

## TECHNICAL NOTE

SUMITOMO CHEMICAL

超高耐热工程塑料

**SUMIKAEXCEL<sup>TM</sup> PES**  
聚醚砜

High heat  
Resistant  
Amorphous  
Polymer



## 关于 SUMIKAEXCEL PES 的注意点

本资料记载内容皆基于当前已知的资料,情报,数据而作成,可能会因有新发现而改订。

### (1) 使用

安全使用 SUMIKAEXCEL PES 需注意以下要点。本公司另有制作安全技术说明书(SDS ; Safety Data Sheet),请务必在使用前阅读,确认使用中的安全事项。与 SUMIKAEXCEL PES 同时使用的添加剂等,其安全性等相关内容请自行调查。

#### ① 安全卫生

SUMIKAEXCEL PES 在干燥,熔融过程中会产生气体,请避免吸入以及接触眼睛与皮肤。另外,请勿直接接触高温树脂。在进行干燥,熔融等作业时,必须设置局部排气装置以及佩戴保护用具(如防护眼镜,手套等)

#### ② 关于燃烧

SUMIKAEXCEL PES 属于难燃性(UL94 V-0级别)材料,但在使用,保存时请远离高温以及火源。万一被点燃时可能产生有毒气体。可使用水,泡沫灭火器,干粉灭火器进行灭火。

#### ③ 关于废弃

SUMIKAEXCEL PES 可填埋或焚烧处理。填埋处理时需遵守[废弃物处理以及清扫的相关法律],请委托有资质的产业废弃物处理从业人员或公共团体。焚烧时请使用符合大气污染防治法等法律法规要求的设备。焚烧作业可能会产生有毒气体。

#### ④ 关于保存

SUMIKAEXCEL PES 需避免阳光直射,远离漏水以及潮湿环境,在常温下保存。

### (2) 关于符合标准

SUMIKAEXCEL PES 的主要牌号都已达到UNDERWRITERS LABORATORIES INC.规定的UL94, UL746标准和美国食品医药局(FDA)等标准。详细内容可参考本手册,或联络本公司担当人员。如有其他特殊用途也请联系我们。

### (3) 关于管制货物

SUMIKAEXCEL PES 的各牌号不在日本出口贸易管理令第1项至第15项的限制清单中。但是,受到同管理令附表1的16项的限制(catch-all control)。

### (4) 其他

所列的数据均为对应产品的测试结果代表数据,并不能作为产品品质保证的依据。

## SUMIKAEXCEL PES 技术报告 目录

|                  |    |
|------------------|----|
| 1. PES的特征与牌号构成   | 03 |
| 1-1 PES的特征       | 03 |
| 1-2 牌号构成         | 05 |
| 2. PES的物性一览表     | 07 |
| 3. PES的物性        | 09 |
| 3-1 PES的耐热性      | 09 |
| 3-2 PES的机械特性     | 12 |
| 3-3 PES的尺寸稳定性    | 17 |
| 3-4 PES的阻燃性      | 19 |
| 3-5 PES的化学稳定性    | 21 |
| 3-6 PES的电气性能     | 27 |
| 3-7 PES的耐磨性      | 28 |
| 3-8 PES的其他特性     | 31 |
| 4. PES的射出成型      | 33 |
| 4-1 PES的射出成型条件   | 33 |
| 4-2 PES的流动特性     | 36 |
| 4-3 PES的射出成型机与模具 | 40 |
| 4-4 PES的再生利用     | 43 |
| 5. PES的二次加工技术    | 44 |
| 5-1 PES的粘结剂      | 44 |
| 5-2 PES的焊接       | 44 |
| 5-3 PES的超声波焊接    | 45 |
| 5-4 PES的激光焊接     | 45 |
| 6. PES的用途        | 46 |
| 6-1 电气电子领域       | 46 |
| 6-2 汽车、机械领域      | 47 |
| 6-3 其他射出成型领域     | 48 |
| 6-4 食品用具领域       | 49 |
| 6-5 SUMIPLOY的用途  | 50 |
| 7. PES粉料用途       | 52 |
| 8. PES的标准        | 58 |

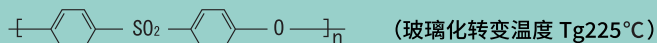
## 1. PES 的特征与牌号构成

### 1-1 PES 的特征

#### 前言

SUMIKAEXCEL PES (Polyethersulfone)是由ICI公司专利授权生产的非晶性耐热树脂,分子结构如下

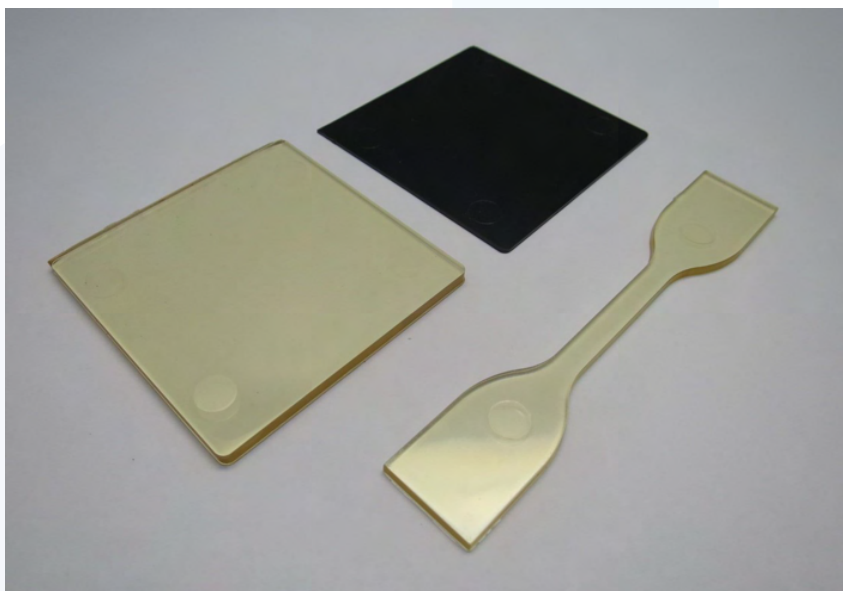
图 1-1-1 PES 的化学结构式



SUMIKAEXCEL PES 是一种带有琥珀色的透明树脂,具有耐热性、耐蠕变、尺寸稳定性、阻燃性、耐热水性等特征,作为一种成型材料,可应用于继电器、burn-in socket等电子部件,IC托盘、打印机以及复印机部件,需要灭菌处理的医疗器械部件以及牙科用备件,LCD基板的薄膜等,广泛应用于各个领域之中。

另外还有粉料型号,可作为飞机上使用的环氧树脂系复合材料的增韧剂、耐热涂料、粘结剂、医疗或食品行业中作为平膜或中空纤维膜等,其应用领域也正不断扩大。

图 1-1-2 PES 成型品的照片



SUMIPLOY是以SUMIKASUPER、PES、PEEK等超级工程塑料为核心,通过本公司长年研发、积累的技术而得到的高性能、高耐热高分子合金。

SUMIPLOY E是由聚醚砜(PES)和SUMIKASUPER E101为主要成分的耐磨材料,在可通过射出成型材料之中具有最高级别的耐磨性(干摩擦下的摩擦系数低且安定,临界PV值高),且摩擦材料为SUS或铝等软质金属时也不易造成刮伤。

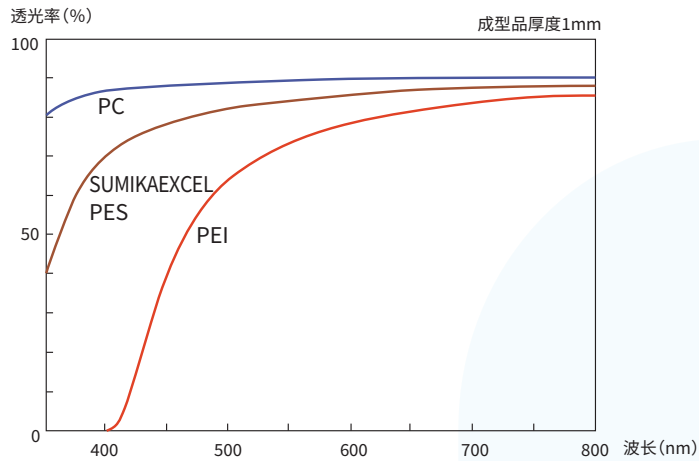
SUMIPLOY S是以PES为主要材料的耐磨材料、保持PES的机械性能和热性能的同时增加了耐磨性。能应用在相对比较缓和的摩擦条件下(低PV值),对材料还有一定程度机械强度要求的情况下。

SUMIPLOY K是以PEEK为主要材料的耐磨材料。保持PEEK本身优异的耐化学试剂性、耐疲劳性、耐放射性、耐热性的情况下提高了耐磨性能。适用于高温、高负荷的环境。

### 透光率

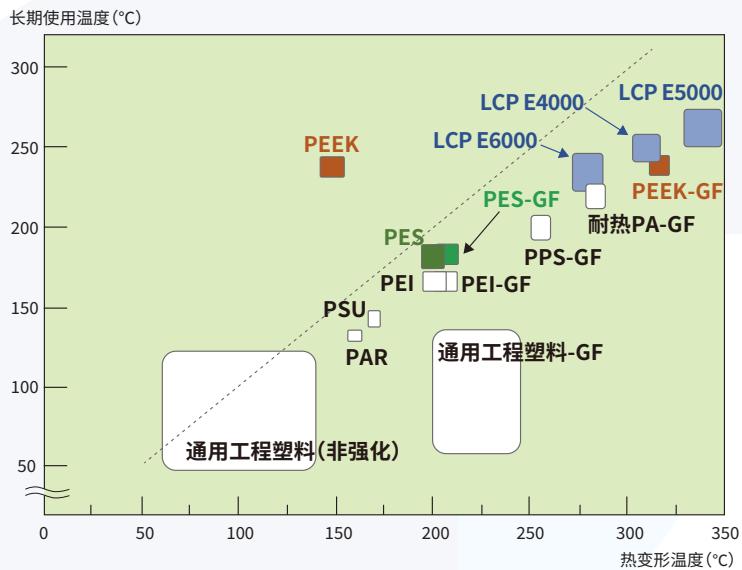
在耐热工程塑料中具有优秀的透光率。

图1-1-3 SUMIKAEXCEL PES 的透光率



### 耐热性

图1-1-4 长期使用温度和热变形温度(载荷1.82MPa)



### SUMIKAEXCEL和SUMIPLOY的特征

表1-1-1 SUMIKAEXCEL和SUMIPLOY的特征

| SUMIKAEXCEL                                                                                                                                                                                  | SUMIPLOY                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 高耐热性</li> <li>• 长期耐热性(180-200°C)</li> <li>• 耐热水性</li> <li>• 高强度、耐冲击性</li> <li>• 耐蠕变</li> <li>• 高尺寸精度</li> <li>• 阻燃性</li> <li>• 低发烟、低发生气体</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 高耐热性</li> <li>• 高强度</li> <li>• 高刚性</li> <li>• 高耐磨性</li> </ul> |

## 1-2 牌号构成

### 射出成型牌号

由非强化、玻璃纤维强化牌号组成标准系列，以及包括耐磨、高尺寸精度、碳纤维强化等机能性牌号构成。其中机能性牌号以SUMIPLOY的商标在进行销售。

表1-2-1 SUMIKAEXCEL及SUMIPLOY的射出成型牌号

| 牌号          |          | 充填材            | 特征               |
|-------------|----------|----------------|------------------|
| SUMIKAEXCEL | 3600G    | 非强化            | 射出成型用高流动         |
|             | 4100G    | 非强化            | 射出成型、挤出成型用标准     |
|             | 4800G    | 非强化            | 射出成型、挤出成型用高分子量   |
|             | 3601GL20 | 20%玻璃纤维强化      | 射出成型用高流动         |
|             | 3601GL30 | 30%玻璃纤维强化      | 射出成型用高流动         |
|             | 4101GL20 | 20%玻璃纤维强化      | 射出成型用标准          |
|             | 4101GL30 | 30%玻璃纤维强化      | 射出成型用标准          |
|             | ES5340   | 20%玻璃纤维强化      | 射出成型用超高流动        |
| SUMIPLOY    | E3010    | 40%E101/氟树脂强化  | 非强化、耐磨           |
|             | FS2200   | 10%氟树脂强化       | 非强化、耐磨           |
|             | GS5620   | 40%玻璃纤维/氟树脂强化  | 耐磨、高尺寸精度         |
|             | CS5220   | 20%碳纤维/氟树脂强化   | 耐磨、高尺寸精度         |
|             | CS5530   | 40%碳纤维/无机填充物强化 | 超高尺寸精度           |
|             | CS5600   | 30%碳纤维强化       | 高强度              |
|             | CK3400   | 18%碳纤维强化       | PEEK基底树脂高速、高负荷耐磨 |
|             | CK3420   | 30%碳纤维/氟树脂强化   | PEEK基底树脂高速、高负荷耐磨 |
|             | CK4600   | 30%碳纤维强化       | PEEK基底树脂高强度      |

**粉料牌号**

本公司可根据用途需求提供具有不同分子量的各种牌号,其分子量大小可用RV(还原粘度)来表示。

SUMIKAEXCEL PES 的溶剂可使用N-甲基吡咯烷酮(NMP),二甲基甲酰胺(DMF),二甲基乙酰胺,γ-羟基丁酸内酯,二氯甲烷/三氯乙烷=50/50混合溶剂(重量比)。

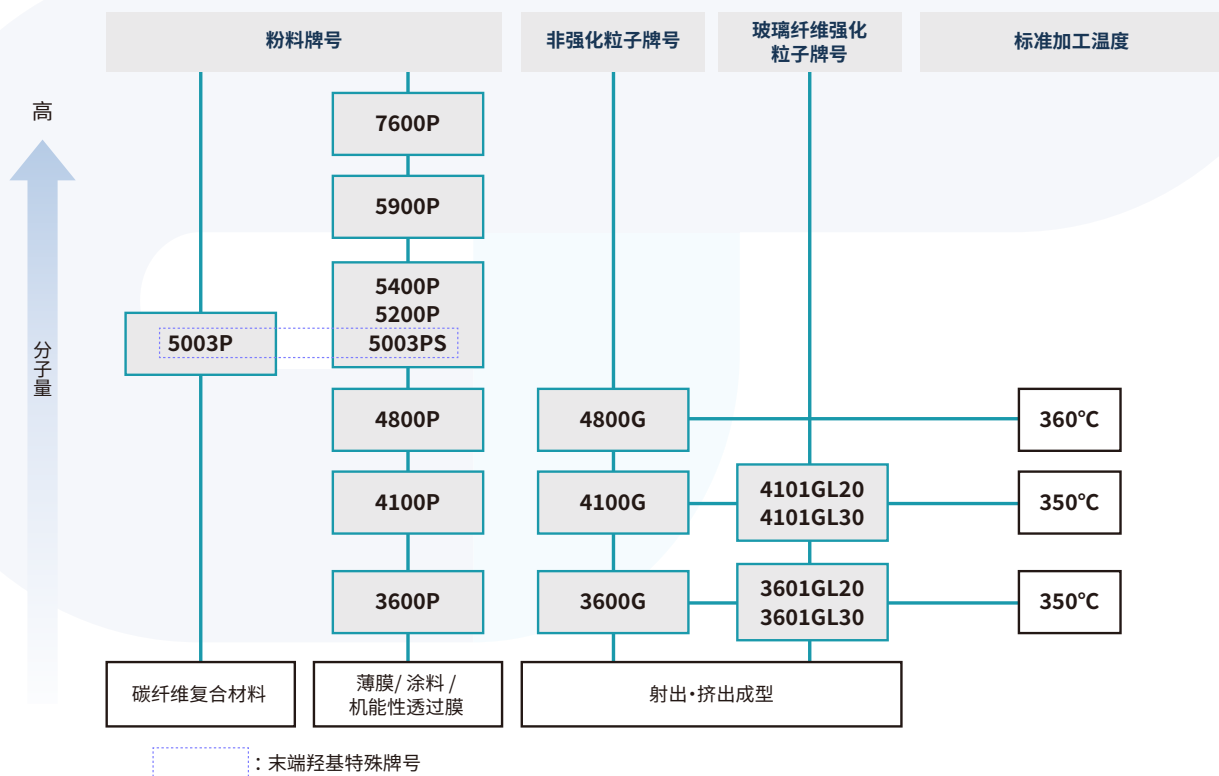
表1-2-2 SUMIKAEXCEL的粉料牌号

| 牌号                   | 还原粘度(RV) <sup>*1</sup> | 用途 |    |        |     |    |         |               |
|----------------------|------------------------|----|----|--------|-----|----|---------|---------------|
|                      |                        | 挤出 | 涂料 | 机性能透过膜 | 粘结剂 | 薄膜 | 环氧树脂强化剂 | 碳纤维复合材料(飞机用途) |
| 3600P                | 0.36                   | ◎  | —  | —      | —   | —  | —       | —             |
| 4100P                | 0.41                   | ◎  | ◎  | —      | ○   | ○  | —       | —             |
| 4800P                | 0.48                   | ○  | ○  | ○      | ○   | —  | —       | —             |
| 5003PS <sup>*2</sup> | 0.50                   | —  | ◎  | —      | ◎   | —  | ◎       | —             |
| 5200P                | 0.52                   | —  | —  | ○      | —   | —  | —       | —             |
| 5900P                | 0.59                   | —  | —  | ◎      | —   | —  | —       | —             |
| 7600P                | 0.76                   | —  | —  | ◎      | —   | —  | —       | —             |
| 5003P <sup>*2</sup>  | 0.50                   | —  | —  | —      | —   | —  | —       | ◎             |

<sup>\*1</sup>还原粘度是在1%N,N-二甲基甲酰胺(DMF)溶液中的测定结果。

<sup>\*2</sup>平均每100个重复单元有多达0.6-1.4个末端羟基。

图1-2-1 SUMIKAEXCEL PES 的牌号一览



## 2. PES 的物性一览表

表2-1 SUMIKAEXCEL PES 的一般物性表

|               |                 |                   | SUMIKAEXCEL PES     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------------|-----------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 一般物性          | 试验方法            | 单位                | 3600G               | 4100G              | 4800G              | 3601GL20           | 3601GL30           | 4101GL20           | 4101GL30           | ES5340             |
| 颜色            |                 |                   | 本色 / 黑色             | 本色 / 黑色            | 本色 / 黑色            | 本色 / 黑色            | 本色 / 黑色            | 本色 / 黑色            | 本色 / 黑色            | 黑色                 |
| 充填材           |                 |                   | 非強化                 | 非強化                | 非強化                | 玻璃纤维               | 玻璃纤维               | 玻璃纤维               | 玻璃纤维               | 玻璃纤维               |
| 填充材料总填充量      |                 | wt%               | —                   | —                  | —                  | 20                 | 30                 | 20                 | 30                 | 20                 |
| 物理性能          |                 |                   |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 密度            | ISO 1183        | g/cm <sup>3</sup> | 1.37                | 1.37               | 1.37               | 1.51               | 1.60               | 1.51               | 1.60               | 1.52               |
| 比重            | ASTM D792       | —                 | 1.37                | 1.37               | 1.37               | 1.51               | 1.60               | 1.51               | 1.60               | 1.51               |
| 吸水率           | 23°C, 水中 24hr   | ISO 62            | %                   | 1.0                | 1.0                | 0.8                | 0.7                | 0.8                | 0.7                | 0.5                |
| 成型收缩率         | MD              | 住化法 <sup>※1</sup> | %                   | 0.60               | 0.60               | 0.30               | 0.20               | 0.30               | 0.20               | 0.39               |
|               | TD              |                   | %                   | 0.60               | 0.60               | 0.40               | 0.40               | 0.40               | 0.40               | 0.60               |
| 机械性能          |                 |                   |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 拉伸强度          | ISO 527-1,2     | MPa               | 85                  | 85                 | 85                 | 135                | 145                | 135                | 145                | 96                 |
|               | ASTM D638       | MPa               | 84                  | 84                 | 84                 | 124                | 140                | 124                | 140                | 104                |
| 拉伸屈服伸长率       | ISO 527-1,2     | %                 | 6.5 <sup>※2</sup>   | 6.5 <sup>※2</sup>  | 6.5 <sup>※2</sup>  | 2.4                | 1.8                | 2.4                | 1.8                | 1.5                |
| 拉伸断裂伸长率       | ASTM D638       | %                 | 40-80               | 40-80              | 40-80              | 3.0                | 3.0                | 3.0                | 3.0                | 4.0                |
| 拉伸模量          | ISO 527-1,2     | MPa               | 2,700               | 2,700              | 2,700              | 7,200              | 9,800              | 7,200              | 9,800              | 8,900              |
| 弯曲强度          | ISO 178         | MPa               | 130                 | 130                | 130                | 190                | 210                | 190                | 210                | 139                |
|               | ASTM D790       | MPa               | 129                 | 129                | 129                | 172                | 190                | 172                | 190                | 138                |
| 弯曲模量          | ISO 178         | MPa               | 2,600               | 2,600              | 2,600              | 6,600              | 9,500              | 6,600              | 9,500              | 7,200              |
|               | ASTM D790       | MPa               | 2,600               | 2,600              | 2,600              | 6,000              | 8,400              | 6,000              | 8,400              | 7,600              |
| 简支梁冲击强度       | 无缺口             | ISO 179-1/1eU     | kJ/m <sup>2</sup>   | NB <sup>※3</sup>   | NB <sup>※3</sup>   | 45                 | 55                 | 45                 | 55                 | 19                 |
|               | 有缺口             | ISO 179-1/1eA     | kJ/m <sup>2</sup>   | 6                  | 7                  | 8                  | 5                  | 6                  | 6                  | 4                  |
| 悬臂梁冲击强度       | 无缺口             | ISO 180/1U        | kJ/m <sup>2</sup>   | NB <sup>※3</sup>   | NB <sup>※3</sup>   | 30                 | 35                 | 30                 | 35                 | 15                 |
|               | 有缺口             | ISO 180/1A        | kJ/m <sup>2</sup>   | 7                  | 8                  | 8                  | 5                  | 6                  | 6                  | 4                  |
|               | 无缺口             | ASTM D256         | J/m                 | NB <sup>※3</sup>   | NB <sup>※3</sup>   | 431                | 539                | 431                | 539                | 186                |
|               | 有缺口             |                   | J/m                 | 85                 | 85                 | 80                 | 81                 | 80                 | 81                 | —                  |
|               |                 |                   |                     | 95                 | 95                 | 100                | 100                | 100                | 100                | 89                 |
| 洛氏硬度          | M 标尺            | ISO 2039-2        | —                   | 95                 | 95                 | 95                 | 100                | 100                | 100                | 89                 |
| 热性能           |                 |                   |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 热变形温度         | 1.80MPa         | ISO 75            | °C                  | 205                | 205                | 205                | 221                | 221                | 221                | 211                |
|               | 0.45MPa         |                   | °C                  | 214                | 214                | 214                | 222                | 223                | 222                | 223                |
|               | 1.82MPa         | ASTM D648         | °C                  | 203                | 203                | 203                | 210                | 216                | 210                | 211                |
|               | 0.45MPa         |                   | °C                  | 210                | 210                | 210                | —                  | —                  | —                  | —                  |
| 线膨胀系数         | MD(50-150°C)    | ISO 11359-1,2     | 10 <sup>-5</sup> /K | 5.5                | 5.5                | 5.5                | 2.4                | 2.0                | 2.4                | 2.0                |
|               | TD(50-150°C)    |                   | 10 <sup>-5</sup> /K | 5.5                | 5.5                | 5.5                | 5.8                | 5.2                | 5.8                | 6.4                |
| MFR           | 360°C/2.16kg    | ISO 1133-1        | g/10min             | 55                 | 25                 | 8                  | 17                 | 14                 | 9                  | 7                  |
|               | 400°C/2.16kg    |                   | g/10min             | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  |
| 电性能           |                 |                   |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 相对介电常数 (绝干)   | 100Hz           | IEC 62631-2-1     | —                   | 3.5                | 3.5                | 3.5                | 3.8                | 3.9                | 3.8                | 3.9                |
|               | 1kHz            |                   | —                   | 3.5                | 3.5                | 3.5                | 3.8                | 3.9                | 3.8                | 3.9                |
|               | 1MHz            |                   | —                   | 3.4                | 3.4                | 3.4                | 3.7                | 3.8                | 3.7                | 3.8                |
|               | 1GHz            | IEC 60250         | —                   | 3.4                | 3.4                | 3.4                | 3.7                | 3.8                | 3.7                | 3.8                |
| 介电损耗 (绝干)     | 100Hz           | IEC 62631-2-1     | —                   | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              |
|               | 1kHz            |                   | —                   | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              | 0.002              |
|               | 1MHz            |                   | —                   | 0.004              | 0.004              | 0.004              | 0.004              | 0.003              | 0.004              | 0.003              |
|               | 1GHz            | IEC 60250         | —                   | 0.004              | 0.004              | 0.004              | 0.004              | 0.003              | 0.004              | 0.003              |
| 绝缘破坏强度 (1mm)  | IEC 60243-1     | kV/mm             | 43                  | 43                 | 43                 | 39                 | 38                 | 39                 | 38                 | —                  |
| 体积抵抗率         | IEC 60093       | Ωm                | > 10 <sup>13</sup>  | > 10 <sup>13</sup> | > 10 <sup>13</sup> | > 10 <sup>13</sup> | > 10 <sup>13</sup> | > 10 <sup>13</sup> | > 10 <sup>13</sup> | > 10 <sup>13</sup> |
| 耐电弧性          | ASTM D495       | sec               | 70                  | 70                 | 70                 | 120-180            | 120-180            | 120-180            | 120-180            | —                  |
| 耐电痕性          | IEC 60112       | V                 | 150                 | 150                | 150                | —                  | —                  | 150                | 150                | —                  |
| 阻燃性           |                 |                   |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 阻燃等级          | IEC 60695-11-10 | class             | V-0                 | V-0                | V-0                | V-0                | V-0                | V-0                | V-0                | V-0                |
| UL 黄卡 File No | —               | —                 | E249884             | E249884            | E249884            | E249884            | E249884            | E249884            | E249884            | E249884            |

※1 测定64mm×64mm×3mm平板试验片的成型收缩率 ※2 拉伸屈服变形 ※3 未破坏



表2-2 SUMIPLOY的一般物性表

|               |                 |                   | SUMIPLOY            |                    |                    |           |            |         |        |           |        |
|---------------|-----------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------|------------|---------|--------|-----------|--------|
| 一般物性          | 试验方法            | 单位                | E3010               | FS2200             | GS5620             | CS5220    | CS5530     | CS5600  | CK3400 | CK3420    | CK4600 |
| 颜色            |                 |                   | 本色                  | 本色                 | 黑色                 | 黑色        | 黑色         | 黑色      | 黑色     | 黑色        | 黑色     |
| 充填材           |                 |                   | E101 / 氟树脂          | 氟树脂                | 玻璃纤维 / 氟树脂         | 碳纤维 / 氟树脂 | 碳纤维 / 无机填料 | 碳纤维     | 碳纤维    | 碳纤维 / 氟树脂 | 碳纤维    |
| 填充材料总填充量      |                 | wt%               | 40                  | 10                 | 40                 | 20        | 40         | 30      | 18     | 30        | 30     |
| 物理性能          |                 |                   |                     |                    |                    |           |            |         |        |           |        |
| 密度            | ISO 1183        | g/cm <sup>3</sup> | 1.46                | 1.42               | 1.66               | 1.45      | 1.56       | 1.47    | 1.36   | 1.43      | 1.44   |
| 比重            | ASTM D792       | —                 | 1.48                | 1.42               | 1.66               | 1.45      | 1.55       | 1.47    | 1.36   | 1.42      | 1.44   |
| 吸水率           | 23°C, 水中 24hr   | ISO 62            | %                   | 0.7                | 0.9                | 0.7       | 0.9        | 0.5     | 0.8    | 0.1       | 0.1    |
| 成型收缩率         | MD              | 住化法 <sup>*1</sup> | %                   | 0.92               | 0.60               | 0.14      | 0.18       | 0.09    | 0.10   | 0.18      | 0.13   |
|               | TD              |                   | %                   | 0.97               | 0.60               | 0.30      | 0.35       | 0.03    | 0.25   | 0.48      | 0.55   |
| 机械性能          |                 |                   |                     |                    |                    |           |            |         |        |           |        |
| 拉伸强度          | ISO 527-1,2     | MPa               | 35                  | 72                 | 117                | 107       | 135        | 178     | 197    | 176       | 231    |
|               | ASTM D638       | MPa               | 36                  | 77                 | 123                | 112       | 133        | 176     | 196    | 173       | 216    |
| 拉伸屈服伸长率       | ISO 527-1,2     | %                 | 4.0                 | 8.6                | 1.6                | 2.3       | 0.6        | 1.5     | 2.2    | 2.0       | 1.9    |
| 拉伸断裂伸长率       | ASTM D638       | %                 | 7.6                 | 15.0               | 4.5                | 6.0       | 3.4        | 4.0     | 6.4    | 6.3       | 4.0    |
| 拉伸模量          | ISO 527-1,2     | MPa               | 2,490               | 2,490              | 9,890              | 7,670     | 26,800     | 20,100  | 13,900 | 16,000    | 21,800 |
| 弯曲强度          | ISO 178         | MPa               | 71                  | 104                | 172                | 155       | 206        | 246     | 305    | 276       | 339    |
|               | ASTM D790       | MPa               | 64                  | 118                | 159                | 147       | 162        | 255     | 290    | 240       | 333    |
| 弯曲模量          | ISO 178         | MPa               | 2,600               | 2,200              | 8,600              | 5,900     | 26,500     | 14,700  | 13,700 | 14,100    | 16,700 |
|               | ASTM D790       | MPa               | 2,500               | 2,500              | 8,600              | 6,600     | 18,100     | 15,200  | 12,900 | 12,100    | 18,200 |
| 简支梁冲击强度       | 无缺口             | ISO 179-1/1eU     | kJ/m <sup>2</sup>   | 19                 | 148                | 30        | 29         | 14      | 32     | 51        | 53     |
|               | 有缺口             | ISO 179-1/1eA     | kJ/m <sup>2</sup>   | 3                  | 6                  | 7         | 4          | 5       | 5      | 7         | 7      |
| 悬臂梁冲击强度       | 无缺口             | ISO 180/1U        | kJ/m <sup>2</sup>   | 14                 | 99                 | 24        | 22         | 14      | 28     | 40        | 43     |
|               | 有缺口             | ISO 180/1A        | kJ/m <sup>2</sup>   | 4                  | 6                  | 7         | 5          | 6       | 6      | 7         | 7      |
|               | 无缺口             | ASTM D256         | J/m                 | 232                | 980                | 363       | 348        | 140     | 510    | 700       | 506    |
|               | 有缺口             |                   | J/m                 | 29                 | 78                 | 71        | —          | —       | 59     | —         | 69     |
|               |                 |                   | J/m                 | 29                 | 78                 | 71        | —          | —       | 59     | —         | 69     |
| 洛氏硬度          | M 标尺            | ISO 2039-2        | —                   | 57                 | 85                 | 91        | 93         | 89      | 100    | 111       | 104    |
| 热性能           |                 |                   |                     |                    |                    |           |            |         |        |           |        |
| 热变形温度         | 1.80MPa         | ISO 75            | °C                  | 205                | 204                | 216       | 214        | 217     | 219    | 313       | 311    |
|               | 0.45MPa         |                   | °C                  | 214                | 213                | 231       | 227        | 224     | 234    | 337       | 327    |
|               | 1.82MPa         | ASTM D648         | °C                  | 203                | 203                | 218       | 210        | 216     | 217    | 325       | 324    |
|               | 0.45MPa         |                   | °C                  | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
| 线膨胀系数         | MD(50-150°C)    | ISO 11359-1,2     | 10 <sup>-5</sup> /K | 5.7                | 5.7                | 1.6       | 1.4        | 0.7     | 0.7    | 1.0       | 0.8    |
|               | TD(50-150°C)    |                   | 10 <sup>-5</sup> /K | 6.0                | 5.8                | 5.1       | 5.5        | 4.4     | 5.0    | 5.4       | 5.8    |
| MFR           | 360°C/2.16kg    | ISO 1133-1        | g/10min             | 4                  | 17                 | 7         | 15         | 3       | 11     | —         | —      |
|               | 400°C/2.16kg    |                   | g/10min             | —                  | —                  | —         | —          | —       | 7      | 2         | 1      |
| 电性能           |                 |                   |                     |                    |                    |           |            |         |        |           |        |
| 相对介电常数 (绝干)   | 100Hz           | IEC 62631-2-1     | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
|               | 1kHz            |                   | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
|               | 1MHz            |                   | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
|               | 1GHz            | IEC 60250         | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
| 介电损耗 (绝干)     | 100Hz           | IEC 62631-2-1     | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
|               | 1kHz            |                   | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
|               | 1MHz            |                   | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
|               | 1GHz            | IEC 60250         | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
| 绝缘破坏强度(1mm)   | IEC 60243-1     | kV/mm             | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
| 体积抵抗率         | IEC 60093       | Ωm                | > 10 <sup>13</sup>  | > 10 <sup>13</sup> | > 10 <sup>13</sup> | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
| 耐电弧性          | ASTM D495       | sec               | 90-100              | 80                 | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
| 耐电痕性          | IEC 60112       | V                 | —                   | —                  | —                  | —         | —          | —       | —      | —         | —      |
| 阻燃性           |                 |                   |                     |                    |                    |           |            |         |        |           |        |
| 阻燃等级          | IEC 60695-11-10 | class             | V-0                 | V-0                | V-0                | —         | V-0        | V-0     | —      | —         | —      |
| UL 黄卡 File No | —               | —                 | E249884             | E249884            | E249884            | —         | E249884    | E249884 | —      | —         | —      |

<sup>\*1</sup> 测定64mm×64mm×3mm平板试验片的成型收缩率

### 3. PES的物性

#### 3-1 PES的耐热性

SUMIKAEXCEL PES 在设计时必要的热性能如表3-1-1所示

表3-1-1 SUMIKAEXCEL PES 的热性能

| 耐热性            | 测试方法       | 单位 | 非强化            | 玻璃纤维强化               |                      |
|----------------|------------|----|----------------|----------------------|----------------------|
|                |            |    | 4100G<br>4800G | 3601GL20<br>4101GL20 | 3601GL30<br>4101GL30 |
| 热变形温度(0.45MPa) | ASTM D648  | °C | 210            | —                    | —                    |
| 热变形温度(1.82MPa) | ASTM D648  | °C | 203            | 210                  | 216                  |
| 热变形温度(0.45MPa) | ISO 75     | °C | 214            | 222                  | 223                  |
| 热变形温度(1.80MPa) | ISO 75     | °C | 205            | 221                  | 221                  |
| 维卡软化点(1kg)     | ASTM D1525 | °C | 226            | —                    | —                    |
| 维卡软化点(5kg)     | ASTM D1525 | °C | 222            | —                    | —                    |

#### 阿伦尼乌斯曲线

树脂的长期使用温度范围被其热稳定性所限制。根据UL标准的相对温度指数(RTI),老化试验会一直持续到观察对象的特性值降低至初始数值的一半为止。在不同温度下进行数个阶段的老化实验,根据实验数据作出阿伦尼乌斯曲线。所谓阿伦尼乌斯曲线,是将特性值降低至初始数值的一半所需要的时间(也称为半减期)与老化温度(K)的倒数进行拟合所得的曲线图。

图3-1-1 4800G拉伸强度半减时间的温度依赖性

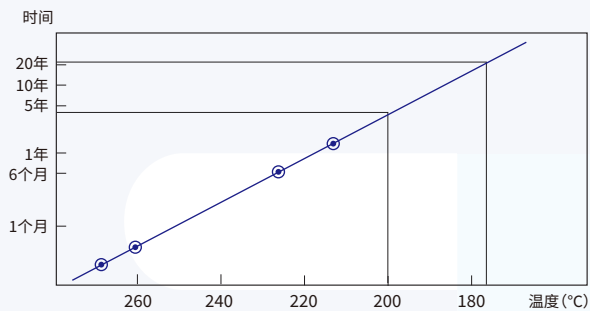
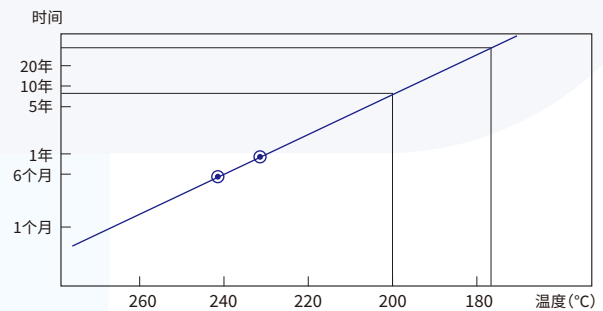


图3-1-2 4101GL30拉伸强度半减时间的温度依赖性



### 长期耐热性

SUMIKAEXCEL PES 具有优异的长期耐热性。SUMIKASUPER PES 的相对温度指数 (RTI) 如下所示。RTI 是一个特定温度, 表示材料在其中经过 10 万小时老化后, 电性能 (Elec), 机械性能 (Mech) 中的冲击强度 (Imp) 与拉伸强度 (Str) 的初始数值降低至一半。一般情况下, 薄试验片的劣化速度较快, UL 会根据试验片的厚度来评价其 RTI。

表3-1-2 SUMIKAEXCEL PES 的相对温度指数 (UL746B)

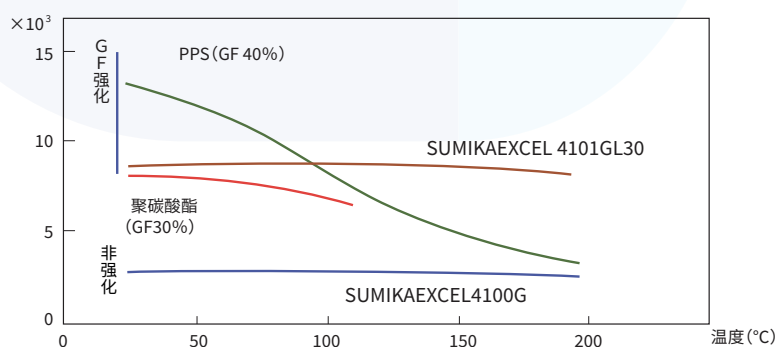
| 牌号       | 厚度 (mm) | RTI |     |     |
|----------|---------|-----|-----|-----|
|          |         | 电性能 | 冲击  | 拉伸  |
| 3600G    | 0.41    | -   | -   | -   |
|          | 0.75    | 180 | 170 | 180 |
|          | 1.6     | 180 | 170 | 180 |
|          | 3.0     | 180 | 170 | 180 |
| 4100G    | 0.41    | 180 | 170 | 180 |
|          | 0.75    | 180 | 170 | 180 |
|          | 1.5     | 180 | 170 | 180 |
|          | 3.0     | 180 | 170 | 180 |
| 4800G    | 0.30    | 180 | 170 | 180 |
|          | 0.46    | 180 | 170 | 180 |
|          | 1.5     | 180 | 170 | 180 |
|          | 3.0     | 180 | 170 | 180 |
| 3601GL20 | 0.43    | 180 | 180 | 180 |
|          | 3.0     | 180 | 180 | 180 |
| 3601GL30 | 0.43    | 190 | 190 | 190 |
|          | 3.0     | 190 | 190 | 190 |
| 4101GL20 | 0.43    | 180 | 180 | 180 |
|          | 1.5     | 180 | 180 | 180 |
|          | 3.0     | 180 | 180 | 180 |
| 4101GL30 | 0.43    | 190 | 190 | 190 |
|          | 1.5     | 190 | 190 | 190 |
|          | 3.0     | 190 | 190 | 190 |

### 模量的温度依赖性

图3-1-3是弯曲模量的温度依赖性。模量在100°C-200°C间几乎不发生变化。特别是在100°C以上, 比结晶性树脂PPS等玻璃纤维强化牌号和 非晶性树脂的PC强化牌号更优秀, 在所有热塑性树脂中属于最高的类别。

图3-1-3 4100G与4101GL30弯曲模量的温度依赖性

弯曲模量 (MPa)

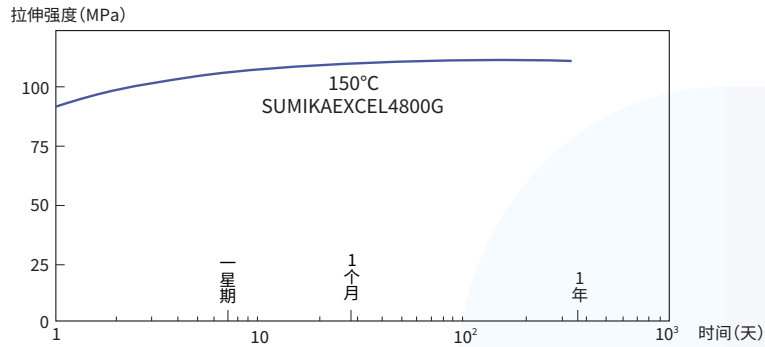


### 老化特性(空气及热水中)

#### 热老化性

SUMIKAEXCEL PES 在150°C空气中进行热老化也不会使强度降低,具有优异的耐热性。

图3-1-4 150°C空气中拉伸强度的老化特性



#### 耐热水性

SUMIKAEXCEL PES 在水中(23°C)或热水中(100°C)不加载荷的老化试验后,拉伸强度几乎不发生变化。在热水(100°C)中,冲击强度初期会降低,在这之后可以稳定地保持较高的耐冲击性。

图3-1-5 水中拉伸强度的老化时间依赖性

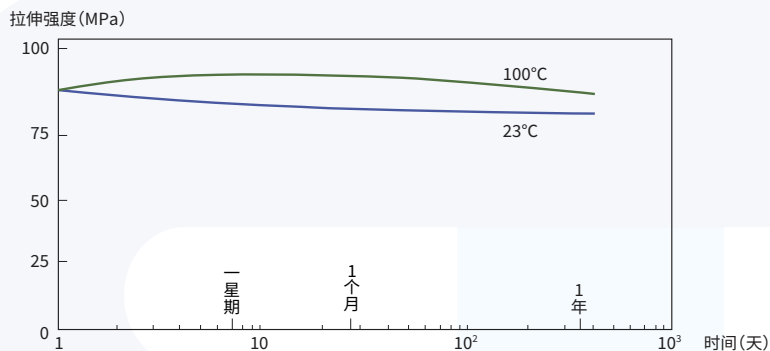
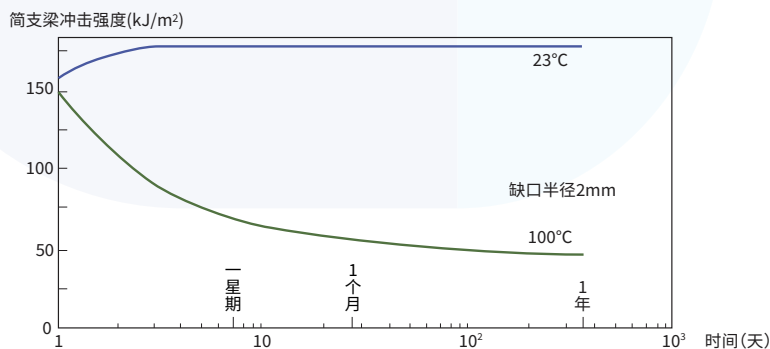


图3-1-6 水中冲击强度的老化时间依赖性



#### 耐蒸气(蒸汽杀菌循环的影响)

SUMIKAEXCEL PES 在143°C,3.2个大气压的蒸汽中与室温干燥空气下的循环试验结果相比,冲击强度几乎没有变化。但是,SUMIKAEXCEL PES 在蒸汽中使用时,需要根据实际使用环境进行测试。

### 3-2 PES的机械特性

#### 短期变形

##### 拉伸试验

图为 SUMIKAEXCEL PES 通过拉伸试验得到的应力-应变曲线(以下为S-S曲线)。应力在达到某个水准之前,应力与应变呈比例关系。在对塑料制品进行强度设计时,必须考虑到应力与应变存在不成比例关系的部分。

图3-2-1 4100G拉伸强度的S-S曲线

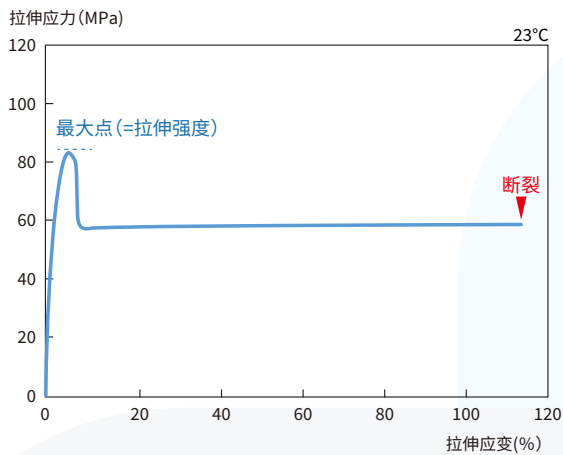
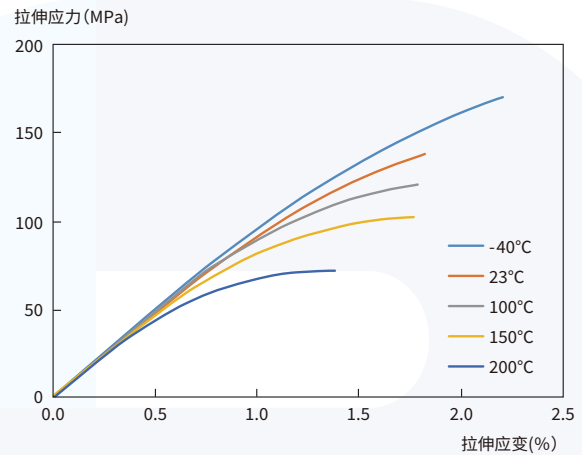


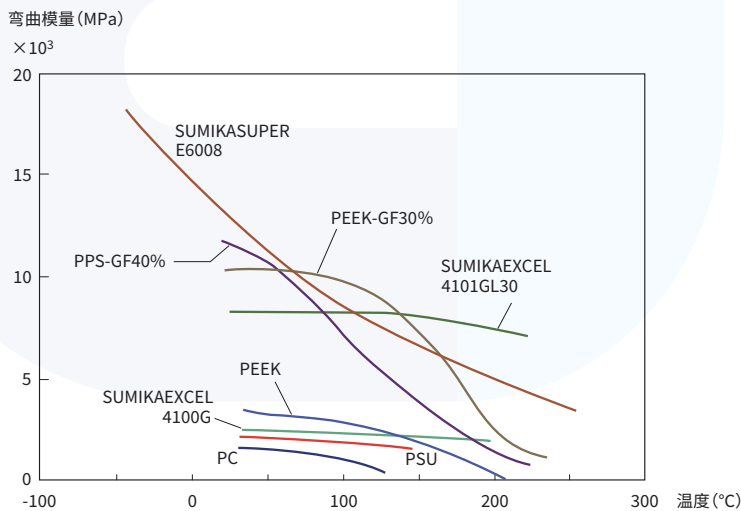
图3-2-2 4101GL30拉伸强度的S-S曲线



#### 弯曲模量的温度依赖性

热变形温度为200-220°C,连续使用温度达到180-190°C。模量在-100-200°C之间几乎不发生变化,特别是100°C以上时,在所有热塑性树脂中属于最高级别。

图3-2-3 弯曲模量的温度依赖性



### 冲击强度

SUMIKAEXCEL PES 是一种高韧性的树脂,具有优异的耐冲击性。图为通过悬臂梁冲击强度来和其他树脂相比较的结果。无缺口的非强化牌号都无法被破坏。另外,冲击强度的温度依赖性如图3-2-6所示。SUMIKAEXCEL PES 在0℃以下,例如-100℃下也具有相当程度的冲击强度。

图3-2-4 SUMIKAEXCEL PES 的耐冲击性  
悬臂梁冲击强度(3.2t,无缺口)(J/m)

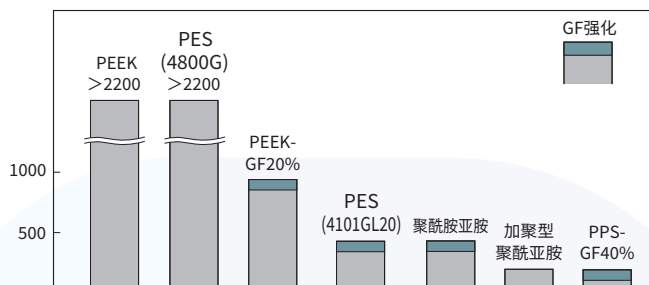


图3-2-5 冲击强度的缺口半径依赖性20℃(4800G)

简支梁冲击强度(kJ/m<sup>2</sup>)

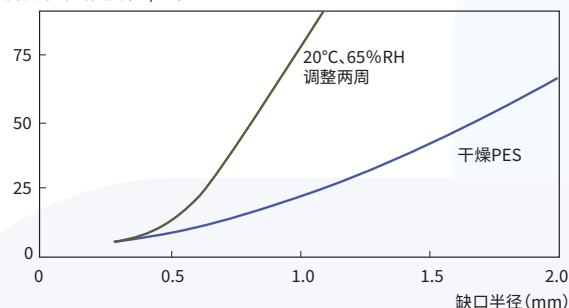
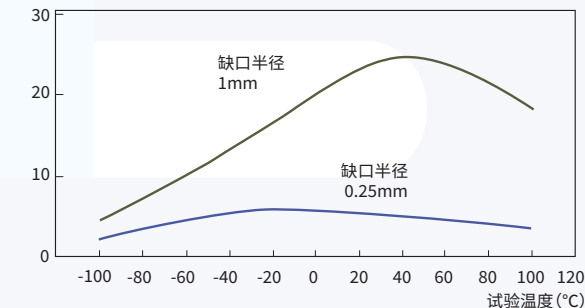


图3-2-6 冲击强度的温度依赖性(4800G)

简支梁冲击强度(kJ/m<sup>2</sup>)



### 结合线强度

射出成型时,结合线(树脂的合流点)比非结合线位置强度更低。玻璃纤维强化牌号的结合线强度随着玻璃纤维的含量提高而降低。非结合线位置的强度与结合线位置强度的比较如图3-2-7所示, SUMIKAEXCEL PES 的结合线位置的拉伸强度如表3-2-1所示。SUMIKAEXCEL PES 与其他树脂相比,其结合线强度非常高。特别是非强化牌号的结合线位置强度几乎没有下降,与非结合线位置具有同等的强度。

#### 结合线拉伸强度

图3-2-7 拉伸强度

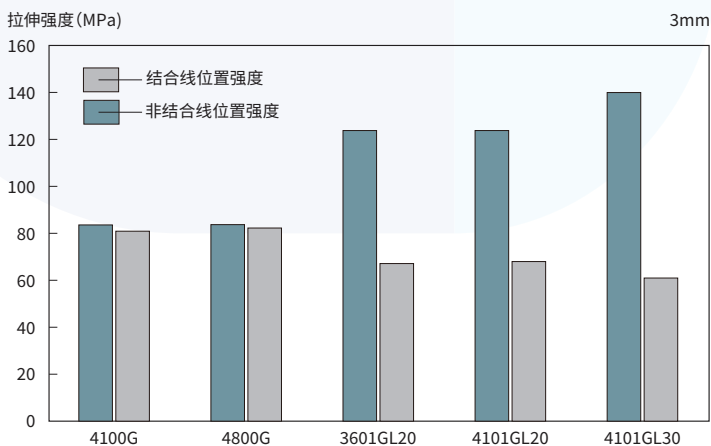


表3-2-1 结合线位置的拉伸强度

(单位: MPa)

| 牌号       | 非结合线位置 | 结合线位置 |
|----------|--------|-------|
| 4100G    | 84     | 81    |
| 4800G    | 84     | 82    |
| 3601GL20 | 124    | 67    |
| 4101GL20 | 124    | 68    |
| 4101GL30 | 140    | 61    |

## 结合线弯曲强度

图3-2-8 结合线测试用成型品形状

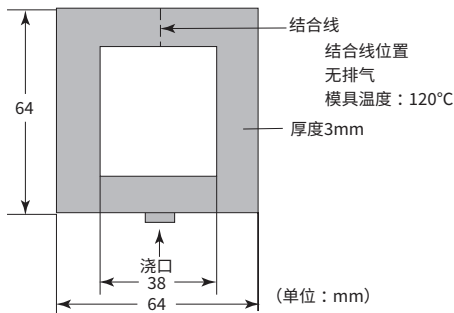


表3-2-2 结合线位置与非结合线位置的弯曲强度和悬臂梁冲击强度

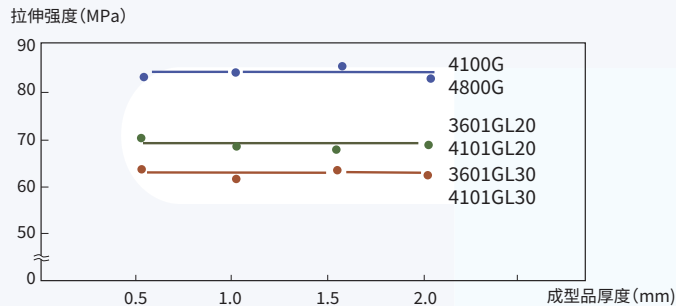
| 牌号        | 弯曲强度 (MPa) |       | 悬臂梁冲击强度 (J/m) |       |        |       |
|-----------|------------|-------|---------------|-------|--------|-------|
|           |            |       | 无缺口           |       | 0.25缺口 |       |
|           | 非结合线位置     | 结合线位置 | 非结合线位置        | 结合线位置 | 非结合线位置 | 结合线位置 |
| 4100G     | 140*       | 140*  | > 1960*       | 2156  | 68     | 49    |
| 4101GL20  | 190        | 110   | 411           | 117   | 68     | 29    |
| 4101GL30  | 180        | 110   | 362           | 98    | 68     | 29    |
| PPS-GF40% | 170        | 70    | 166           | 29    | 49     | 19    |

\*标记=无断裂

成型机 : Neomat N47/28  
 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd)  
 射出压力 : 130MPa  
 射出速度 : 60%  
 机筒温度 : 340°C (4100G)  
 350°C (4101GL20・4101GL30)  
 射出时间 : 10秒  
 冷却时间 : 20秒

## 薄壁成型品的结合线强度

图3-2-9 成型品厚度与结合线位置拉伸强度的关系



## 结合线强度的改善

如在实际使用时遇到结合线强度不足的问题,可尝试使用以下方法进行改善。

## ●通过热处理改善

玻璃纤维强化牌号的结合线强度在150-180°C下进行热处理后可以提高15-20%。

适当的热处理条件为,0.5-1.5mm厚度使用150°C×20分,2mm厚度则为180°C×180分。

表3-2-3 通过热处理对结合线位置强度的改善

(单位: MPa)

| 牌号                   | 热处理前 | 150°C    | 180°C    |          |
|----------------------|------|----------|----------|----------|
|                      |      | 20min    | 20min    | 180min   |
| 3601GL20<br>4101GL20 | 68   | 76(113%) | 76(113%) | 77(114%) |
| 3601GL30<br>4101GL30 | 61   | 75(123%) | 75(121%) | 75(121%) |

() 内为热处理前的强度作为100%时换算的比例

## ●通过模具温度改善

结合线强度随着成型时模具温度的升高而提高,可以尝试将模具温度提高至160-180°C。

## 长期变形

### 蠕变

在对实际使用的部件进行强度计算时,应该避免仅使用标准测试(例如ASTM)的强度、模量结果。在决定最适合的设计时,应当基于蠕变特性与特性随温度的变化等,考虑在使用条件下成形品的尺寸以及强度的变化。图3-2-10中是非强化牌号4800G在20°C以及150°C下的拉伸蠕变特性。图中可以看出, SUMIKAEXCEL PES 具有优异的耐蠕变性。非强化牌号在20°C下,20MPa的载荷下3年后的蠕变变形仅有1%,即使是在150°C下,10MPa的载荷下3年后蠕变变形也不超过1%。玻璃纤维强化牌号(3601GL30、4101GL30)150°C下的弯曲蠕变特性如图3-2-11所示。与结晶性的PPS(玻璃纤维40%强化牌号)相比,可以看出 SUMIKAEXCEL PES 具有更加优异的耐蠕变特性。

图3-2-10 非强化牌号(4800G)的拉伸蠕变特性

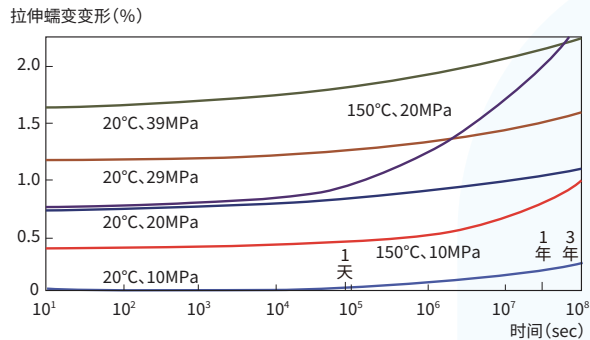


图3-2-11 玻璃纤维强化牌号(3601GL30、4101GL30)的弯曲蠕变特性

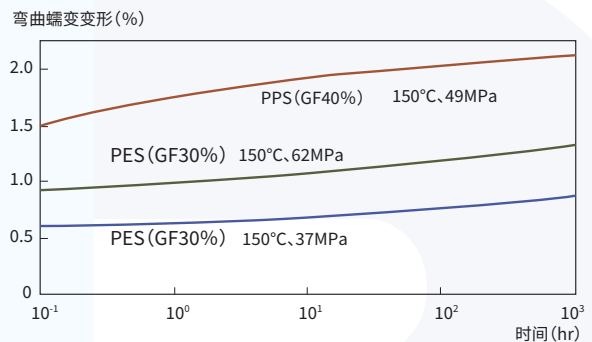


图3-2-12 非强化牌号(4100G)的拉伸蠕变特性

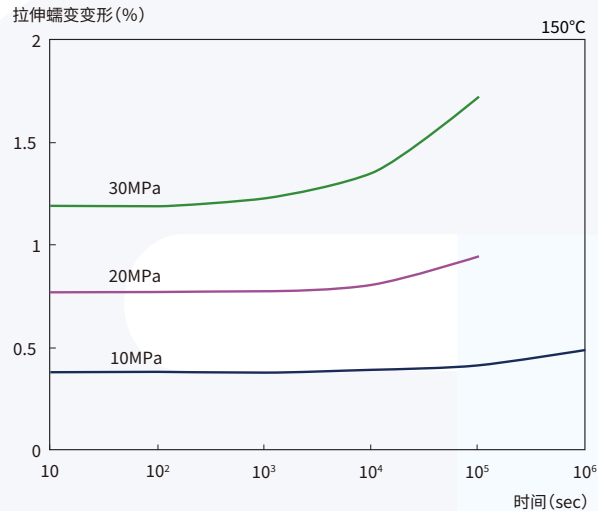


图3-2-13 玻璃纤维强化牌号(4101GL30)的拉伸蠕变特性

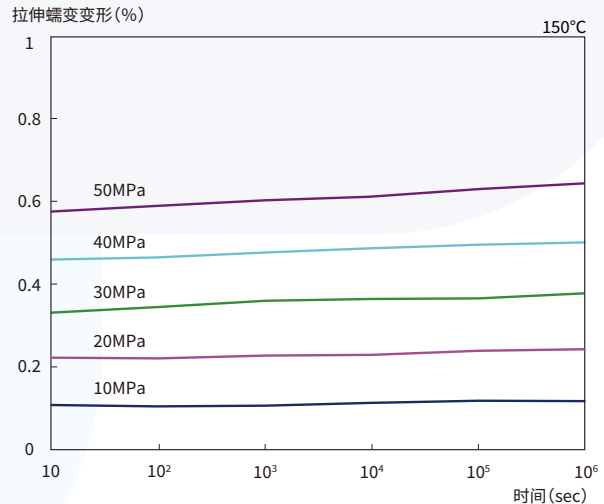
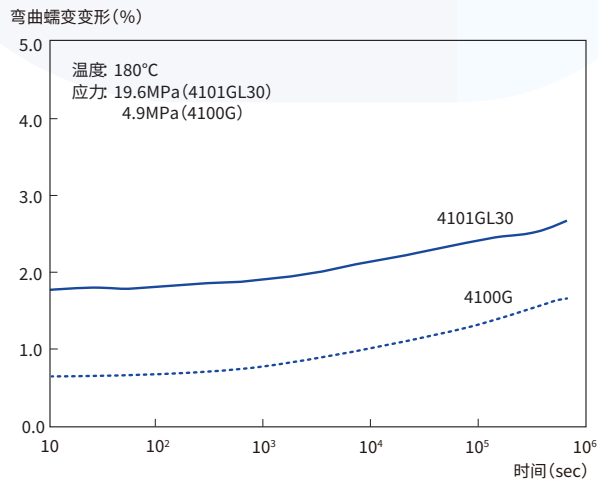


图3-2-14 弯曲蠕变特性





### 疲劳特性

长时间变化的载荷下,材料会发生疲劳破坏。拉伸疲劳试验的应力-寿命曲线如图所示。

温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ,湿度 $60 \pm 5\% \text{RH}$ 的条件下,在30MPa的载荷下经历 $1.0 \times 10^7$ 次反复加压也不会发生疲劳破坏。

图3-2-15 SUMIKAEXCEL 非强化牌号  
(3600G, 4100G, 4800G)的应力-寿命曲线

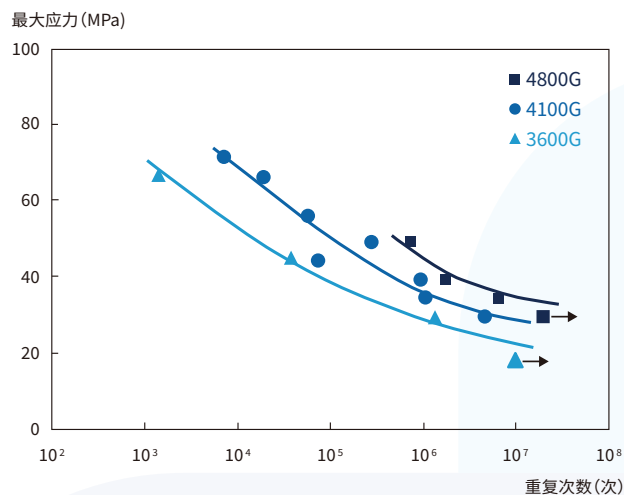
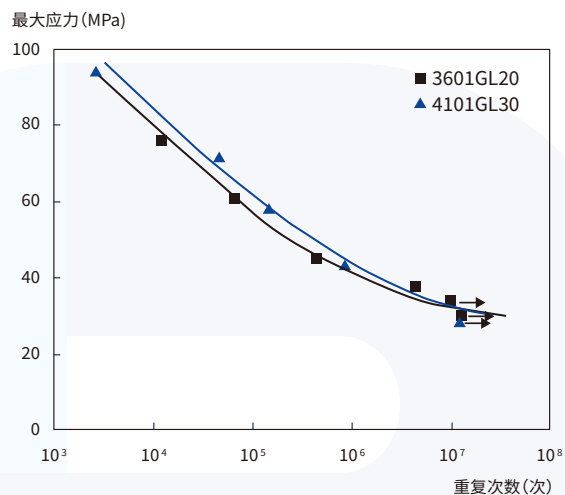


图3-2-16 SUMIKAEXCEL 强化牌号  
(3601GL20, 4101GL30)的应力-寿命曲线



※ 右箭头表示在经过此重复次数以后试验片也没有发生断裂

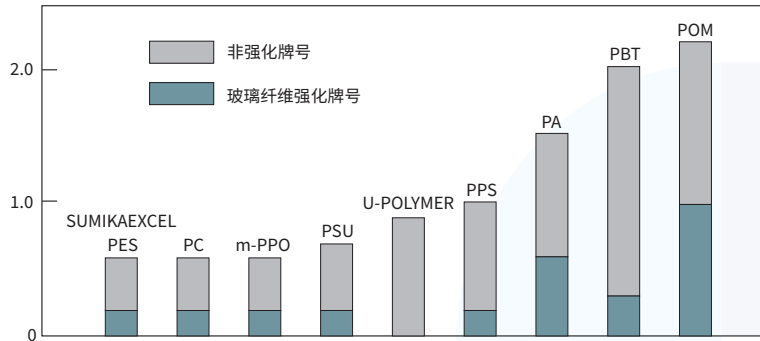
### 3-3 PES的尺寸稳定性

#### 成型收缩率

SUMIKAEXCEL PES 非强化品的成型收缩率仅有0.6%,并且没有各向异性。玻璃纤维强化牌号MD方向0.2%, TD方向0.4%, 具有各向异性。

图3-3-1 成型收缩率的比较

成型收缩率 (%)

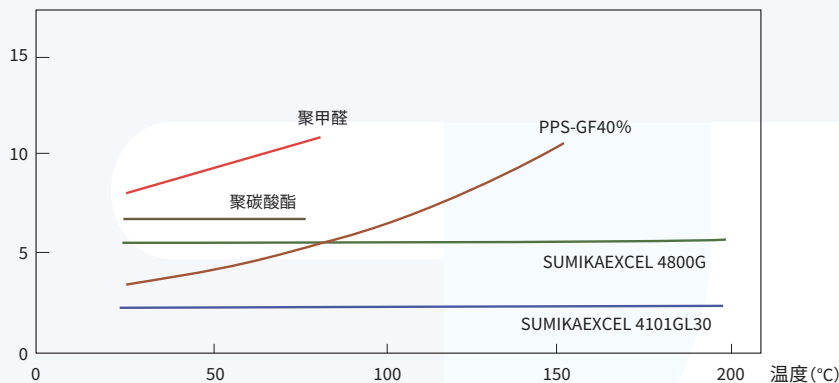


#### 线膨胀系数

SUMIKAEXCEL PES 的特征是线膨胀系数小，其随温度的变化也小。线膨胀系数的温度依赖性如图3-3-2所示。结晶性的PPS-GF40%随着温度上升线膨胀系数也随之增大，非晶性的 SUMIKAEXCEL PES 不随温度变化，至200℃左右都为一定值。而且玻璃纤维强化的4101GL30的线膨胀系数低至 $2.0 \times 10^{-5}/(^{\circ}\text{C})$ ，几乎与铝相当，是一种适合用于精密成型材料。

图3-3-2 线膨胀系数的温度依赖性

线膨胀系数 ( $\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ )



### PVT特性

包括 SUMIKAEXCEL PES 在内的热塑性树脂,不论是固体状态还是熔融状态,其比容会随着压力变化。这种树脂的压缩性可通过压力 (Pressure)、比容 (Specific Volume) 和温度 (Temperature) 的关系 (PVT特性) 来表示。一般像 PPS 这种结晶性树脂,它的体积会在熔点 (结晶化) 大幅变化, PES 是非晶性树脂, 体积收缩较小, 尺寸精度和翘曲较优秀。

图3-3-3 PPS-GF30%的PVT特性

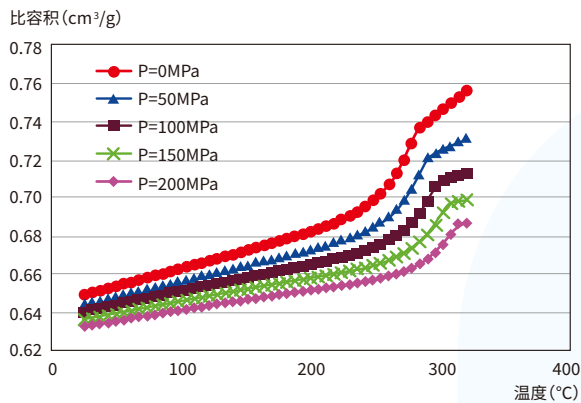
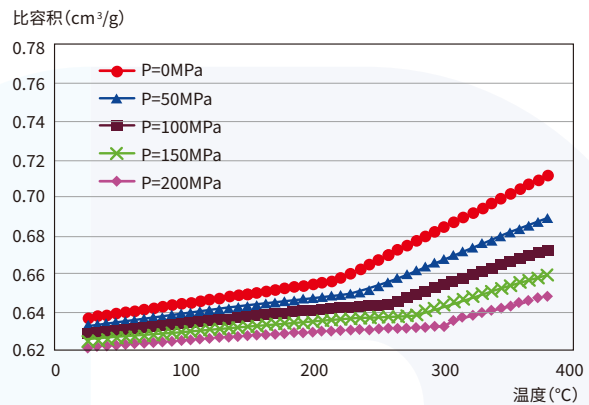


图3-3-4 4101GL30的PVT特性



### 吸水导致的尺寸变化

SUMIKAEXCEL PES 具有吸水性,但成型后的成型品由于吸湿至饱和状态 (1.1%) 导致的尺寸变化仅有0.15%。

图3-3-5 尺寸变化的吸水率依赖性

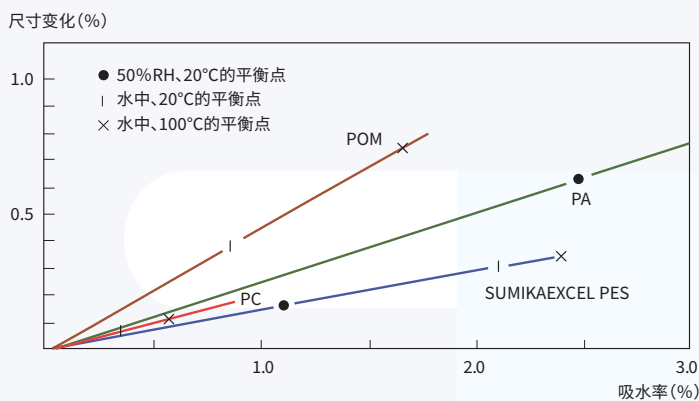
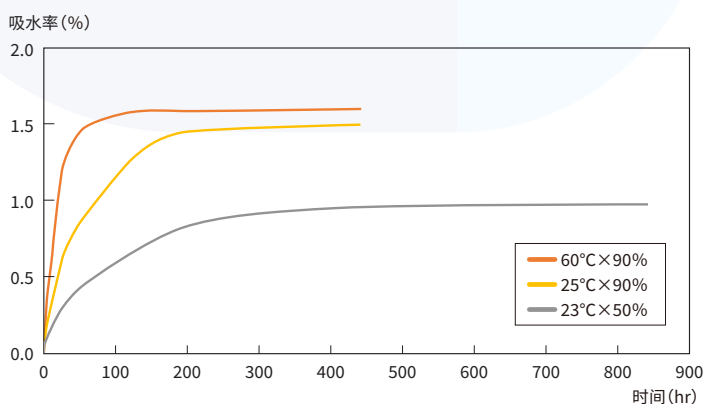


图3-3-6 SUMIKAEXCEL PES 的吸水曲线



### 3-4 PES的阻燃性

#### 极限氧指数与发烟量

与其他树脂比较阻燃性能,极限氧指数如图3-4-1所示。另外, SUMIKAEXCEL PES 的发烟量极低,被用于飞机的内部装饰中。The National Institute of Standards and Technology (NIST)的发烟量试验结果以及和其他树脂相比较的结果如图3-4-2所示。

图3-4-1 极限氧指数 (ASTM D2863)

极限氧指数 (%)

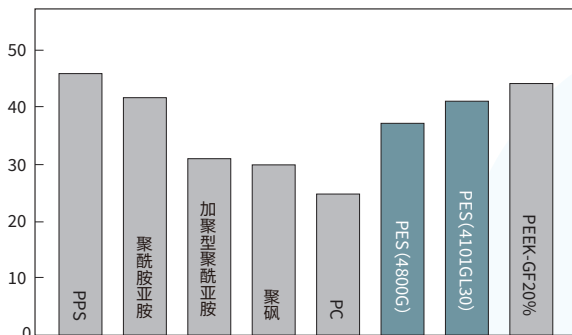
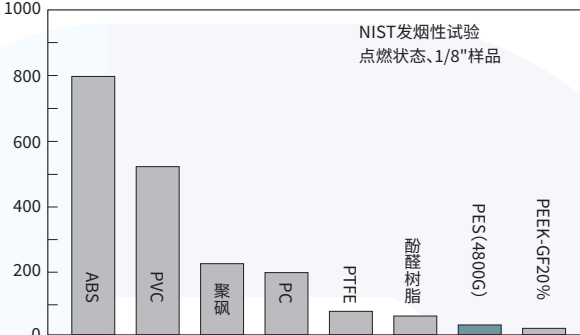


图3-4-2 发烟量

吸光度 (修正值)

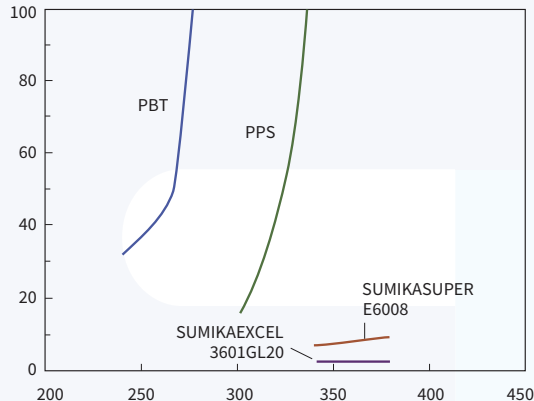


#### 发生气体

SUMIKAEXCEL PES 是一种成型时和受热时产生发生气体都非常少的树脂。

图3-4-3 SUMIKAEXCEL的成型温度与成型品的发生气体量

发生气体量 (ppm)



(利用顶空气相色谱测试各温度下成型得到的哑铃片在  
120°C×20hr加热时发生气体量)  
成型温度 (°C)

### 燃烧特性

UNDERWRITERS LABORATORIES INC.制定的UL94燃烧性标准是将塑料根据其耐燃烧性能进行分类的系统。SUMIKAEXCEL PES 的UL文件登录编号为E249884。

Color : 颜色 (ALL : 全色 NC : 本色 BK : 黑色 RD : 红色 WT : 白色)

Flame Class : 阻燃等级

Relative Thermal Index(RTI) : 相对温度指数

Hot Wire Ignition(HWI) : 热金属丝的发火性

High Ampere Arc Resistance(HAI) : 高电流弧的发火性

High Voltage Arc Tracking Rate(HVTR) : 高伏特电弧起痕速度

D495 : ASTM D495

Comparative Tracking Index(CTI) : 相比耐漏电起痕指数

PLC : HWI,HAI,HVTR,D495,CTI是通过Performance Level Categories(PLC)的等级来表示。

表3-4-1 SUMIKAEXCEL PES 与SUMIPLOY的UL登录情况

| 牌号       | 颜色     | 厚度<br>(mm) | Flame<br>Class | HWI | HAI | CTI | HVTR | D495 | RTI  |     |     |
|----------|--------|------------|----------------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|
|          |        |            |                |     |     |     |      |      | Elec | Imp | Str |
| 3600G    | NC     | 0.41       | V-0            | 4   | 1   | 4   | 2    | 7    | -    | -   | -   |
|          | BK     | 0.75       | V-0            | 3   | 1   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
|          | WT     | 1.6        | V-0            | 3   | 1   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
|          | NC     | 3.0        | V-0            | 2   | 0   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
| 4100G    | ALL    | 0.41       | V-0            | 3   | 4   | 3   | 1    | 6    | 180  | 170 | 180 |
|          |        | 0.75       | V-0            | 3   | 4   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
|          |        | 1.5        | V-0            | 2   | 2   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
|          |        | 3.0        | V-0            | 1   | 2   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
| 4800G    | ALL    | 0.30       | V-1            | -   | -   | 3   | 1    | 6    | 180  | 170 | 180 |
|          |        | 0.46       | V-0            | 3   | 4   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
|          |        | 1.5        | V-0            | 2   | 2   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
|          |        | 3.0        | V-0,5VA        | 1   | 2   | -   | -    | -    | 180  | 170 | 180 |
| 3601GL20 | NC,BK  | 0.43       | V-0            | -   | -   | 4   | 3    | 5    | 180  | 180 | 180 |
|          |        | 3.0        | V-0            | 0   | 4   | -   | -    | -    | 180  | 180 | 180 |
| 3601GL30 | NC,BK  | 0.43       | V-0            | -   | -   | 4   | 2    | 5    | 190  | 190 | 190 |
|          |        | 3.0        | V-0            | 1   | 4   | -   | -    | -    | 190  | 190 | 190 |
| 4101GL20 | NC,BK  | 0.43       | V-0            | -   | -   | 4   | 3    | 5    | 180  | 180 | 180 |
|          |        | 1.5        | V-0            | 1   | 4   | -   | -    | -    | 180  | 180 | 180 |
|          |        | 3.0        | V-0            | 0   | 4   | -   | -    | -    | 180  | 180 | 180 |
| 4101GL30 | NC,BK  | 0.43       | V-0            | -   | -   | 4   | 3    | 5    | 190  | 190 | 190 |
|          |        | 1.5        | V-0            | 1   | 4   | -   | -    | -    | 190  | 190 | 190 |
|          |        | 3.0        | V-0            | 0   | 4   | -   | -    | -    | 190  | 190 | 190 |
| ES5340   | BK     | 0.52       | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 50   | 50  | 50  |
|          | NC     | 0.81       | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 50   | 50  | 50  |
|          | NC,BK  | 3.0        | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 50   | 50  | 50  |
| E3010    | NC     | 0.53       | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 130  | 130 | 130 |
| FS2200   | NC,BK  | 0.43       | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 50   | 50  | 50  |
| CS5530   | NC     | 1.5        | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 50   | 50  | 50  |
|          |        | 3.0        | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 50   | 50  | 50  |
| CS5600   | NC, BK | 0.53       | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 50   | 50  | 50  |
| GS5620   | ALL    | 0.75       | V-0            | -   | -   | -   | -    | -    | 50   | 50  | 50  |

### 3-5 PES的化学稳定性

- SUMIKAEXCEL PES 不发生水解。
- 需要注意可能会被强酸侵蚀。
- 在非结晶性聚合物中, 虽然PES有出色的耐化学药品性, 但是需要注意, 根据不同的使用条件, 其会受到某些有机药品, 特别是酮、酯的影响发生应力龟裂。并且, 在如二甲亚砜(DMSO)、芳香族胺、硝基苯、以及有些氯化烃(二氯甲烷, 氯仿等)之类的强极性溶剂中会被溶解。
- 对于脂肪族烃、酒精、某些氯化烃类、一部分的芳香族药品、油类、润滑脂有出色的耐性。另外根据使用条件不同, 一般不受漂白剂、杀菌剂的影响。
- 在实际使用时, 需要对实际的成型品进行评价。

#### 热处理

成型品中的残留应力可通过热处理缓解, 并能提高耐化学试剂性。可以通过将其浸渍在甲苯或丁酮中进行确认。

#### 耐热水性

不发生水解, 因此可在160℃的热水以及蒸汽下使用。但是需要注意因吸水而引起的性能变化。

表3-5-1 热水中、载荷下的耐性(热水90℃)

|                 |                  | 应力 (MPa) |       |       |       |       |
|-----------------|------------------|----------|-------|-------|-------|-------|
|                 |                  | 13       | 20    | 26    | 33    | 40    |
| SUMIKAEXCEL PES | 4100G            | R56.5    | R20.2 | R15.3 | R12.5 | -     |
|                 | 4800G            | 989.6    | R65.5 | R18.7 | -     | -     |
|                 | 4101GL30 (GF30%) | -        | -     | 987.3 | 732.5 | R25.5 |
| PPS (GF40%)     |                  | -        | -     | R130  | R87   | -     |

表中[R=Ruptured、数字表示经过的时间]  
 4100G在13MPa的载荷下, 56.5小时后发生开裂。  
 4101GL在26MPa的载荷下, 987.3小时后依然没有问题  
 (并不意味着在987.3小时发生开裂)

表3-5-2 140℃下耐热水性(4100G)

| 期间(周)   | 拉伸强度 (MPa) | 变化率 (%) | 简支梁冲击强度 (kJ/m <sup>2</sup> ) | 变化率 (%) |
|---------|------------|---------|------------------------------|---------|
| Control | 81         | 100     | 39                           | 100     |
| 2       | 88         | 108     | 18                           | 46      |
| 7       | 93         | 114     | 14                           | 35      |
| 14      | 92         | 113     | 14                           | 34      |
| 29      | 81         | 100     | 14                           | 37      |
| 42      | 84         | 104     | 15                           | 39      |

- 140℃下蒸汽灭菌

SUMIKAEXCEL PES 在140℃下经过24小时蒸汽灭菌处理后, 拉伸强度几乎不发生变化。重量仅增加1%。

※ 比4100G拥有更高分子量的4800G可以耐受更严苛的条件。

### 耐化学试剂性

对汽油、引擎油等油类、润滑脂类以及三氯乙烷、氟利昂等清洗用溶剂有耐性。但是会被丙酮、氯仿等极性溶剂侵蚀，使用时需加以注意。另一方面，其耐应力龟裂性在非晶性高分子中是最为优秀的。并且在高温下也有对酸碱的耐性。

表3-5-3 耐化学试剂性、耐应力龟裂性

|           | 浸渍试验  | 耐应力龟裂试验 |    |
|-----------|-------|---------|----|
|           | 4800G | 4800G   | 聚砜 |
| 氨水        | A     | -       | -  |
| 50%氢氧化钠溶液 | A     | -       | -  |
| 浓盐酸       | A     | -       | -  |
| 10%硝酸     | A     | -       | -  |
| 浓硝酸       | C     | -       | -  |
| 双氧水       | A     | -       | -  |
| 苯         | A     | a       | c  |
| 二甲苯       | B     | a       | c  |
| 丙酮        | C     | c       | c  |
| 甲乙酮       | C     | c       | c  |
| 庚烷        | A     | a       | a  |
| 环己烷       | A     | a       | a  |
| 甘油        | A     | a       | a  |
| 乙二醇       | A     | a       | a  |
| 四氯化碳      | A     | a       | a  |
| 汽油        | A     | a       | b  |
| 乙酸乙酯      | C     | b       | c  |

A: 没有影响  
B: 略有影响  
C: 无法使用  
a: 除载荷非常大的情况下皆可使用  
b: 仅可在小载荷的情况下使用  
c: 无法使用

表3-5-4 浸渍在无机试剂中时重量以及拉伸强度的变化

| 试剂名         | 牌号       | 温度(℃) | 重量变化        |             | 拉伸强度变化(%) |       |       |       |       | 备注     |
|-------------|----------|-------|-------------|-------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|
|             |          |       | 浸渍时间<br>(日) | 重量变化<br>(%) | 浸渍时间(日)   |       |       |       |       |        |
|             |          |       |             |             | 14        | 30    | 90    | 180   | 360   |        |
| 水           | 4100G    | 室温    | 1           | 0.43        | -         | -17.7 | -16.6 | -21.1 | -     | -      |
| 水           | 4100G    | 50    | -           | -           | -         | -13.5 | -13.1 | -17.7 | -     | -      |
| 水           | 4100G    | 100   | -           | -           | 7.0       | 7.4   | 9.8   | 9.2   | 9.5   | -      |
| 10%盐酸       | 4100G    | 室温    | 180         | 1.95        | -15.6     | -14.9 | -17.8 | -21.1 | -     | -      |
| 浓盐酸         | 4100G    | 室温    | 180         | 2.19        | -         | -6.3  | -12.2 | -21.1 | -     | -      |
| 15%盐酸       | 4100G    | 90    | -           | -           | -         | -     | -40.0 | -49.0 | -53.0 | 发生大量裂纹 |
| 10%硫酸       | 4100G    | 室温    | 180         | 1.82        | -         | -13.2 | -17.7 | -23.4 | -     | -      |
| 50%硫酸       | 4100G    | 60    | 14          | -0.39       | 6.3       | -     | -     | -     | -     | -      |
| 50%硫酸       | 4101GL30 | 60    | 14          | -0.20       | -         | -     | -     | -     | -     | -      |
| 浓硫酸         | 4100G    | 室温    | -           | -           | -         | -     | -     | -     | -     | 溶解     |
| 25%硫酸       | 4100G    | 90    | -           | -           | -         | -     | 2.0   | 3.0   | 7.0   | -      |
| 40%硫酸       | 4100G    | 60    | 14          | -0.55       | -         | -     | -     | -     | -     | -      |
| 40%磷酸       |          |       |             |             |           |       |       |       |       |        |
| 40%硫酸       | 4101GL30 | 60    | 14          | -0.37       | -         | -     | -     | -     | -     | -      |
| 40%磷酸       |          |       |             |             |           |       |       |       |       |        |
| 10%硫酸       | 4100G    | 室温    | 180         | 2.27        | -         | -     | -     | -     | -     | -      |
| 浓硝酸         | 4100G    | 室温    | -           | -           | -         | -     | -     | -     | -     | 溶解     |
| 5%硝酸        | 4100G    | 90    | -           | -           | -         | -     | 0.0   | -29.0 | -24.0 | 少量裂纹   |
| 10%氢氧化钠溶液   | 4100G    | 室温    | 180         | 1.79        | -         | -13.9 | -18.2 | -22.3 | -     | -      |
| 饱和氢氧化钠溶液    | 4100G    | 室温    | 180         | 0.82        | -         | -4.8  | -11.0 | -14.2 | -     | -      |
| 5%氢氧化钠溶液    | 4100G    | 90    | -           | -           | -         | -     | 3.0   | 2.0   | 6.1   | -      |
| 饱和氯化钾溶液     | 4100G    | 室温    | 120         | 1.46        | -         | -     | -     | -     | -     | -      |
| 饱和次氯酸钠溶液    | 4100G    | 室温    | 180         | 1.42        | -         | -9.8  | -15.8 | -19.6 | -     | -      |
| 25%饱和次氯酸钠溶液 | 4100G    | 90    | -           | -           | -         | -10.0 | -9.0  | -6.0  | -     | -      |
| 10%氨水       | 4100G    | 室温    | 120         | 1.63        | -         | -     | -     | -     | -     | -      |
| 双氧水         | 4100G    | 室温    | 120         | 2.52        | -         | -9.8  | -     | -     | -     | -      |
| 氯化溴溶液(PH4)  | 4100G    | 90    | 30          | 0.33        | -         | -1.0  | -     | -     | -     | -      |
| 5%明矾        | 4100G    | 90    | -           | -           | -         | -     | -8.0  | -11.0 | -12.0 | 少量裂纹   |
| 二氧化硫        | 4100G    | 室温    | 180         | 8.49        | -         | -15.0 | -     | -34.0 | -     | -      |
| 二氧化氮        | 4100G    | 室温    | 180         | 1.19        | -         | -4.5  | -     | -4.5  | -     | -      |
| 六氟化硫        | 4100G    | 室温    | 30          | -0.11       | -         | 2.4   | -     | -     | -     | -      |
| 氯气          | 4100G    | 室温    | 28          | 0.47        | -         | -62.8 | -     | -     | -     | 发生开裂   |

### 耐有机化学试剂

#### 耐应力龟裂性

根据以下示例所描述的结果,对拉伸试验片(1.6mm厚)施加一定载荷浸渍在各试剂中最多20分钟后的状态如下表所示。

表3-5-5 耐应力龟裂性

|            | 应力 10MPa |       |          |       |      |        | 应力 19MPa |       |          |     |       |        |
|------------|----------|-------|----------|-------|------|--------|----------|-------|----------|-----|-------|--------|
|            | 聚醚砜      |       |          | 聚砜    | 聚碳酸酯 | 改性 PPO | 聚醚砜      |       |          | 聚砜  | 聚碳酸酯  | 改性 PPO |
|            | 4100G    | 4800G | 4101GL30 | 非强化   | 非强化  | 非强化    | 4100G    | 4800G | 4101GL30 | 非强化 | 非强化   | 非强化    |
| 丙酮         | R1S      | R4S   | ○        | R2S   | R1S  | ○      | R1S      | R3S   | ○        | R2S | R1S   | ○      |
| 甲乙酮        | R1S      | R2S   | ○        | R1S   | ○    | R18    | R1S      | R1S   | ○        | R1S | R5    | R20S   |
| 环己烷        | R1S      | R19S  | ○        | ○     | ○    | D      | R1S      | R5S   | ○        | D   | D     | D      |
| 苯          | C20      | ○     | ○        | R1S   | R4   | D      | R2       | C20   | ○        | R1S | R3    | D      |
| 甲苯         | ○        | ○     | ○        | R1S   | R11  | D      | R6       | C20   | ○        | R1S | R3    | D      |
| 二甲苯        | ○        | ○     | ○        | R4S   | R15  | D      | ○        | ○     | ○        | R2S | R11   | D      |
| 三氯乙烯       | C20      | C20   | ○        | D     | ○    | D      | R6       | R11   | ○        | D   | R17   | D      |
| 1,1,1-三氯乙烷 | ○        | ○     | ○        | R8S   | R3   | D      | ○        | ○     | ○        | R3S | R1    | D      |
| 四氯化碳       | ○        | ○     | ○        | SLC20 | R6S  | D      | ○        | ○     | ○        | R3  | R3S   | D      |
| 1,2-二氯乙烷   | R1S      | R1S   | ○        | D     | D    | D      | R1S      | R1S   | ○        | D   | D     | D      |
| 四氯乙烷       | ○        | ○     | ○        | C20   | R1S  | D      | ○        | ○     | ○        | R8  | R1S   | D      |
| 氯仿         | R1S      | R1S   | ○        | D     | D    | D      | R1S      | R1S   | ○        | D   | D     | D      |
| 三氯氟甲烷(氟利昂) | ○        | ○     | ○        | ○     | ○    | D      | ○        | ○     | ○        | ○   | ○     | D      |
| 甲醇         | ○        | ○     | ○        | ○     | ○    | ○      | ○        | ○     | ○        | ○   | ○     | ○      |
| 乙醇         | ○        | ○     | ○        | ○     | ○    | ○      | ○        | ○     | ○        | ○   | ○     | ○      |
| 正丁醇        | ○        | ○     | ○        | ○     | ○    | ○      | ○        | ○     | ○        | C20 | C20   | ○      |
| 乙二醇        | ○        | ○     | ○        | ○     | ○    | ○      | ○        | ○     | ○        | ○   | ○     | ○      |
| 乙二醇乙醚      | C20      | SLC20 | ○        | C20   | R17  | ○      | C20      | C20   | ○        | C20 | R10   | ○      |
| 丙二醇        | ○        | ○     | ○        | ○     | ○    | ○      | ○        | ○     | ○        | ○   | ○     | ○      |
| 庚烷         | ○        | ○     | ○        | ○     | ○    | ○      | ○        | ○     | ○        | ○   | SLC20 | R19    |
| 乙酸乙酯       | R31S     | C20   | ○        | R3S   | ○    | ○      | R17S     | R7    | ○        | R1S | R4    | ○      |
| 二乙醚        | C20      | SLC20 | ○        | C20   | R1   | ○      | C20      | C20   | ○        | R7  | R1    | R15    |
| 二氧化碳       | ○        | ○     | ○        | R8S   | R1S  | D      | ○        | ○     | ○        | R5S | R1S   | D      |
| 汽油         | ○        | ○     | ○        | ○     | C20  | ○      | ○        | ○     | ○        | C20 | R3    | R1     |
| 轻油         | ○        | ○     | ○        | ○     | ○    | ○      | ○        | ○     | ○        | ○   | ○     | ○      |

(示例) ○ ..... 试验片在浸渍20分钟后完全没有发生变化  
 C20 ..... 浸渍20分钟后发生裂痕  
 SLC20 ..... 浸渍20分钟后发生少许裂痕

R8 ..... 浸渍8分钟后开裂  
 R2S ..... 浸渍2秒后开裂  
 D ..... 试验片溶解

#### 溶解性

SUMIKAEXCEL PES 是极性高分子,所以溶于极性溶剂。SUMIKAEXCEL PES 的溶解性在涂料、涂层、粘结剂方面起着重要作用。SUMIKAEXCEL PES 的溶剂有二甲基亚砷、N,N-二甲基甲酰胺、N-甲基吡咯烷酮、二甲基乙酰胺等。



**有机试剂引起重量变化、拉伸强度变化**

各种有机试剂浸渍后的重量变化如表3-5-6所示。贫溶剂下根据浸渍时间和温度,会有-0.5-2%重量的变化,但尺寸不会改变。而在一部分溶剂中则通常会软化、膨胀,重量明显增大。

表3-5-6 浸渍在有机试剂中时重量以及拉伸强度的变化

| 商品名           | 牌号    | 温度<br>(°C) | 重量变化        |             | 拉伸强度变化  |        |        |        |        | 备注             |
|---------------|-------|------------|-------------|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|----------------|
|               |       |            | 浸渍时间<br>(天) | 重量变化<br>(%) | 浸渍时间(天) |        |        |        |        |                |
|               |       |            |             |             | 7       | 30     | 90     | 180    | 360    |                |
| 25%醋酸         | 4100G | 90         | -           | -           | -       | -      | -3.00  | -27.00 | -42.00 | 360天后发生裂纹      |
| 冰醋酸           |       | 室温         | 30          | 0.31        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 5%苯酚          |       | 室温         | 90          | 6.66        | -29.70  | -35.70 | -45.80 | -      | -      | -              |
| 无水肼           |       | 室温         | 14          | 3.50        | -       | -      | -      | -      | -      | 软化             |
| 苯             |       | 室温         | 180         | 1.48        | -3.20   | -3.10  | -8.60  | -13.50 | -      | -              |
| 甲苯            |       | 室温         | 7           | 0.49        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 庚烷            |       | 室温         | 180         | 0.21        | -0.80   | -1.00  | -5.80  | -10.00 | -      | -              |
| 环己烷           |       | 室温         | 120         | 0.12        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 甲醇            |       | 室温         | 14          | 2.09        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 乙醇            |       | 室温         | 180         | 1.46        | -2.20   | -5.00  | -13.60 | -18.70 | -      | -              |
| 乙二醇           |       | 室温         | 120         | 0.53        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 丙二醇           |       | 100        | 14          | -0.36       | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 甘油            |       | 150        | 14          | 0.06        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 油漆溶剂油         |       | 130        | 7           | -0.51       | +21.90  | -      | -      | -      | -      | 略有开裂           |
| 乙酸乙酯          |       | 室温         | 60          | 10.70       | -       | -      | -      | -      | -      | 软化             |
| 乙酸戊酯          |       | 室温         | 120         | -0.08       | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 二乙醚           |       | 室温         | 120         | 2.91        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 四氯化碳          |       | 室温         | 180         | 0.44        | -0.40   | -0.30  | -6.40  | -11.30 | -      | -              |
| 1.1.1三氯乙烷     |       | 室温         | 120         | 1.01        | -10.20  | -19.20 | -32.80 | -51.60 | -      | -              |
| Genklene      |       | 室温         | 120         | 1.13        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| 四氯乙烯          |       | 室温         | 120         | 0.78        | -       | -      | -      | -      | -      | -              |
| North Sea Gas |       | 室温         | 180         | 0.01        | -       | -0.34  | -      | 0.20   | -      | -              |
| 环氧乙烷          |       | 室温         | 190         | 7.59        | -       | -14.00 | -      | -39.10 | -      | 140kg/cm²应力下开裂 |
| 丙烷气体          |       | 室温         | 180         | 0.21        | -       | -      | -      | -0.11  | -      | -              |

**清洗溶剂**

特别是进行涂装或粘接作业时,经常需要去除成型品表面的润滑脂、油、脱模剂等。此时请避免使用丙酮,甲乙酮等清洗溶剂。清洗溶剂对4100G的影响如下所示。

表3-5-7 清洗溶剂的影响(4100G)

| 清洗溶剂(回流下)   | 时间(分) | 硬度(初期值=98) | 重量增加(%) |
|-------------|-------|------------|---------|
| Arklone P   | 2     | 98         | 0       |
|             | 10    | 98         | 0       |
|             | 30    | 98         | 0       |
| Arklone L   | 2     | 98         | 0       |
|             | 10    | 98         | 0       |
|             | 30    | 98         | 0       |
| Genklene    | 2     | 98         | 0       |
|             | 10    | 98         | 0       |
|             | 30    | 98         | 0       |
| Trinklone A | 2     | 98         | 0       |
|             | 10    | 98         | 1       |
|             | 30    | 98         | 1       |
| Trinklone N | 2     | 98         | 1       |
|             | 10    | 表面发生开裂     | 1       |
|             | 30    | 表面发生开裂     | 2       |
| 四氯乙烯        | 2     | 98         | 0       |
|             | 10    | 98         | 0       |
|             | 30    | 98         | 0       |
| 二氯甲烷        | 2     | 98         | 3       |
|             | 10    | 溶解         |         |
|             | 30    | 溶解         |         |

**油、汽油、变速器油耐性**

表3-5-8 在油、汽油中的重量变化(4100G)

| 环境                               | 浸渍时间(天) | 温度(°C) | 重量变化(%) |
|----------------------------------|---------|--------|---------|
| 亚麻仁油                             | 180     | 室温     | 0.63    |
| Deep Frying Oil                  | 2       | 180    | -0.10   |
| 硅油(ICI 190)                      | 180     | 室温     | 0.37    |
| Veedol ATF 3433(变速器油)            | 365     | 130    | 0.38    |
| Castrol ATF                      | 90      | 160    | -0.55   |
| Shell Diala 变压器润滑油               | 180     | 室温     | 0.30    |
| Castrol ATF Solvent flushing Oil | 90      | 室温     | 0.50    |
| Duckhamz 20/50 oil               | 90      | 160    | 2.84    |
| Gunk                             | 90      | 室温     | 0.55    |
| 98高辛烷汽油                          | 180     | 室温     | 0.60    |
| 3星级汽油                            | 90      | 室温     | 0.20    |
| ASTMII Oil                       | 7       | 室温     | 0       |

图3-5-1 变速器油中机械性能的变化(4100G)

保持率(%)

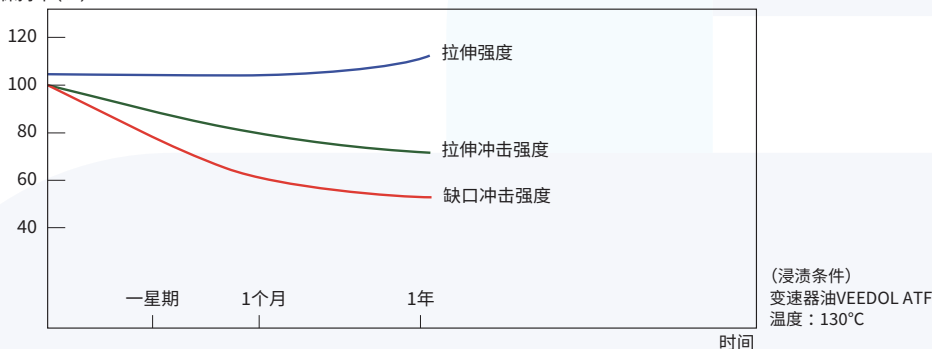


表3-5-9 汽油中的耐应力龟裂性(室温)

| 牌号       | 环境      | 应力(MPa) |       |       |       |
|----------|---------|---------|-------|-------|-------|
|          |         | 9       | 19    | 28    | 37    |
| 4100G    | 内燃机汽油   | 20      | 20    | 20    | 20    |
| 4100G    | 97辛烷汽油  | 20      | 20    | SLC20 | C20   |
| 4100G    | 100辛烷汽油 | 20      | R270h | C20   | R19   |
| 4100G    | 石蜡      | 2110h   | 2110h | 2110h | 2110h |
| 4101GL30 | 97辛烷汽油  | 20      | 20    | 20    | 20    |
| 4101GL30 | 100辛烷汽油 | 360h    | 360h  | 20    | 20    |

R : 开裂  
C : 裂痕  
SLC : 略有裂痕  
h : 时间 (未详细标注则为分钟)  
(示例) 20 : 20分钟未发生问题  
R270h : 270小时发生开裂  
2110h : 2110小时未发生问题

表3-5-10 油(Vactralite Oil)中的耐应力龟裂性(100 °C)

| 牌号       | 缺口半径(mm) | 应力(MPa) |       |       |       |       |       |
|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |          | 5       | 10    | 20    | 25    | 30    | 40    |
| 4100G    | 0.01     | 2000h   | R150h | -     | -     | -     | -     |
| 4100G    | 0.25     | 2300h   | R110h | -     | -     | -     | -     |
| 4100G    | 0.50     | -       | 1450h | R330h | -     | -     | -     |
| 4100G    | 1.00     | -       | 2000h | 2000h | -     | 3000h | R790h |
| 4100G    | 2.50*    | -       | -     | 2300h | -     | 2000h | R700h |
| 4101GL20 | 0.50     | -       | -     | -     | 1632h | R460h | R160h |

\*通过模具成型缺口  
(无\*标记为机械切割的缺口)  
(示例) 20 : 20分钟未发生问题  
R270h : 270小时发生开裂  
2110h : 2110小时未发生问题

表3-5-11 涡轮·油中的耐应力龟裂性(160°C)

| 牌号       | 油               | 缺口半径(mm) | 应力(MPa) |       |       |     |
|----------|-----------------|----------|---------|-------|-------|-----|
|          |                 |          | 10      | 20    | 30    | 40  |
| 4800G    | Aeroshell 555   | 2.5      | 3000h   | R1h   | -     | -   |
| 4101GL20 | Aeroshell 555   | 0.5*     | 250h    | R3h   | -     | -   |
| 4101GL30 | Aeroshell 555   | 2.5      | -       | 3700h | -     | -   |
| 4800G    | Esso Turbo 2380 | 2.5      | 3200h   | -     | -     | -   |
| 4101GL30 | Esso Turbo 2380 | 2.5      | -       | -     | 1650h | R2h |
| 4800G    | Esso Turbo 2389 | 2.5      | 1400h   | R20h  | -     | -   |

\*通过模具成型缺口  
(无\*标记为机械切割的缺口)  
(示例) 20 : 20分钟未发生问题  
R270h : 270小时发生开裂  
2110h : 2110小时未发生问题

表3-5-12 油对机械性能的影响(4800G)

| 油的种类    |          | 温度(°C) | 浸润时间(周) |   |   |    |    |    |
|---------|----------|--------|---------|---|---|----|----|----|
|         |          |        | 2       | 4 | 6 | 16 | 32 | 52 |
| 矿物油     |          | 100    | +       | + | + | +  | +  | +  |
|         |          | 120    | +       | + | + | +  | 0  | 0  |
|         |          | 140    | +       | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |
| 合成烃类油   |          | 100    | +       | + | + | +  | 0  | 0  |
|         |          | 120    | +       | + | + | +  | 0  | 0  |
|         |          | 140    | 0       | 0 | 0 | 0  | -  | -  |
| 硅油      | 二甲基      | 120    | +       | + | + | +  | 0  | 0  |
|         |          | 160    | +       | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |
|         | 苯甲基      | 120    | +       | + | + | +  | +  | +  |
|         |          | 140    | +       | + | + | 0  | 0  | 0  |
|         |          | 160    | +       | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |
|         |          | 180    | +       | 0 | - | -  | -  | -  |
|         | 氯苯基      | 160    | 0       | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |
|         |          | 180    | -       | - | - | -  | -  | -  |
|         |          | 200    | -       | - | - | -  | -  | -  |
| 酯油      | 二酯       | 120    | +       | + | + | +  | 0  | 0  |
|         | 聚酯       | 120    | +       | + | 0 | 0  | -  | -  |
|         |          | 160    | 0       | 0 | - | -  | -  | -  |
|         |          | 180    | 0       | - | - | -  | -  | -  |
| 聚乙二醇油   |          | 100    | +       | + | + | +  | +  | +  |
|         |          | 120    | +       | + | + | 0  | 0  | 0  |
|         |          | 140    | 0       | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |
| 氟化烷基醚油  |          | 180    | 0       | 0 | 0 | -  | -  | -  |
|         |          | 200    | -       | - | - | -  | -  | -  |
| 水溶性油乳胶  |          | 80     | 0       | 0 | 0 | 0  | -  | -  |
| 矿物油+增稠剂 | a) 钙肥皂   | 80     | +       | + | 0 | 0  | 0  | 0  |
|         | b) 锂肥皂   | 120    | +       | 0 | 0 | -  | -  | -  |
|         | c) 锂铅肥皂  | 120    | 0       | 0 | 0 | 0  | -  | -  |
|         | d) 复合钙肥皂 | 120    | +       | + | + | +  | +  | -  |
|         | e) 钠合成肥皂 | 120    | 0       | 0 | 0 | -  | -  | -  |
|         | f) 多尿素   | 120    | 0       | 0 | 0 | 0  | -  | -  |
|         | 二酯+锂肥皂   | 120    | +       | + | + | +  | 0  | 0  |
| 硅基油     | 二甲基+改性酰胺 | 120    | +       | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |
|         | 甲基基+锂肥皂  | 120    | +       | + | + | +  | 0  | 0  |
|         |          | 140    | +       | + | + | +  | -  | -  |
|         |          | 160    | +       | + | 0 | 0  | -  | -  |

(示例)  
+ 耐性 优良 保持率 75%以上  
0 良好 50%以上  
- 不可 50%未滿

表3-5-13 各种涡轮油中施加一定变形后的耐应力龟裂性(4800G)

| 油               | 温度   |       |       |    |
|-----------------|------|-------|-------|----|
|                 | 室温   | 150°C | 160°C |    |
|                 | 变形量  |       |       |    |
|                 | 3%   | 2%    | 1%    | 0% |
| Aeroshell 500   | 0.05 | R5    | 0.15  | 15 |
| Aeroshell 555   | 5    | R5    | 15*   | 15 |
| Aeroshell 750   | 5    | R5    | 15    | -  |
| Castrol 580     | 5    | R5    | 15    | -  |
| Esso Turbo 25   | 5    | R5    | 25    | -  |
| Esso Turbo 274  | 5    | R5    | R25** | 15 |
| Esso Turbo 2380 | 5    | R5    | R25** | 15 |
| Esso Turbo 2389 | 5    | R5    | -     | -  |

20: 20分钟未发生问题  
(示例) \* 表面开裂与树脂流动方向平行  
\*\* 15分钟未发生开裂

### 耐漂白剂、灭菌液

SUMIKAEXCEL PES 除了高浓度的情况, 是不受漂白剂和灭菌液的影响的。浸渍在灭菌液里之后, 需要继续对 SUMIKAEXCEL PES 制品进行蒸汽灭菌或干热灭菌之前, 必须用水将其洗净。

表3-5-14 漂白剂、灭菌液的影响(4100G)

| 溶液               | 重量变化(%) | 拉伸强度变化(%) |
|------------------|---------|-----------|
| 10% Lissapol N   | 1.46    | -11.6     |
| 2% Ivisol        | 1.35    | -14.6     |
| 0.5% Gevisol     | 1.40    | -14.8     |
| 2% Instrusan     | 1.42    | -15.6     |
| 1% Bentenol      | 1.30    | -13.6     |
| 1% Soilay 901-SD | 1.36    | -14.7     |
| 家庭用漂白剂           | 1.27    | -         |

浸渍条件: 室温一个月

### 3-6 PES的电气性能

SUMIKAEXCEL PES 是一种耐热的电气绝缘材料,即使在超过200°C的高温下也能维持其优异的介电常数、介电损耗和绝缘电阻。

#### 介电常数

SUMIKAEXCEL PES 的介电常数在60Hz-1GHz间保持恒定,即使成型品吸水后也仅略微升高。

图3-6-1 介电常数的温度依赖性

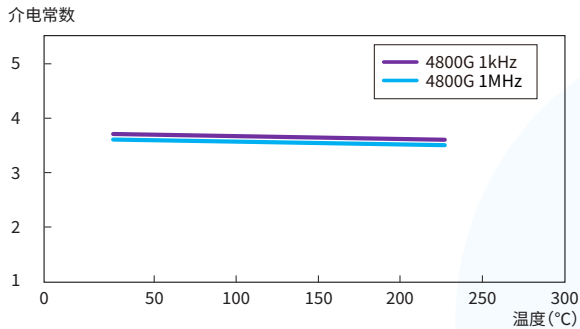
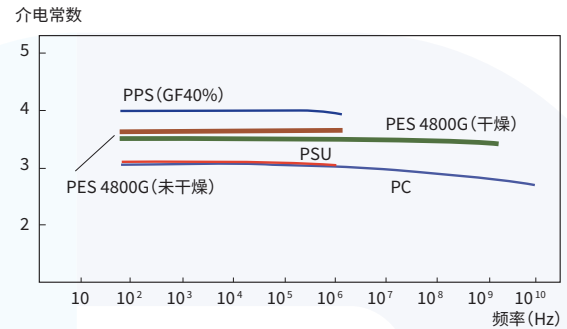


图3-6-2 介电常数的频率依赖性



#### 介电损耗

SUMIKAEXCEL PES 的介电损耗在20-150°C的温度范围下几乎能稳定保持在0.001左右。介电损耗的频率依赖性在10GHz下仅有0.003左右。

图3-6-3 介电损耗的温度依赖性(60Hz)

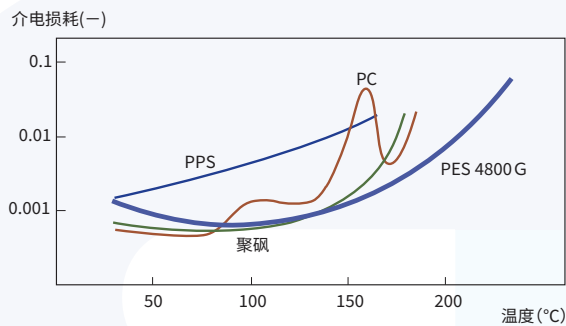
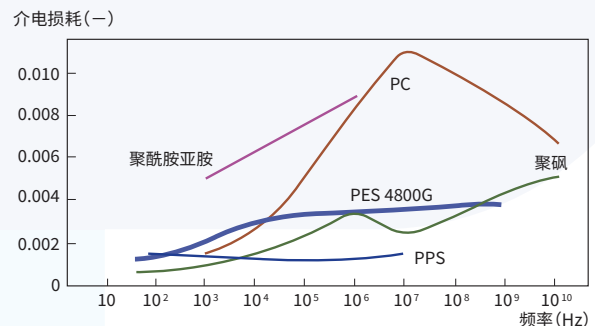


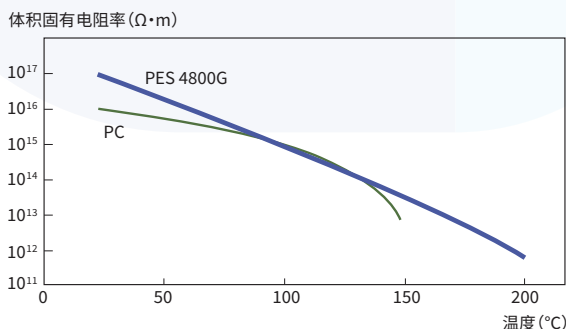
图3-6-4 介电损耗的频率依赖性(室温)



#### 体积固有电阻率

SUMIKAEXCEL PES 的体积固有电阻率在200°C下也高达10<sup>11</sup>Ω·m。

图3-6-5 体积固有电阻率的温度依赖性(极化时间1000sec)

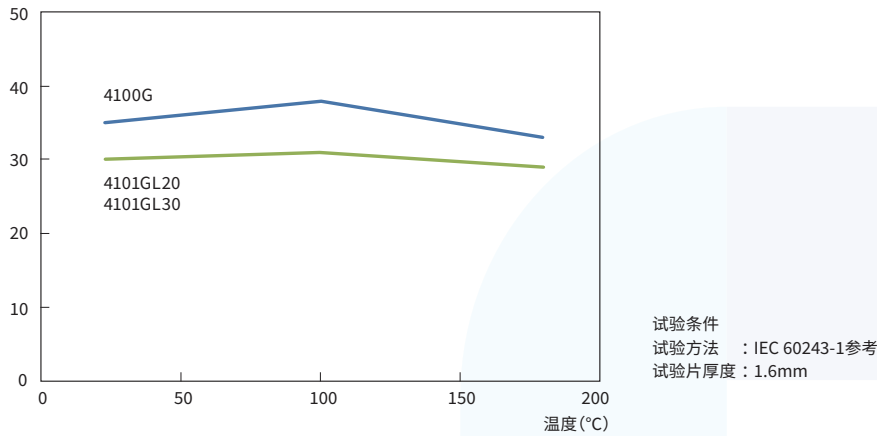


### 绝缘性

SUMIKAEXCEL PES 具有极佳的绝缘性,即使在高温下其绝缘性能也几乎不会降低。

图3-6-6 SUMIKAEXCEL PES 绝缘破坏强度的温度依赖性

绝缘破坏强度 (kV/mm)



### 3-7 PES的耐磨性

#### 试验方法

耐摩擦性能有许多评价测试方法,需要根据不同用途、状况选择合适的方法。树脂的基本耐摩擦性能的测试装置有铃木式磨损试验机、Pin-on-Disk型磨损试验机、松原式-铃木式磨损试验机等。

#### 临界PV值

临界PV值(载荷压力×速度)是用于表征材料的摩擦表面因摩擦发热发生变形或熔融的临界值。因此,在临界PV值以上的条件下摩擦、磨损都会明显增大变得无法使用。越是耐热性强的树脂,其临界PV值就越高。在实际使用时,需要在临界PV值的50-60%以下使用。

#### 摩擦特性

用于表征摩擦特性的指标有静摩擦系数( $\mu_s$ )和动摩擦系数( $\mu_d$ )。两者同时具有最低值的材料是氟树脂系的耐摩擦材料。

$\mu_s$ 表示运动开始时的摩擦抵抗。对于静止-运动反复进行的用途,小且稳定的 $\mu_s$ 是非常重要的。另外,成型后的 $\mu_s$ 与初期磨损后的 $\mu_s$ 也是不同的。

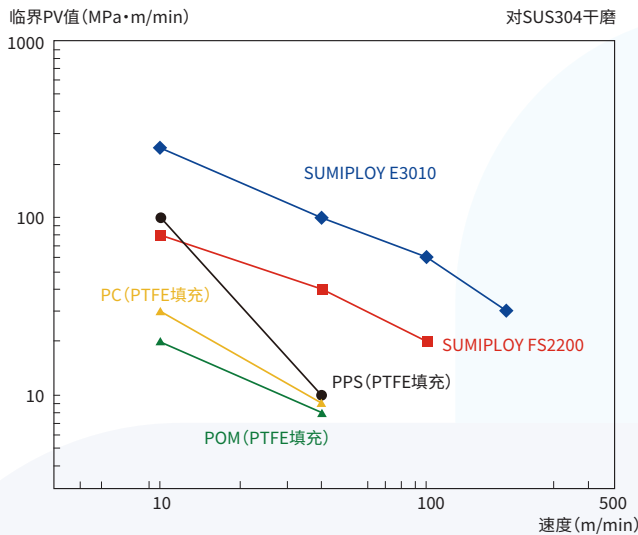
### 非强化系耐摩擦牌号的耐摩擦性能

不含强化纤维的非强化系牌号有SUMIPLOY E3010以及SUMIPLOY FS2200。其特长是即使干磨也不易对SUS或铝等软质金属造成损伤。

#### 临界PV值

图3-7-1是E3010、FS2200与其他工程塑料临界PV值的速度依赖性比较。相比其他耐磨材料，这两个产品都表现出更高的临界PV值。

图3-7-1 非强化系耐摩擦牌号临界PV值的速度依赖性



#### 摩擦特性

E3010在射出成型用的耐摩擦材料中是干磨状态下具有最小静摩擦系数的材料之一。E3010在磨损后也能维持初期的静摩擦系数，能长时间保持稳定。

#### 磨损特性

SUMIPLOY耐摩擦牌号的摩擦磨损特性与其他通用工程塑料的耐摩擦牌号的比较结果如表3-7-1所示。由低到高的PV值下皆具有稳定的耐摩擦性能。图3-7-2是P=0.6MPa、V=40m/min条件下E3010的磨损量与时间的关系。和加入填充材的氟树脂相比，其具有初期磨损量较小的特长。与添加聚酰亚胺的氟树脂相比也毫不逊色。

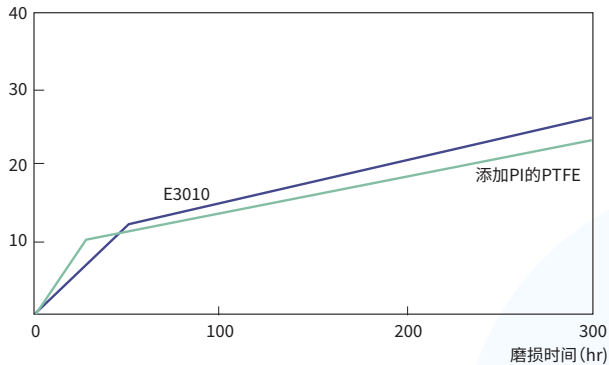
表3-7-1 非强化系耐摩擦牌号的摩擦磨损特性 (松原式-铃木式试验机)

| 测定条件         |                |        | 样品           | 动摩擦系数 $\mu_D$    | 累积摩擦量 $\Delta W(\mu)$ | 磨损系数K<br>(mm/km·MPa)  | 对磨材料磨损量<br>(mg) |
|--------------|----------------|--------|--------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| 压力P<br>(MPa) | 速度V<br>(m/min) | 对磨材料   |              |                  |                       |                       |                 |
| 1            | 10             | SUS304 | E3010        | 0.16             | 3.5                   | $1.2 \times 10^{-6}$  | 粘胶              |
|              |                |        | FS2200       | 0.12-0.30        | 11                    | $3.8 \times 10^{-6}$  | 0.27            |
|              |                |        | PTFE填充PC     | 0.12-0.31        | 95                    | $33.3 \times 10^{-6}$ | 0.13            |
|              |                |        | PTFE填充POM    | 0.13             | 8.7                   | $3.0 \times 10^{-6}$  | 0.10            |
| 0.6          | 40             | SUS304 | E3010        | 0.18             | 11                    | $1.6 \times 10^{-6}$  | 0.01            |
|              |                |        | FS2200       | 0.14-0.21        | 133                   | $19.2 \times 10^{-6}$ | 0.16            |
|              |                |        | CF/PTFE填充PPS | 0.40             | 132                   | $19.2 \times 10^{-6}$ | 13.6            |
|              |                |        | PTFE填充PC     | 临界pV值以上 (数分钟内熔融) |                       |                       |                 |
|              |                |        | PTFE填充POM    |                  |                       |                       |                 |
| 0.1          | 100            | SKH-2  | E3010        | 0.24             | 5.7                   | $2.0 \times 10^{-6}$  | 0.16            |
|              |                |        | FS2200       | 0.29             | 85                    | $29.5 \times 10^{-6}$ | 0.14            |
|              |                |        | CF/PTFE填充PPS | 0.81             | 90                    | $31.3 \times 10^{-6}$ | 10.5            |
| 0.2          | 100            | SKH-2  | E3010        | 0.22             | 5.4                   | $0.9 \times 10^{-6}$  | 0.24            |
|              |                |        | CF/PTFE填充PPS | 0.53             | 168                   | $29.2 \times 10^{-6}$ | 4.30            |

图3-7-2 非强化系耐摩擦牌号的摩擦磨损特性

P=0.6MPa V=40m/min 摩擦材料：SUS304

磨损量(μm)



### 纤维强化系耐摩擦牌号的摩擦特性

CS5220、CS5530、CK3420是碳纤维、无机填料等的强化牌号。具有优异的尺寸稳定性、机械强度、刚性，并且热膨胀系数小，可在PV值很大的严酷条件下使用。它们的摩擦系数较大，而且会略微发生变化，但如使用的摩擦材料是金属等硬质材料、对材料表面施加硬化处理、或同时使用润滑油等，可根据各种用途灵活使用。但是，这一系列的材料会损伤SUS或铝等软质金属的表面，使用时需要注意。

### SUMIPLOY纤维强化系牌号的临界PV值

纤维强化系牌号SUMIPLOY CK3420的临界PV值如表3-7-2所示。

表3-7-2 纤维强化系耐摩擦牌号的临界PV值

单位：MPa·m/min

|              | CK3420 |
|--------------|--------|
| V = 40m/min  | 160    |
| V = 100m/min | 100    |

对磨材料：SKH-2, 室温-干磨

### SUMIPLOY纤维强化系牌号的摩擦磨损特性

速度V=40m/min、100m/min时动摩擦系数 $\mu_D$ 的PV值依赖性如下所示。各牌号都在高PV值（高载荷）下表现出0.1-0.2的数值，在低PV值（低载荷）下摩擦系数会变大。因此，适用于高载荷、高速条件下的耐摩擦材料。

另外，这些纤维强化系牌号的耐磨损性相对于非强化系较差。表3-7-3中总结了摩擦磨损特性的例子。

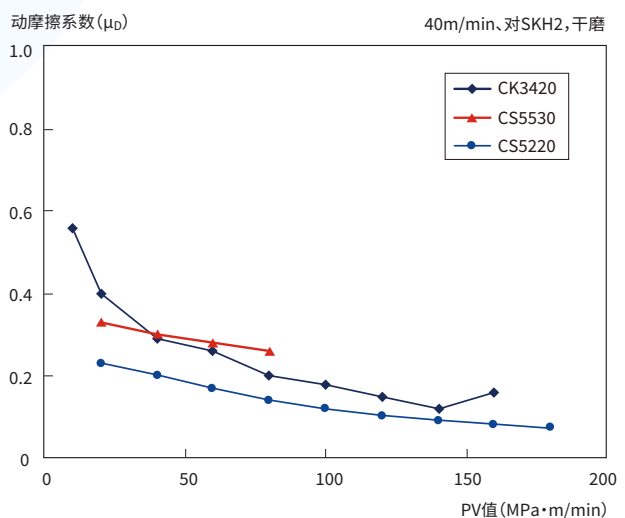
表3-7-3 纤维强化系耐摩擦牌号的摩擦磨损特性

| 摩擦条件         | 项目              | CK3420              |
|--------------|-----------------|---------------------|
| P = 0.6MPa   | 摩擦系数            | 0.81                |
| V = 40m/min  | 磨损系数(mm/km/MPa) | $45 \times 10^{-6}$ |
| 室温-干磨        | 对磨材料重量变化(mg)*   | +1.9                |
| P = 0.2MPa   | 摩擦系数            | 1.00                |
| V = 100m/min | 磨损系数(mm/km/MPa) | $36 \times 10^{-6}$ |
| 室温-干磨        | 对磨材料重量变化(mg)*   | +0.2                |

对磨材料：SKH-2, 摩擦时间：48hr

\*：+表示粘胶。

图3-7-3 动摩擦系数与PV的关系

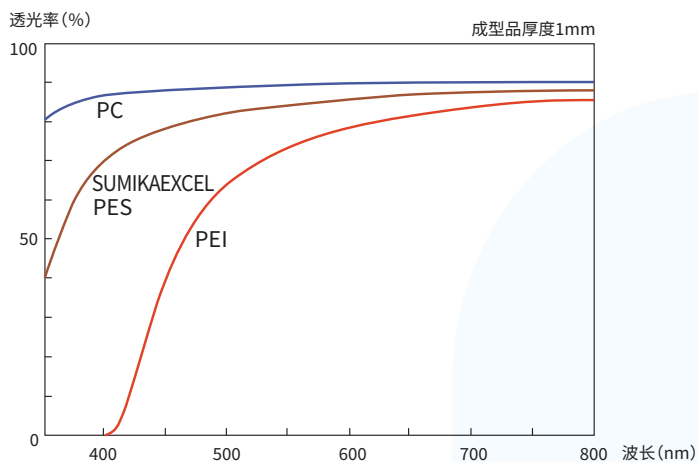


### 3-8 PES的其他特性

#### 透光率

SUMIKAEXCEL PES 是略带黄色的透明树脂,在耐热工程塑料之中,其雾度很低、具有优异的透光率。

图3-8-1 SUMIKAEXCEL PES 的透光率



#### 折射率

以下是 SUMIKAEXCEL PES 的折射率。由于PES的折射率很高,是作为镜头等光学材料应用的一大优点。

表3-8-1 SUMIKAEXCEL PES 的折射率

| 波长(nm)  | 折射率    |
|---------|--------|
| 544 (绿) | 1.6677 |
| 589 (橙) | 1.6525 |
| 633 (红) | 1.6428 |
| 670 (红) | 1.6366 |

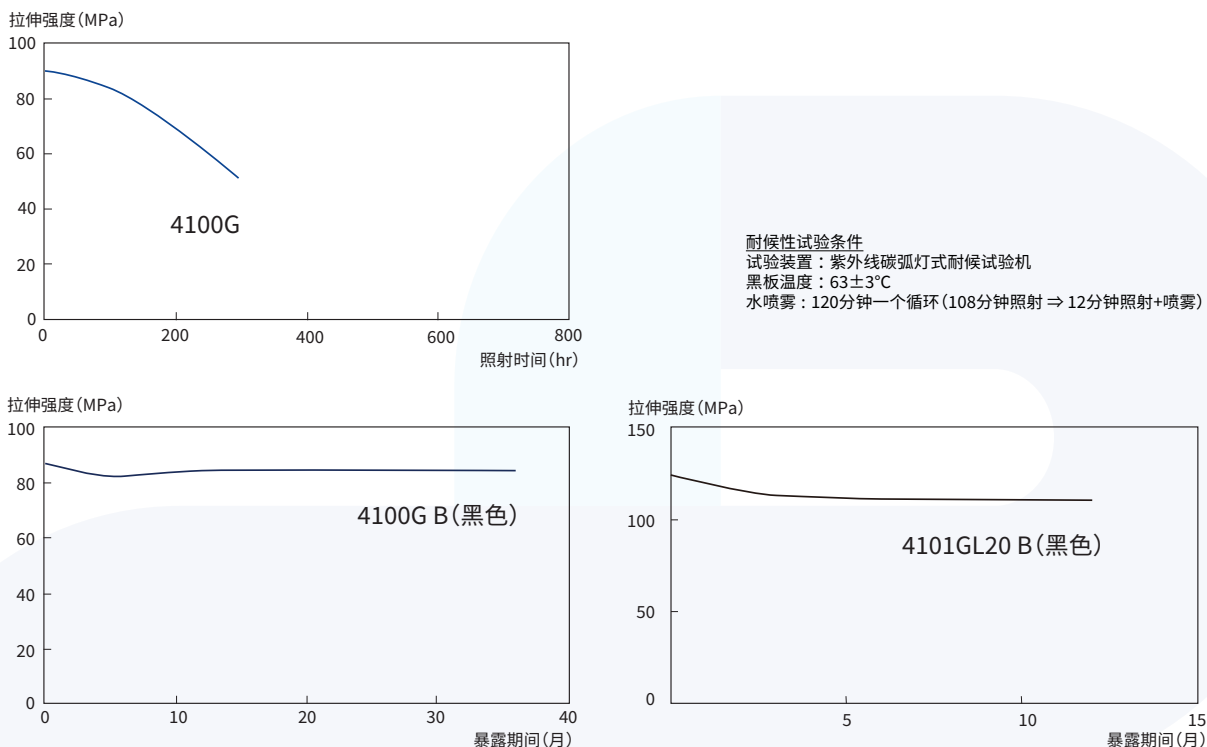
牌号 : SUMIKAEXCEL 4100G  
测定温度 : 23°C



### 耐候性

SUMIKAEXCEL PES 和其他聚醚类树脂同样并不具有良好的耐候性。聚合物的表面会因紫外线照射而发生劣化。不过,通过使用黑色的材料可抑制强度的降低,有可能被使用在室外条件。

图3-8-2 SUMIKAEXCEL PES 的耐候性



### CAE解析用数据

CAE (computer-aided engineering) 解析能在电脑上对一些可能在制品上出现的设计问题进行模拟。CAE的一些必要技术数据如下表所示。以下的数据都是为了CAE解析而测试的。如有需要CAE解析时需要使用的数据,请与本公司联系。

表3-8-2 SUMIKAEXCEL PES 的特性

|           | 测试方法        | 单位                  | 非强化                     | 玻璃纤维强化               |                      |
|-----------|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
|           |             |                     | 3600G<br>4100G<br>4800G | 3601GL20<br>4101GL20 | 3601GL30<br>4101GL30 |
| 比热        | ASTM E1269  | J/(kg · K)          | 963                     | 847                  | 788                  |
| 热导率       | ISO 22007-2 | W/(m · K)           | 0.16                    | 0.28                 | 0.24                 |
| 杨氏模量(MD)  | ASTM D638   | MPa                 | 2,650                   | 6,600                | 8,900                |
| 杨氏模量(TD)  | ASTM D638   | MPa                 | 2,650                   | 4,300                | 5,000                |
| 泊松比(MD)   | ASTM D638   | -                   | 0.40                    | 0.40                 | 0.41                 |
| 泊松比(TD)   | ASTM D638   | -                   | 0.40                    | 0.47                 | 0.49                 |
| 线膨胀系数(MD) | ISO 11359-2 | 10 <sup>-5</sup> /K | 4.9                     | 2.4                  | 2.1                  |
| 线膨胀系数(TD) | ISO 11359-2 | 10 <sup>-5</sup> /K | 4.9                     | 4.7                  | 4.5                  |

## 4. PES的射出成型

### 4-1 PES的射出成型条件

#### 成型条件

SUMIKAEXCEL PES 和SUMIPLOY的标准成型条件如下

表4-1-1 SUMIKAEXCEL PES 的标准成型条件

| 牌号           |     | 3600G<br>4100G |         | 4800G   |         | 3601GL20 / 3601GL30<br>4101GL20 / 4101GL30<br>ES5340 |         |
|--------------|-----|----------------|---------|---------|---------|------------------------------------------------------|---------|
|              |     | 推荐条件           | 条件范围    | 推荐条件    | 条件范围    | 推荐条件                                                 | 条件范围    |
| 干燥温度(°C)     |     | 160-180        |         | 160-180 |         | 160-180                                              |         |
| 干燥时间(hr)     |     | 5-24           |         | 5-24    |         | 5-24                                                 |         |
| 机筒温度(°C)     | 后部  | 320            | 300-340 | 320     | 320-340 | 320                                                  | 300-340 |
|              | 中央部 | 340            | 320-370 | 340     | 330-370 | 340                                                  | 320-370 |
|              | 前部  | 350            | 330-380 | 360     | 340-390 | 350                                                  | 330-380 |
|              | 喷嘴  | 350            | 330-380 | 360     | 340-390 | 350                                                  | 330-380 |
| 最合适的树脂温度(°C) |     | 350            | 350-360 | 360     | 350-370 | 350                                                  | 350-360 |
| 模具温度(°C)     |     | 140-180        | 120-180 | 140-180 | 120-180 | 140-180                                              | 120-180 |
| 射出压力(MPa)    |     | 100-200        | 100-200 | 100-200 | 100-200 | 100-200                                              | 100-200 |
| 射出速度         |     | 低速             | 低速-中速   | 低速      | 低速-中速   | 低速                                                   | 低速-中速   |
| 螺杆转速(rpm)    |     | 50-100         | 50-100  | 50-100  | 50-100  | 50-100                                               | 50-100  |
| 螺杆背压(MPa)    |     | 5-10           | 5-10    | 5-10    | 5-20    | 5-10                                                 | 5-10    |
| 保压压力(MPa)    |     | 50-100         | 50-100  | 50-100  | 50-150  | 50-100                                               | 50-100  |

表4-1-2 SUMIPLOY的标准成型条件

| 牌号           |     | GS5620<br>CS5220 / CS5530 / CS5600 |         | E3010<br>FS2200 |         | CK3400 / CK3420<br>CK4600 |         |
|--------------|-----|------------------------------------|---------|-----------------|---------|---------------------------|---------|
|              |     | 推荐条件                               | 条件范围    | 推荐条件            | 条件范围    | 推荐条件                      | 条件范围    |
| 干燥温度(°C)     |     | 160                                | 160-180 | 160             | 160-180 | 160                       | 160-180 |
| 干燥时间(hr)     |     | 8                                  | 5-24    | 8               | 5-24    | 5                         | 5-24    |
| 机筒温度(°C)     | 后部  | 320                                | 320-340 | 320             | 300-340 | 380                       | 360-400 |
|              | 中央部 | 340                                | 330-370 | 340             | 320-370 | 390                       | 370-410 |
|              | 前部  | 360                                | 340-390 | 350             | 330-380 | 390                       | 380-420 |
|              | 喷嘴  | 360                                | 340-390 | 350             | 330-380 | 400                       | 380-420 |
| 最合适的树脂温度(°C) |     | 360                                | 340-390 | 350             | 350-360 | 400                       | 380-420 |
| 模具温度(°C)     |     | 140-180                            | 120-180 | 140-180         | 120-180 | 180                       | 120-180 |
| 射出压力(MPa)    |     | 100-200                            | 100-200 | 100-200         | 100-200 | 100-200                   | 100-200 |
| 射出速度         |     | 低速                                 | 低速-中速   | 低速              | 低速-中速   | 低速                        | 低速-中速   |
| 螺杆转速(rpm)    |     | 50-100                             | 50-100  | 50-100          | 50-100  | 50-100                    | 50-100  |
| 螺杆背压(MPa)    |     | 5-10                               | 5-10    | 5-10            | 5-10    | 5-10                      | 5-10    |
| 保压压力(MPa)    |     | 100-200                            | 50-200  | 50-100          | 50-150  | 100-200                   | 50-200  |

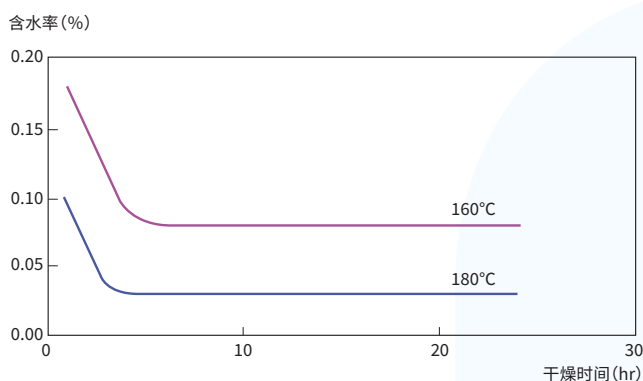
### 预备干燥

SUMIKAEXCEL PES 因具有吸水性,需要彻底地干燥。请使用热风循环式烘箱、除湿干燥机在160-180°C下干燥5-24小时。使用棚带式烘箱干燥时请把材料铺开至50mm以下。特别是在成型大型成型品时,推荐干燥温度180°C。

另外,非强化品或大型成型的情况下,建议使用除湿干燥机。如需使用干燥料筒,请使用有足够容量且热容量大的型号。如预备干燥不充分,成型品表面会发生银纹和流痕等现象。如发生以上的现象,则需要再次进行干燥。

SUMIKAEXCEL PES 不会发生水解,因此在上述条件下进行干燥不会发生劣化。

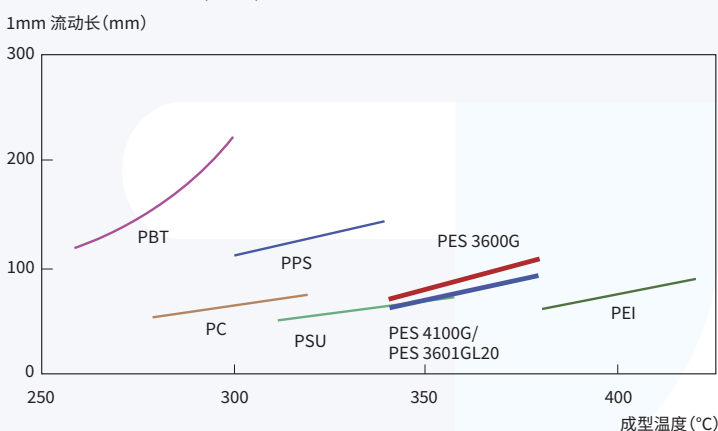
图4-1-1 4100G的干燥曲线



### 树脂温度

建议树脂温度为330-380°C。SUMIKAEXCEL PES 的熔融粘度较高,由于剪切发热导致树脂温度高于机筒的设定温度,有时温差会达到40°C。成型时需要确认树脂温度。

图4-1-2 PES的流动长(1mm)



### 树脂的滞留时间

树脂在机筒内的滞留时间会极大地影响成型品的品质。请控制滞留时间小于10分钟。滞留时间越长,则越有可能发生热劣化,其结果会导致变色,黑条或者黑点混入成型品中。

### 模具温度

请将模具温度设置为表面温度120-180°C。并且需要将模具温度设计得尽可能均匀分布。

模具温度过低会导致残留应力,使成型品发生翘曲以及开裂。玻璃纤维强化牌号则会导致表面浮纤。提高模具温度可以减少残留应力。但如果模具温度过高,取出成型品时会引起变形。

使用电加热、油加热都可以,但形状复杂的模具,较深的模具或有滑芯的模具请使用油加热型,模具温度分布应尽量均匀。

特别是大型成型或使用非强化品成型时,需要密切注意模具温度。

### 射出压力、保压压力

通常 SUMIKAEXCEL PES 的成型需要高射出压力,至少需要100-200MPa。薄壁成型品或玻璃纤维强化牌号、流动长较长的成型品则需要150MPa 以上。

建议保压压力设置为射出压力的1/2-1/3。使用较低的保压压力可以得到残留应力较少的成型品,但过低会导致产品缩水。

峰值压力或保压压力越高,产品就越不易脱膜,请通过调节V-P切替位置来调整峰值压力。

### 射出速度

SUMIKAEXCEL PES 通常适合使用低速-中速来进行成型,但根据成型品的形状,其最合适的射出速度也是不同的。

SUMIKAEXCEL PES 的熔融粘度较高,若射出速度过快,则可能由于切剪发热或空气的压缩导致烧焦或银纹。另一方面,薄壁成型品(1mm以下)或流动距离较长的成型品需要较快的射出速度。一般射出速度越低,残留应力越小。

### 螺杆转速,背压

为了防止剪切发热导致树脂温度升高,较低的螺杆转速比较适合,推荐设置为50-100rpm。

设置适当的背压可以使熔融更加均匀。背压设置5-10MPa比较合适,分子量比较高的牌号请适当提高。但是若设置太高则会导致树脂过热或过载等问题的发生。

### 暂停成型

需要暂时中止成型的时候,谨防树脂的热劣化,需将机筒温度设置为250-260℃。树脂温度低于250℃,可能会损伤螺杆表面或机筒内壁,并且重新开始成型时会导致混入异物等不良。若长时间休止时,请使用清洗料洗净机筒后降温。

### 清洗方法

以下说明使用 SUMIKAEXCEL PES 时的清洗方法。

清洗料使用MFR0.05左右的高分子量PE或PC、又或是其添加玻璃纤维的强化牌号较为合适。

- 加工温度较高,请注意发烟、气体喷出,树脂飞溅等危险。
- 请注意勿使清洗料滞留于机筒内。

表4-1-3 SUMIKAEXCEL PES 的切换

| 项目   | 推荐条件                                                                             |
|------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 设定   | 背压                                                                               |
|      | 较高(螺杆能缓慢后退的程度)                                                                   |
|      | 螺杆转速                                                                             |
|      | 与之前使用的树脂成型时相同的转速。                                                                |
| 清洗顺序 | 1. 之前使用树脂的排出                                                                     |
|      | 尽量排净料筒和机筒内的残留树脂。                                                                 |
|      | 2. 清洗料的投入与清洗方法                                                                   |
|      | 保持成型温度,投入清洗料后彻底洗净。                                                               |
|      | 清洗料使用聚碳酸酯或高分子量的PE比较合适。使用玻璃纤维强化的牌号可以提高洗净效果,但替换至PES前需要使用不含玻璃纤维的牌号进行清洗,请注意不要残留玻璃纤维。 |
|      | 3. 温度变更                                                                          |
|      | 慢慢排出清洗料的同时,将温度变更为PES的成型温度。                                                       |
|      | 4. 清洗料的排出与PES投入                                                                  |
|      | 到达PES的成型温度时彻底排出清洗料,投入PES。                                                        |
|      | 5. 成型                                                                            |
|      | 使用PES清洗机筒后,待机筒温度稳定后可开始成型。                                                        |

### 确认残留应力

SUMIKAEXCEL PES 由于成型品的残留应力,在脱膜时会发生开裂或断裂等不良。调整保压压力或保压时间,使其处于不发生缩水也不会发生过充填的合适条件内进行作业。

SUMIKAEXCEL PES 通过以下方法来检测射出成型品的残留应力。这也可以用作一种寻找最佳成型条件的手段。

#### ● 测试方法

1. 室温下冷却成型品。
2. 将成型品浸渍在二甲苯中90秒
3. 在冷水中洗净
4. 确认成型品上是否有开裂
5. 若无开裂,则在甲苯中进行同样的试验。将此试验按乙酸乙酯、甲乙酮的顺序进行。
6. 发生开裂时,使用当前溶剂对多个成型品进行确认。

表4-1-4 SUMIKAEXCEL PES 残留应力的确认方法(4100G)

| 溶剂         | 残留变形       | 残留应力       |
|------------|------------|------------|
| 在二甲苯中发生开裂  | 1.3-1.5%以上 | 30-40MPa以上 |
| 在甲苯中发生开裂   | 1.0%以上     | 27MPa以上    |
| 在乙酸乙酯中发生开裂 | 0.50%以上    | 14MPa以上    |
| 在甲乙酮中发生开裂  | 0.35%以上    | 10MPa以上    |

## 4-2 PES的流动特性

### 流动性

SUMIKAEXCEL PES 的流动性随着机筒温度、射出压力以及成型品厚度的增加会大幅度提高。另一方面,模具温度的影响并不大。如有脱膜不良或浮纤、结合线开裂的现象,建议模具温度设置为160℃以上。

### 熔融粘度特性

SUMIKAEXCEL PES 的表观熔融粘度如下所示。

图4-2-1 表观熔融粘度的树脂温度依赖性

表观熔融粘度 (Pa · s)

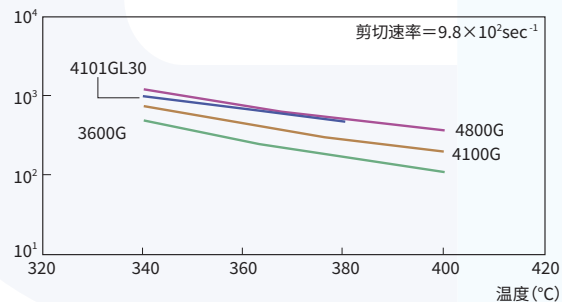
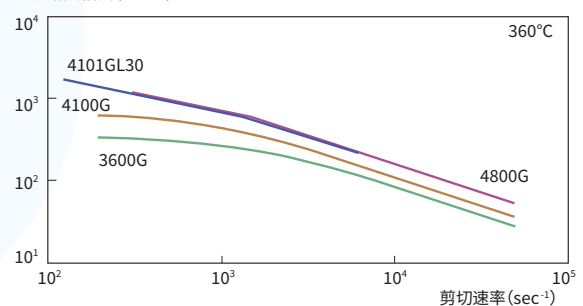


图4-2-2 表观熔融粘度的剪切速率依赖性

表观熔融粘度 (Pa · s)



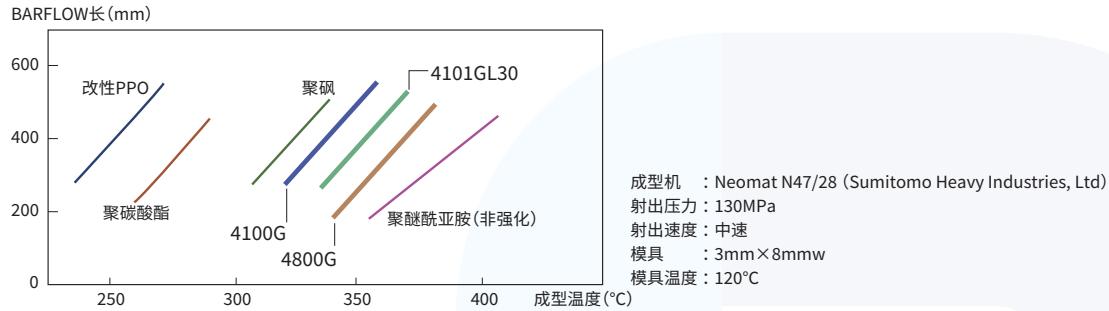
## 一般成型

以厚度为3mm时的流动特性为中心来说明

### 机筒温度的影响

提高机筒温度会降低树脂的熔融粘度,使流动性提高。设定温度提高20°C会使BAR-FLOW长度增加30-60%。

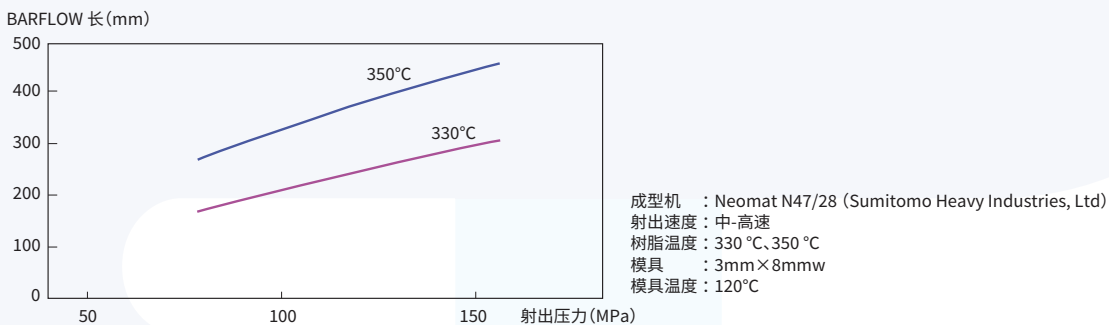
图4-2-3 BARFLOW长的温度依赖性



### 射出压力的影响

射出压力提高20MPa会使BARFLOW长度提高10-20%。一般推荐在高压下进行成型,但是需要注意脱膜不良和残留应力的影响。另外需要根据二次压力来选择合适的条件。

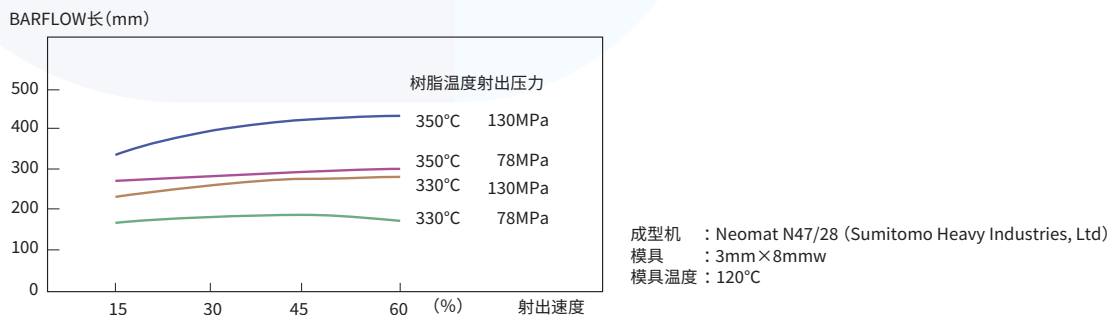
图4-2-4 BARFLOW长的射出压力依赖性(4100G)



### 射出速度的影响

射出速度几乎不影响BARFLOW长。

图4-2-5 BARFLOW长的射出速度依赖性(4100G)

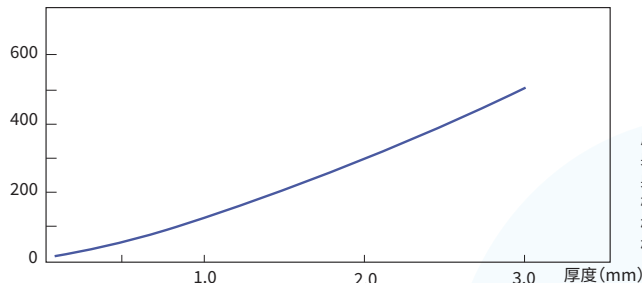


### 制品厚度的影响

流动长会随着厚度快速提高。1.5mm以上厚度的产品，继续增加厚度0.5mm时，流动性会提高40-70%。

图4-2-6 BARFLOW长的厚度依赖性(4100G)

BARFLOW长(mm)



成型机 : Neomat N47/28 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd)  
射出压力 : 130MPa  
射出速度 : 60%  
树脂温度 : 360°C  
模具 : 8mmwBARFLOW  
模具温度 : 120°C

### 薄壁成型

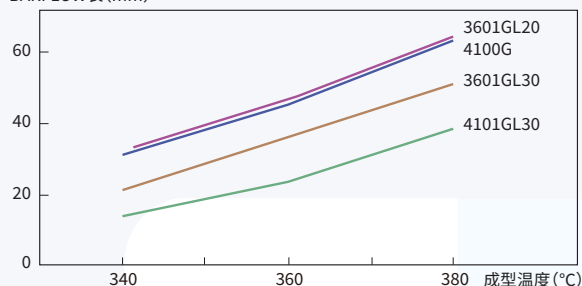
成型品厚度0.1-0.7mm时的流动特性

### 机筒温度的影响

随着机筒温度的升高流动性虽然会提高,但0.3mm以下厚度时效果并不明显。考虑到滞留的影响,380°C左右比较适当。

图4-2-7 机筒温度依赖性(0.7mm)

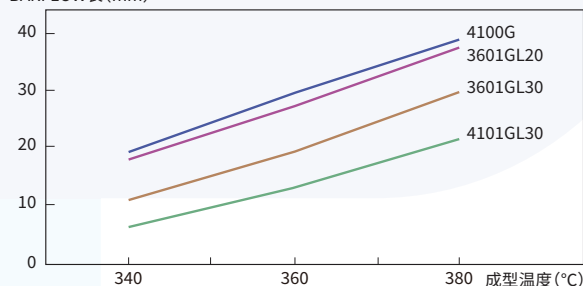
BARFLOW长(mm)



成型机 : Neomat N47/28 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd)  
射出压力 : 130MPa  
射出速度 : 75%  
模具 : 0.7mm×8mmw  
模具温度 : 140°C

图4-2-8 机筒温度依赖性(0.5mm)

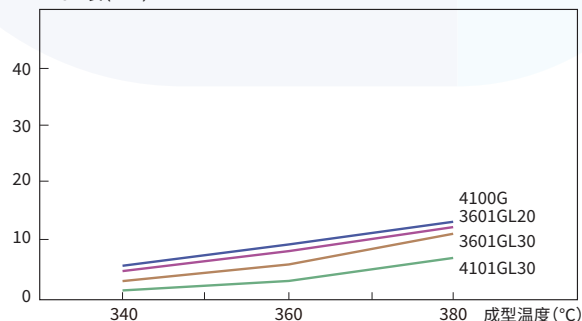
BARFLOW长(mm)



成型机 : Neomat N47/28 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd)  
射出压力 : 130MPa  
射出速度 : 75%  
模具 : 0.5mm×8mmw  
模具温度 : 140°C

图4-2-9 机筒温度依赖性(0.3mm)

BARFLOW长(mm)



成型机 : Neomat N47/28 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd)  
射出压力 : 130MPa  
射出速度 : 75%  
模具 : 0.3mm×8mmw  
模具温度 : 140°C

### 制品厚度的影响

流动性对厚度有依赖性,在制品设计时需要留心。

图4-2-10 厚度依赖性 (4100G)

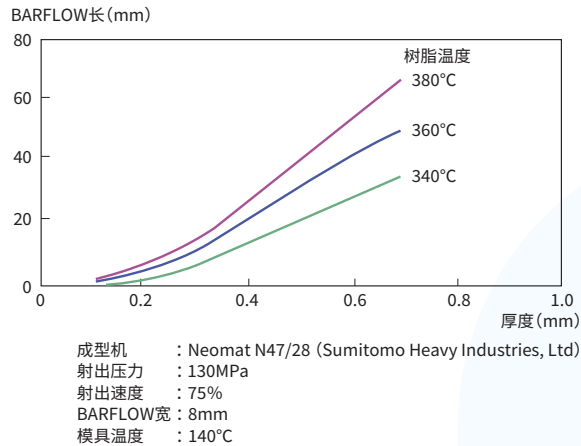
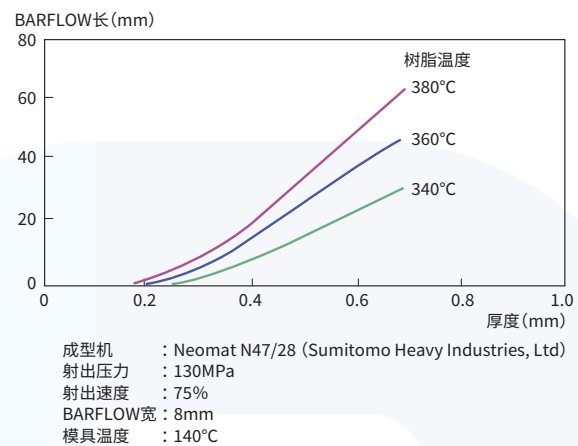


图4-2-11 厚度依赖性 (3601GL20)



### 射出压力的影响

薄壁流动性受射出压力的影响较大。一般推荐射出压力为100MPa以上,但请综合考虑制品外观、残留应力等决定合适的射出压力。

图4-2-12 射出压力依赖性 (4100G)

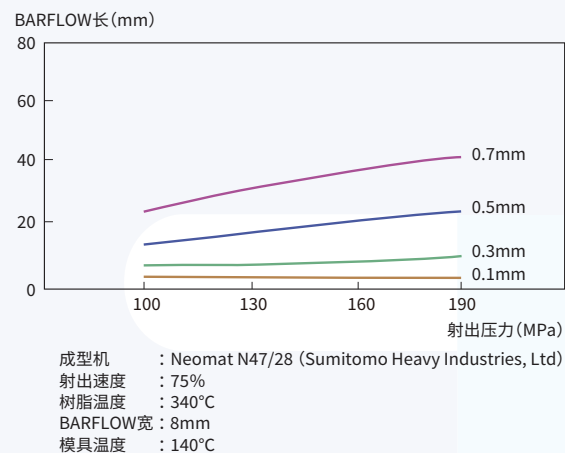
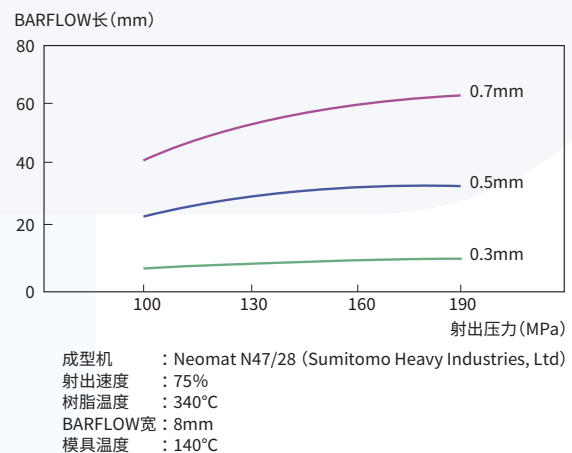


图4-2-13 射出压力依赖性 (3601GL20)



### 射出速度的影响

薄壁流动性几乎不被射出速度影响。射出速度过快容易导致烧焦等不良的发生。

图4-2-14 射出速度依赖性 (4100G)

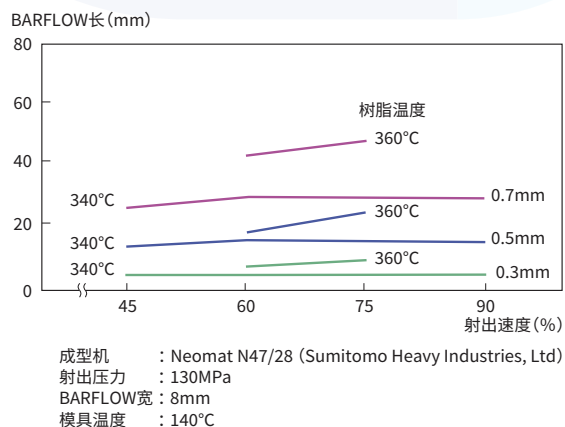
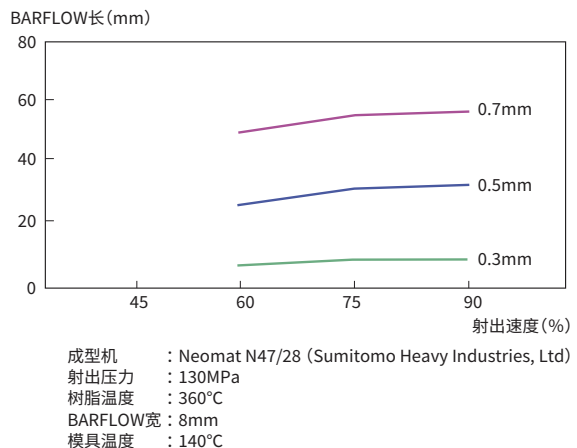


图4-2-15 射出速度依赖性 (3601GL20)



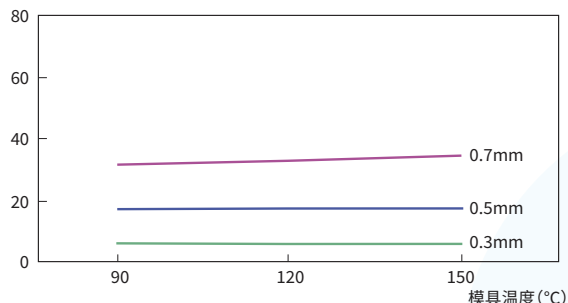


### 模具温度的影响

薄壁流动性几乎不被模具温度影响。但是若有脱膜不良或浮纤、结合线开裂等情况发生时,建议将模具温度升高至160℃以上。

图4-2-16 模具温度依赖性(4100G)

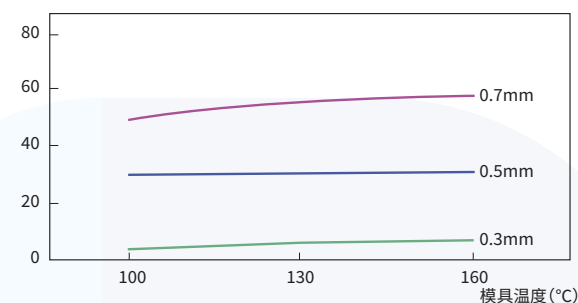
BARFLOW长(mm)



成型机 : Neomat N47/28 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd)  
 射出压力 : 130MPa  
 射出速度 : 75%  
 树脂温度 : 340℃  
 BARFLOW宽 : 8mm

图4-2-17 模具温度依赖性(3601GL20)

BARFLOW长(mm)



成型机 : Neomat N47/28 (Sumitomo Heavy Industries, Ltd)  
 射出压力 : 130MPa  
 射出速度 : 75%  
 树脂温度 : 340℃  
 BARFLOW宽 : 8mm

## 4-3 PES的射出成型机与模具

### 射出成型机的选择

SUMIKAEXCEL PES 可通过常用的往复螺杆式射出成型机或柱塞式射出成型机进行成型。

#### 螺杆、机筒

- SUMIKAEXCEL PES 的填充强化牌号因添加玻璃纤维等材质,推荐使用有耐磨损功能的型号。
- 螺杆建议选用标准式样。带过滤功能或高混炼的螺杆会导致树脂的滞留时间变长或因剪切发热致使树脂温度升高超过400℃,因此不推荐使用。

代表性的螺杆设计如下所示。

- L/D 螺杆长(L)/螺杆直径(D)=20左右
- 压缩比 : 2-2.2左右
- 各区段
  - 供料段 : 55%左右
  - 压缩段 : 25%左右
  - 计量段 : 20%左右
- 建议螺杆头部附带止逆功能。

#### 喷嘴

- 喷嘴的材质参考螺杆和机筒。
- 推荐使用直通式喷嘴。封闭式喷嘴存在多处死角,容易使树脂滞留其中,因此不推荐使用。
- 喷嘴加热器需有独立控制系统,最好使用控制功能良好的PID方式。
- 如果使用加长型喷嘴,要充分考虑温度分布的均一性。

#### 射出部件以及控制系统

- SUMIKAEXCEL PES 熔融粘度较高,推荐使用最大射出压力大于200MPa的成型机。
- SUMIKAEXCEL PES 熔融粘度高,计量时扭矩容易增大,推荐使用高功率可塑化装置的射出成型机。

#### 成型机容量

- 建议根据制品大小、参考螺杆直径和锁模力选用计量值为全射出容量1/3-3/4的成型机。计量值太小会导致树脂滞留进而引起各种成型不良的发生。

## 模具设计

SUMIKAEXCEL PES 熔融粘度较高,成型收缩率较低,因此在模具设计时请留意以下要点。

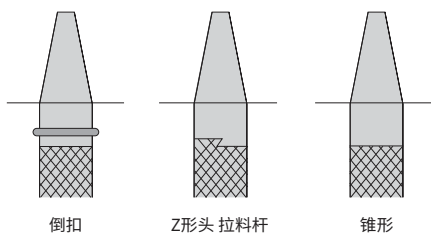
### 模具材质

- 试作以及少量成型时可使用碳素钢 (S55C), 有发生摩擦部位的话建议淬火。
- 需要量产或对尺寸精度要求较高的情况下, 选择使用更强韧的铬钼钢 (SCM435、SCM440)、合金钢 (SKD11、SKD61)。
- 如需使用其他材质, 请事前确认是否可以使用。(不推荐使用Cu系合金材质)

### 水口

- 推荐使用较短、倾角大(约5°)的样式。
- 为了更好的去除水口, 建议设置如图所示的拉料杆

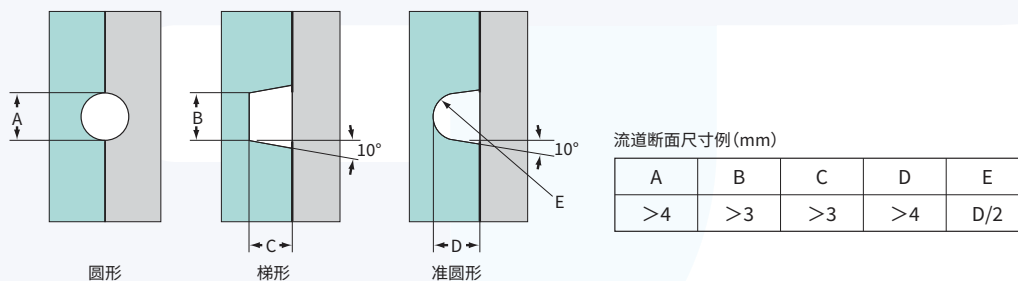
图4-3-1 水口形状



### 流道

- 应使其尽可能地短和粗, 请考虑流动性后决定。
- 断面形状建议使用圆形或梯形。
- 浇口取得平衡也是很重要的。

图4-3-2 流道形状



## 浇口系统

### 侧浇口

- 使用矩形浇口时, 缩短浇口平台长度, 加大深度能提高效率。建议浇口深度为成型品厚度×0.7左右, 浇口平台长度小于1mm。

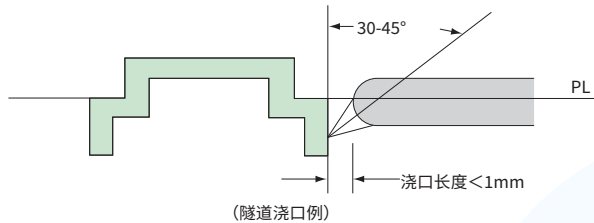
图4-3-3 侧浇口形状



### 点针式/隧道浇口

- 建议浇口径 $0.8\sim 1.2\text{mm}\phi$ ，浇口长 $1\text{mm}$ 以下。若流动距离较长，比起增大浇口，更建议使用多点浇口。

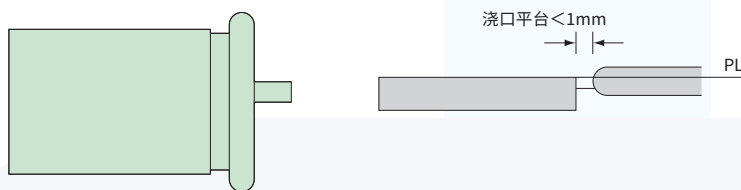
图4-3-4 点针式/隧道浇口形状



### 薄膜浇口

- 浇口的厚度为成型品厚度 $\times 0.5$ 较好，浇口平台长度建议小于 $1\text{mm}$ 。

图4-3-5 薄膜浇口形状



### 脱膜倾角

- SUMIKAEXCEL PES 的成型收缩率较小，即使是比较浅的成型品也需要有 $1^\circ(1/60)\sim 2^\circ(1/30)$ 的倾角。如较深的话建议增大倾角。
- 薄壁成型品容易过填充，因此建议增大倾角。
- 玻璃纤维强化牌号也建议增大倾角。
- 根据制品的形状，有时无法取得足够的倾角。此时需要考虑使用滑芯或研究顶出的方式。

### 排气槽

- SUMIKAEXCEL PES 推荐使用 $0.01\sim 0.05\text{mm}$ 左右的排气槽。SUMIKAEXCEL PES 的熔融粘度较高，使用 $0.05\text{mm}$ 的排气槽也不易发生飞边。
- 薄壁成型品必须设置排气槽。

## 4-4 PES的再生利用

新料中添加再生料混合时,根据牌号以及用途需要调整混合的比例。各牌号能够与再生料混合的比例如表4-4-1所示。

表4-4-1 再生料的推荐混合比例

| 牌号                  | 再生料的比例 (%) |
|---------------------|------------|
| 4100G / 4800G       | 30以下       |
| 3601GL20 / 4101GL20 | 20以下       |
| 3601GL30 / 4101GL30 | 10以下       |

非强化牌号里添加过多再生料时,制品的颜色会变深,且可能变脆。玻璃纤维强化牌号回收使用时,玻璃纤维长度会变短,从而导致机械强度的降低,因此需要限制混合的比例。各牌号再生料的添加比例与拉伸特性的变化如表4-4-2所示。

表4-4-2 非强化以及玻璃纤维强化牌号再生料使用的比例与拉伸特性

| 牌号         |    | 4100G / 4800G |      |            |      | 3601GL20 / 4101GL20 |            |
|------------|----|---------------|------|------------|------|---------------------|------------|
| 再生料的比例 (%) |    | 30            |      | 100        |      | 30                  | 100        |
| 物性         |    | 拉伸强度 (MPa)    | 破坏形态 | 拉伸强度 (MPa) | 破坏形态 | 拉伸强度 (MPa)          | 拉伸强度 (MPa) |
| 回收使用次数     | 新料 | 86            | 延性   | 86         | 延性   | 126                 | 126        |
|            | 1  | 87            | 延性   | 87         | 延性   | 126                 | 121        |
|            | 2  | 89            | 延性   | 87         | 延性   | 125                 | 116        |
|            | 3  | 88            | 延性   | 87         | 延性   | 126                 | 109        |
|            | 4  | 88            | 延性   | 88         | 延性   | 124                 | 102        |
|            | 5  | 89            | 延性   | 87         | 延性   | 122                 | 98         |

## 5. PES的二次加工技术

### 5-1 PES的粘剂

SUMIKAEXCEL PES 可使用一般的粘剂(环氧树脂,亚克力,酚醛树脂,聚氨酯,聚酯,聚氯乙烯树脂等)。关于特定的粘剂的使用方法,请咨询粘剂厂家。

表5-1-1 SUMIKAEXCEL PES 的粘剂

| 种类    |      | 名称                  | 厂家     |
|-------|------|---------------------|--------|
| 环氧树脂系 | 2液类型 | Eco-bond 104、144B   | Henkel |
|       | 1液类型 | Sumimac ECR9000类    | 住友电木   |
|       |      | Technodyne AH-3063R | 田冈化学   |
| 橡胶类   |      | Hamatite PL605-50   | 横浜橡胶   |

表5-1-2 各粘剂的粘结强度

(单位: MPa)

| 粘剂                | 固化条件           | 4100G | 4101GL30 |
|-------------------|----------------|-------|----------|
| Eco-bond 104      | 180°C×1hr      | 5.4   | 8.8      |
| Eco-bond 144B     | 150°C×1hr      | 2.0   | 3.5      |
| Sumimac ECR9000类  | 100°C×1hr      | 4.6   | 6.7      |
| Hamatite PL605-50 | 250-300°C×5min | 13.0  | —        |

### 5-2 PES的焊接

SUMIKAEXCEL PES 是一种非晶性树脂,因此同种树脂可以利用各种方法简单地焊接。SUMIKAEXCEL PES 代表性的焊接方法与特征如表5-2-1所示。不同的焊接方法具有不同的特征,需要根据制品的大小或形状,对制品的要求特性、经济性(装置价格和工数等)来选择合适的焊接方法。

表5-2-1 SUMIKAEXCEL PES 的焊接

| 焊接方法 |         | 热板焊接     | 超声波焊接    | 震动焊接          | 激光焊接           | IR焊接     | CVR (IR+震动焊接) |
|------|---------|----------|----------|---------------|----------------|----------|---------------|
| 焊接性  | 焊接强度    | ◎*       | ◎        | ◎*            | ◎              | ○        | ◎             |
|      | 焊接部的外观  | △        | ○        | ○             | ◎              | ◎        | ◎             |
|      | 可以焊接的树脂 | 热塑性树脂    | 热塑性树脂    | 热塑性树脂         | 透光性树脂<br>吸光性树脂 | 热塑性树脂    | 热塑性树脂         |
|      | 焊接时间    | 10-30sec | 0.1-5sec | 2-10sec       | 2-15sec        | 10-30sec | 5-30sec       |
|      | 可以焊接的尺寸 | 加热器尺寸依赖  | 名片大小的尺寸  | 托盘大小          | A3大小           | 仪表盘大小    | 仪表盘大小         |
| 设计   | 制品形状限制  | 受限于加热器形状 | 基本上为平面   | 一定程度的<br>三维形状 | 自由度很高          | 比震动焊接更优秀 | 自由度很高         |
|      | 焊接部位的设计 | 专用设计     | 专用设计     | 专用设计          | 专用设计           | 专用设计     | 专用设计          |

\* PES的软化温度很高,因此有可能会无法焊接

### 5-3 PES的超声波焊接

SUMIKAEXCEL PES 是非晶性的树脂,因此同种树脂间使用超声波焊接是比较容易的。焊接的组合有以下三种。

1. 非强化牌号之间
2. 非强化牌号与纤维强化牌号
3. 纤维强化牌号之间

1是最容易且焊接强度最大的一种。但是2和3也能表现出一定的焊接强度,与结晶性树脂(比如PPS)相比焊接性更为优秀。

超声波焊接的条件受到功率、制品形状,焊接面积、牌号等的影响,标准条件如下所示。

表5-3-1 超声波焊接的标准条件

|            |         |
|------------|---------|
| 压力(MPa)    | 30-60   |
| 振幅(μm)     | 50-80   |
| 焊接时间(sec.) | 0.1-2.0 |

超声波焊接后的剪切强度测试结果如下所示。试验方法以及试验片如下。

超声波焊接机

SONOPET- 1200B(Seidensha Electronic Industry Co., Ltd.)

标准功率: 1200W

振动频率: 19.5kHz

加压力: 18N

振幅: 34μm

图5-3-1 焊接部剪切强度测试用试验片

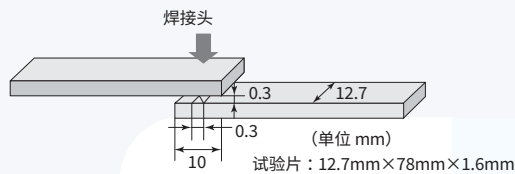


表5-3-2 焊接部破坏时的最大载荷(拉伸剪切试验)

(单位: N)

|          | 振动时间(sec.) |     |         |
|----------|------------|-----|---------|
|          | 0.1        | 0.2 | 0.3     |
| 3600G    | 680        | 700 | 焊接部以外断裂 |
| 3601GL20 | 660        | 850 | 焊接部以外断裂 |
| 3601GL30 | 740        | 830 | 焊接部以外断裂 |

### 5-4 PES的激光焊接

激光焊接是一种利用激光照射对象间的界面,使其发热焊接的一种工艺。通过激光照射,使「透光性树脂(厚度0.5mm)」与「吸光性树脂(厚度0.8mm)」形成树脂的焊接。SUMIKAEXCEL PES 具有优秀的透光率,可通过激光焊接。

图5-4-1 激光焊接的试验条件

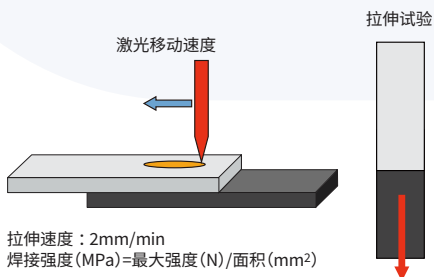


表5-4-1 激光焊接强度

| 牌号             |                | 激光条件(Φ0.6) |            | 焊接强度(MPa) |
|----------------|----------------|------------|------------|-----------|
| 透光性树脂(厚度0.5mm) | 吸光性树脂(厚度0.8mm) | 功率(W)      | 移动速度(mm/s) |           |
| 4100G          | 4100G B        | 3          | 10         | 30        |
|                |                |            | 15         | 33        |
|                |                |            | 20         | 34        |
| 3601GL20       | 3601GL20 B     | 3          | 10         | 38        |
|                |                |            | 15         | 37        |
|                |                |            | 20         | 37        |

## 6. PES的用途

### 6-1 电气电子领域

利用PES低瓦斯气、尺寸稳定性、耐蠕变性、低飞边性、耐溶剂性等特长,可用于以下用途。

#### 电气电子领域

- 继电器底座
- 开关底座
- 保险丝盒
- 印刷电路板 等
- 绕线圈
- Burn-in Socket
- 各种传感器的盒、盖
- 可动板(转子块)
- 连接器
- IC卡托

#### Burn-in Socket

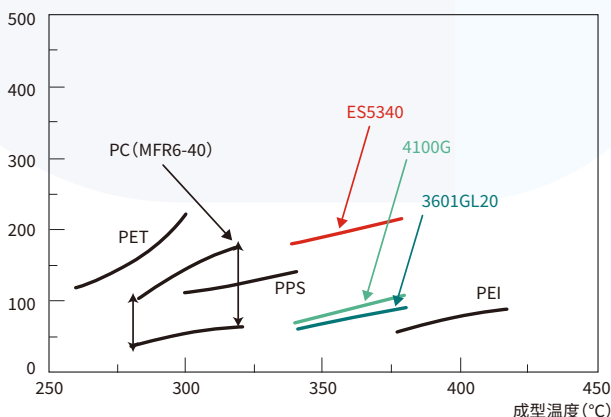
Burn-in试验(对电子机器施加温度和电压使其加速老化,能将初期不良发生率提前降低的一种试验)使用的底座,检测对象是半导体或记忆卡等。SUMIKAEXCEL PES 具有优异的耐热性、尺寸精度、尺寸稳定性等,因此可被灵活使用。

- SUMIKAEXCEL ES5340  
SUMIKAEXCEL ES5340是比3610GL20流动性更好的超高流动牌号。
- SUMIPLOY GS5620  
SUMIPLOY GS5620是增强了耐磨性能的,具有低磨损的高强度牌号。

表6-1-1 SUMIKAEXCEL PES 用于Burn-in Socket的牌号

| 牌号          | 特征                       |
|-------------|--------------------------|
| SUMIKAEXCEL | 3601GL20 20% 玻璃纤维强化高流动牌号 |
|             | 3601GL30 30% 玻璃纤维强化高流动牌号 |
|             | 4101GL20 20% 玻璃纤维强化标准牌号  |
|             | 4101GL30 30% 玻璃纤维强化标准牌号  |
|             | ES5340 20% 玻璃纤维强化超高流动牌号  |
| SUMIPLOY    | GS5620 20% 玻璃纤维强化低磨损牌号   |

图6-1-1 SUMIKAEXCEL ES5340的1mm流动长  
1mm流动长(mm)



Burn-in Socket根据用途对材料有不同的性能要求。在选择牌号时,请与本公司联系。

## 6-2 汽车、机械领域

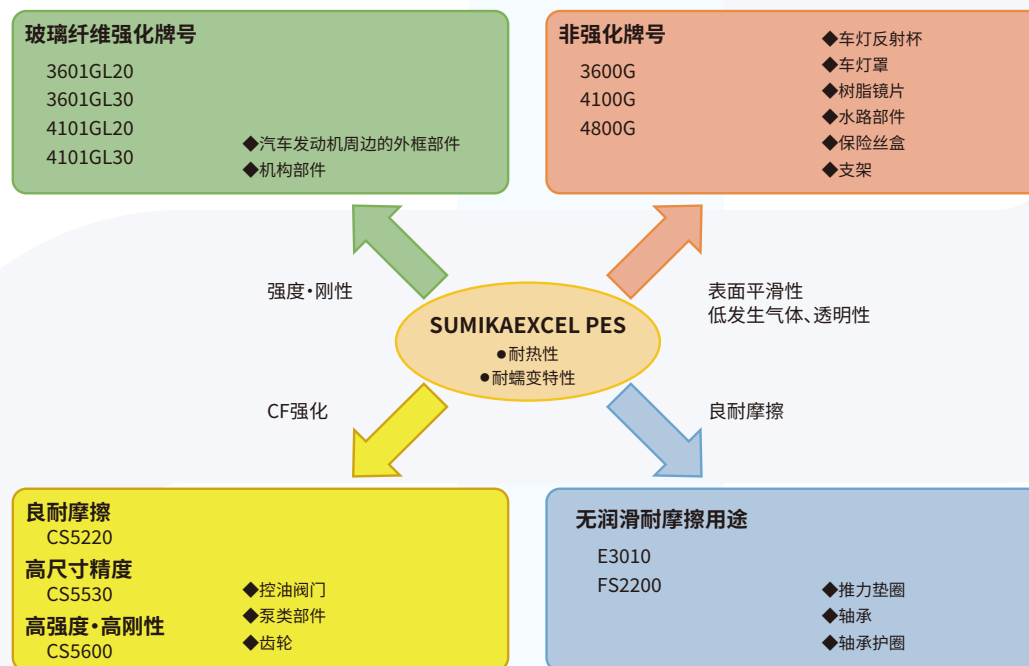
对表面平滑性和透明性有要求的产品可选用非强化牌号,需要高强度、高刚性的产品可选用纤维强化牌号。对于耐磨性有要求的产品,SUMIPLOY系列更合适。在很大的温度范围内(-100-180°C)刚性、尺寸稳定性、高温耐蠕变性、对汽油或发动机油具有优异耐性,并且SUMIPLOY系列具有极佳的耐磨性能,可应用于以下领域。

- 车灯周边(反射板、镜头托架)    ● 保险丝盒
- 油泵    ● 制动轴承    ● 推力垫圈
- 控制油路阀门的浇口    ● 齿轮    等等

### SUMIKAEXCEL PES 汽车用途的使用示例

SUMIKAEXCEL PES 耐热性高,尺寸稳定性极佳,适用于发动机室内部件、车灯周边部件。以下为实用示例。

图6-2-1 SUMIKAEXCEL PES 采用例



### 车灯周边

SUMIKAEXCEL 4100G耐热性、尺寸稳定性极佳,发生气体非常少,可用于汽车的反射杯等。

图6-2-2 车灯反射杯





### 控油阀门

SUMIPLOY CS5530具有极高的尺寸稳定性,成型制品的尺寸精度即可达到铝切削品的同等尺寸精度,利用这一特性,被广泛用作汽车控油阀门的柱塞。

图6-2-3 控油阀门



## 6-3 其他射出成型应用

### OA·AV机器部件

具有尺寸稳定性以及优异的耐蠕变性能,活用SUMIPLOY的耐摩擦性能,可广泛应用于以下用途。

- 复印机、打印机的各种无油轴承、导轨、齿轮类
- 光盘类部件 等等

### 热水领域(餐具、医疗器具等)

利用耐热水、水蒸气(160°C)、尺寸稳定性、耐蠕变性等特性,在以下用途中逐渐展开。

- 热水、蒸汽的阀门连接器
- 防腐蚀电极的绝缘材料
- 温度传感器的电池部件
- 温水泵部件
- 超滤装置部件 等等

### LCD基板用薄膜

通过射出成型或挤出成型得到的膜,透明性(透光率89%)、耐热性、尺寸稳定性优异,镀ITO(氧化铟锡)膜后可以应用于以下LCD基板中。

- 计算器
- 寻呼机
- 电子记事本 等等

## 6-4 食品用具领域

SUMIKAEXCEL PES 耐热性高达200℃,具有优异的耐冲击性与耐水蒸气性,适用于需要蒸煮或是处理含有油脂、脂肪性食物的餐具。并且, SUMIKAEXCEL PES 中的部分牌号符合各国关于食品接触材料的相关标准。

### 特征

- 高耐热性,耐冷热
  - 可在-40至200℃的范围内进行烹饪。
  - 可使用于冷藏库或对油脂较多的食材进行烹饪。
  - 能够承受急速冷冻或是从冷冻状态放入微波炉中那样的温度急剧变化
  - 与金属不同,可利用微波炉进行加热
  - 可以用于蒸煮烹饪
- 热传导性
  - 具有适度的热传导性,在烹饪时可均匀导热
  - 离开热源后温度迅速下降,可以安全快速地使用
- 高耐久性
  - 具有优异的耐久性,可长期使用
  - 可用一般的清洗剂和漂白剂清洗
  - 能在易于腐蚀金属的环境中使用
  - 在热水或水蒸气中反复使用也具有优异的耐久性
- 安全性
  - SUMIKAEXCEL PES 的部分牌号符合美国、欧洲以及日本的食物接触容器(餐具)材料的标准。
  - 即使加热也不易产生气体或溶出物质
  - 不易破裂
- 轻便性
  - 轻便易于搬运和使用
- 外观
  - 本色为淡琥珀色,是透明且沉稳的颜色
  - 作为一种热塑性树脂,可选用各种加工方式,具有良好的加工高性能,可设计为各种形状
  - 可染色

图6-4-1 PES餐具成型品例



餐具



托盘(飞机)

## 6-5 SUMIPLOY的用途

SUMIPLOY E是耐热性的聚醚砜 (PES) 和SUMIKASUPER E101为主要成分的耐磨材料, 在可射出成型的材料中具有最高级别的耐摩擦性能, 并且对SUS或铝等软质金属摩擦时具有不易造成损伤的特长。

SUMIPLOY S是以PES为基材的耐磨材料, 其保持了PES的机械性能和热性能, 并增强了耐磨性能。在比较缓和的摩擦条件下, 表现出低摩擦系数、低磨损的特征, 适用于对机械强度有一定要求的用途。

SUMIPLOY K是以聚醚醚酮 (PEEK) 为基材的耐磨材料。其保持了PEEK的耐化学试剂性、耐疲劳性、耐放射性、耐热性, 增强了耐磨性。适用于高温、高负荷的严酷环境。

### 牌号选择

请根据使用用途要求的特征或使用条件, 参考各牌号的一般特性和摩擦磨损数据从表中选择需要的材料种类。在这基础上通过评价试验确认最合适的牌号。

表6-5-1 SUMIPLOY各牌号的特征

| 牌号                    |              |        | 特征                                                                                                   |
|-----------------------|--------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 非强化牌号<br>(适用于铝等软质材料)  | SUMIPLOY S系列 | FS2200 | <ul style="list-style-type: none"> <li>耐热性高达180℃</li> <li>干磨时摩擦系数、磨损系数低且稳定</li> </ul>                |
|                       | SUMIPLOY E系列 | E3010  | <ul style="list-style-type: none"> <li>不损伤摩擦面。</li> <li>干磨时摩擦系数低。</li> <li>具有高临界PV值。</li> </ul>      |
| 纤维强化牌号                | SUMIPLOY S系列 | CS5220 | <ul style="list-style-type: none"> <li>尺寸精度高</li> <li>具有高临界PV值。</li> </ul>                           |
|                       |              | CS5530 | <ul style="list-style-type: none"> <li>尺寸精度非常优秀</li> </ul>                                           |
|                       |              | GS5620 | <ul style="list-style-type: none"> <li>尺寸精度高</li> </ul>                                              |
| 纤维强化牌号<br>(适用于高速、高负荷) | SUMIPLOY K系列 | CK3420 | <ul style="list-style-type: none"> <li>成型收缩率、线膨胀系数小, 具有优异的尺寸精度</li> <li>低速至高速领域内都具有高临界PV值</li> </ul> |

表6-5-2 SUMIPLOY牌号选择指南

| 要求特性/使用条件        |            | 非强化系耐磨牌号 |        | 强化系耐磨牌号 |
|------------------|------------|----------|--------|---------|
|                  |            | E3010    | FS2200 | CK3420  |
| 摩擦软质金属 (铝、SUS等)  |            | ◎        | ○      | ×       |
| 摩擦表面硬度高的金属       |            | ○        | ○      | ◎       |
| 稳定的低摩擦系数与耐磨寿命    | 低速・低负荷的情况  | ◎        | ◎      | ×       |
|                  | 中速・中负荷的情况  | ◎        | △      | △       |
|                  | 高速・高负荷的情况  | △        | ×      | ○       |
| 对湿度的尺寸稳定性        |            | △        | △      | ◎       |
| 对温度的尺寸稳定性 (低线膨胀) |            | △        | △      | ◎       |
| 对热处理的尺寸稳定性       |            | ○        | ○      | △       |
| 耐负载变形 (耐蠕变)      |            | ○        | ○      | ○       |
| 高强度、高刚性、边缘特性     |            | △        | ○      | ◎       |
| 耐疲劳强度            |            | △        | △      | ◎       |
| 耐冲击强度            |            | ○        | ◎      | ○       |
| 使用环境温度           | 200-250 °C | △        | △      | ◎       |
|                  | -50-20 °C  | ○        | ○      | ○       |
| 使用环境气体:          | 热水、水蒸气     | ○        | ○      | ◎       |
|                  | 有机溶剂       | △        | △      | ◎       |
|                  | 酸、碱        | ○        | ○      | ○       |
|                  | 放射线        | △        | △      | ◎       |
| 摩擦材料金属表面粗度       | 1.5S以上     | △        | ○      | ◎       |
| 成型加工性 (流动性等)     |            | ○        | ○      | △       |

表6-5-3 SUMIPLOY同种、异种树脂的耐磨特性

\*48hr

|               | P=0.2MPa |      |      | P=0.5MPa |      |      |                      |
|---------------|----------|------|------|----------|------|------|----------------------|
|               | 临界PV值    | 最小μ  | μ安定性 | 临界PV值    | 最小μ  | μ安定性 | 磨损系数※                |
| FS2200—FS2200 | 100      | 0.06 | ◎    | 150      | 0.08 | ◎-○  | $9.7 \times 10^{-5}$ |
| E3010—E3010   | 70       | 0.11 | ◎    | 125      | 0.08 | ◎    | $1.7 \times 10^{-5}$ |
| FS2200—E3010  | 80       | 0.1  | ◎    | 125      | 0.09 | ◎    | —                    |

◎：非常稳定、○：稳定

图6-5-1 SUMIPLOY成型品照片



### 用途

- 使用润滑油会污染制品的时候  
纺织机、食品加工机器、制冰机、包装机、空压机等
- 需要在高温或低温（油或润滑脂会劣化会凝固的温度）下使用的时候  
炉内的固定带、运输机、推车、干燥机、冷冻机、复印机・OA机器等
- 不易加油的机器  
电梯、排水泵、一般产业机器
- 垃圾、灰尘较多的场所  
建筑机器、纺织机器
- 在化学试剂内使用的物品  
化学泵、汽油计量机器、搅拌机、一般化学机器
- 注重隔音、消音的地方  
刹车、离合器、发动机周边
- 不可生锈的部件  
汽车行走系统、使用蒸汽的机器

## 7. PES粉末用途

### SUMIKAEXCEL PES 粉末特征

SUMIKAEXCEL PES 粉末适用于以下用途

- 溶于溶剂中用作粘结剂、涂料、涂膜剂
- 溶于溶剂中加工成中空膜或涂膜(平膜)
- SUMIKAEXCEL PES 为基材的各种挤出、环氧树脂强化用途

粉末牌号有以下类型

表7-1 SUMIKAEXCEL PES 粉末牌号

| 粉末牌号   | RV(还原粘度)* | 主要用途               |
|--------|-----------|--------------------|
| 3600P  | 0.36      | 挤出                 |
| 4100P  | 0.41      | 涂料、涂膜剂, 粘结剂        |
| 4800P  | 0.48      | 中空膜、粘结剂            |
| 5003PS | 0.50      | 涂料、涂膜剂、粘结剂、环氧树脂强化剂 |
| 5200P  | 0.52      | 中空膜                |
| 5900P  | 0.59      | 中空膜                |
| 7600P  | 0.76      | 中空膜                |

\* 还原粘度为在1%N,N-二甲基甲酰胺(DMF)溶液中测定的粘度

表7-2 SUMIKAEXCEL PES 牌号一览

| 还原粘度 |        | 0.36     | 0.41     | 0.48  | 0.52  | 0.59  | 0.76  |
|------|--------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 粉末   |        | 3600P    | 4100P    | 4800P | 5200P | 5900P | 7600P |
|      |        | 5003PS*  |          |       |       |       |       |
| 粒子   | 非强化    | 3600G    | 4100G    | 4800G |       |       |       |
|      | 玻璃纤维强化 | 3601GL20 | 4101GL20 |       |       |       |       |
|      |        | 3601GL30 | 4101GL30 |       |       |       |       |

\*含有末端-OH基的牌号

**SUMIKAEXCEL粉末牌号的物性**
**SUMIKAEXCEL 3600P、4100P、4800P的性质**

粉末型的3600P、4100P、4800P与粒子型的3600G、4100G、4800G具有同等的物性值

表7-3 3600G、4100G、4800G的物性值

|      |                  | 测试方法            | 单位                  | 3600G/4100G/4800G |
|------|------------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| 一般物性 | 密度               | ISO 1183        | g/cm <sup>3</sup>   | 1.37              |
|      | 成型收缩率 (MD)       | 住化法             | %                   | 0.60              |
|      | 成型收缩率 (TD)       | 住化法             | %                   | 0.60              |
|      | 吸水率(23°C、24hr)   | ISO 62          | %                   | 1.0               |
| 机械物性 | 拉伸强度             | ISO 527-1,2     | MPa                 | 85                |
|      | 拉伸屈服伸长率          | ISO 527-1,2     | %                   | 6.5               |
|      | 弯曲强度             | ISO 178         | MPa                 | 130               |
|      | 弯曲模量             | ISO 178         | MPa                 | 2,600             |
|      | 悬臂梁冲击强度(无缺口)     | ISO 180/1U      | kJ/m <sup>2</sup>   | 未破坏               |
|      | 悬臂梁冲击强度(有缺口)     | ISO 180/1A      | kJ/m <sup>2</sup>   | 8                 |
|      | 洛氏强度(M级)         | ISO 2039-2      | —                   | 95                |
| 热性能  | 热变形温度(0.45MPa)   | ISO 75          | °C                  | 214               |
|      | 热变形温度(1.80MPa)   | ISO 75          | °C                  | 205               |
|      | 线膨胀系数(MD)        | ISO 11359-1,2   | 10 <sup>-5</sup> /K | 5.5               |
|      | 线膨胀系数(TD)        | ISO 11359-1,2   | 10 <sup>-5</sup> /K | 5.5               |
| 电性能  | 相对介电常数(绝干：100Hz) | IEC 62631-2-1   | —                   | 3.5               |
|      | 相对介电常数(绝干：1MHz)  | IEC 62631-2-1   | —                   | 3.4               |
|      | 相对介电常数(绝干：1GHz)  | IEC 60250       | —                   | 3.4               |
|      | 介电损耗(绝干：100Hz)   | IEC 62631-2-1   | —                   | 0.002             |
|      | 介电损耗(绝干：1MHz)    | IEC 62631-2-1   | —                   | 0.004             |
|      | 介电损耗(绝干：1GHz)    | IEC 60250       | —                   | 0.004             |
|      | 体积抵抗率            | IEC 62631-3-1   | Ω · m               | >10 <sup>13</sup> |
|      | 绝缘破坏强度(1mm)      | IEC 60243-1     | kV/mm               | 43                |
|      | 耐电痕性             | IEC 60112       | V                   | 150               |
| 燃烧性  | 阻燃性分类            | IEC 60695-11-10 | —                   | V-0               |
|      | 极限氧指数(1.6mm)     | ASTM D2863      | %                   | 38                |

**SUMIKAEXCEL 5003P、5003PS的性质**

- 玻璃化转变温度为230°C的非晶性树脂。
- 每100个重复聚合单元中末端羟基高达0.6-1.4个,因此具有良好的粘结性
- 其他性能与 SUMIKAEXCEL PES 的其他牌号同等级别。

### 涂料、涂膜领域

涂料涂膜领域可使用SUMIKAEXCEL4100P、5003PS。特别是5003PS是具有热时硬度、耐化学试剂性以及强化了与金属粘结能力的牌号。以下对使用了SUMIKAEXCEL 5003PS的涂料、涂膜剂进行说明。

#### 使用了SUMIKAEXCEL 5003PS涂料涂膜剂的特征

- 在空气中可于250°C下长期使用,或在冷热循环下(0°C⇄250°C)下也能保持稳定。
- 粘结性、密着性= 对玻璃、陶瓷、铁、钢、铝或铝合金等具有优异的粘结性。
- 耐溶剂性= 非晶树脂中具有优异的耐溶剂性
- 耐水解= 聚醚砜树脂自身是一种耐水解的树脂,5003PS具有更加优秀的耐水解性。
- 良成膜性= 成膜性良好,能为基材提供充分的保护
- 阻燃性= 不添加阻燃剂即有优异的阻燃性能
- 透明性= 具有优异的透明性,涂膜后也能保持基材的外观
- 卫生性= 不含增塑剂等

#### SUMIKAEXCEL 5003PS的涂布方法(以溶液法为例)

- 为基材脱脂,根据需要可进行喷砂、蚀刻操作
- 将SUMIKAEXCEL 5003PS溶于溶剂中
- 将溶液通过浸渍、滚涂、喷涂等方式涂布于基材上,风干20分钟。
- 350-400°C,在空气中烧成处理30分钟

#### 防止凝胶化

SUMIKAEXCEL PES 有时会凝胶化,可用PES分子与溶剂发生缠结导致结晶化来说明。

##### (特征)

- 溶液浑浊,可能会有全体发生固化的情况
- 变成凝胶后即使再添加溶剂也很难再溶解
- 凝胶会变成凝胶核使其他溶液继续发生凝胶化
- 升温后会溶解变回原本的溶液

##### (防止凝胶化)

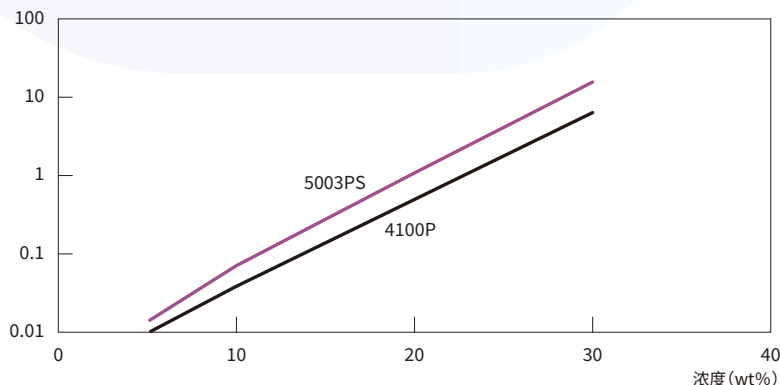
- 避免施加过大的剪切力。尽量不适用超声波搅拌
- 不长时间静置高浓度溶液,必须在搅拌的状态下投入PES。
- 建议使用混合溶剂

#### 浓度-粘度相关性

SUMIKAEXCEL4100P与5003PS的NMP溶液浓度-粘度相关性如下所示。

图7-1 SUMIKAEXCEL 4100P与5003PS的NMP溶液浓度-粘度相关性

溶液粘度(Pa·s)



**铝板上SUMIKAEXCEL 5003PS涂膜的耐热性**
**表7-4 连续使用耐热性 (250°C空气中)**

| 评价项目     | 时间 (hr) |         |         |
|----------|---------|---------|---------|
|          | 0       | 115     | 235     |
| 外观变化     | —       | 无变化     | 无变化     |
| 棋盘试验 *1  | 100/100 | 100/100 | 100/100 |
| 耐腐蚀测试 *2 | 无腐蚀     | 无腐蚀     | 无腐蚀     |

**表7-5 冷热循环测试 (0°C冰水中2分钟与250°C空气2分钟循环)**

| 评价项目     | 循环次数 (次) |         |            |
|----------|----------|---------|------------|
|          | 0        | 25      | 50         |
| 外观变化     | —        | 几乎无变化   | 边缘部位稍微产生气泡 |
| 棋盘试验 *1  | 100/100  | 100/100 | 100/100    |
| 耐腐蚀测试 *2 | 无腐蚀      | 无腐蚀     | 无腐蚀        |

\*1 SUMIKAEXCEL 5003PS涂膜于基材上,用美工刀将面积100mm<sup>2</sup>的地方交错切出1mm×1mm的棋盘形状,然后使用胶带按压后剥离,观察残留在基材上的PES切片数量。

\*2 对SUMIKAEXCEL 5003PS涂膜面上滴下15%硫酸溶液,覆盖玻璃板放置24小时候,观察表面的变化状态后进行判断

**环氧树脂系强化用途**

通常SUMIKAEXCEL 5003PS用于碳纤维复合材料中。使用5003PS的优点如下所示。

- 增强环氧树脂的破坏强度。
- 具有很高的T<sub>g</sub>
- 具有优异的机械性能

**环氧树脂的韧性强化**

SUMIKAEXCEL 5003PS其自身具有良好的韧性、很高的T<sub>g</sub>与模量,不会降低体系的性能,并且会增强环氧树脂的韧性。下表中可见破坏强度 (G<sub>ic</sub>) 大幅增加, T<sub>g</sub>并未明显下降。

**表7-6 TGDDM/4,4-DDS系的效果**

| 5003PS浓度 (%) | 弯曲模量 (GPa) | T <sub>g</sub> (°C) | G <sub>ic</sub> (kJ/m <sup>2</sup> ) |
|--------------|------------|---------------------|--------------------------------------|
| 0            | 3.34       | 205                 | 0.28                                 |
| 10           | 3.21       | 205                 | 0.41                                 |
| 15           | 3.07       | 200                 | 0.47                                 |

(注)

1) G<sub>ic</sub>在-65°C、平面变形条件下测定

2) T<sub>g</sub>通过DMA测定

环氧树脂/AS4CF系、高分子浓度30wt%下的比较结果

**表7-7 SUMIKAEXCEL PES 与PEI的比较**

| 评价项目                                    | 单位  | PEI  | 5003PS |
|-----------------------------------------|-----|------|--------|
| CAI (Compressive after impact strength) | MPa | 194  | 223    |
| 压缩强度                                    | MPa |      |        |
| (室温)                                    |     | 1697 | 1731   |
| (82°C)                                  |     | 1434 | 1648   |
| (82°C)/Wet                              |     | N/A  | 1076   |
| 88°C粘度 (Pa·s)                           |     | 130  | 100    |

N/A : 无分析数据



### 飞机・体育用品中的SUMIKAEXCEL PES 应用

CFRP(碳纤维与树脂的复合材料)的树脂部分使用的是热固性的环氧树脂。

环氧树脂相比于热塑性树脂,机械性能与耐热性能较为优秀,但缺点是比较脆。用于飞机・体育用品的部件,则必须要提高破坏韧性(冲击后压缩强度: CAI = Compressive After Impact Strength)。添加5003P以后可以与环氧树脂反应,使其具有能够对应伴随着树脂层间剥离的冲击破坏的高韧性。

#### ● SUMIKAEXCEL PES 的使用方法

以环氧树脂为主,添加5003P后使其溶解分散均匀。通过添加固化剂使其固化后与5003P中的羟基反应,形成独特的海岛结构,改善耐冲击性。要让5003P能够均匀地分散在环氧树脂中,需要将5003P微粉碎后在N<sub>2</sub>保护下直接加入环氧树脂中,于150℃下溶解。或使用溶剂将环氧树脂和5003P均匀溶解后去除溶剂的方法。

#### ● 每单位混合物中 SUMIKAEXCEL PES 的使用量(例)

○ 每单位混合物

环氧树脂(100份): 固化剂(30-40份): 5003P(30份)

○ 每单位预浸料

~10wt%

#### ● 作为飞机结构材料使用的方法

作为飞机等的结构材料使用时,以上SUMIKAEXCEL 5003P的使用方法制作而成的CF预浸料表面上涂布调整过粒径的5003P粒子(Tough Ball),层积几十张后成形,由于界面存在PES ball,因此耐冲击性可进一步提高。

关于层积的方法需要做出许多努力

(例: 波音飞机的标准)

○ CAI(Compressive After Impact Strength)值超过310MPa。

○ CS(Compressive Strength. Hot/Wet Condition)值超过1100MPa(82℃)

### 粘结剂用途

SUMIKAEXCEL PES 可用作耐热粘结剂。特别用作于金属间的粘结剂时具有优异的粘结强度。

#### 特征

- 粘结层具有高拉伸剪切粘结强度和T形剥离强度,并具有高刚性和挠度,各强度间取得优秀的平衡。
- 在市面上的热塑性树脂粘结剂中具有最高的耐热性,即使温度高达200℃也能保持20MPa的高拉伸破坏粘结强度。如在短时间内,甚至可在250℃下反复使用。
- 优异的耐化学试剂性、耐热性
- 不含溶剂或挥发成分,不需要底漆即可对铝、钢、不锈钢、铜等材料表现出优秀的粘结性。

#### 粘结方法

##### ● 使用 SUMIKAEXCEL PES 的薄膜热熔胶粘结方法

○ 切下需要尺寸的薄膜

○ 根据需要对样品表面用砂纸、打磨机等处理,使用丙酮或甲苯等清洗干净

○ 把薄膜放在需要粘结的物品中间,利用夹具压住后加热至300-360℃,保持10-30分钟。压力大小能让熔融树脂略微被挤出粘结样品之间即可。

○ 冷却后可得到坚固的粘结体。

##### ● 使用粘结溶液的方法

SUMIKAEXCEL 5003PS的溶剂系

使用单一溶剂溶解5003PS会因不稳定而造成PES析出,通常使用混合溶剂。(单一溶剂的溶液稳定性低且会凝胶化)

表7-8 SUMIKAEXCEL 5003PS的混合溶剂例

| 溶剂 | 溶剂         | 混合比(体积比) |
|----|------------|----------|
| A  | N,N-二甲基甲酰胺 | 20       |
|    | 环己酮        | 80       |
|    | 甲乙酮        | 25       |
| B  | N-甲基吡咯烷酮   | 2        |
|    | 甲苯或二甲苯     | 1        |
| C  | N-甲基吡咯烷酮   | 60       |
|    | 甲苯或二甲苯     | 30       |
|    | 硅油流动调节剂    | 0.5-1    |
|    | 甲乙酮        | 35       |
| D  | 环丁酮        | 1        |
|    | γ-羟基丁酸内酯   | 1        |
| E  | 环丁酮        | 1        |
|    | 丙酮或甲乙酮     | 1        |

#### 粘結方法

PES粘結剂的粘結强度会根据热处理条件而变化,因此需要根据使用方法设定条件。

(条件例1) 130°C, 2小时干燥

(条件例2) 100°C, 1小时后350°C干燥15分钟

#### SUMIKAEXCEL 5003PS粘結剂系的性质

高温下具有优异的粘結强度。举例来说, 18-8不锈钢间使用SUMIKAEXCEL 5003PS粘結剂, 温度升高至220°C时的粘結强度变化和150°C热处理时的粘結力保持率的结果如表7-9和表7-10所示。

表7-9 剥离强度与温度的影响

| 温度(°C) | 剥离强度(MPa) |
|--------|-----------|
| 23     | 37        |
| 150    | 26        |
| 220    | 14        |

剥离速度12.5mm/min下测试剥离强度

表7-10 剥离强度与高温保持时间的影响

| 150°C的保持时间(hr) | 150°C的剥离强度(MPa) |
|----------------|-----------------|
| 0              | 26              |
| 1000           | 21              |

150°C、1000小时后具有初期强度的81%。

#### PES过滤芯制过滤器(提供: 东洋滤纸株式会社)

由PES过滤芯与PP组成的具有耐化学试剂性、耐热性的过滤器。

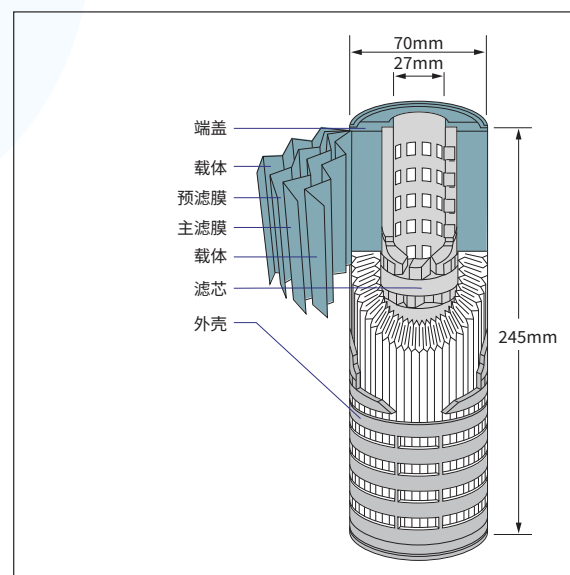
#### ■ 特征

- 几乎不含溶出物质, 前处理时对滤芯的清洗仅需少量既可。
- 载体为非对称结构, 并且滤芯为内藏式, 高效率、高流量的特性使其具有较长的过滤寿命。
- 可用于高压灭菌以及水蒸气灭菌。
- 载体自身是非活性的, 几乎不会吸附试料中的成分。

#### ■ 应用用途

- 电学中需要使用的超纯水的精密过滤。
- 气体纯化、气阀的除粒子、除菌过滤

图7-2



## 8. PES的材料认证

SUMIKAEXCEL PES 符合多种工业规格并且取得认证。以下为现在已经取得认证的资格一览。

### 阻燃性

SUMIKAEXCEL PES 符合UL94 V-0标准。UL是UNDERWRITERS LABORATORIES INC.所制定的安全标准。标准牌号已登录于UL746B

### 食品接触领域

#### 美国

SUMIKAEXCEL PES 的一部分牌号符合美国食品包装材料规定「FDA 21 CFR § 177.2440」的要求。

#### 欧洲

SUMIKAEXCEL PES 的一部分牌号符合欧洲食品包装材料规定「Commission Regulation (EU) No 10/2011」的要求。

#### 日本

SUMIKAEXCEL PES 的一部分牌号由基于改正食品卫生法第18条第3项以及告示370号中记载的成分构成。另外 SUMIKAEXCEL PES 3600P、4100P、4800P、5200P、5400P、5900P、7600P、5003PS、3600G、4100G、4800G也取得了聚烯烃等由卫生协议会发行的确认证明书。最新的情况请咨询本公司担当人员。聚烯烃等卫生协议会于2021年3月解散，其业务由食品接触材料安全中心继承，证书仍然有效。

### 水接触领域

SUMIKAEXCEL PES 的部分牌号符合NSF61「Drinking Water System Components (饮用水使用材料)」的标准，具体请查询NSF官方网站<<https://www.nsf.org/>>。

### 医疗领域

SUMIKAEXCEL PES 的部分牌号已经实施ISO 10993以及USP CLASS VI试验，详细请咨询本公司担当。

## TECHNICAL NOTE

超高耐热工程塑料

SUMIKAEXCEL PES

 住友化学

机能树脂事业部

住友化学株式会社 机能树脂事业部 工程塑料部  
〒103-6020 东京都中央区日本桥 2-7-1  
东京日本桥塔  
Tel:03-5201-0266

Sumitomo Chemical Advanced Technologies, LLC  
3832 East Watkins Street, Phoenix, AZ 85034, USA  
Tel: + 1-602-659-2500

Sumitomo Chemical Europe S.A. / N.V.  
Woluwelaan 57, B-1830 Machelen, Belgium  
Tel: + 32-2251-0650

Sumitomo Chemical Asia Pte Ltd  
3 Fraser Street, #07-28 DUO Tower, Singapore 189352  
Tel: + 65-6303-5188

Dongwoo Fine-Chem Co., Ltd.  
22, Sandanoryon-gil, Samgi-myeon  
Iksan-si, Jeollabuk-do, 54524, Korea  
Tel : +82-63-839-2942

住化电子管理(上海)有限公司 徐汇分公司  
SUMIKA ELECTRONIC MATERIALS(SHANGHAI) CORPORATION XUHUI BRANCH  
Floor 1, Building 91, No. 1122 Noth QinZhou Road,  
Xuhui District, Shanghai, China 200233  
TEL: +86-21-5459-2066

制品的详细内容 <https://www.sumitomo-chem.co.jp/sep/>