位是cm <sup>3</sup> /10min (ISO1133)
流动性	MVR，320°C/2.16kg下，单位是cm <sup>3</sup> /10min (ISO1133)
n.t.	未经测试

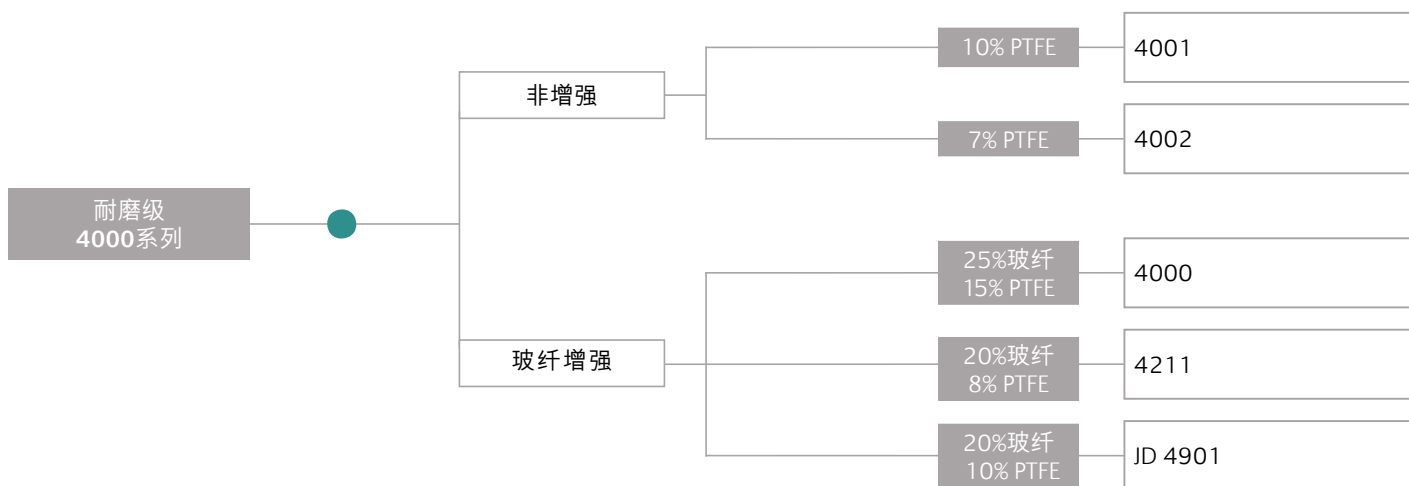
Ultem® PEI 树脂 › 通用型 | 耐磨 | 特种材料 | | 耐化学腐蚀  
| 耐高温 | 飞机 | 高抗冲击性 | 共混聚合物



见 15 页和 16 页图

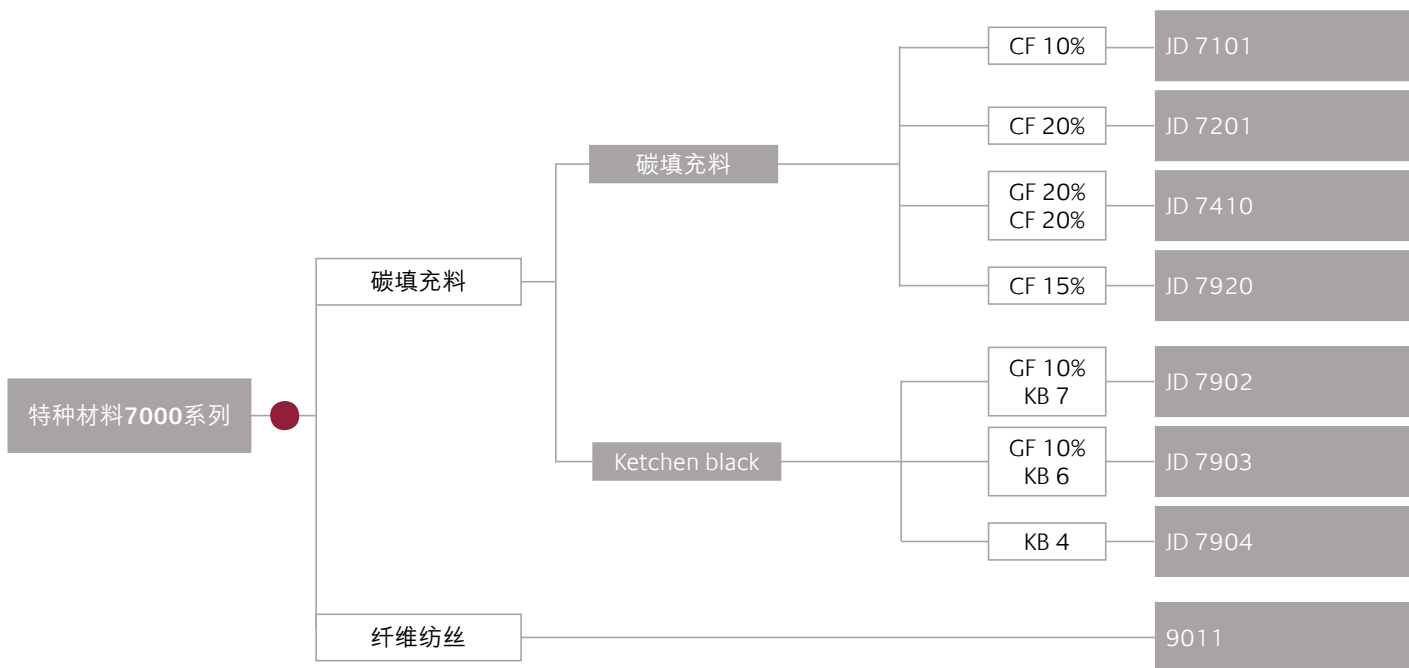
### 3 产品选择

Ultem® PEI 树脂，通用型 | 耐磨 | 特种材料 | 耐化学腐蚀  
| 耐高温 | 飞机 | 高抗冲击性 | 共混聚合物



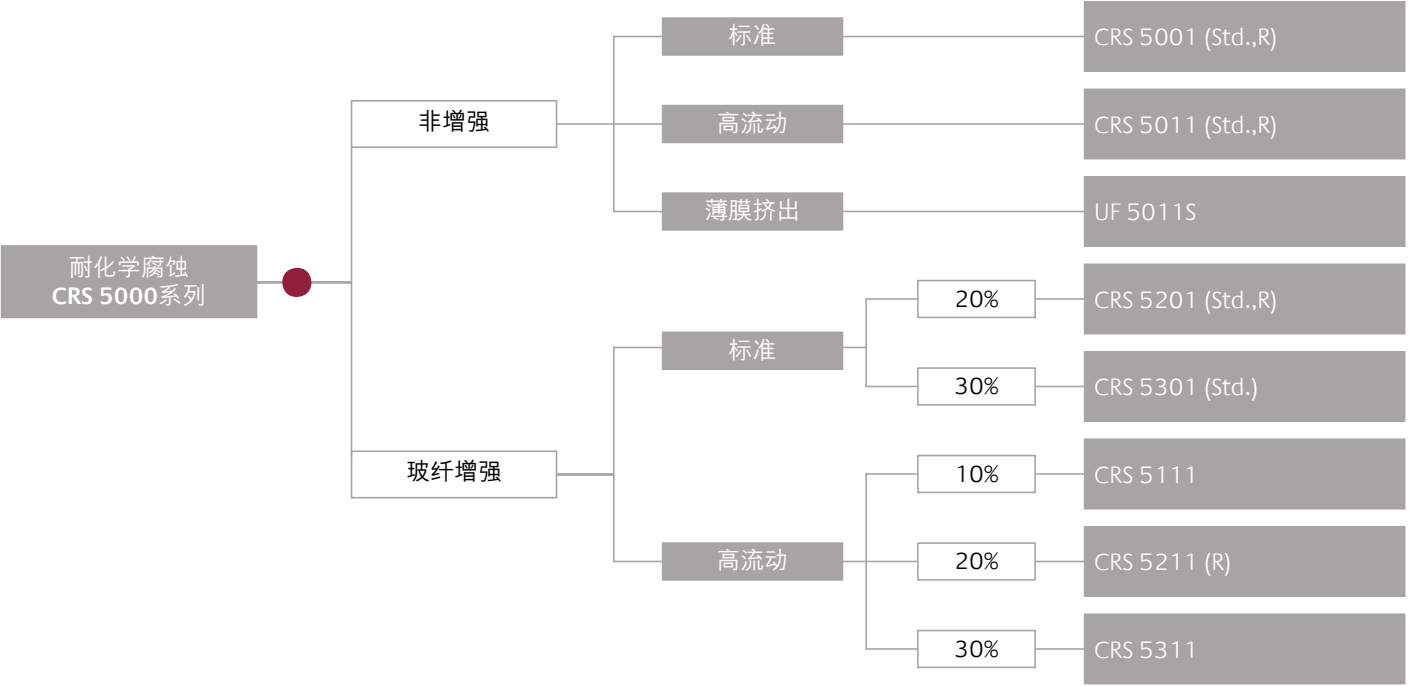
见15页和16页图

Ultem® PEI 树脂，通用型 | 耐磨 | 特种材料 | 耐化学腐蚀  
| 耐高温 | 飞机 | 高抗冲击性 | 共混聚合物



见15页和16页图

Ultem® PEI 树脂 › 通用型 | 耐磨 | 特种材料 | 耐化学腐蚀  
| 耐高温 | 飞机 | 高抗冲击性 | 共混聚合物



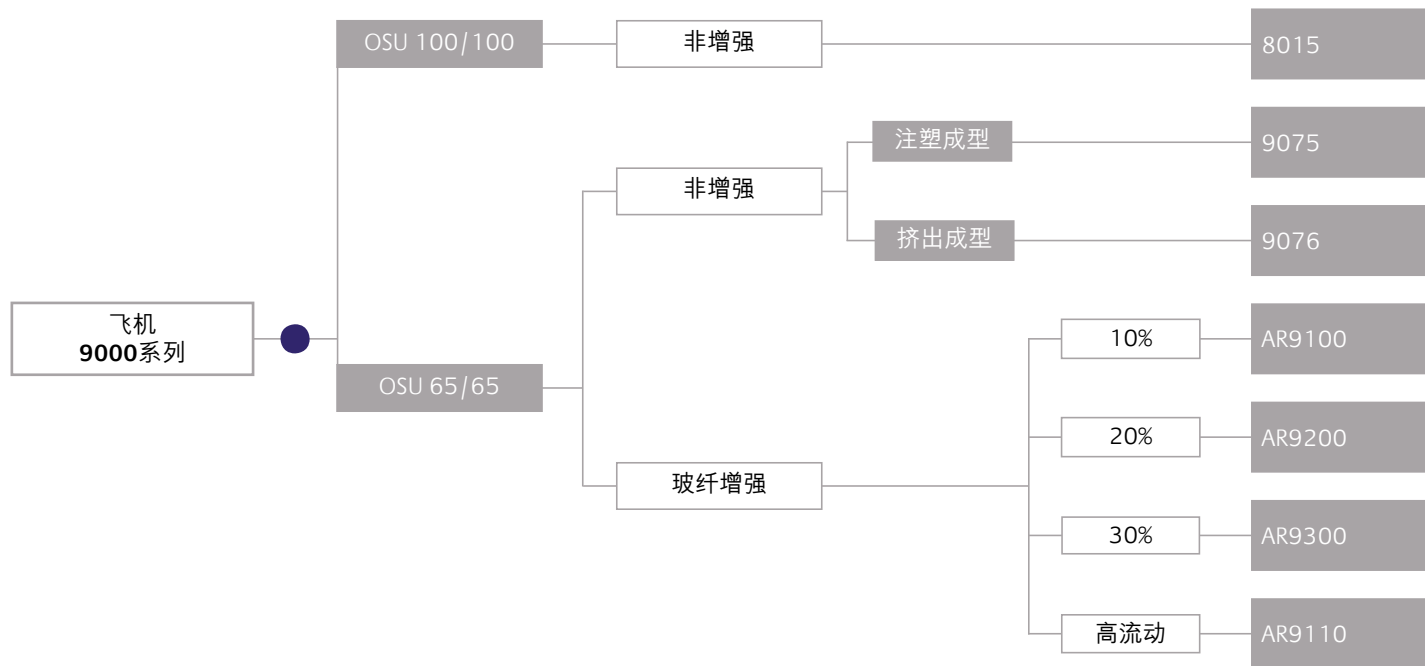
见 15 页和 16 页图

Ultem® PEI 树脂 › 通用型 | 耐磨 | 特种材料 | 耐化学腐蚀  
| 耐高温 | 飞机 | 高抗冲击性 | 共混聚合物



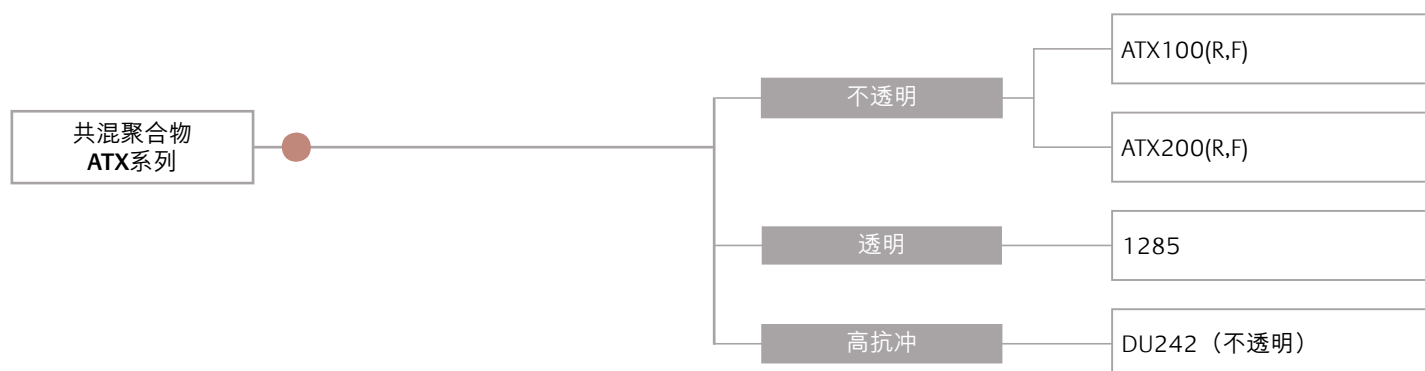
### 3 产品选择

Ultem® PEI 树脂，通用型 | 耐磨 | 特种材料 | 耐化学腐蚀  
| 耐高温 | 飞机 | 高抗冲击性 | 共混聚合物

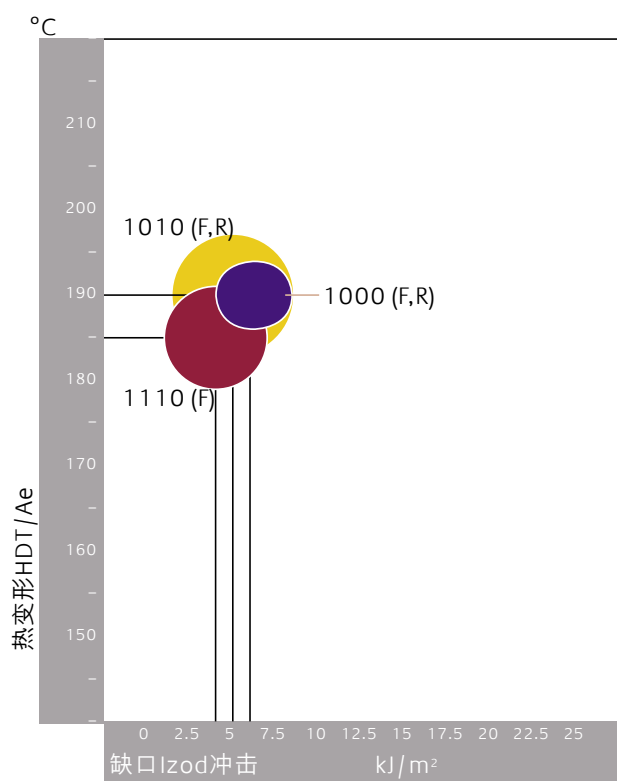


见15页和16页图

Ultem PEI 树脂，通用型 | 耐磨 | 特种材料 | 耐化学腐蚀  
| 耐高温 | 飞机 | 高抗冲击性 | 共混聚合物



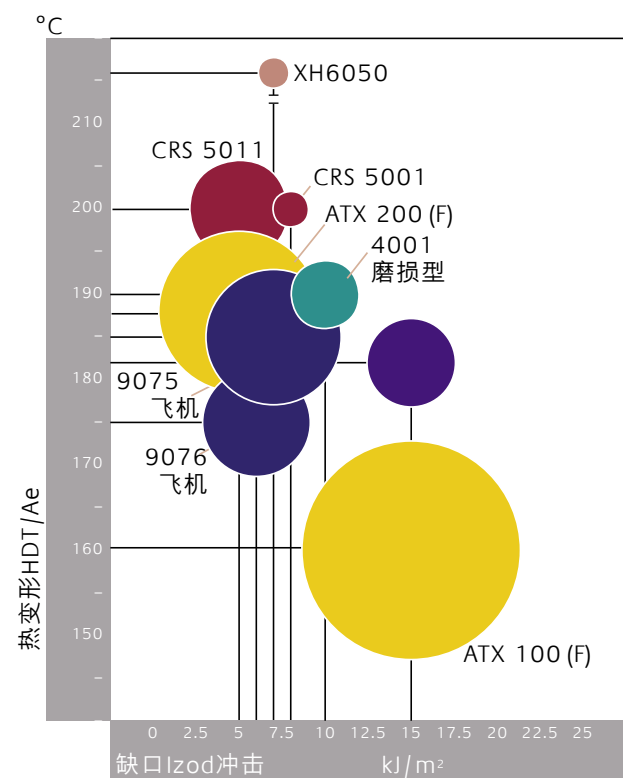
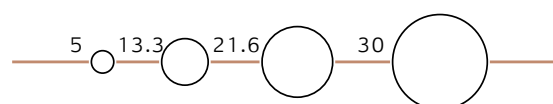
### 3.3热变形-抗冲击-流动性比较



### Ultem\*非增强树脂通用型

- 标准
- 易流动
- 高颜料添加

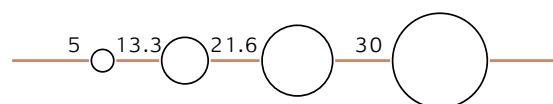
熔体体积流动速率cm³/10 min



### Ultem非增强树脂非通用型

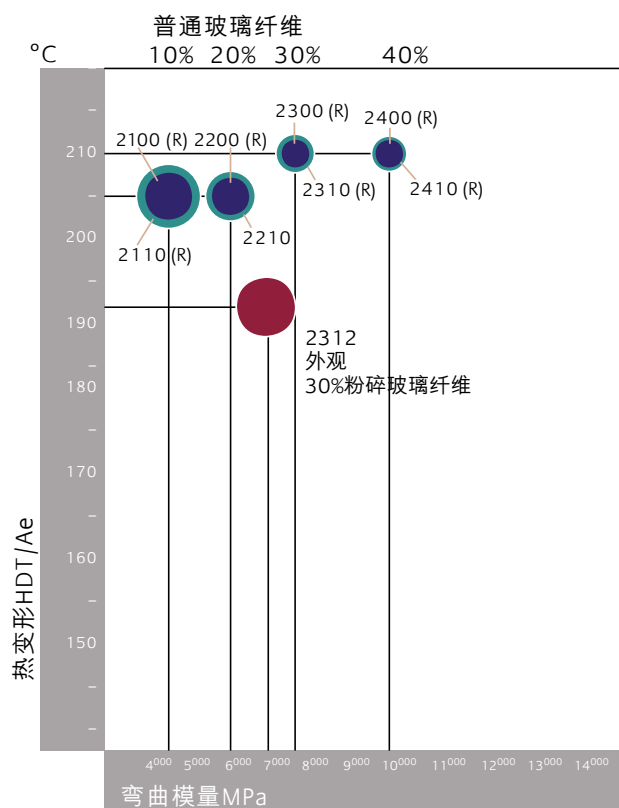
- 耐磨
- 耐化学腐蚀
- 特种材料
- 飞机
- 高抗冲
- 共混聚合物

熔体体积流动速率cm³/10 min



### 3热变形-弯曲模量

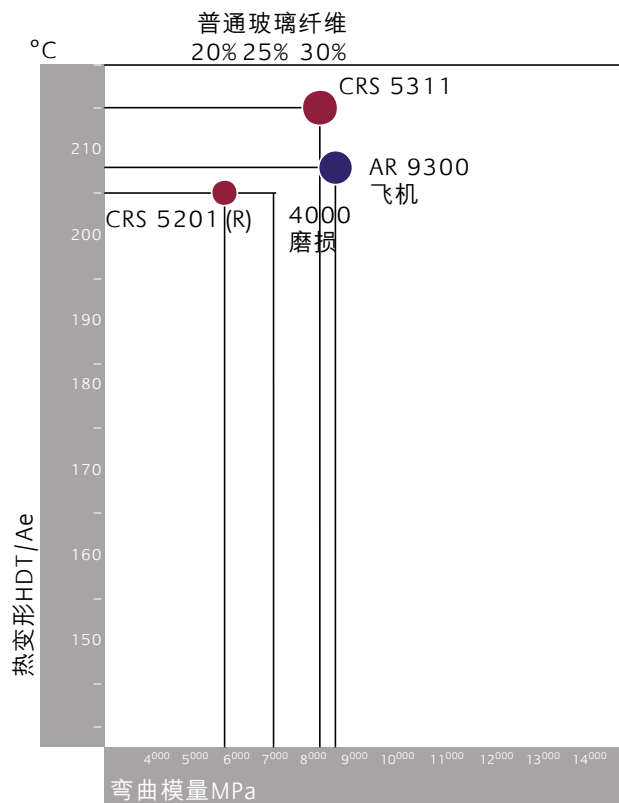
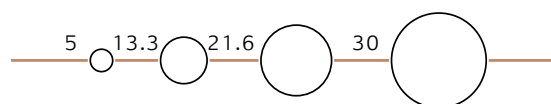
#### 3.4热变形-弯曲模量



#### Ultem\*增强树脂通用型

- 标准
- 易流动
- 粉碎玻璃纤维

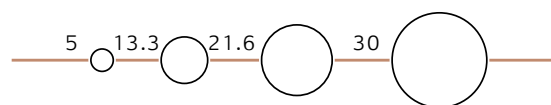
熔体体积流动速率 $\text{cm}^3/10\text{ min}$



#### Ultem增强树脂非通用型

- 耐磨
- 耐化学腐蚀
- 飞机

熔体体积流动速率 $\text{cm}^3/10\text{ min}$



## 4性能

### 4.1热性能

Ultem®树脂的一个突出性能是能够经受长时间的高温考验。加上耐高温性能，加上出色的阻燃性以及UL实验室的认证，使Ultem树脂符合了高温应用的苛刻要求。

#### 热变形温度和持续使用等级

作为对内在热稳定性的肯定，UL根据UL746B测试，结果显示Ultem 1000树脂基础聚合物相对热量指数(RTI) 170°C。聚合物的玻璃态转变温度(Tg) 217°C，加上高热变形温度(HDT/Ae 1.80 MPa) 190°C，使其在高温下具有出色的物理性能保持性。

#### 仅限典型值

对于任何情况，我们强烈建议在最终使用工作条件下对这类应用进行广泛的测试。最终生产商负责提供实际性能和对最终使用测试结果进行解释。

图4-1

#### Ultem 1000树脂的热变形温度VS.应力曲线

图4-1显示了Ultem树脂随着应力的增加保持此高热变形温度的能力，这是设计工程师需要考虑的一个重要事项。

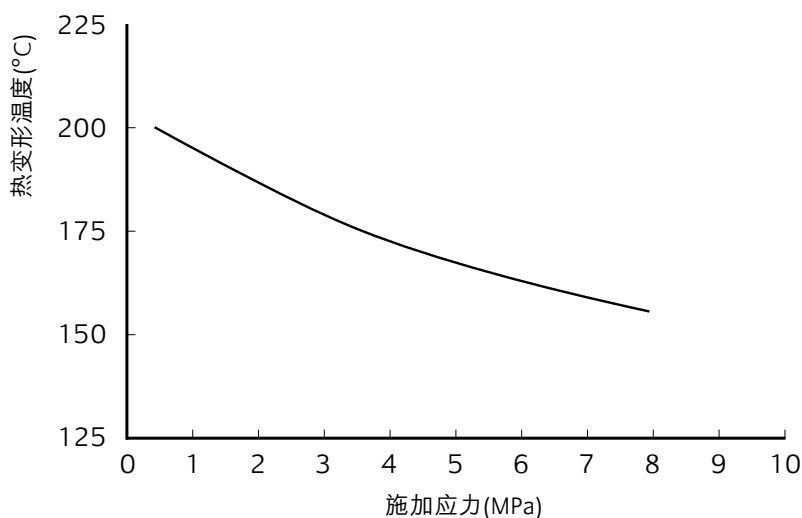


图4-2比较了Ultem® 1000树脂和其他高性能工程热塑性塑料的高热变形温度。

#### 热膨胀系数

另一个重要的设计考虑因素是材料的热膨胀性能在塑料部件与金属部件组合使用或塑料部件中有金属插入物的应用中尤其重要。表4-1列出了Ultem树脂牌号系列的热膨胀系数，并展示了与几种金属匹配的能力。

#### 4.2阻燃性

##### 阻燃

Ultem树脂无需使用添加剂。即具有极佳的阻燃性，例如根据UL94，Ultem 1000树脂在0.41 mm时的阻燃性等级为V0，在1.6 mm时为5VA。

另外，如图4-3所示，它的极限氧气指数为47，是所有常用的工程热塑性塑料中最高的。

图4-2

(HDT/Ae 1.80 MPa)

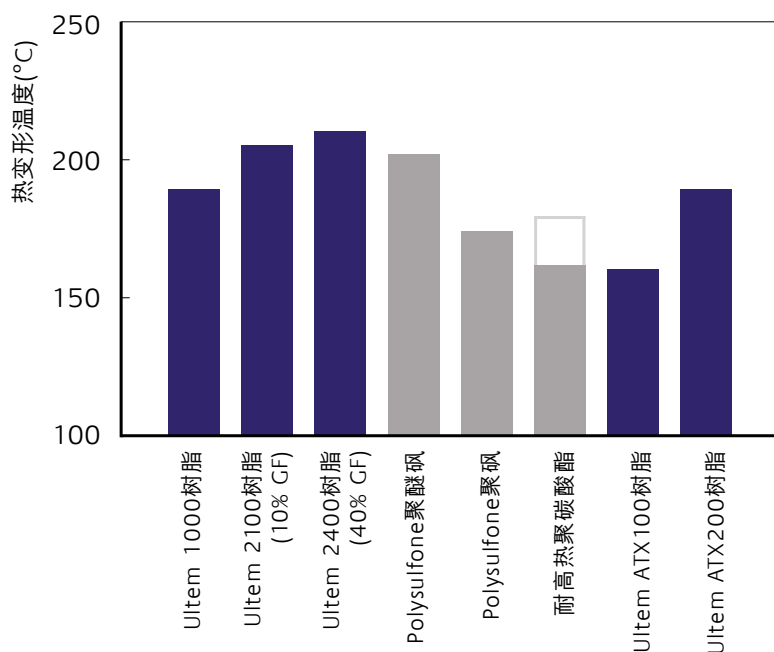


图4-3

氧气指数

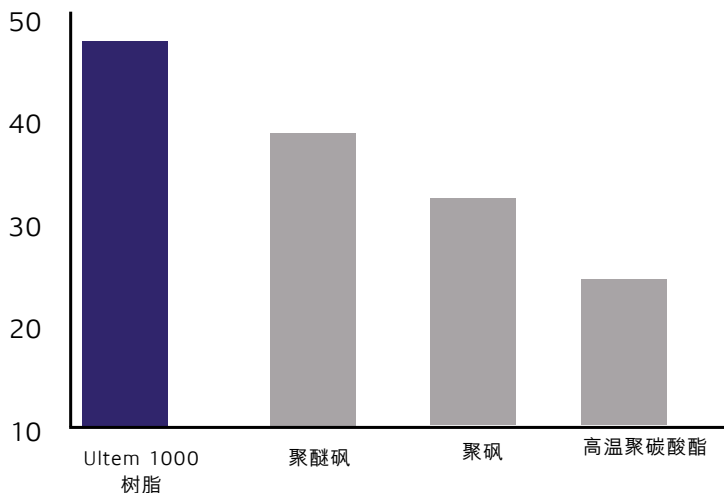


表4-1

线性热膨胀系数

材料	流动方向 (10 <sup>-5</sup> /°C)	横向流动 (10 <sup>-5</sup> /°C)
Ultem 1000树脂	5	5
Ultem 2100树脂	2.6	6
Ultem 2200树脂	2.5	6
Ultem 2300树脂	2	6
Ultem 2312树脂	2.3	2.7
Ultem 2400树脂	1.5	4.5
聚砜	5.6	
聚砜10% GF	3.6	
耐高热聚碳酸酯	7.5	
铜	1.6-1.8	
锌	2.7	
铝	2.2	
钢	1.2-1.5	

燃烧特性

确定聚合材料相对安全性的一个关键因素是着火时产生的烟雾。与其他工程热塑性塑料的测量值相比，Ultem®树脂的发烟量极低，参见图4-4中的NBS发烟量测试结果。此外，Ultem树脂的燃烧产物的毒性要比木柴的燃烧产物的毒性小。

飞机专用级Ultem树脂被广泛应用于飞机应用，原因是它符合飞机制造业规范。表4-2根据这些规范列出了不同Ultem树脂系列的性能。

4.3机械性能

强度

室温下，Ultem树脂的强度远远超过大多数热塑性工程塑料的强度，其拉伸应力为105 MPa (ISO R527)，弯曲强度为160 MPa (ISO 178)。

更令人吃惊的是它在高温条件下的强度保持力。在190℃下（这个温度远远超过了大多数其他热塑性工程塑料的使用范围），Ultem树脂可保持大约50 MPa的拉伸应力(ISO R527)，如图4-5所示。

表4-2

符合ABD 0031、FAR 25.853和OSU几种飞机制造业规范

树脂牌号	FAR	OSU	烟	毒性Ds
		25.853		4分钟
Ultem 1000树脂系列	a(60s)	100/100	<50	通过
Ultem 2000树脂系列	a(60s)	100/100	<50	通过
Ultem CRS 5000树脂系列	a(60s)	100/100	<50	通过
Ultem 6000树脂系列	a(60s)	100/100	<50	通过
Ultem 7000树脂系列	a(60s)	100/100	<50	通过
Ultem 9000树脂系列	a(60s)	65/65	<50	通过

ABD 0031中包含对烟、毒性的要求及FAR 25.853。  
FAR 25.853按阻燃性对材料进行分级。  
OSU（俄亥俄州立大学）对较大部件的热量计。

图4-4  
NBS测试中的发烟量Dmax 20 min

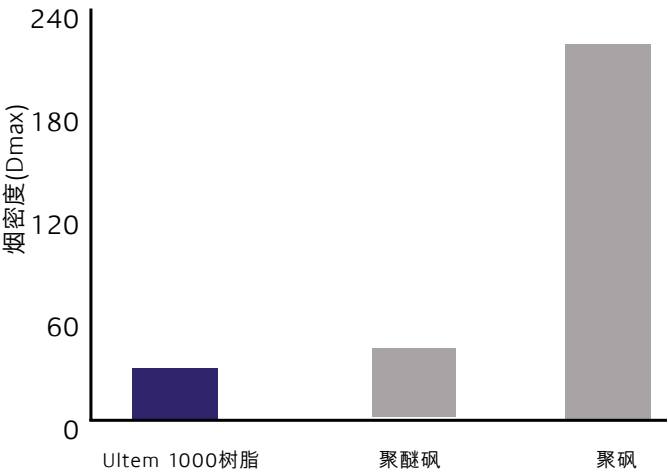


图4-5

拉伸应力与温度的关系

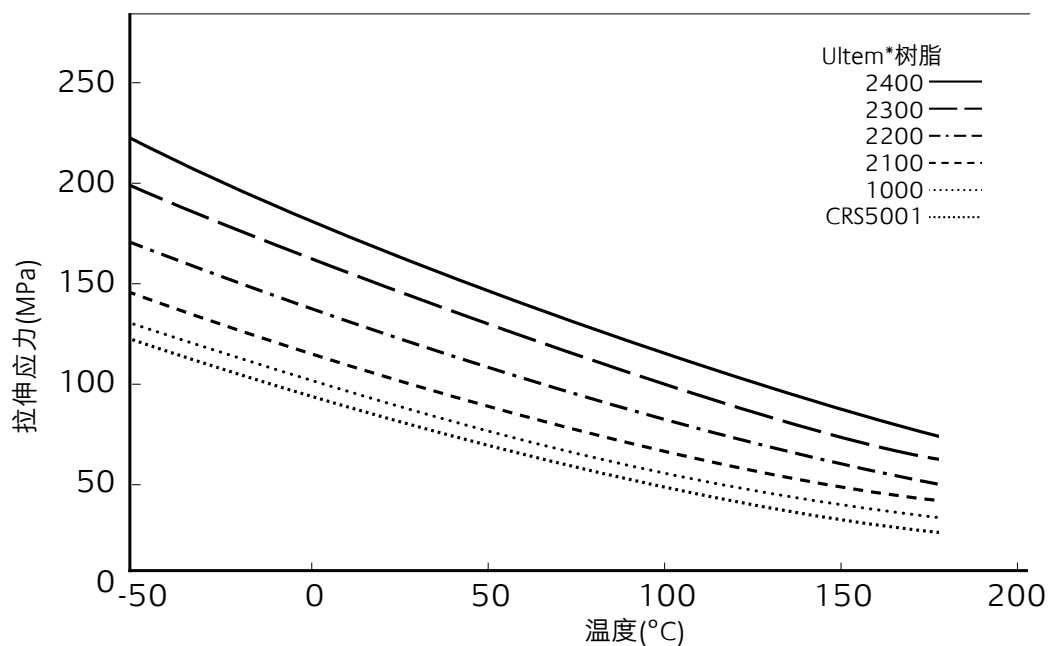


图4-6说明Ultem 1000树脂的拉伸应力高于其他高性能工程材料。Ultem树脂优秀的固有强度通过使用玻璃纤维得到了进一步的增强，如图4-7所示，该图将Ultem 2200树脂（20%玻纤增强）和其他玻纤增强工程热塑性塑料进行了比较。

图4-6

屈服拉伸应力(23°C) (50mm/min)

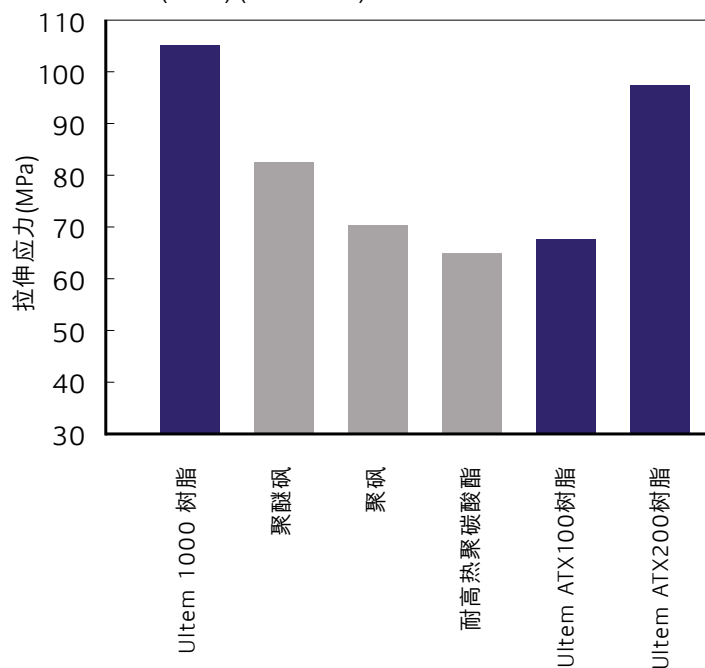
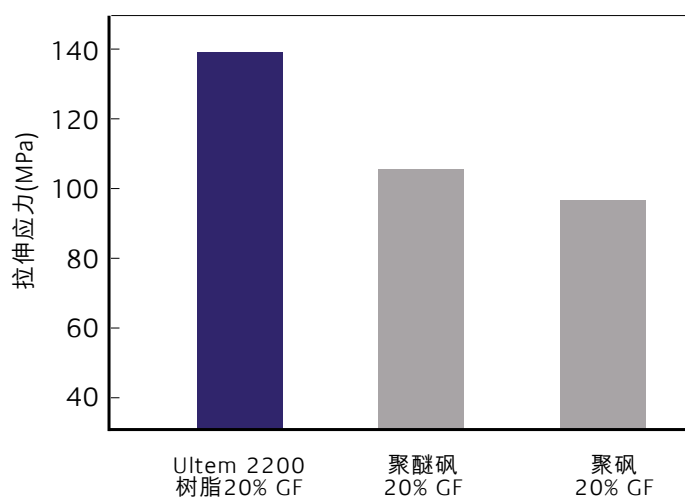


图4-7

断裂拉伸应力(23°C) (5mm/min)



模量

Ultem®PEI树脂的另一个突出的机械性能是高模量。Ultem 1000树脂的3300 MPa弯曲模量(ISO 178)是所有高性能工程塑料在室温下的最高模量之一。在承重应用中，挠曲是主要考虑因素，非增强Ultem树脂的结构硬度接近许多玻纤增强树脂。另外，Ultem树脂在高温下的弯曲模量非常高，如4-8所示。例如，在175℃下，Ultem 1000树脂的模量比大多数工程塑料在室温下的模量都要高。

因此，Ultem树脂使设计师无顾虑因虑玻纤增强而牺牲许多性能（如增加机器和工具磨损，降低流动性），就能够实现所需的刚度。

图4-9比较Ultem 1000树脂基础聚合物和其他高性能工程热塑性塑料的弯曲模量。

在需要较大刚度的地方，玻纤增强Ultem 2000系列树脂或碳纤维增强Ultem 7000树脂系列还提供了更好的性能，室温下的弯曲模量高达13500 MPa (ISO 178)。

图4-8 不同玻纤含量的Ultem树脂的弯曲模量与温度及PPS 40%GF的关系

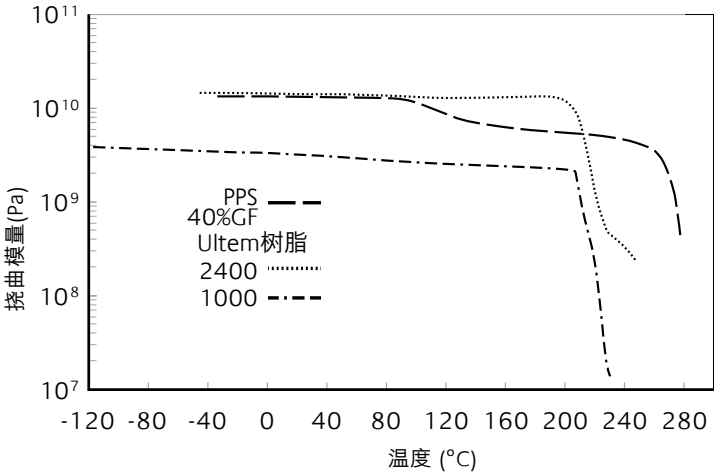
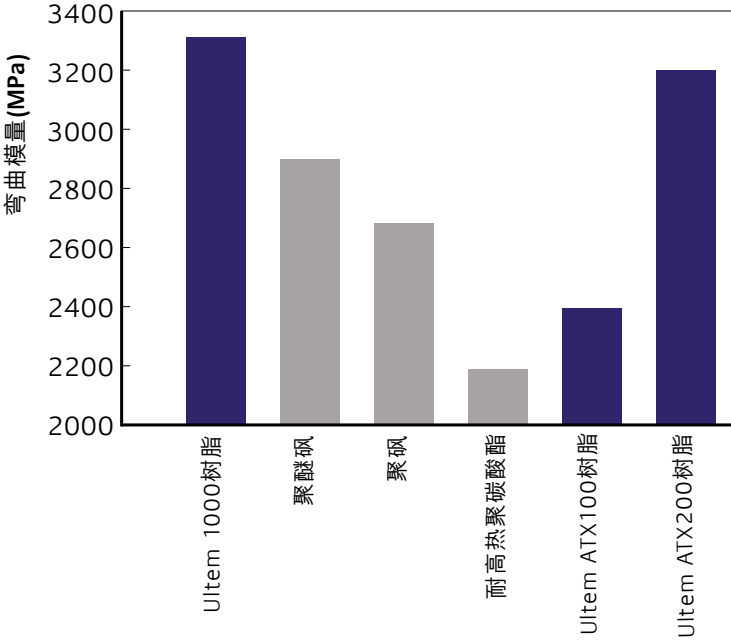


图4-9 弯曲模量(23°C) 2 mm/min



## 4 性能

### 延展性

Ultem®树脂不但无与伦比地兼有高强度与高模量的特性，它还具备突出的延展性。其屈服拉伸率使得它能够自由结合各种便于装配的搭扣连接。甚至在只加入了10%玻纤的情况下，Ultem 2100树脂也可在零度以下至200°C温度范围内保持延展性。

### 冲击强度

Ultem 1000树脂具有出色的实际抗冲击性能。鉴于Ultem树脂显示的缺口灵敏度，建议遵守标准设计原则。应最大限度地减少注塑部件中的应力集中点（如尖角），以提供最大的冲击强度。Ultem ATX100树脂专用于需要高冲击性能的应用。此系列的缺口Izod冲击可达15 kJ/m<sup>2</sup>。

### 耐疲劳性

对于循环装填或摆动的部件，疲劳是一个重要的设计考虑因素。在此类应用中，可使用单轴疲劳图表（参见图4-10）来预测产品寿命。这些曲线可以确定耐疲劳极限，或者某种材料在不出现疲劳前提下所能承受的最大循环应力。

### 蠕变行为

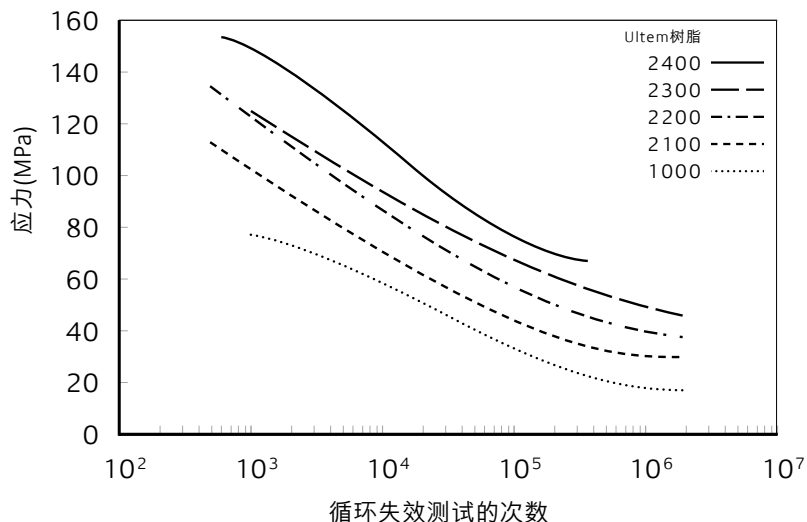
在考虑任何热塑性塑料材料的机械性能时，设计师必须认识到温度、应力水平和负荷持续时间对材料性能的影响。即使在无法使用许多其他热塑性塑料的温度和应力水平下，Ultem树脂也显示了极好的抗蠕变性能。

### 4.4 电性能

Ultem树脂具有出色的电性能，在广泛的环境条件下都能保持稳定。这种稳定性，再加上出色的热性能和机械性能，使Ultem树脂成为要求极高的电子和电气应用的理想选择。

图4-10

不同玻纤含量的Ultem树脂的单轴疲劳测试



相对介电常数

虽然应用可能需要或高或低的相对介电常数或值，但更重要的是这些值在整个使用温度和/或频率范围内保持稳定。图4-11和4-12展示了Ultem\* 1000树脂在变动的温度和频率下的稳定性。

图4-11  
相对湿度为50%时的Ultem 1000树脂的相对介电常数与温度之间的关系

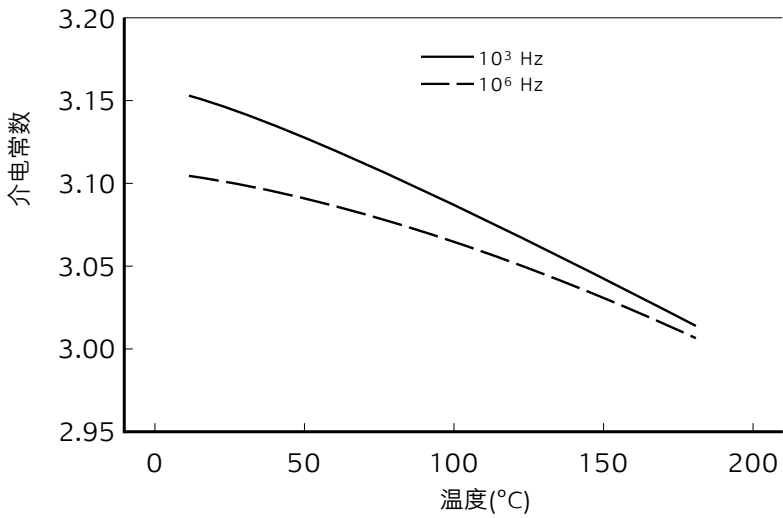
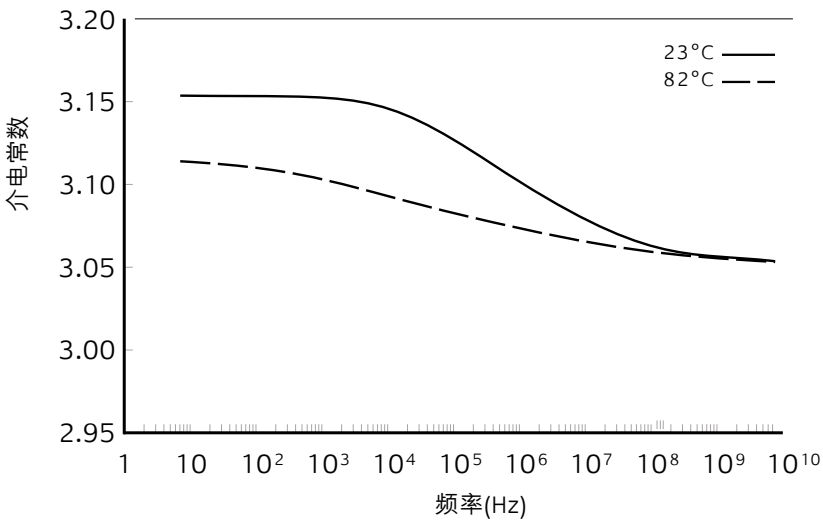


图4-12  
相对湿度为50%时的Ultem 1000树脂的相对介电常数与频率之间的关系



## 耗散因数

如图4-13所示, Ultem® 1000树脂在很大的频率范围内都具有极低的耗散因数, 尤其是在千赫( $10^3$ -Hz)和千兆赫( $10^9$ -Hz)的范围内。而且, 这种低耗散因数在可使用温度范围内都保持不变。这一性能在应用中非常重要, 例如在计算机电路和微波组件中, 因为树脂能够保证在这些组件中以热量形式损失的电能最少。

图4-14和4-15说明Ultem PEI树脂与传统上用于这些电工用途的其他热塑性塑料树脂相比具有的优越性能。兆赫( $10^6$ -Hz)近处的耗散因数峰值是由材料中的湿度引起的, 因此, 耗散因数取决于周围环境条件。

图4-13

相对湿度为50%时的Ultem 1000树脂的耗散因数与频率的关系

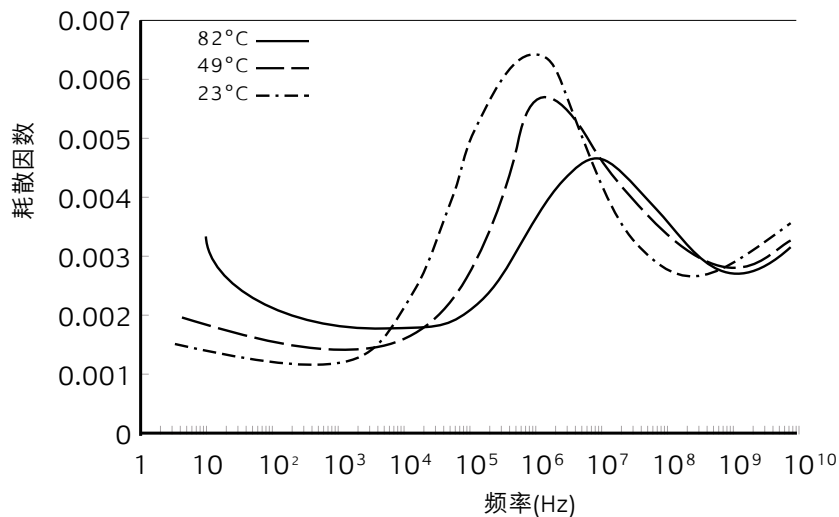
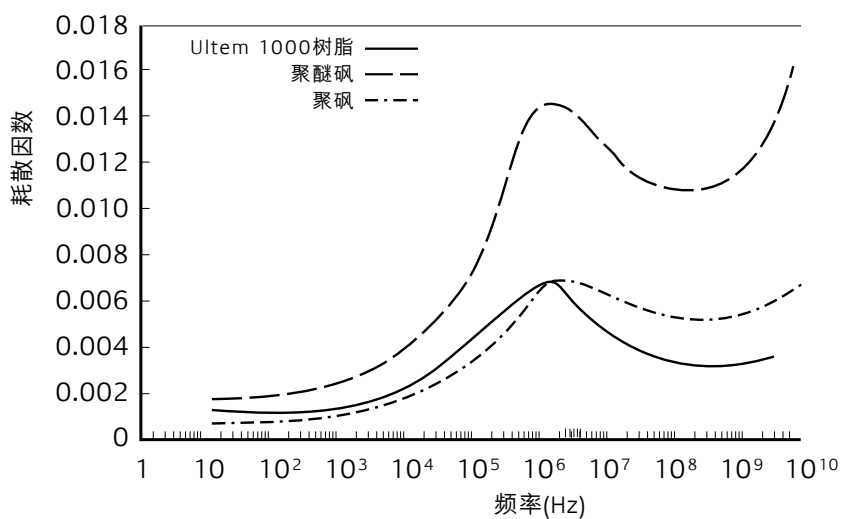


图4-14

温度为23°C、相对湿度为50%时的耗散因数与频率的关系



介电强度

作为一种优良的电绝缘体，Ultem®树脂厚度为1.6 mm时的介电强度为25 kV/mm（在油中）。关于厚度对Ultem 1000树脂介电强度的影响，请参见图4-16。

图4-15  
频率为2.45 X 10<sup>9</sup> HZ时耗散因数与温度的关系

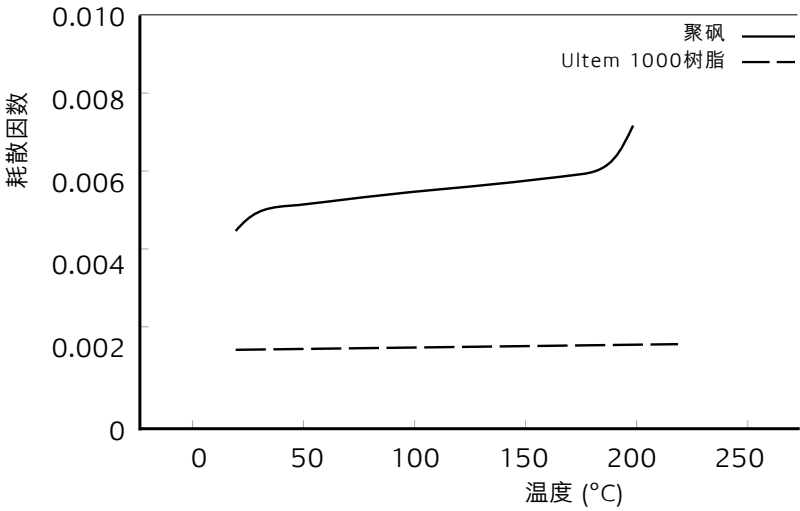
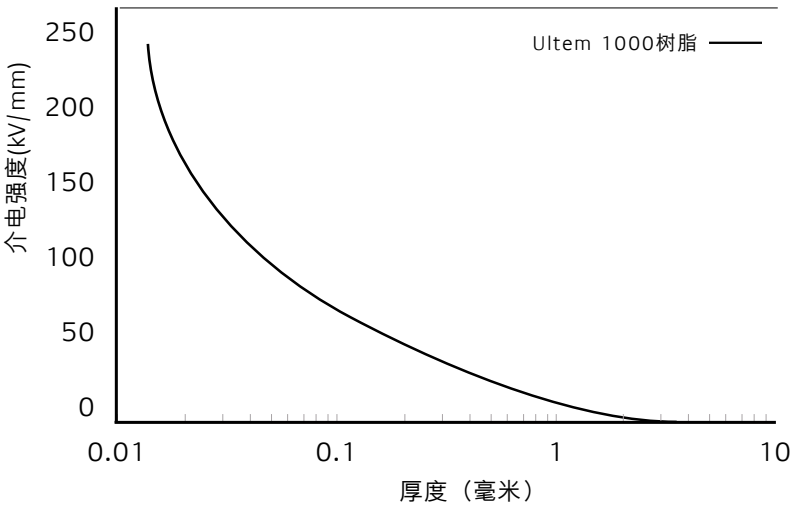


图4-16  
ULTEM 1000树脂的介电强度与厚度的关系



## 4性能

### 4.5环境耐受能力

#### 耐化学腐蚀

与其他非结晶树脂不同，Ultem®聚醚酰亚胺树脂表现出对各种化学品具顽强耐受力。表4-3列出了在多种常见环境下Ultem 1000和CRS 5000树脂系列在几种不同应力水平下的性能。在需要长时间浸泡的应用中，应始终在实际使用条件下，对实际成品部件性能的性能的进行评估。

Ultem树脂对大多数汽车和飞机商用液体、全卤化碳氢化合物、酒精和稀水溶液表现出了极佳的性能保持能力和对环境应力断裂的耐受力。但应避免暴露于部分卤化碳氢化合物和强碱环境中。

为了进一步增强Ultem树脂天然的耐化学腐蚀性，我们已经开发了耐化学腐蚀Ultem CRS-5000树脂系列树脂系列。它使得Ultem典型的优秀加工性能与结晶和特种材料通常具有的耐化学腐蚀特性结合在了一起。

#### 清洗和除油

Ultem树脂成品部件可以使用甲醇或异丙醇、肥皂溶液、庚烷、(正)己烷或石脑油来清洗或除油。这类部件不应使用不完全卤化碳氢化合物或酮（如丁酮）或强碱（如氢氧化钠）进行清洗。

**表4-3**  
Ultem 1000树脂和Ultem CRS 5001树脂的化学相容性

介质	温度 (°C)	浸泡时间 (天)	应变 (%)	Ultem CRS 5001树脂	Ultem 1000树脂	性能缩略词含义
醇1) 甲醇	23	21	0.25	n.a.	n.a.	n.a. 无腐蚀
		21	0.5	n.a.	n.a.	f. 失效/断裂
	60	21	0.25	n.a.	n.a.	c. 裂纹
		21	0.5	n.a.	n.a.	sv.c. 严重裂纹
水性清洁剂2) 和清洗剂家用清洁剂	23	21	0.25	n.a.	n.a.	s.c. 轻微裂纹
		21	0.5	n.a.	n.a.	- 未经测试
	60	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	
	23	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	
	60	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	
漂白(10%)	23	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	
	60	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	

1)其他醇类物质包括乙醇、丙醇和某些乙二醇

2)其他水性清洁剂包括次氯酸盐漂白剂和磷酸盐清洗剂

表4-3(续) 介质	温度 (°C)	浸泡时间 (天)	应变 (%)	Ultem* CRS 5001树脂	Ultem 1000树脂	性能缩略词含义
水	100	21	0.25	n.a.	n.a.	n.a. 无腐蚀
蒸汽		21	0.5	n.a.	f. (216 小时.)	f. 失效/断裂
蒸馏水	23	21	0.25	n.a.	n.a.	c. 裂纹
		21	0.5	n.a.	n.a.	sv.c. 严重裂纹
氯化溶剂3)	23	21	0.25	n.a.	n.a.	s.c. 轻微裂纹
1,1,2三氯乙		21	0.5	n.a.	n.a.	- 未经测试
1,1,1三氯乙	23	2小时.	0.25	sv.c.	f.	
氯仿		2小时.	0.5	sv.c.	f.	
酯	23	21	0.25	n.a.	n.a.	
邻苯二酸二丁酯		21	0.5	n.a.	f. (24小时.)	
芳香烃4)甲苯	23	21	0.25	n.a.	f. (48小时.)	
		48小时.	0.5	c.	f. (2小时.)	
	85	21	0.25	c. (48小时.)	f.	
		24小时.	0.5	c. (48小时.)	f.	

3)其他氯化溶剂包括二氯甲烷和氯乙烯

4)其他芳香烃包括苯、二甲苯和汽油

介质	温度 (°C)	浸泡时间 (天)	应变 (%)	Ultem CRS 5001 树脂	Ultem 1000树脂	性能缩略词含义
酮和醛5)	23	21	0.25	n.a.	f. (2小时.)	n.a. 无腐蚀
甲乙酮			0.5	c. (48小时.)	f. (2小时.)	f. 失效/断裂
(丁酮)	75		0.25	s.c. (48小时.)	f.	c. 裂纹
			0.5	c. (48小时.)	f.	sv.c. 严重裂纹
飞机液体	23	21	0.25	n.a.	n.a.	s.c. 轻微裂纹
Skydrol 500B		21	0.5	n.a.	f. (72小时.)	- 未经测试
液压油	85	21	0.25	n.a.	f.	
			0.5	c. (24小时.)	f.	
汽车流体	73	21	0.25	n.a.	n.a.	
汽油		21	0.5	n.a.	n.a.	
ASTM燃料C	60	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	f.	
柴油机燃料	23	5	0.25	-	n.a.	
			0.5	-	n.a.	
制动液	23	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	
	85	21	0.25	n.a.	f. (168小时.)	
			0.5	f.	f.	

5)其他酮和醛包括丙酮、乙醛和甲醛

## 4性能

表 4-3 (续)

介质	温度 (°C)	浸泡时间 (天)	应变 (%)	Ultem* CRS 5001树脂	Ultem 1000树脂	性能缩略词含义
汽车流体						n.a. 无腐蚀
变速箱油	23	5	0.25	—	n.a.	f. 失效/断裂
			0.5	—	n.a.	c. 裂纹
	120	7	0.25	—	n.a.	sv.c. 严重裂纹
			0.5	—	n.a.	s.c. 轻微裂纹
防冻剂(75%)	23	21	0.25	n.a.	n.a.	— 未经测试
		21	0.5	n.a.	n.a.	
	150	21	0.25	n.a.	f.	
			0.5	f. (72小时.)	f.	
矿物油	23	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	
	140	21	0.25	n.a.	f. (168小时.)	
		21	0.5	n.a.	f. (168小时.)	
酸 6)						
硫酸 (37%)	23	21	0.25	n.a.	n.a.	
无机物		21	0.5	n.a.	n.a.	
	90	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	

6)其他酸包括盐酸、磷酸和冰醋酸

介质	温度 (°C)	浸泡时间 (天)	应变 (%)	Ultem CRS 5001树脂	Ultem 1000树脂	性能缩略词含义
酸6)						n.a. 无腐蚀
乙酸(20%)	23	21	0.25	n.a.	n.a.	f. 失效/断裂
有机物		21	0.5	n.a.	n.a.	c. 裂纹
	90	21	0.25	n.a.	n.a.	sv.c. 严重裂纹
		21	0.5	n.a.	n.a.	s.c. 轻微裂纹
						— 未经测试
强碱7)						
氢氧化钠 (30%)	23	21	0.25	n.a.	n.a.	
		21	0.5	n.a.	n.a.	
	90		0.25	f.	f.	
			0.5	f.	f.	
弱碱8)						
氢氧化	23	21	0.25	n.a.	n.a.	
化铵(10%)		21	0.5	n.a.	n.a.	
	90		0.25	f.	f.	
			0.5	f.	f.	

6)其他酸包括盐酸、磷酸和冰醋酸

7)其他强碱包括其他金属氢氧化物和一些胺

8)其他弱碱包括金属氢氧化物和一些胺的稀释品

水溶液

Ultem®树脂可耐受矿物酸、天然盐溶液和稀释碱 (pH值小于9) 的腐蚀，如表4-4所示。此属性，再加上高温性能和透明性，使得该树脂可用于制造实验器皿和汽车传热系统等。

水解稳定性

图4-17说明了Ultem 1000树脂在100°C的水中浸泡10,000小时后所表现出的极佳的拉伸应力保持能力。此外，测试还表明，在室温真空条件下，ULTEM树脂能够在汽压到干燥的反复循环测试中，保持物理性能基本不变。所以说，Ultem树脂是具有反复耐高温高压性的优秀材料。

紫外线的影响

Ultem树脂无需添加稳定剂就能抵抗紫外线辐射。在长期曝露于紫外线下后，拉伸应力、模量和缺口Izod冲击等性能几乎没有改变。不过，仍然应当小心一些，因为长期曝露于紫外线下后，可能会发生颜色改变和无缺口冲击性能降低。

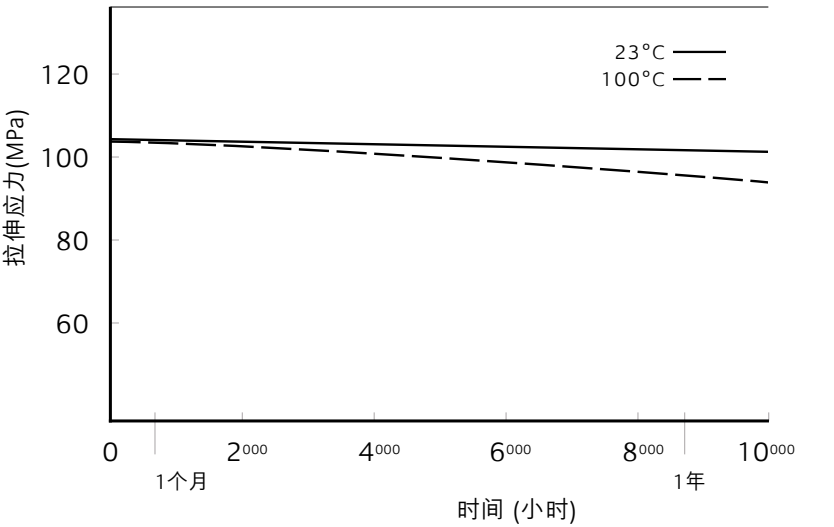
表 4-4

在温度为23°C、不施加压力（浸泡时间为100天）的情况下，Ultem 1000树脂对水溶液的耐化学腐蚀性

化学制品(浓度)	拉伸应力保持百分比	增重百分比
去离子水	94	1.25
氯化锌(10%)	96	1.13
碳酸钾(30%)	97	0.85
氯化锡(10%)	97	1.05
柠檬酸(40%)	96	1.06
盐酸(20%)	99	0.61
磷酸(20%)	97	0.99
硫酸(20%)	97	0.89
铬酸(15%)	94	0.73
甲酸(10%)	94	1.29
硝酸(20%)	96	1.07
乙酸(20%)	95	1.15
氢氧化钾(10%)	97	1.55
氢氧化铵(10%)	68	1.79
氢氧化钠(10%)	97	1.00
环己胺(1%)	97	1.10

图4-17

Ultem 1000树脂接触水后对拉伸应力的影响



## 4性能

### 防辐射能力

用Ultem®树脂模型的部件具有出色的抗辐射能力，如图4-18。使用钴60以每小时一兆拉德的速率累积照射500兆拉德后，只损失不到6%的拉伸应变性能 (ISO 527)。

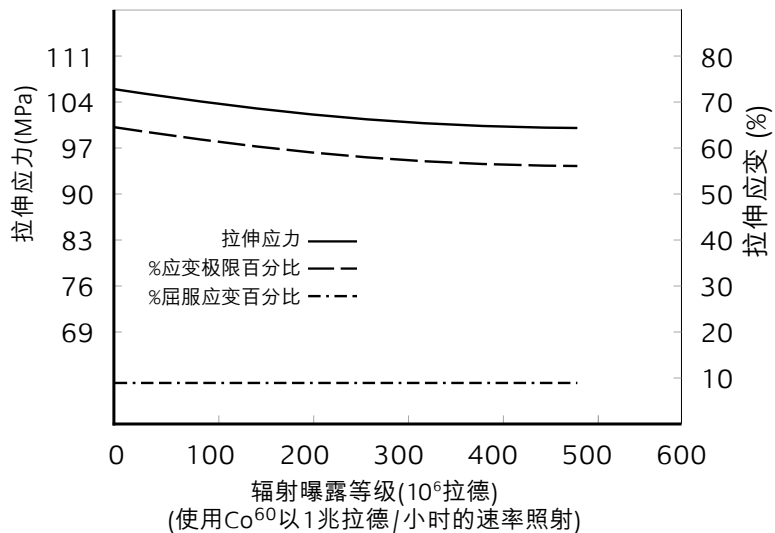
### 机构认证

Ultem树脂已经过测试，符合许多机构的规定和规范。

Ultem树脂的热稳定性和阻燃性特性使它们成了多种需要UL实验室（Underwriters Laboratory）认证应用的极好选择。某些牌号的Ultem树脂还通过了FDA、EU、USP、DIN、VDE、FAR、ABD认证以及军用认证或符合以上这些认证的规定。

图4-18

Ultem 1000树脂暴露于辐射下对拉伸性能的影响



为了最大限度地发挥Ultem®树脂的性能，设计师应充分利用该材料的极佳物理性质和易模塑成型而进行灵活的设计。

设计师应当最大程度地降低由Ultem树脂制成的材料的模内应力，这是因为成品部件内的应力越大，耐化学腐蚀性越差。

可通过以下方法最大限度地减少部件中的模内应力

- 避免使用薄壁和尖角
- 避免壁厚出现急剧变化
- 确保部件均匀填充
- 在不增加壁厚的前提下，适当地设计加强筋和模芯以增加刚度

Ultem树脂非常适合于设计长期处于高温和机械应力下的产品，这一点可以从本手册第22页中的图4-10中的单轴疲劳图中看出来。

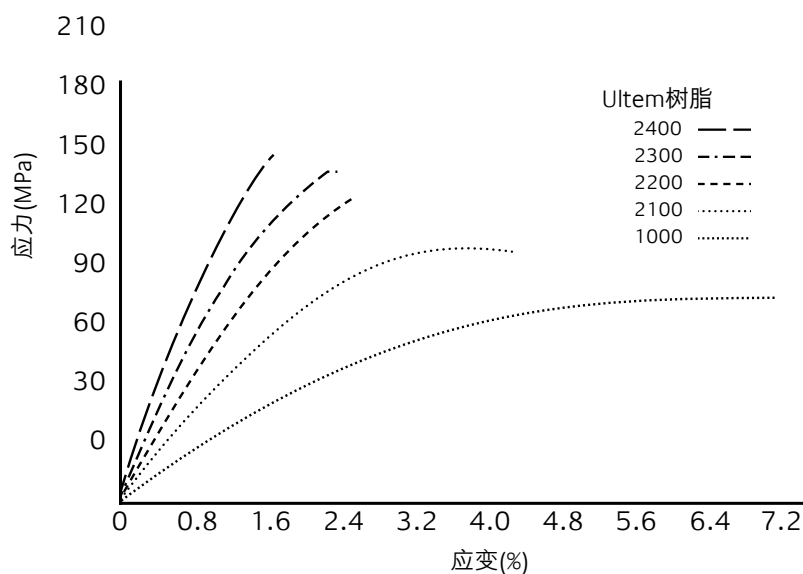
对于任何情况，我们都强烈建议在实际工作条件下对这类应用进行广泛的测试。最终生产商应负责提供实际性能和对最终使用测试结果的解释。设计设计刚度和强度时，应考虑的最重要的材料特性就是该材料的应力-应变关系曲线。

图5-1显示了非增强的Ultem 1000基础聚合物和增强的Ultem 2100、2200、2300和2400树脂之间的曲线关系。

#### 注意

有关工程热塑性塑料的一般设计信息，请参阅沙伯基础创新塑料 塑料集团“设计指南”。

图5-1  
应力-应变关系曲线(23°C)



6.1材料

作为一种非结晶热塑性塑料聚醚酰亚胺，Ultem®树脂将高性能和优良的加工特性结合在一起，将高耐热性与高强度、高模量和广泛的耐化学腐蚀性集于一身。

Ultem树脂具有天然的阻燃性和发烟量少的特性。某些牌号的树脂在厚度为0.25 mm时的阻燃等级为UL 94 V-0。某些牌号的树脂在很大的温度和频率范围内都显示出高介电常数和高耗散因数。

Ultem树脂是高性能收缩各向同性工程热塑性塑料。表6-1显示了Ultem树脂基本系列。

表6-1  
基本的Ultem树脂系列包括

性能 名称	特征	典型情况
非增强	具有出色的机械性能、耐热性和耐环境性能的 树脂牌号。	1000系列
玻纤增强 (10%至30% GF)	具有更高的强度和刚度的树脂牌号。还提供低翘曲牌号。	2000系列
耐磨	适用于齿轮、轴承和其他滑动面接触应用场合的低摩擦系数树脂牌号。	4000系列
耐化学腐蚀	对强酸、强碱、芳香族化合物和酮等的腐蚀性具备耐受能力的树脂。而且还具有耐热性。	5000系列
耐高温	专为要求热尺寸稳定性的高耐热飞机内部部件设计的树脂。	6000系列
高强度	具有极高的刚度和强度的树脂牌号。	7000系列
水解稳定性	具有冲击强度、抗污性的热混合树脂牌号。适用于餐饮和汽车应用环境。	ATX系列

6.2模具设计
收缩率

Ultem®树脂属于非结晶材料，具有较好的可预期、可重复的收缩率。Ultem 1000树脂收缩各向同性；在增强后，该类树脂的收缩各向异性。

- 部件设计、浇口位置和加工条件都会影响收缩率
- 降低模具温度可以相应地降低模具收缩率。应注意的是，如果某部件以低模具温度注塑而成的[例如，100°F (38°C)]，后来曝露于高于模温的环境下[例如，150°F (66°C)]，则可能还会发生一些后注塑收缩
- 增加注射压力可使模具收缩率降低。未完全填充的部件通常会具有高的模具收缩率
- 降低熔融温度会使模具收缩率稍微降低

图6-1至6-3显示了各种因素对Ultem树脂收缩率的影响。表6-2列出了Ultem树脂的各种牌号在壁厚为0.125" (3.175mm)时的典型收缩率。通过参考这些数字，设计师可以更准确地预测出特定部件几何形状的收缩率。不过，应当通过对成品部件的最终使用环境进行测试，从而获得最可靠的数据。

表6-2
在壁厚为0.125"时的名义收缩率 - 每英寸收缩的英寸数(in/in)

Ultem®树脂指南	平行于流向*	垂直于流向*
1000	0.007	0.007
2100	0.005	0.006
2200	0.003	0.005
2300	0.002	0.004
2400	0.001	0.003
4000	0.003	0.005
4001	0.006	0.007

\*中间值

图6-1
注塑压力对Ultem 1000树脂收缩率的影响

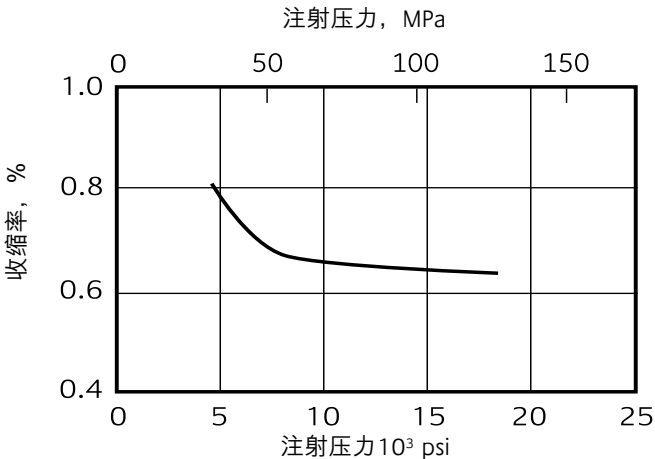
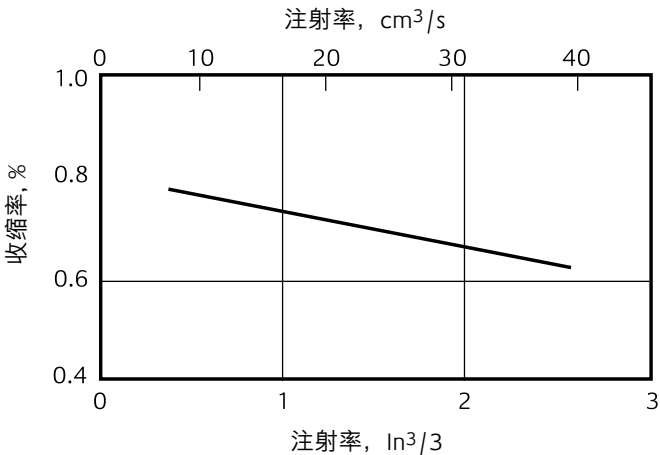


图6-2
注射率对Ultem 1000树脂收缩率的影响



### 6.3设备 机器选择

Ultem®树脂可在大多数标准注塑机上注塑。推荐使用往复式螺杆注射成型机。

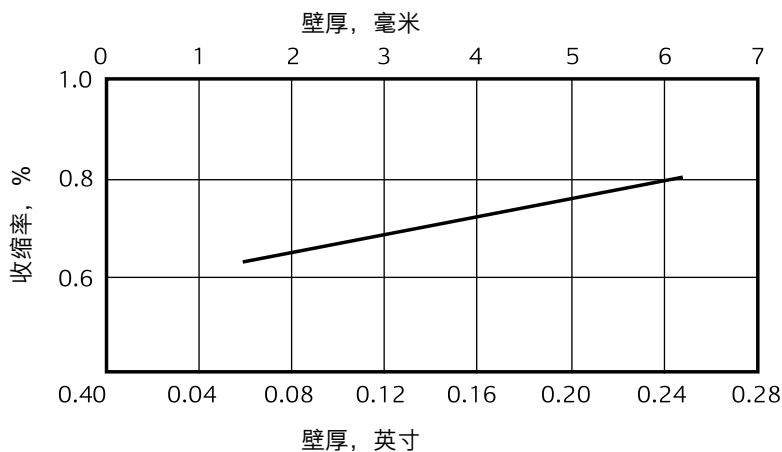
确定对某个特定的Ultem树脂部件进行模塑所使用设备的规格时，要考虑总注射量和总投射面积这两个基本因素。

一般在总注射量（所有模腔加上流道和浇口）等于机器容量的30到80%时，可获得最佳效果。在使用大型机筒时，如果注射量太小，则可能会不必要地延长树脂滞留时间。如果有必要在高温条件下进行注塑，则通常需要减少滞留时间，从而降低材料热降解的可能性。因此，为了达到较高温度注塑要求，建议最小的注射量也应大于机器容量的60%。

确定完全注射的总投影面积（承受注射压力的所有型腔与流道面积）后，应为每平方英寸的投影面积提供4到6吨的锁模力，以便减少部件的溢料。玻纤增强型树脂可能需要略微高一些的锁模力（大约每平方英寸多出一吨）。壁厚、流程长度和注塑条件决定着实际所需的锁模力吨位（图6-4）。

图6-3

壁厚对Ultem 1000树脂收缩率的影响



\*这些曲线表示的是在本指南建议的标准条件下加工工程热塑性塑料时可以预测的收缩率。加工条件不同，则收缩率也可能有所不同。以部件的几何形状进行原型测试可提供最可靠的数据。

机筒选择和螺杆设计注意事项

加工Ultem®树脂时，通常可以采用适用于相容螺杆和机筒的传统制造材料。建议使用双金属机筒。

根据螺杆直径，最好使长径比为20:1，压缩比为2.2:1。建议采用带渐变恒定锥度的短进料区（5螺纹）和长压缩区（11螺纹），以便形成一个短计量区（4螺纹）。压缩应在一个逐渐过渡的恒定锥度上完成，因为急剧的变化可能导致过大的剪切力和材料降解。如果无法选择特定的螺杆，经证明使用长径比为16:1到24:1、压缩率为1.5:1到3.0:1的通用螺杆是成功的。建议不要使用带排气孔的机筒来加工Ultem树脂。止回阀应为滑动逆止环类型。在螺杆计量区中，通常流通间隙至少要占流动区域横断面的80%。

干燥参数

Ultem树脂与大多数热塑性塑料一样，会吸收空气中的水汽，这会导致在加工过程中聚合物发生降解。水分含量超过0.02%就可能导致外观问题、部件易碎和原料的熔体流动增加（图6-5）。在表6-3中建议的温度下，对Ultem树脂进行预烘干，通常可以达到建议的水分含量。

干燥设备

为避免交叉污染，烘干机和原料传送系统必须保持清洁。

建议使用带有后冷却器的封闭式除湿热风循环料斗干燥机来烘干Ultem树脂（图6-6）。后冷却器对保持干燥剂的烘干效率尤为重要。该系统利用可重新填充干燥剂的干燥剂盒来提供干燥空气。设计合理的干燥机和加料斗可以向注塑机的入口稳定地输送干燥粒料流。

在加料斗的入口处，应对所需的烘干温度进行监控。加料斗入口处的空气露点应在-20°F -29°C)到-40°F(-40°C)之间或者更低。

图6-4  
Ultem树脂所需的锁模力

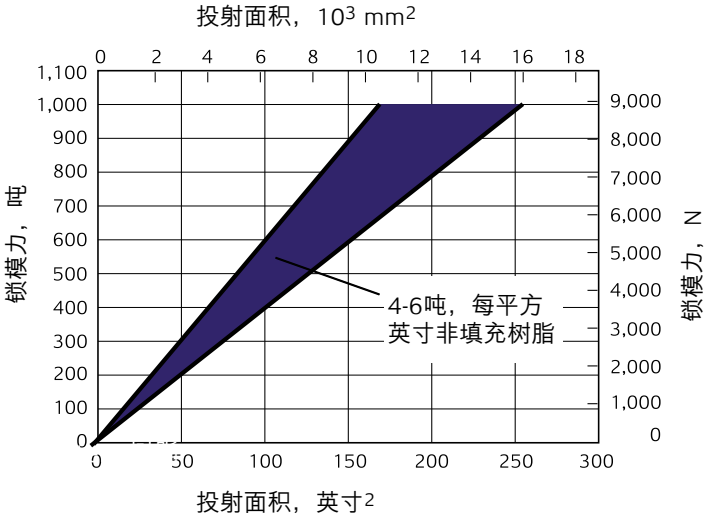


表6-3  
Ultem树脂烘干建议

Ultem树脂 牌号	烘干温度 (°F)	干燥时间 (小时)
非增强	300	4
增强	300	6
混合	275	6

建议的时间是“平均时间”，某些颜色和牌号的烘干时间可能稍长些。水分含量应小于或等于0.2%。

### 6.4成型条件

Ultem®树脂具有良好的流动特性，因而具有非常出色的成型能力。在复杂的一模多穴模具具中使用此树脂是个不错的选择；根据流程长度，所注塑的薄壁部分厚度可仅为10 mil (0.25 mm)。由于Ultem树脂具有很广的加工自由度，以下条件是一些典型设置，在设置机器时可将这些条件作为准则。

#### 熔融温度

由于Ultem树脂具有良好的热稳定性，常用熔融温度为640到750°F (338到399°C)。通常，大多数应用的熔化温度为675到725°F (357到385°C)。超过720°F (382°C)的温度可能导致变色，这是因为某些颜色的色素无法承受较高的处理温度。Ultem ATX树脂牌号应在较低的温度下加工，通常在590到700°F (310到371°C)的范围内进行。

#### 模具温度

Ultem树脂应始终使用调温式模具进行注塑。模具温度由表面高温计进行测量，应保持在225到350°F (107到177°C)的范围内。不过，Ultem ATX树脂牌号只能在300°F (149°C)以下的模具温度下进行注塑。超过此模具温度可能导致银纹。为增强性能和延长使用周期，应为大多数Ultem树脂部件选择200°F (93°C)的温度（表6-4）。成品部件的最终使用测试可以确定此温度是否适合特定的应用。

如果采用建议范围内的中间温度，则通常可以在部件外观和使用周期方面获得很好的效果。使用更高的模具温度可以通过降低模内应力增加流动性，获得更高的熔接线强度，以及最大程度提高耐热和耐化学腐蚀性。如果使用的模具温度低于推荐的温度，则可能导致模内应力过大，而可能损害部件的完整性。强烈建议使用隔热板将模座与机器台板隔开。

图6-5

24小时内，Ultem 1000树脂吸湿率与相对湿度的关系

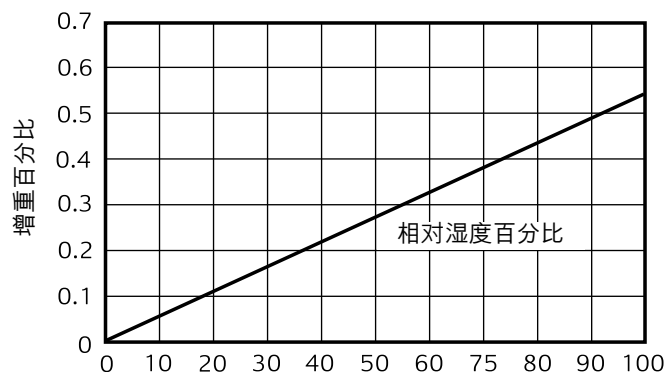
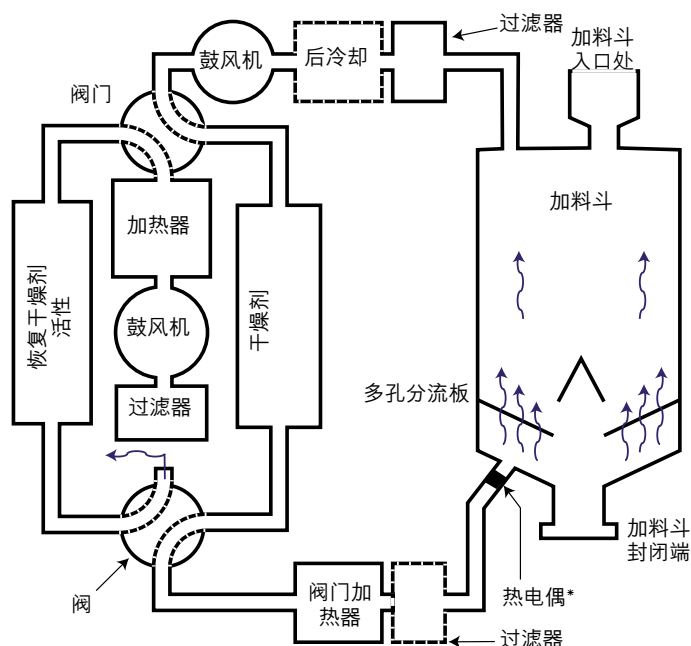


图6-6

典型干燥剂式干燥机示意图



\*监控此位置的空气温度、露点和气流。

**表6-4**  
典型工艺参数  
典型注射成型  
成型条件

		1000					
		1010	2300		4000		
		2100	2310		4001		
		2110	2312		8015		
		2200	2400		9075		
		2210	2410		9076		
		2212	3452		ATX200		ATX100
工艺参数	单位	(最小值)	(最大值)	(最小值)	(最大值)	(最小值)	(最大值)
干燥温度	°F (°C)	—	300 (149)	—	275 (135)	—	275 (135)
干燥时间 (常规)	h	4	6	4	6	4	6
干燥时间 (最大值)	h	—	24	—	10	—	12
最大水分含量	%	—	0.02	—	0.02	—	0.02
熔融温度	°F (°C)	660 (348)	750 (398)	660 (348)	700 (371)	630 (332)	670 (354)
喷嘴	°F (°C)	650 (343)	750 (398)	660 (348)	700 (371)	620 (326)	660 (348)
前区	°F (°C)	650 (343)	750 (398)	660 (348)	700 (371)	630 (332)	670 (354)
中区	°F (°C)	640 (337)	750 (398)	650 (343)	690 (365)	610 (321)	650 (343)
后区	°F (°C)	630 (332)	750 (398)	640 (337)	680 (360)	590 (310)	630 (332)
模具温度	°F (°C)	275 (135)	325 (163)	275 (135)	325 (163)	200 (93)	275 (135)
背压	psig (MPa)	50 (0.3)	100 (0.7)	50 (0.3)	100 (0.7)	50 (0.3)	100 (0.7)
螺杆转速	rpm	40	70	40	70	40	70
到机筒的注射量	%	40	60	40	60	40	60
锁模力	tons/in <sup>2</sup>	3	5	3	5	3	5
排气孔深度	inch	0.0010	0.0030	0.0010	0.0030	0.0010	0.0030

			AR9100				
			AR9200				
			AR9300				
			CRS5001				
			CRS5011				
			CRS5111				
			CRS5211				
			CRS5311			7201	
工艺参数	单位	(最小值)	(最大值)	(最小值)	(最大值)	(最小值)	(最大值)
干燥温度	°F (°C)	—	300 (149)	—	300 (148)	—	300 (148)
干燥时间 (常规)	h	4	6	4	6	4	6
干燥时间 (最大值)	h	—	24	—	24	—	24
最大水分含量	%	—	0.02	—	0.02	—	0.02
熔融温度	°F (°C)	690 (366)	730 (387)	720 (382)	800 (426)	720 (382)	800 (426)
喷嘴	°F (°C)	680 (360)	720 (382)	710 (376)	790 (421)	710 (376)	790 (421)
前区	°F (°C)	690 (365)	730 (387)	720 (382)	800 (426)	720 (382)	800 (426)
中区	°F (°C)	670 (354)	710 (376)	700 (371)	790 (421)	700 (371)	790 (421)
后区	°F (°C)	650 (343)	690 (365)	680 (360)	760 (404)	680 (360)	760 (404)
模具温度	°F (°C)	275 (135)	325 (162)	275 (135)	325 (162)	275 (135)	325 (162)
背压	psig (MPa)	50 (0.3)	100 (0.7)	50 (0.3)	100 (0.7)	50 (0.3)	100 (0.7)
螺杆转速	rpm	40	70	40	70	40	70
到机筒的注射量	%	40	60	40	60	40	60
锁模力	吨/英寸 <sup>2</sup>	3	5	3	5	3	5
排气孔深度	英寸	0.0010	0.0030	0.0010	0.0030	0.0010	0.0030

### 螺杆转速

螺杆转速应调整为在整个冷却周期内允许螺杆旋转，而不拖延总周期(图 6-7)。对增强型等级进行成型时，较低的螺杆转速有助于降低塑化过程中玻璃纤维的损坏程度。建议Ultem® ATX树脂牌号使用低螺杆转速。

### 背压

为提高熔化的均匀性和注射数量的一致性，建议使用50到100 psi (0.35到0.7 MPa) 的背压。如果为提高熔体混合而使用较高背压，则会使熔体温度升高，从而导致材料降解和银纹。在注塑增强牌号树脂时，低背压通常有助于减轻塑化过程中玻璃纤维的受损程度。应最大限度地减少减压和反吸情况，以防止模塑件表面出现外观问题 (如银纹)。

### 注塑量

建议的注射大小为容量的30%到80%。对于颜色控制非常关键的共混牌号，建议让注射量尽量接近机筒容量的80%以便缩短滞留时间。

### 连杆速度

如果填充速度尽可能快，则通常可以提供更长的流程，填充更薄的壁剖面，并且获得更好的表面抛光效果。建议为射料浇口和侧缘浇口部件使用较慢的注射速度以便减少银纹和流痕。对于厚部件，慢速注射有助于减少凹坑和气孔。对于Ultem树脂混合物，使用最慢的实际注射速度有助于最大限度地降低浇口区的剪切速率。

建议为带有小浇口（针点浇口和潜入式浇口）的部件使用程控注射。在开始时可使用较慢的注塑速率，可减少浇口白晕、流痕和材料烧焦现象。

### 注射压力

实际注射压力取决于以下变量：熔体温度、模具温度、部件的几何外形、壁厚、流动长度以及模具和设备的情况。通常，最好选择可提供所需性能、外观和注塑周期的最低压力(图6-8)。

图6-7

Ultem树脂的螺杆转速建议

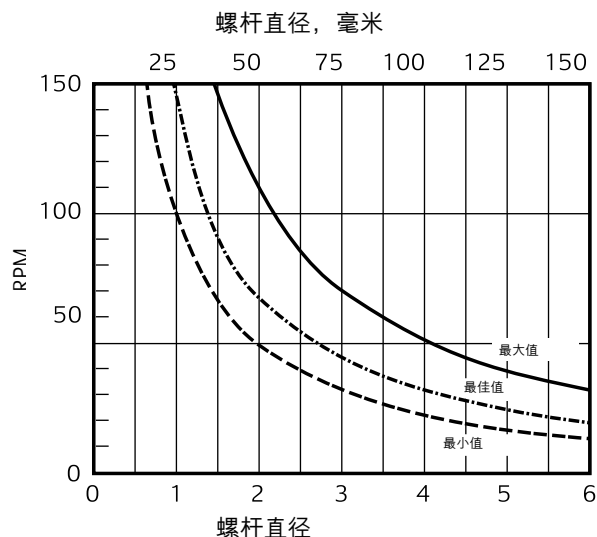
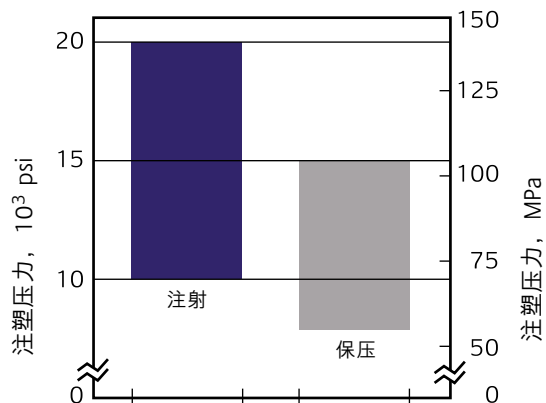


图6-8

Ultem树脂的典型注射压力



缓冲垫

使用标称缓冲垫（建议1/8英寸）可减少原料在机筒中的滞留时间并有助于适应机器变化。

生产周期

当调节一个循环时，应尝试使注射速度更快并且尽量采用最短的保温时间，从而实现浇口凝固以及缩短冷却时间。Ultem®树脂的周期时间往往明显低于其他热塑性塑料和热固塑料。影响周期时间的重要因素是部件厚度，如图6-9所示。

温度和压力对流程长度的影响

虽然Ultem树脂要求很高的熔融温度，但它也可以使用传统设备来注塑。Ultem树脂显示了广泛的熔体流动范围，这使得注塑工厂在填充薄壁和长流程部件时可有更多的选择。熔融温度应在640到750°F（338到398°C）之间。

图6-10至6-13说明了熔融温度和注射压力对各种壁厚的Ultem 1000树脂流程长度的影响。第41页上的图6-14比较了原料温度对Ultem 1000树脂和其他热塑性塑料树脂的流程长度的影响。

图6-9

Ultem树脂冷却时间与壁厚的关系

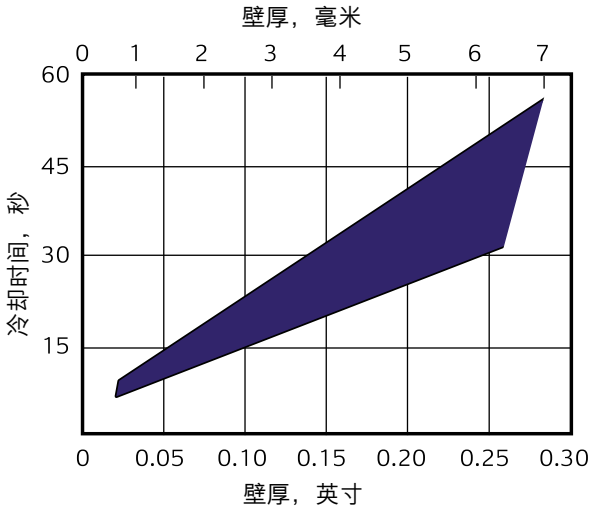


图6-10

温度为675°F (357°C)时的Ultem 1000树脂流程长度

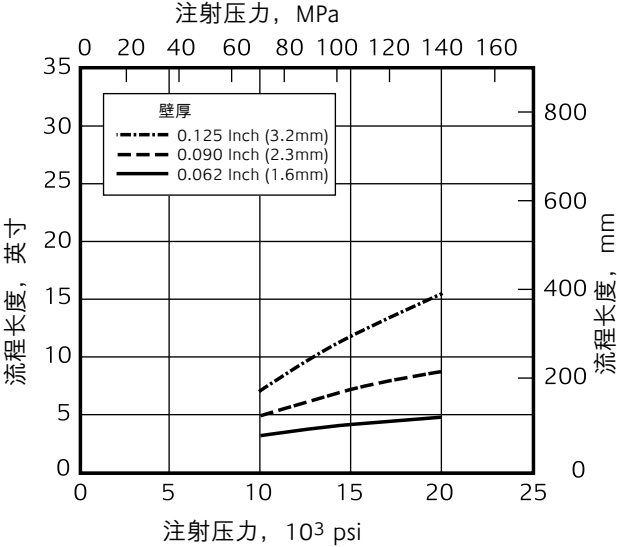


图6-11

注射压力为10,000 psi (69 MPa)时的Ultem® 1000树脂流程长度

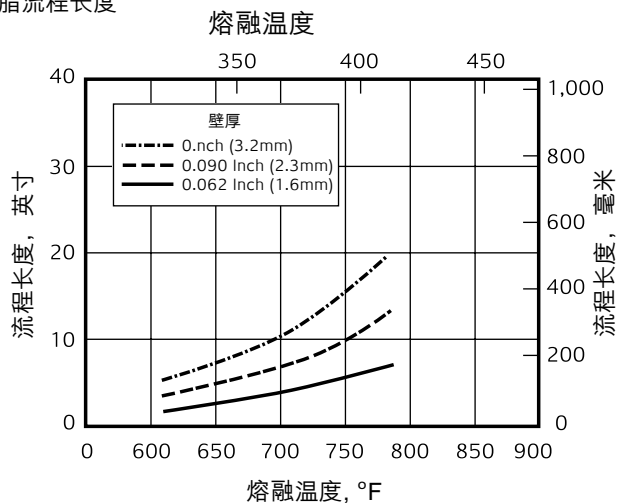
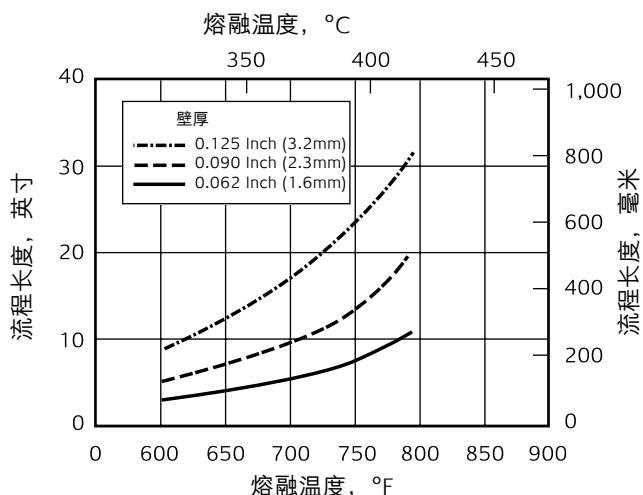


图6-12

注射压力为20,000 psi (138 MPa)时的Ultem 1000树脂流程长度



#### 清洗

当机器从使用其他塑料改为使用Ultem®树脂或反过来从使用此种树脂改为使用其他塑料时，彻底清洗机器非常重要。因为Ultem树脂的640到750°F（338到398°C）的加工温度实际上远高于几乎所有其他热塑性塑料的降解水平，所以有必要清除其他聚合体的所有残迹，从而避免因污染物产生的黑斑。

已发现多种对Ultem树脂有效的清洗剂，包括

- HDPE（高密度聚乙烯）；挤出等级，熔融指数为0.30到0.35 g/10 min

- 玻纤增强的Lexan®树脂是适用于450到700°F（232到371°C）范围的清洗剂清洗过程中不需要烘干

- 对于非增强和增强牌号，应在加工温度下开始清洗，然后将机筒温度降至大约500°F（260°C），继续清洗

苯乙烯和丙烯酸树脂不应在高温下清洗。同时建议不要使用化学清洗剂。

#### 关闭和启动

关闭机器时，应先关掉入口处的加料斗，机器继续运转直到所有剩余树脂流出机筒。螺杆应保留在最前端的位置上，机筒加热器应关闭。或者，将加热器长时间保持在350°F（176°C）的温度，以便减少Ultem 1000和2000树脂系列中在机器启动过程中产生的黑斑污染物。

启动机器时，将机筒加热器设定为正常加工温度，进行挤出，直到剩余原料被完全清洗掉，准备注塑。应当检查最初的几次注射，确定铸件内是否存在污染。

#### 重新粉碎

可以将粉碎重用的浇口废料、流道结块和未降解的部件添加到原始粒料中，此添加量最高可达25%。粉碎机筛网大小应至少为5/16到3/8英寸（7.9 mm）。如果所用滤网规格较小，可能会产生过多精细颗粒，并因此造成裂纹和烧焦等成型问题。务必使磨碎的部件保持清洁并避免其他材料带来的污染。粉碎回用料与原始粒料大小不同，造成水份的扩散情

图6-13

温度为750°F (399°C)时的Ultem 1000树脂流程长度

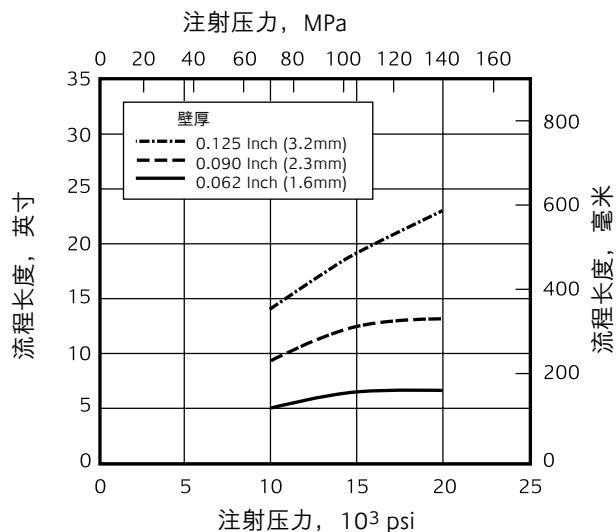
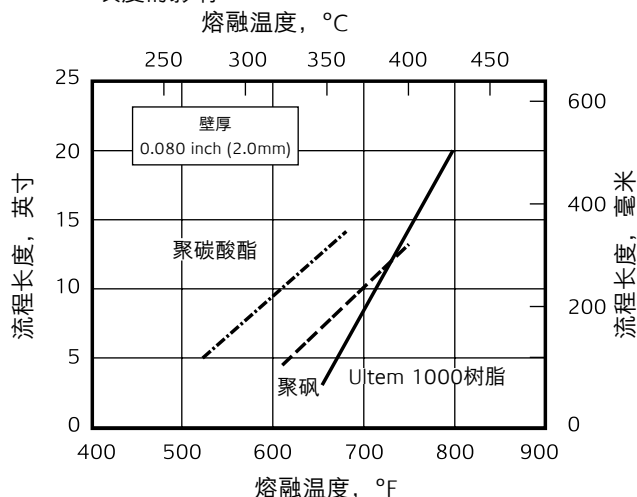


图6-14

熔融温度对Ultem 1000树脂和其他热塑性塑料流程长度的影响



虽然大多数由Ultem® PEI树脂制成的部件都只需一次注塑成成品，但某些部件的设计和最终使用还需进行机械加工、装配或表面处理等工序。设计工程师可对Ultem树脂进行多种二次加工。通常，推荐下面一些加工方法

### 7.1 焊接

焊接是工程热塑性塑料中常用的一种永久组合技术。Ultem树脂可通过多种方式焊接

- 振动焊接
- 超声波焊接，振幅高于30  $\mu\text{m}$  (0-峰值)
- 感应焊接
- 建议不要使用加热板焊接，因为Ultem树脂在熔融温度( $\pm 400^\circ\text{C}$ )时会粘贴在一起

### 7.2 胶粘剂

可以使用多种商用胶粘剂，将由Ultem PEI树脂制成的部件粘结在一起或将它们与不同的材料粘结在一起。因为胶接会用到化学成份与被粘接部件不同的物质来进行粘接，所以选择胶粘剂时，考虑组合后的组件的最终使用环境非常重要。

推荐用于Ultem树脂的胶粘剂类型包括

- 环氧树脂胶粘剂
- 聚氨酯胶粘剂
- 硅树脂胶粘剂
- 使用氰基丙烯酸盐胶粘剂和丙烯酸树脂系统时应小心，因为它们对Ultem树脂的作用极强。曝露在这些溶剂中可能导致应力开裂

### 7.3 机械组合

机械组合技术广泛应用于Ultem树脂部件。对于非增强Ultem树脂牌号，应使用非结晶工程热塑性塑料的传统规则。对于高增强的Ultem树脂牌号，建议使用特定螺纹切削螺杆，因为它的断裂延伸率较低。可用的各种机械组合技术可以概括为以下几类

- 嵌入、加热或超声波安装是首选的方式按压和膨胀嵌入会产生径向应力也可以使用包覆成型和外螺纹嵌入
- 自攻锁紧螺钉或螺纹自削螺钉啮合角很小（减小径向应力）的自攻锁紧螺钉是最好的选择孔（直径为螺钉直径的0.85倍）和螺钉应是圆形的（而非三角形/正方形）冲头直径应为螺钉外径的2.5倍
- 可使用所有类型的铆钉；使用某些波普空心铆钉时应注意避免应力过高
- 可以使用铆接技术，超声波铆接比热铆接更实用
- 搭扣配合装配

### 7.4 喷涂

制件颜色和纹理的多样性可以通过有机涂料或传统涂敷来实现。喷涂是一种经济的方法，它既可以增强美感，又能够实现颜色的一致性。

有关Ultem®树脂喷涂的一般建议有

#### 预处理

- 使用含有酒精或脂肪族烃的清洗剂手洗部件或者
- 使用溶于酸性、中性或碱性水溶液的清洁剂机洗部件

#### 涂料选择

- 涂料选择由所需的装饰效果、特殊功能要求和要采用的应用技术决定
- 涂层也有助于最大限度地防止颜色降解
- 导电涂层可防止射频干扰(RFI)或电磁干扰(EMI)
- 多种传统涂料和水性涂料都可成功应用于Ultem树脂

普通类型有丙烯酸树脂、醇酸树脂、环氧树脂、聚酯、聚酰亚胺、聚氨酯

- 如果是在高温下使用Ultem树脂，则所选涂料必须有同等的耐高温性能

#### 涂料溶剂

选择用于Ultem树脂的涂料时，溶剂配方非常重要。实现溶剂和基材的理想搭配可能极其困难。

### 7.5 镀金属

通常出于装饰目的或功能目的而对塑料镀金属。通过金属化，可以将与金属相关的性能（如反射性、耐磨性、导电性和装饰表面）添加到产品中。

有关对Ultem树脂金属化的一般建议有

#### 预处理

典型非增强Ultem树脂在金属化之前不需要底涂或底漆，因为注塑后的Ultem树脂已具备了优质的表面。不过，大多数情况下仍需进行表面活化预处理。建议不要使用织物或溶剂清洗，因为金属化后很容易看到擦痕。

最好的方法是保持模具清洁，部件注塑后立即对其进行金属化，或将它们存储在干净的容器中。

#### 金属化方法

- 使用物理气相沉积法真空金属化。物理气相沉积是将气化金属（通常是铝）沉淀在基质上。蒸气可将高纯度金属在高真空环境下加热得到
- 使用反应溅射法（等离子体增强气相沉积，PE-CVD）真空金属化。反应溅射或PE-CVD同样需在真空中进行。使用高电压设备，将会在试样的接地带电体和负极之间形成场负极是具有金属或合金原料性质的金属靶
- 电镀  
电镀方法有化学镀，电镀加工无须增加电流；电镀，使用电流来影响液化金属盐的电解沉积

### 化学镀

通过蚀刻绝缘塑料为其涂上一层连续的金属膜。这会产生微空腔，从而紧密结合在一起。化学电镀是一种特殊的蚀刻技术，尤其适用于Ultem®树脂。在此技术中，高锰酸蚀刻会打开Ultem树脂分子亚胺环并允许铜进入分子中。使用此技术，产生的粘附度非常高。此技术通常用于EMI防护和模制互连器件(MID)。对于EMI防护，1 - 2 μm的化学镀铜层上又镀了一层0.5 μm的化学镀镍。对于将注塑部件用作电路板的MID应用，将使用电镀技术附加上一层铜。

### 电镀

在塑料上喷镀导电金属层后，可以在该层上再加上一层所选金属的电解沉积。最常使用的金属是铬、镍或黄金（各种厚度均可）。

### 二向色涂层

Ultem树脂非常适合使用二向色涂层，二向色涂层可反射可见光，且允许红外线传输。通过应用不同折射指数的多个涂层，可过滤特殊波长的光线。二向色涂层加工也需在真空瓶中进行，并且在发热量高的灯下使用，如小卤素灯和牙科医生使用的灯光反射器。

### 后期处理

由于铝会与湿气发生反应并且厚度非常薄，必须保护铝不受环境影响。

最常用的可提供这种保护机制的两个系统是

- Plasil/Glipoxan顶层这种含硅单体层是在真空中镀上的
- 表面透明漆

### 注意

有关二次加工（如焊接、机械组合、粘结喷漆和工程热塑性塑料的金属化）的一般信息，可参见以下沙伯基础创新塑料集团手册

- 组合指南
- 设计指南
- 喷漆指南
- 金属化指南

## 联络方式

### 美洲总部

SABIC Innovative Plastics  
One Plastics Avenue  
Pittsfield, MA 01201  
USA  
T 800 845 0600  
T +1 413 448 5800  
F +1 413 448 7731

### 欧洲总部

SABIC Innovative Plastics  
Plasticslaan 1  
PO Box 117  
4600 AC  
Bergen op Zoom  
The Netherlands  
T +31 164 292911  
F +31 164 292940

### Technical Answer Center

T 0800 1 238 5060 \*toll free  
(if mobile disruption +36 1 238 5060)

### 亚太区

沙伯基础创新塑料 - 亚太区总部  
中国上海市南京西路1266号  
恒隆广场1号楼9楼02-07单元  
200040  
电话 +86-21-3222-4500  
传真 +86-21-6289-8988

### 大中华地区总部

沙伯基础创新塑料  
中国上海南京西路1266号  
恒隆广场1号楼16层  
200040  
电话 +86-21-6288-1088  
传真 +86-21-6288-0818

### Email

productinquiries@sabic-ip.com

SABIC INNOVATIVE PLASTICS HOLDING BV及其子公司和分支机构（“销售方”）所提供的材料、产品和服务按照销售方的标准销售条款进行销售，销售条款可在<http://www.sabic-ip.com>上找到，还可根据需要提供。此处提供的任何信息或建议均出于诚意，销售方不以任何明示或默示的方式担保或保证：(i)在最终使用条件下即可达到此处描述的结果或(ii)任何采用销售方的产品、材料或建议的设计都具有有效性或安全性。除非销售方的标准销售条款中另有规定，否则销售方对由于使用此处描述的产品或服务所导致的任何损失概不负责。每个用户都应针对自己的特定用途，通过适当的最终用途测试与分析，自行判断销售方的产品、服务或建议是否适用。除非征得销售方的明确书面同意，否则任何文件或口头声明中的任何内容均不能更改或取代销售方的标准销售条款或本免责声明中的规定。销售方所做的有关任何产品、服务或设计的可能用途的任何声明不表示且不应被视为根据销售方的任何专利或其他知识产权授予任何许可，也不表示且不应被视为有关在侵犯任何专利或其他知识产权的条件下使用此类产品、服务或设计的建议。

SABIC Innovative Plastics是SABIC Holding Europe BV的商标

\* Lexan, LNP和Ultem是SABIC Innovative Plastics IP BV的商标

© 2008 of SABIC Innovative Plastics IP BV版权所有。保留所有权利。