

# 1 射出成形机

## 1. 注射机

注射机主要有预备可塑化柱塞式、预备可塑化螺杆式、管内塑化螺杆式注塑机。如图 1.1-1 所示的管内塑化螺杆式注塑机为当今的主流形式。

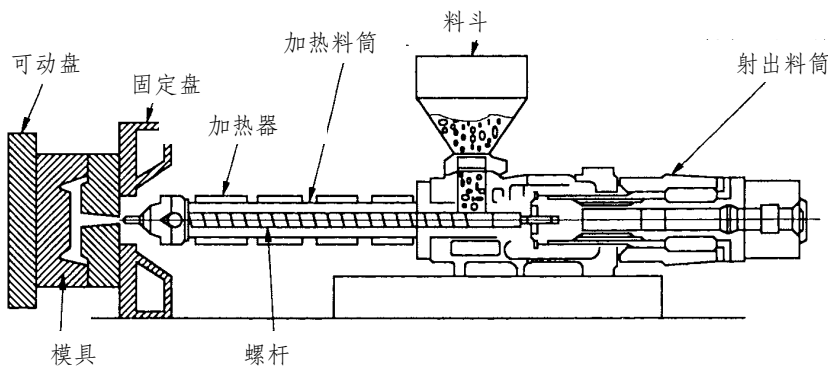


图 1.1-1 管内塑化螺杆式注射装置的原理

注射机主要由注射部分与锁模部分组成，以下就各部分的特点进行阐述。

### 1.1 注射部分

#### 1) 注射容量

如图 1.1-2 所示，通过一次注射重量与成开型机容量的关系图（图 1.1-2）来选择合适的注射容量，所以必须选择满足的斜线部分容量的注塑机，此图是根据过去的注射的实际成绩来制作的。

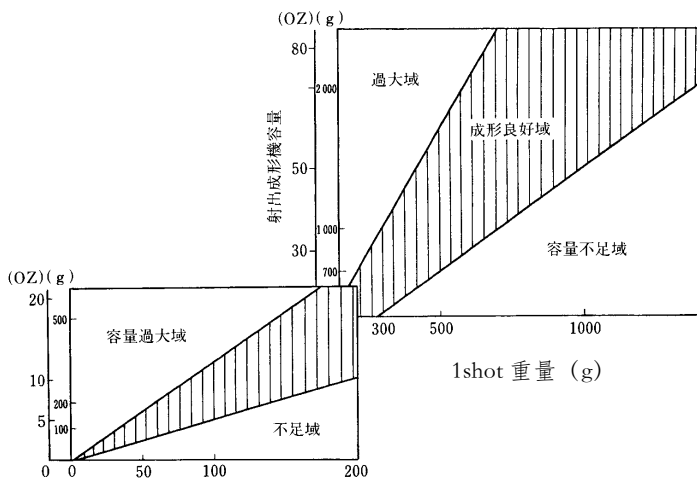


图 1.1-2 根据注射容量选择注射成型机

如果选择偏小的容量的注射机，那么基本上要用满全部的容量，使塑化时间加长，注塑时间也加长。也就是说，因为成型周期的延长，充填或充填速度缓慢，导致填充不足。

另一方面，如果选择容量大的注塑机，树脂在管道中停留时间过长，导致树脂分解，此图的容量范围比较广，如果是颜料等添加剂含量较多的材料，比较容易热分解的情况下，一次注射量为注射容量的 70-80%为宜。

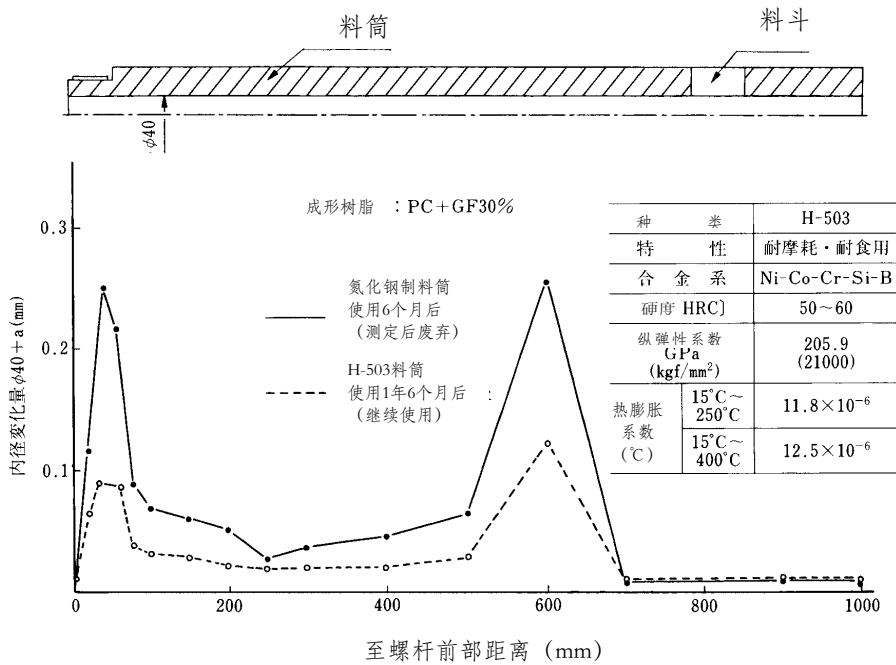
#### 2) 料筒

Iupilon 的成型时，采用一般的材质即可（例如：氮化钢）。但是如果是玻纤增强（Iupilon G S 等）或者是光学级（IupilonH-4000）的注射，必须考虑以下问题：

如果是玻纤增强 PC 的话，为了防止料筒的磨损，最好采用双金属（离心铸造，内侧为别种金属所覆盖的双层管道）。比如：广为人知的 H 合金（日立金属），N 合金（日本制钢所）。K 合金（神户制钢所）。

图 1.1-3 所示为 H 合金料筒，含玻璃纤维 30%PC 的注塑磨损数据，送料区以及与防止倒流圈连接的计量区附近的磨损得到了比较明显的改善。<sup>1)</sup>

另外，如果是透明产品的话，由于热分解而产生的焦痕，黑点面带来问题，用 H 合金的双金属材料筒对于抑制焦痕与黑点的良好效果。



1-1-3 图 使用 GF30% 强化 PC 时料筒材质与磨损数据

1) 日立金属 (H 合金) 产品目录

3) 螺杆

通常采用 3 段式单螺杆。

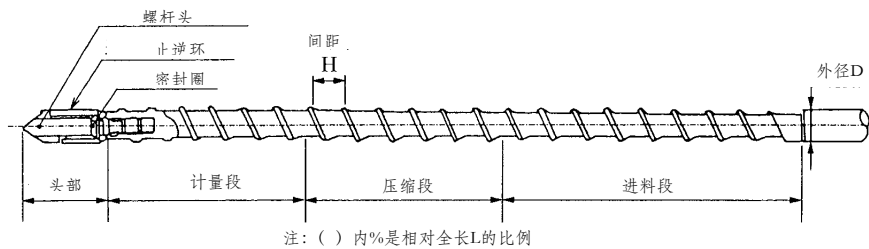
螺杆的设计是在平滑运送物料、熔融可塑化、脱气与压缩、准确计量为前提而进行的。

进料段：此段的目的是为了搬送及熔融物料，为了增大塑化料，此段的长度设计的比较长。

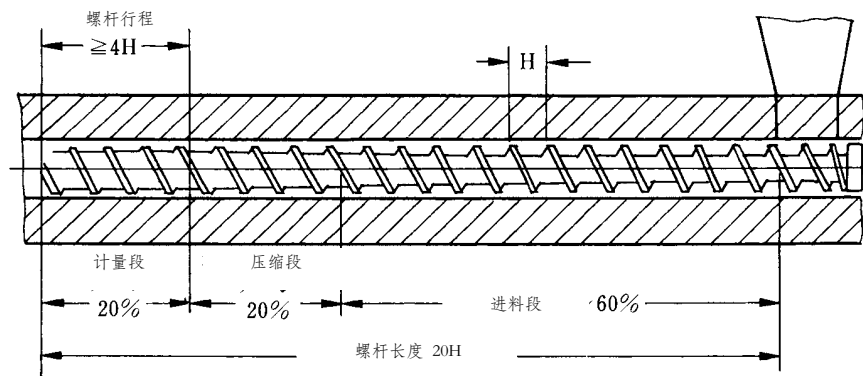
压缩段：此段的功能将在供料区中吸入的空气与水分返回到进料口进行脱气并且充分熔融树脂。PC 为高粘度材料，不适合使用突变型螺杆，推荐使用外径逐渐加大的渐变型。

计量段：为了控制计量的偏差，计量段的长度大约为 4D、5D 以上，稍微设计的长一些。

如图 1.1-4 所示为 PC 的螺杆的设计。<sup>2)</sup>



螺杆的基本形状



	螺槽深度		
螺杆半径 (mm)	进料段 (mm)	计量段 (mm)	压缩比

螺距

H=1.0D 螺杆半径<80mm H=0.9D 螺杆半径>80mm 图 1-1-4 PC 用螺杆设计

本图 L/D 为 20, 送料区 (F) /压制区/计量区的比为 60/20/20。螺丝和螺径基本相等, 螺杆的压缩比 C。R 为 2.0: 1-2.51。

在螺杆的表面镀一层厚膜的硬质 Cr 比较好。如果使用的玻纤的, 会产生磨损问题, 建议长期准备备用螺杆, 再电镀后, 定期更换, 氮化处理过的螺杆硬度高, 难磨损, 但是因为 PC 的成型时, 易产生焦痕, 对于不宜有焦痕的透明的有色产品 (除了黑色以外), 显然价格贵了一些, 使用表面 TiC、Ni+Cr 处理过的螺杆为宜。

#### 4) 止逆环、挡圈

注射时、计量过的树脂通过螺杆的槽倒流, 不能有效的保持注射压力。作为对策, 在喷嘴安装倒流防止圈。

构造如图 1.1-5 所示, 从构造上可以看出, 树脂容易发生滞留. 所以在设计的时候, 沿着流路, 尽量不要设计有角, 保证有足够的半径, 避免出现死角。

另外\像 PC 等高粘度材料的扭矩较大, 因需要重复旋转、承受负荷, 如是小口径的螺丝的话, 容易疲劳破坏, 建议使用较大口径的螺丝。

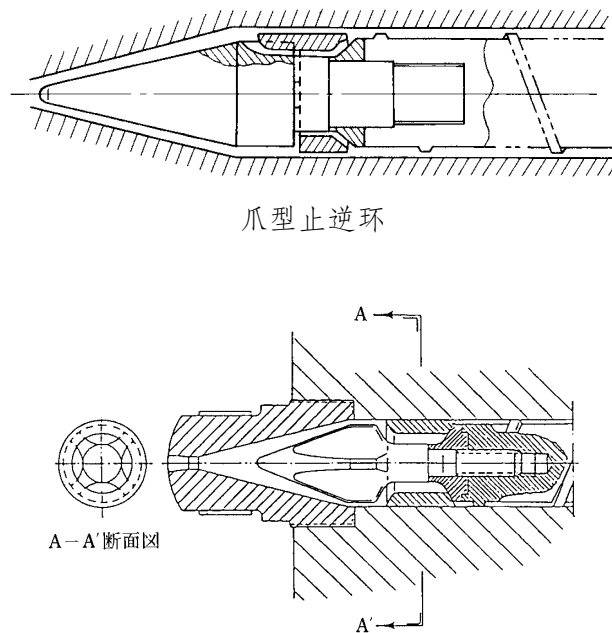


图 1·1-5 止逆式针点阀的设计

使用玻璃纤维等的复合强化材料, 比非强化材料的负荷更大, 止逆环可能会发生破损。如果不加注意的话, 计量不安定, 精密部分的成型尺寸的偏差转达大, 甚至会偏差公差。勉强加大负荷、清扫不充分的话, 都会造成以上事故的发生。

#### 5) 喷嘴

本构造尽量不要残留树脂。尽量避免使用针阀式喷嘴、鱼雷式针嘴, 尽可能使用开放式喷嘴。但是使用开放式喷嘴, 容易造成流涎, 拉比, 可以采用稍微长一些的喷嘴。

#### 6) 加热器

因为 PC 是高温成型, 需要使用可以加热到 370 度的加热器, 通常采用腰带式加热器。

在喷嘴和料筒头, 清扫分解物时, 流涎的树脂会少量附着在加热器上, 会造成加热器断线。如果不注意, 继续成型的话, 容易发生焦痕, 务必注意。

### 1. 2 锁模单元

Iupilon 的成型, 采取直压式、肘式、电动式的任何一种均可。但是, 就开模力来说, 肘式在开模式开始的时候, 开模力比较弱, 对于难脱模的深型产品来说, 来模时需要必须的开模力, 所以采取直压比较好。

Lupilon 成型时，模具内压的平均值为 350-500kg/m<sup>2</sup>,锁模力 F 的公式如下所示。

$$F (\text{吨}) = (0.35-0.5) * S \quad S: \text{投影面积}$$

按照以上公式所做的图如 1.2-1 所示。如果成型品的配置偏离于模具中心时，不适用于以上公式。

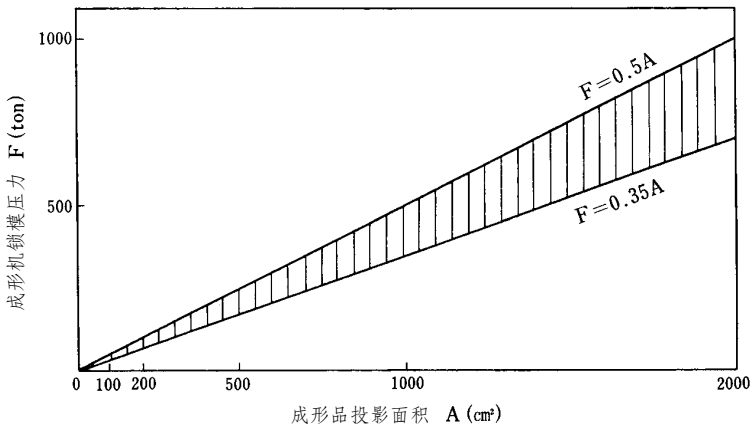


图 1·2-1 根据锁模力选择成型机

### 1.3 多段程序控制

通过采用多段程序控制注射机的油压、螺杆位置、螺杆旋转数可以改善外观不良、反翘、多刺、尺寸偏差等。关于 PC 的多段的程序控制效果如表 1.3-1。控制系统如图 1.3-1 所示。

表 1.3-1 多段控制的效果(PC)

成型条件	效果
注射速度	防止浇口处的喷射印记、尖角处的流线印痕、防止型芯的倒斜、防止毛刺
二次压	减轻成型内应力、防止凹陷
螺杆的回转数	计量的安定性
背压	计量的安定性

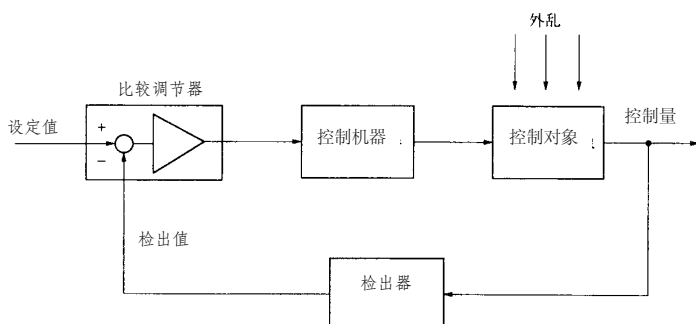
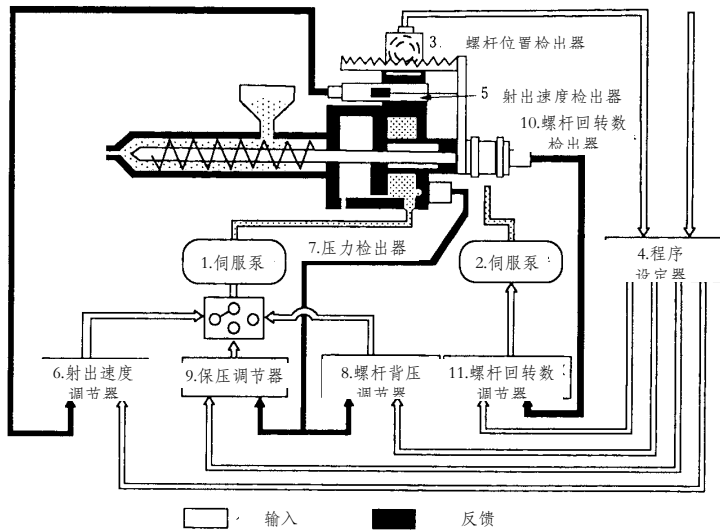


图 1.3-1 多段程序控制概要图

<注射速度的控制>

因为外观不良是流体前沿速度的变化而引起的，通过控制注射速度可以解决。表 1.3-2 总结了流速和不良现象的关系。流速过快或过慢，都会引起问题，必须在合适的领域中设定注射速度。

表 1.3-2 流速与不良现象

树脂流速过慢而引起的不良	树脂流速过快而引起的不良
流线印痕	喷射印痕
模具复制性不良	气泡
熔接痕	焦痕
填充不满	排气不良造成凹陷

图 1.3-2 为了避免种种不良现象的区域，作为对策采用多段程序来控制注射速度。从下图可以看到，为了得到良品，一般成型的场合下时的注射速度的设定范围很狭窄。

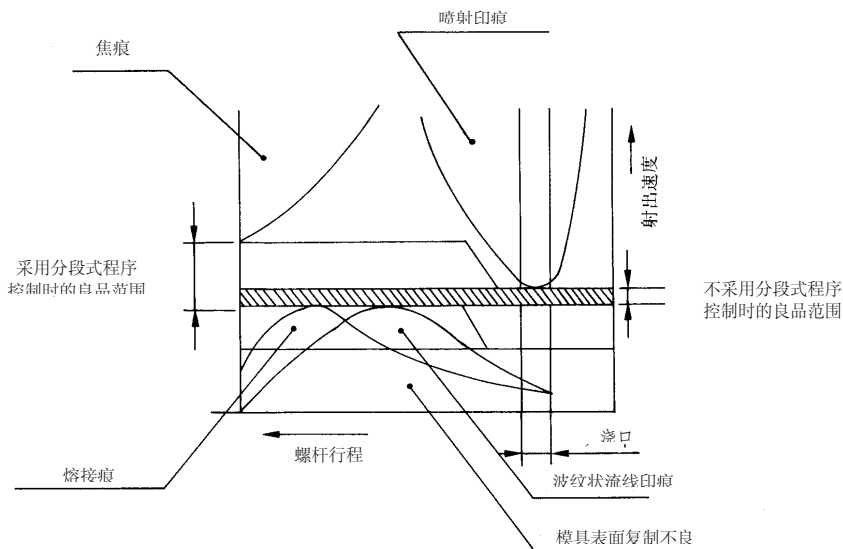


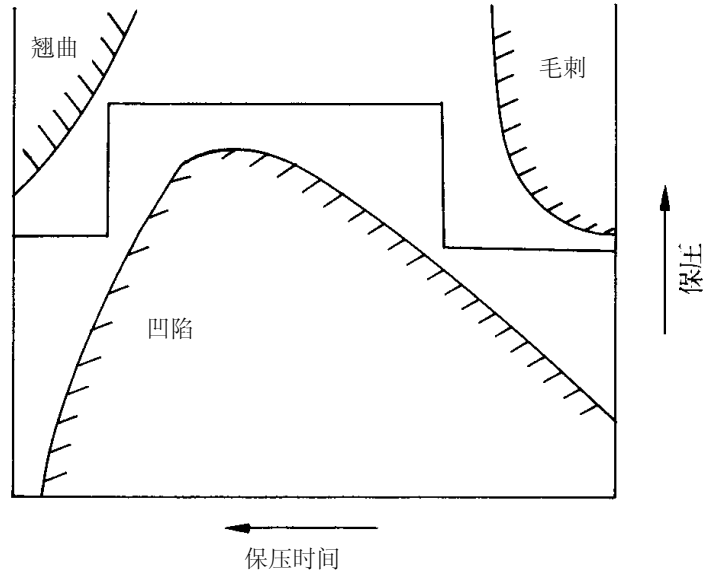
图 1.3-2 射出速度的不良领域

保压的控制

反翘、毛刺等不良现象和保压条件均有一定的关系，可以通过控制保压来消除不良，表 1.3 中总结了保压与反翘、毛刺等不良的关系。为了避免不良的出现，可根据图 1.3-3 来选择合适的保压。

表 1.3-3 保压与不良现象

保压过低造成的不良现象	保压过高造成的不良的现象
填充不良	毛刺
凹陷	气泡
尺寸过小	尺寸过大
收缩变形	破裂、脱模不良、残留应力



螺杆背压和回转数的控制

计量（可塑化）的安定性与螺杆背压和螺杆旋转数有关，通过控制这两项参数，可以反复计量的精度，减少偏差。由此图可以得知，通过多段程序的控制，可以减少计量位置、脱模阻力的偏差。

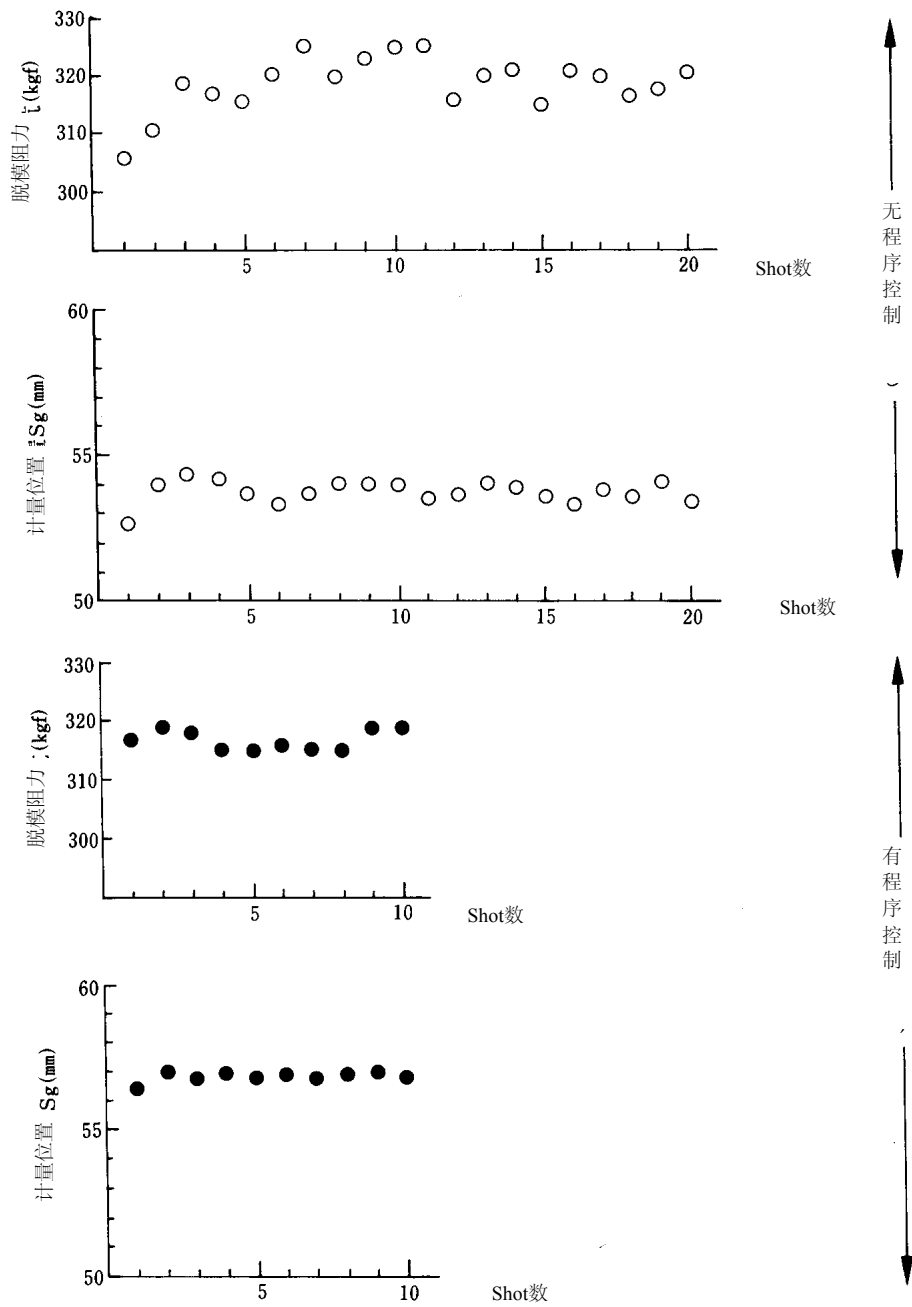


图 1·3-4 通过塑化工程的程序控制达到注射安定化 (材料: S-2000)

#### 1.4 不良现象、发生原因及对策

有关 Iupilon 成型时出现地不良现象，与其它塑料其通的内容较多，基本上没有什么特别的内容。

表 1.4-1 中总结了一般级产品，表 1.4-2 中总结了玻璃纤维增强级产品的不良原因和对策。

从图 1.4-1 中可以看到玻纤增强级的模具温度会影响产品外观。

表 1.4-3 总结了在精密成型时的问题与对策。

表 1.4-1 一般级的不良原因和对策

不良现象	原因	对策
银纹 (分布与注射向一致)	树脂中的水份	120 度下充分干燥树脂,在料斗中不要使树脂温度降低实施空射,观察熔融状态的发泡情况
银纹 (不规则分布、局部有、呈慧星状)	树脂过热 (1) 料筒或者喷嘴的局部温度过高 (2) 料筒或喷嘴部有积料	(1) 降低过热部位的温度 (2) 清扫积料部位,或者更换没有积料的零件
变色为褐色	(1) 树脂过热或停留时间过长 (2) 螺杆的转速不合适	检查料筒、喷嘴的积料部位和嵌合部,使用更小容量的注射机螺杆的转速 45-60rpm
乌云状的焦痕与气泡	根据树脂不同,卷在树脂中的空气排气不充分	提高螺杆式注射机的背压
局部变色	模具内的排气不充分,由于空气的隔热,压缩时发热	分型面处开设深度为 0.01-0.05mm 左右的排气孔
空洞及其周围的树脂有焦痕与银纹	模具内的空气被树脂所包裹,隔热压缩	保证树脂同时流向所有的方向,变更浇口位置,修正偏心,壁厚不均一,降低注射速度
沾染物、杂质	(1) 异物或其它种类的树脂混入 (2) 成型机材料的摩擦损耗物 (3) 熔融物和油脂或油类物质接触	(1) 注意树脂的保管。注意料斗的加料。料斗、料筒、喷嘴的清扫。 (2) 定期检查计量器、柱塞、套管、螺杆、止逆装置、喷嘴等的磨合面。 (3) 定期检查注射部分、模具。
烧焦物	在料筒内壁中慢慢形成的分解树脂的残留物剥离	料筒内壁的清扫、机器停止运行时,保持温度在 160-180 度,或者用高粘度聚乙烯置换后,降温
表面起雾	使用脱模剂	打磨模具或减少脱模剂的涂用量
表面凹陷或内部气泡	固化时候的收缩、保压不够充分	(1) 加长保压时间 (2) 防止喷嘴处的热损失 (3) 扩大浇口 (4) 尽量使壁厚减小 (5) 尽量将浇口放置在壁厚最厚的地方 (6) 脱模后如需放置的话,延长冷却时间 (7) 采用缓冲量
毛边	(1) 锁模力不够,或者是注射压力太高 (2) 模具磨损	(1) 增加锁模力,降低注射压力和保压,或检查模具 (2) 更换模具
不能脱模或者脱模的时候产生变形	(1) 需要高脱模力 (2) 模具和成型品之间成真空状态 (3) 脱膜力对成型品与模具密切结合的地方不起作用 (4) 脱模时,成型品还没有冷却	(1) 降低保压,添加拔模斜度,研磨模具 (2) 安装破坏模具真空状态的装置。 (3) 增加顶杆 (4) 参见下栏
成型品与模具的紧密结合	(1) 模具温度过高 (2) 脱模过早	(1) 降低模具温度,加速冷却,但是注意不要降到 70 度以下 (2) 加长冷却时间
填充不足	(1) 料筒温度过低,流道过早冷却冻结,模具温度过低。 (2) 壁厚过薄	(1) 提高料筒温度,扩大流道,提高模具温度,增加注射速度,改善模具内的排气 (2) 增加壁厚



不良现象	原因	对策
	(3) 各型腔的填充不均衡	(3) 改变流道, 力争同时填充
边缘部出现圆弧状条纹	(1) 树脂温度过低 (2) 注射速度过低	(1) 提高树脂温度, 特别是喷嘴的温度 (2) 高速射出
喷射流、浇口附近起雾	冷却的树脂、或者是接触到模具已冷却的树脂随熔融的树脂流向别处	扩大浇口, 降低注射速度, 改变浇口位置, 提高喷嘴温度
流动印痕	熔融物的流动不适当 (1) 成型品的横截面面积突然变化 (2) 尖角处的树脂流动不适当	横截面的变化不要成台阶状变化、要平滑过渡 将尖角改为圆角
熔融痕	树脂未到结合处已经冷却	提高树脂温度, 模具温度, 高速注射, 扩大浇口
浇口附近起皱	到保压之间树脂已经冷却	扩大浇口
成型品的表面可剥离(特别是弯曲的时候)	异物、它类树脂混入	料筒和喷嘴的清洗注射、清扫
成型品的破损、脆化	(1) 树脂中的水分(源于水分的不良现象不马上表现出来的情况也有) (2) 喷嘴温度过低 (3) 喷嘴与浇口衬套之间有冷却树脂流出 (4) 模温过低、注射压力和保压过高, 由于明显的壁厚不均而造成内部应力 (5) 沟槽效果 (6) 过热分解 (7) 混入异物	(1) 在 120 度的条件下干燥树脂、实施自由注射, 检查是否有发泡现象 (2) 提高喷嘴温度, 除去冷料井。或者注射结束后, 喷嘴离开模具 (3) 除去冷去树脂, 或者使用闭塞式喷嘴 (4) 设置最低模温为 85 度, 降低注射压和保压, 如果完全填充了, 不须施加过度的压力, 使壁厚均一分布 (5) 将模具的尖角做成圆角, 注意浇口的设计和制作 (6) 检查过热部、降低此处的温度 (7) 料筒和喷嘴的清洗注射和清扫

表 1.4-2 玻纤强化级的不良原因与对策

不良现象	原因	对策
表面光泽度不良	(1) 模温过低 (2) 保压过低 (3) 注射速度过低	(1) 提高模温(尽量 100-120 度) (2) 提高保温 (3) 提高注射速度
脱模不良	(1) 拨模角度过小 (2) 顶杆位置不适宜 (3) 模温过高 (4) 冷却时间过短 (5) 保压过高	(1) 拨模斜率 1/100-1/50 (2) 设置适当的顶杆位置 (3) 降低模温 (4) 延长冷却时间 (5) 降低保压
局部有焦痕	(1) 成型机内有积料 (2) 由于模具内的空气隔热压缩而造成树脂过热	(1) 成型机的检查、分解、清扫 (2) 在模具中添加排气孔
颜色不均	(1) 树脂烧焦或玻璃纤维的外浮 (2) 颜色限度过于严格	(1) 修正成型条件 (2) 使颜色容许范围适当变宽
熔融结合部的强度不良	(1) 脱模剂涂用过多 (2) 浇口位置、壁厚分布不合适	(1) 减少脱模剂的使用 (2) 改变浇口位置、在检讨壁厚分布

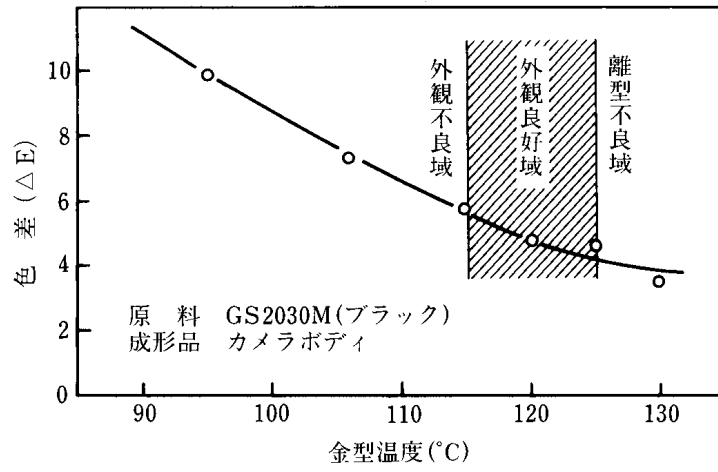


图 6.1 玻璃纤维强化剂产品的外观与模具温度的关系

【色差：非强化 PC（黑）材作为比较对象，  
来判断玻璃纤维强化材的色差】

表 1.4-3 精密成型上的问题点和对策

问题	原因	对策
受负荷变形	弹性率不够	(A)检讨增强材料的种类和含量 (C)和金属的组合(插入和插处)
	形状刚性不足	(B)低泡成型的应用 (C)加强筋
根据环境条件, 尺寸发生变化	热膨胀系数大	(A)强化材的搭配
	热膨胀系数的导向型	(A)添加无异向性的强化材
	吸湿	(A)强化材的配合
	热尺寸变化(加热收缩)	(A)强化材的配合 (C)提高模温 (C)退火处理
经时尺寸变化	成型应力过大	(C)使壁厚分布均一化 (C)低保压、高模温的条件下成型
	蠕性变形	(A)强化材的配合 (B)在蠕变限度内设计
成型收缩率的预计误差	成型收缩的异向性	(C)开发无添加的材料 (强化级的情况)
	浇口方式、位置、大小、壁厚、壁厚分布 形状效果(圆度、垂直度)	(C)充实成型收缩数据
	由于模具而产生的误差	(D)提高加工精度 (D)考虑模具构造的影响
成型过程中尺寸参差不齐	材料本身不均一	(A)粘度、填料粒子大小的管理
	成型装置的性能	(B)注射成型机、模具性能的提高和保养管理
	成型条件的不均一 测量误差	(C)保压、树脂温度、模温的管理 (C)尺寸测量管理
	模具的耐久性	(D)考虑模具强度
翘曲	成型收缩的导向性	(A)开发无填料的产品
	同一型腔内压力不均	(A)使用低粘度的材料 (B)使用注射压缩成型机 (C)低保压、高速填充 (C)检讨浇口位置、数量
	冷却不均匀	(C)检讨壁厚分布 (C)模温的平衡 (D)检讨模具加速、冷却沟
凹陷	保压不足	(A)使用低粘度的材料 (B)利用高压成型机或注射压缩成型机 (C)浇口位置、大小 (C)减少有关部位的厚度 (C)调整树脂温度、模温、保压
	由于气泡产生的凹陷	(A)使用低发泡的产品, 使用防止凹陷的产品 (C)降低模温
脱模不良	拔模斜度过小 粘结在模具表面 脱模力不均衡	(A)使用脱模型的产品 (C)增大拔模斜度、改变成型品形状 (C)采用低保压、低模温成型

问题	原因	对策
		(C)采用喷雾式的脱膜剂（注意成型品外观不良和龟裂） (C)注意模具研膜方向 (D)模具表面状态（电镀、研磨程度） (D)脱模方式、位置
排气不良 填充不满 表面起雾 模具腐蚀 尺寸不足 脱模不良	产生气体过多	(A)考虑材料的热分解性、添加剂以及填充材料 (A)材料的预备干燥不充分 (B)采用排气式注射成型机 (C)成型温度过高、成型周期过长
	排气不足	(B)型腔抽真空 (C)降低注射速度 (C)开设排气孔

(A) 关于原料的对策

(B) 关于成型机、附属机器的对策

(C) 关于产品设计、成型条件的对策

(D) 关于模具设计的对策

## 2. 成形操作

### 2.1 材料预备干燥·干燥机

由于 Iupilon/NOVAREX 的主链含有酯键，与水分一起加热后会发生分解，进而导致物性特别是分子量下降，因此会伴随出现冲击强度下降的状况。

除此之外，外观也会出现银条及气泡，所以成形前必须进行预备干燥。Iupilon/NOVAREX 的预备干燥必须使粒料中的吸水率控制在 0.015~0.020% 之间。在各种吸水率下成形的实例如表 2.1-1 所示，包括外观不良的发生，冲击强度的劣化也非常严重。所以，为了更好地发挥 Iupilon/NOVAREX 的优秀性能，使用时必须干燥至上述极限吸水率以下。

2.1-1 表 对于射出成形时吸水率的影响

S-2000 (分子量  $2.5 \times 10^4$ )

吸水率 (%)	成形品分子量	落球冲击破坏率 (%)			成形品外观
		延性破坏	脆性破坏	全破坏率	
0.014	$2.5 \times 10^4$	0	0	0	良好
0.047	2.4	30	0	30	良好
0.061	2.4	50	0	50	良好
0.067	2.4	90	0	90	若干银条发生
0.200	2.2	20	80	100	银条，气泡发生

(注) 落球冲击试验是使重量 2.13kg，前端附加 10mmR 的重锤由 10m 高度下落。

一般通常情况下，Iupilon/NOVAREX 的粒料干燥条件如 2.1-2 表所示。

2.1-2 表 Iupilon/NOVAREX 的干燥条件

	干燥条件		备注
	温度	所需时间	
柜式热风循环干燥机	120°C	4~5hr 以上	使用例较多 需要注意环境湿度 最佳层积厚度 30mm 以下
料斗干燥器	120°C	3~4hr 以上	使用例较多 需要注意环境湿度与粒料间的相互水分转移 投入量较少时，湿度分布较差
除湿型料斗干燥器	120°C	2~3hr 以上	多用于光盘基板及光学镜头等成形

(注) 树脂合金系牌号的干燥条件会有所不同，敬请注意。

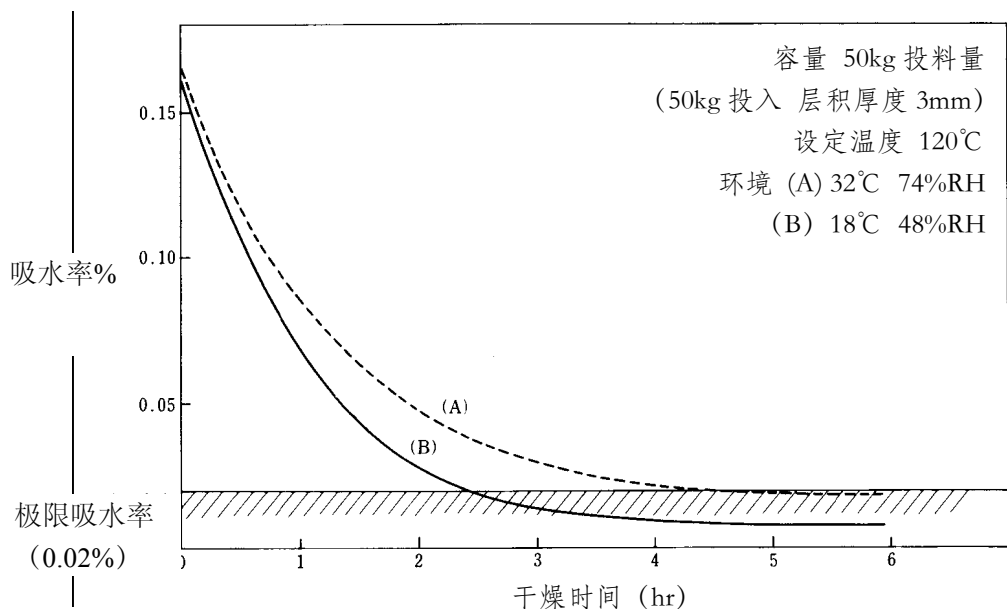
为将 Iupilon/NOVAREX 干燥至极限吸水率以下，需注意所使用的干燥机的种类、性能与环境（温度与湿度）。

2.1-1 图为使用柜式干燥机时，在不同环境下的干燥曲线的实例。在高温·高湿度下，干燥效率下降，导致到达极限吸水率以下的时间延长。

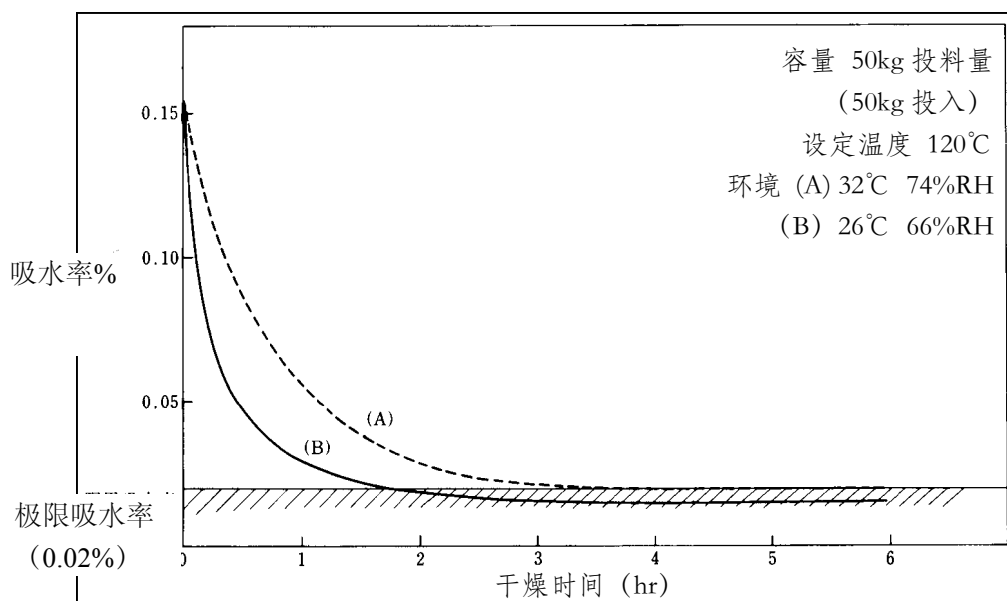
2.1-1 为相同条件下使用料斗的实例。

干燥效率良好同时不受环境影响的干燥装置为除湿型料斗。

但是，需要注意到除湿装置的性能老化，同时考虑到料斗型所具有的粒料间水分转移现象来界定干燥性能。



2·1-1 图 柜式热风循环干燥机



2·1-2 图 料斗干燥器的干燥条件

成形机料斗内的吸湿防止

对按照 2·1 项的条件进行了预备干燥的粒料，需要注意在成形机的料斗中再次吸湿的情况。以及需要考虑安装料斗干燥器，及对料斗进行保温同时使粒料在料斗的滞留时间尽可能缩短，以防止再次吸湿。

## 2.2 成形条件

### 1) 料筒温度

树脂温度通常比料筒设定温度高 10~20℃。

最好事先测定所使用的射出成形机的性能。

Iupilon/NOVAREX 的一般成形温度为 260~320℃。但是，深色着色品最好尽量设定为低温。

料筒温度的设定一般为，料斗侧设定为较低 10~20℃，沿料斗到喷嘴处逐渐递增。在使用高粘度牌号等，对螺杆的回转扭矩造成过高负荷的情况下，会相反地设定料斗侧较高。

另外，成形温度的选择也应该考虑到成形周期，即树脂在料筒内的滞留时间。选择成形机时，成形机的射出能力应符合成形品的重量与成形条件，以便极力缩短滞留时间，防止树脂的热劣化。需要注意喷嘴温度对树脂的漏溢（流涎）以及成形品的冷变形产生微妙的影响。

### 2) 射出、保持压力

射出压力与保持压力在成形品未发生凹痕及真空泡的情况下，尽可能设定为较低值。

但是如 Iupilon/等熔融粘度较高的树脂，不将压力提高到一定值以上，会由于树脂在流动过程中的压力损失导致无法填满模具内部，可以在模腔充填过程结束后立即降低压力，低压程度以不产生凹痕为宜。

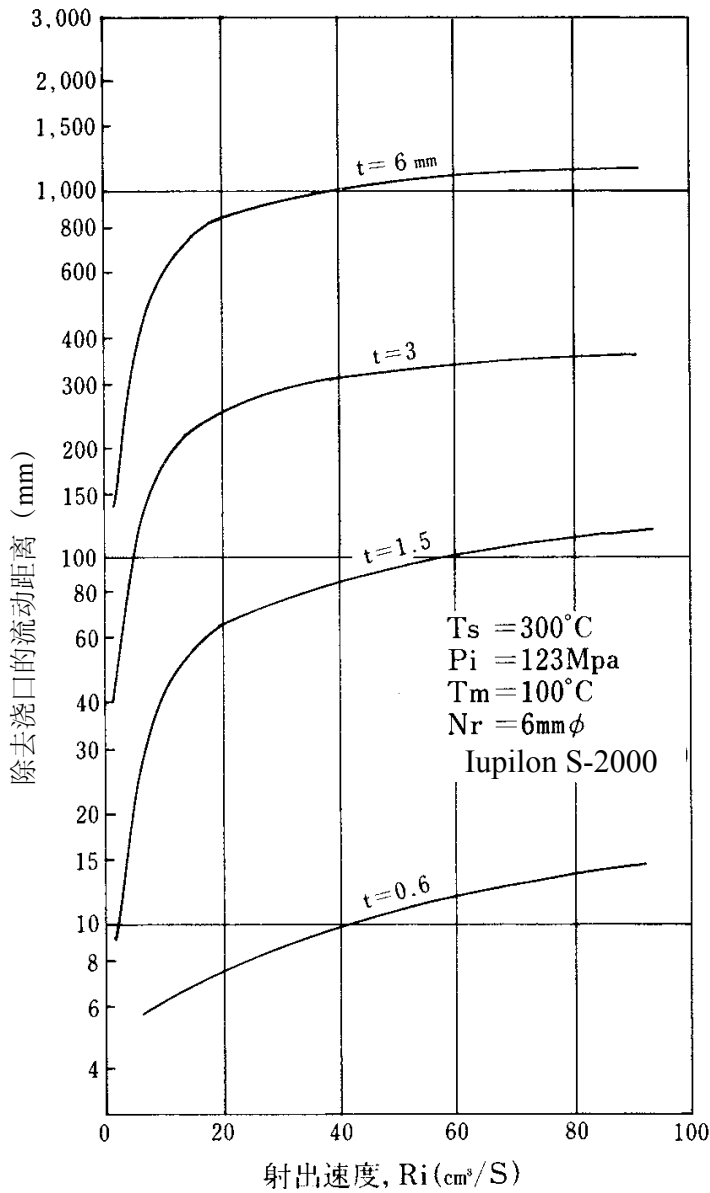
进一步为减小树脂的成形收缩可适当提高压力，但是从成形品中残留的压力及脱模的视点出发，应尽可能保持设定低压。

### 3) 射出速度

射出速度如 2.2-1 图所示，射出速度越快流动距离越大，所以薄肉成形品应高速充填，但是高速充填会导致易产生流痕及飞边等不良。最近的射出成形机可对射出速度进行多段控制（程控射出），可按照成形品的形状及浇口来改变速度，同时控制充填与外观两方面。

速度程控的基本如下所述：

- (a) 通过流道、浇道部分时应使用高速。
- (b) 浇口部与产品部的初期充填阶段及充填完成时，应使用低速。
- (c) 通过复杂型模芯及定位销部分时，应使用低速。



#### 4) 螺杆回转数与背压

如从缩短可塑化时间视点出发, 有升高螺杆回转数的必要, 但会造成空气卷入, 脱气不足而导致成为气泡和银条, 焦痕产生的原因, 也容易由于剪切发热而产生热劣化。

为了提高料斗侧的排气效果, 可将背压设置为射出压力的 5~10% 左右。因背压会影响到喷嘴处树脂的漏溢(流涎), 所以需要同时考虑背压和温度设定。

#### 5) 模具温度

模具温度是对 Iupilon/NOVAREX 的成形至关重要的条件之一。

模具温度过低除会导致充填不良、流痕等外观不良以外, 也容易产生应力残留。相对地模具温度过高会使树脂与模具表面过度密着, 进而产生脱模不良及脱模后易发生变形。一般设定为 70~120°C。

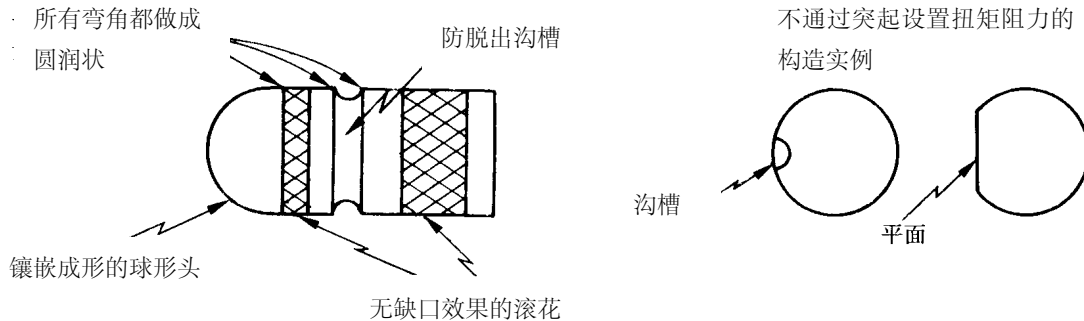


### 2.3 其他注意事项

1) 通过成形品的用途及是否具有二次加工来选择使用脱模剂。

通常使用硅系脱模剂，但在喷涂后浇口附近出现雾化，以及需要进行印刷或热印、涂装等二次加工的情况下，可改为使用涂刷型或不使用脱模剂。

2) 插入加工（具体请参考「Iupilon 技术详报」PCR304），需注意形状与脱脂·清洗。插入件不可使用较尖锐的角度（2.3-1 图）。



2.3-1 图 镶嵌成形的形状

插件周围的成形品肉厚会影响插件周围的应力，至少需要达到插件半径的 1/2。

另外，插件为金属而且较大的情况下，需要进行预备加热。

插件数量较多的情况下，由于将插件置入模具的时间延长，树脂在料筒内的滞留时间也相应延长，有可能会引起热劣化。成形后做插入加工为宜。

### 2.4 产品管理

严格意义上来说，在成形品形状固定之后，并不能认为成形已完成。

成形品是否具备实际使用所必需的强度，强度是否能保持在一定范围内，以上诸多要素均需要进行管理。

通过上述观点可知，正确选定成形条件的重要性。

改变·选定成形条件的基准通常以判定成形品是否具备实际使用所需的性能来进行，对此进行判定并非易事，而且成形品的要求特性需要基于最终用户的规格基准，特别是要将上述各项工作完全在成形工程中实施几乎是不可能的。

关于相应管理，应在制造新产品的初期阶段进行完备彻底的实施，而在以后的生产日常管理中抓住要点来进行点检。

成形加工工程中需要进行管理的所有项目包括防止，因①树脂的劣化或分解，②成形残留应力，而导致的成形品强度下降。

关于上述内容说明如下：

#### 1) 树脂的劣化，分解

对于 Iupilon/NOVAREX 的劣化、分解，可通过测定分子量来调查。

但是需要注意特殊牌号的分子量测定较困难，而且也有仅仅通过分子量无法判断的情况。

由于分子量测定需要人力与时间，所以一般最初选定成形条件阶段测定，同时获取分子量与其他简便实验法之间的关联性，并以此进行管理为宜。

例如，可以通过折断浇道或流道观察其破坏状态，或由于分解伴随的分子量下降进行敏感的冲击试验（对成形品施加摆锤冲击，落球冲击试验等）。

## 2) 成形残留应力

成形残留应力检查的常用方法为，通过特定溶剂的浸渍来观察有无裂纹发生。

Iupilon/NOVAREX 的一般牌号使用 MIBK (乙基异丁醚) 与甲醇的混合液进行检查。

该方法通过下述理由来检出残留应力。

(a) 如产生裂纹的情况下，易产生较大的裂纹，容易进行判别。

(b) 通过改变混合比例，可以改变检出应力大小。

2·4-1 表为总结至今的实验条件和结果。但是通过溶剂来检验残留应力的方法实际上是一种波动较大的方法，结果仅供参考，所以必须和实际测试结果相对照，制定评价标准。

另外，表中同时记载以往的四氯化碳/丁醇系混合液的对应结果。

2·4-1 表

混合组分 (体积比)		检出应力 MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	评价
MIBK/甲醇	CCl <sub>4</sub> /丁醇		
1/1 (MIBK = 50%)	1/0 (CCl <sub>4</sub> = 100%)	3.9 (40)	作为通常的成形品残留应力检验的条件来说过于严苛。 适合为降低应力进行改变成形条件及退火条件的探索性测试。
1/2 (33%)	1/1 (50%)	8.3 (85)	适合成形品单体的残留应力检验。
1/3 (25%)	1/3 (25%)	13 (130)	适合具有结合应力、外力等负荷的组装品及插件品的检验。
1/7 (12.5%)	1/7 (12.5%)	17 (170)	如在此等级发生裂纹，那么很有可能会在实际使用时出现裂纹。
0/1 (0%)	0/1 (0%)	21 (210)	

· 将试料在 MIBK (乙基异丁醚) 与甲醇的混合溶液中浸渍 1 分钟，取出洗净后进行裂纹观察。

## 2.5 材料切换·操作中断·解体清扫等

### 1) 材料切换

请不要用 Iupilon/NOVAREX 直接切换聚酰胺、聚甲醛等树脂，反之亦同。

由于 Iupilon/NOVAREX 的成形温度领域较高，直接切换会导致之前使用的树脂材料受热分解，进而对引发 Iupilon/NOVAREX 的分解具有促进作用。

在上述情况下，应通过中间切换聚乙烯或聚苯乙烯来解决。

但是需要注意，如使用透明聚苯乙烯会导致和 Iupilon/NOVAREX 混合后难以分辨切换的终点。

最近为了方便切换颜色和材料，各种置换材（料筒清洗材）已面市。

可根据置换前后材料的成形温度领域来选择适当的置换材料。

### 2) 操作中断，解体操作

料筒内壁及螺杆止逆环的周围，由于长时间的成形运作而使树脂缓缓分解形成炭化层。

该炭化层在通常成形操作中不会剥离，但是在操作中断·停止的时候，由于料筒温度下降而导致收缩继而剥离，并在接下去的成形中混入成形品，成为黑点不良。

短时间的操作中断以保持料筒温度 150~180℃ 为宜。

对长时间的操作中断以及操作停止时，需使用较低成形温度的其他树脂进行置换并降低温度。置换用树脂以聚乙烯或聚苯乙烯为宜。

料筒内壁及止逆环周围的炭化层会逐渐增厚，进一步分解并混入成形品，所以必须定期对料筒和螺杆进行解体清扫。特别是透明成形品对焦痕、异物的混入极度敏感的情况下，有必要在几个月内进行一次解体清扫。

在各种树脂使用同一成形机进行成形的情况下，有必要对料筒、螺杆进行定期的解体清扫。

解体操作的顺序为，将料筒内树脂尽可能清空后，以聚乙烯或聚苯乙烯置换后解体。解体后应迅速除去剩余的熔融树脂，然后以铜刷出去炭化层或使用喷灯烧除。在 Iupilon/NOVAREX 的残留无法去除的情况下，可使用二氯甲烷等溶剂进行溶解除去的方法。在此情况下，必须注意操作环境（换气，防火）。

### 3 产品和模具设计

#### 3.1 产品设计

Iupilon 在使用时可能会遇到如下问题,如表 3.1-1 所示,为了防止以下问题的出现,必须充分调查和检讨表 3.1-2.另外、为了选定成型机的决定避厚,可以参照 3.1-3 的计算式

表 3.1-1 关于 PC 成型品的不良现象

分类	内容
强度	成型时劣化产生龟裂和抗冲强度的下降 负荷应力过大而破损 应力集中而强度下降 嵌入或螺钉紧部位产生龟裂 在温水、碱性环境下劣化
尺寸	成型收缩率的估计误差而造成的尺寸不良 成型时翘曲, 应力过大而变形 蠕变变形、因为热胀冷缩
外观	银纹、凹陷、流线印痕、焦烧、熔接痕、颜色参整、纹理光泽不均 熔接痕的颜色不均、玻纤飘浮

表 3.2-2 PC 化时的检查要项

分类	项目
总括	PC 化的理由, 商品化的日程表, 以前的材质和重量, 生产数量, 价格
要求性能	寿命、强度、尺寸精度、刚性、燃烧性、电性能
使用环境	温度、化学氛围(油、溶剂、温水)、接触物质的种类(PVC、包装)、是否在室外使用
连接方式	嵌入、螺钉连接、粘贴、铆接
外观	颜色、有无纹理、有无涂层

### 3. 1-3 PC 化时的检查要点

分类	项目	
重量 (形状一定的场合)	$W = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{t_2}{t_1} \times W_0$	W: PC 品的重量 W <sub>0</sub> : 金属品的重量 ρ <sub>1</sub> t <sub>1</sub> : 金属的比重与壁厚 ρ <sub>2</sub> t <sub>2</sub> : PC 的比重与壁厚
对于同一弯度所必须的壁厚	$t = t_0 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}}$	t: PC 的壁厚 t <sub>0</sub> : 金属的壁厚 E1: PC 的挠曲模量 E2: 金属的挠曲模量
壁厚和流动距离	$L = 30j \ll 40 \times t^2$	t: 壁厚 L: 最大流动距离
成型机所需要的锁模力	$P(\text{ton}) = 0.35j \ll 0.50 \times S$	P: 锁模压 S: 投影面积
成型机的容量	$Q = 1.4 \sim 3.3W$	Q: 容量 (g) W: 成形品重量 (g)

为了最大限度的发挥 Iupilon 的优良性能,在设计形状时必须注意以下要点.

- (1) 壁厚均一、壁厚无激烈变化
- (2) 无尖角
- (3) 留有足够的拉料杆
- (4) 无下切

以下就各项主要项目, 遵循成型时的特点, 阐述注意事项。

#### (1) 壁厚

成型品的壁必须根据产品的要求性能和材料的成型性来考虑决定。

Iupilon 的厚壁与流动距离的关系如图 3.1-1 所示。

壁厚很薄的情况下, 填充不满、壁厚很厚的情况下, 会发生凹陷、气泡、变形等不良、抗冲性能的下降 (壁厚 4.5mm 以上) 等不良现象。

另外、壁厚激烈变化时, 会妨碍树脂的流动、产生流线印痕、角落处产生沟槽、强度下降等。

壁厚均一的设计例如图 3.1-2 所示。

壁厚变化时的设计基准如图 3.1-3 所示。

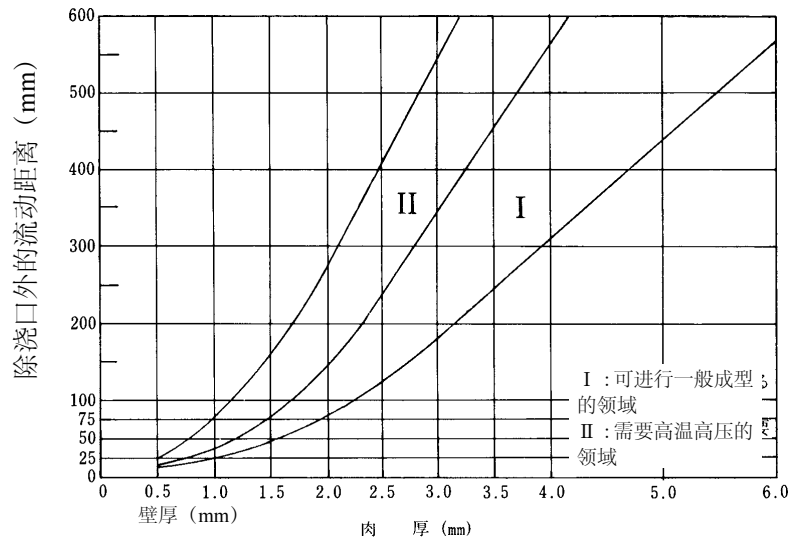


图 3.1-1 Iupilon 的壁厚与流动距离的关系

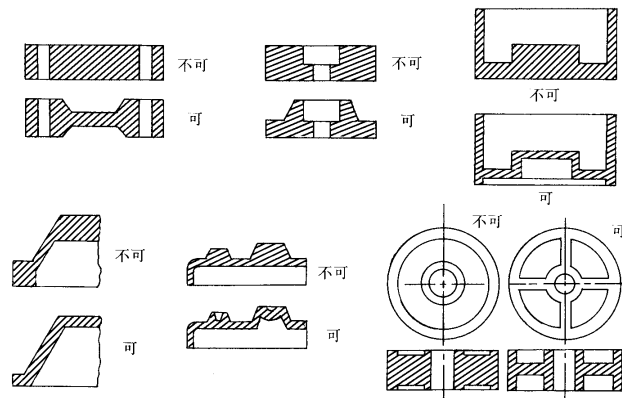


图 3.1-2 壁厚分布的选取方法

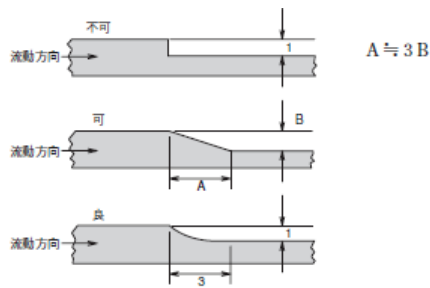


图 3.1-3 壁厚变化的选取方法

### (2) 圆角半径

圆角的半径在 0.5-1.0mm 范围内比较恰当。圆角 R 与应力集中系数的关系如图 4.1-4 所示。圆角半径小，应力集中系数大，容易开裂，残留应力大，易产生流线印痕。

另一方面，圆角半径过大时，会发生凹陷、气泡、变形等不良。

所以、圆角的设计时，必须注意圆角半径 R 与壁厚的比例 (R/T, R/T) (如图 4.1-5) 所示。

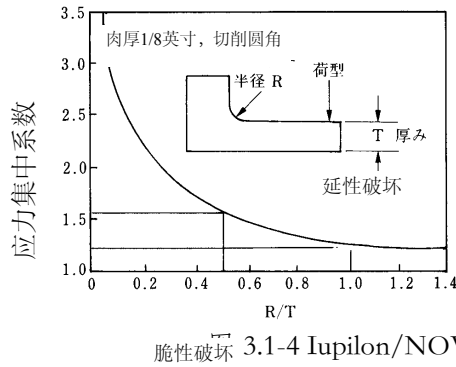
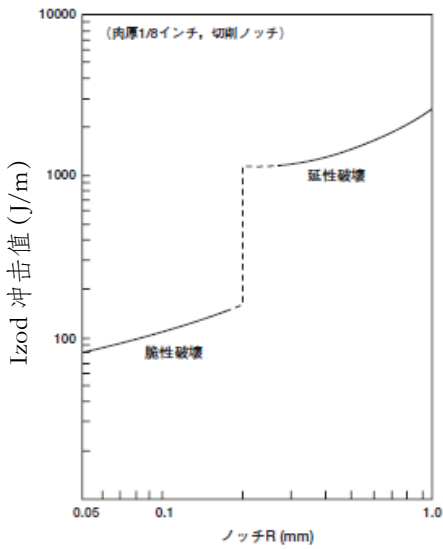


图 3.1-5 圆角 R 与应力集中系数

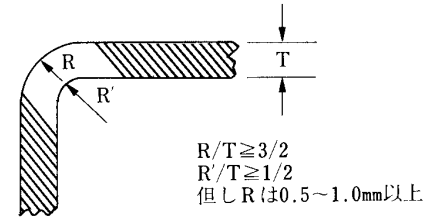


图 3.1-6 圆角 R 的选取方法

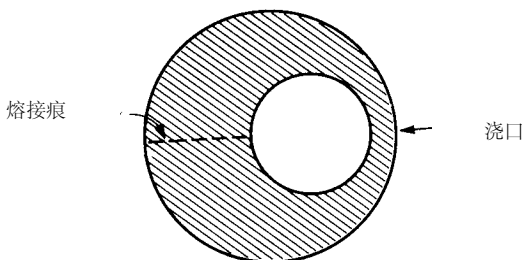
### (3) 熔接痕

熔接痕处的强度当然会有所下降，在表 3.1-4 中列出各种不良现象。作为熔接痕处的补强对策，如图 3.1-6 所示，可以采取改变浇口方式、浇口位置、使用加强筋方式。

表 3.1-4 熔接痕处常见不良现象

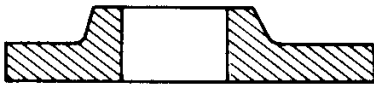
现象	实际使用上的问题	备注
强度低下	拉伸率下降 冲击强度下降	多见于玻璃纤维增强、聚合物合金类树脂
龟裂发生	嵌入、螺钉	
外观不良	色斑、纹理的光泽不良	多见于深色的产品和聚合物合金类产品
尺寸不良	翘曲、圆度不够	多见于玻纤增强类树脂

A 在熔接处熔接面积增大的方向上开启浇口



B 在发生熔接痕孔的周围采用加强筋





C 为了使在嵌入金属的周围不发生龟裂，必须选择合适的浇口位置

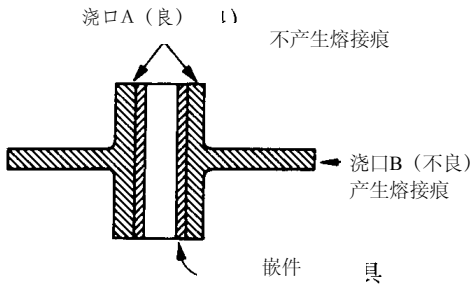


图 3.1-6 熔接处的设计范例

#### 4) 加强筋的形状

加强筋的设计与其它种类的塑料基本相似。也就是说，萍钢脱硫项目文件注意在加强筋的反面防止凹陷的发生以及在转角处需防止出现缺口。加强筋的设计方法如图 4.1-7 所示。

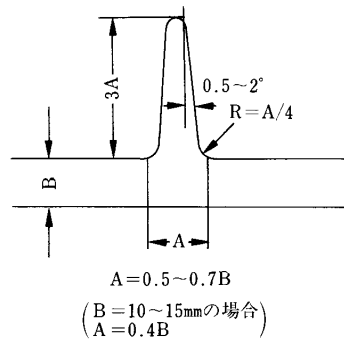


图 3.1-7 加强筋的选取方法



5) 拔模斜度

一般来说，拔斜度的标准为 1|100-1|50(0.5-1.0 度)

具有深型加强筋的拔模斜度如图 4.1-8 所示

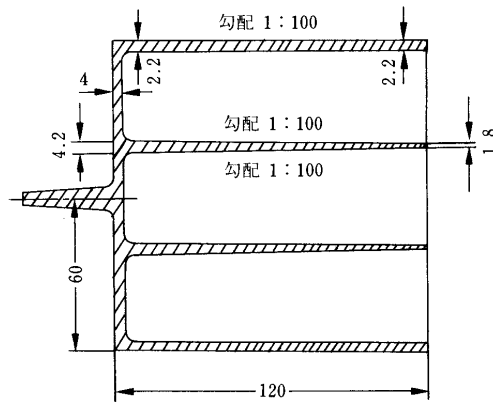


图 3.1-8 拔模斜度的例

6) 咬边 (under cut)

如果一般模具采用 side core 时，硬要拔出咬边的话，由于 Lupilon 的弹性率高，咬边处的 R 不能取的很大。

$$\Delta = 0.02ri(L + 0.38)/L$$

其中  $L = [1 + (r1/r0)^2] / [1 - (r1/r0)^2]$

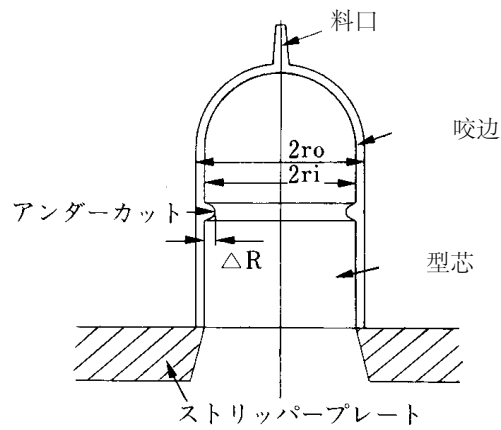


图 3.1-9 圆筒周边上的咬边 ΔR

7) 盲孔

毂的设计请以图 3·1-11 为标准

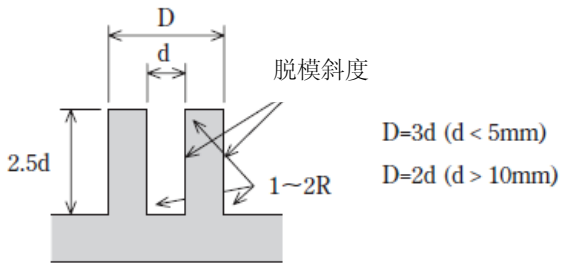


图 3·1-11 盲孔

8) 孔

孔的设计请以图 3·1-12 为参考，需要注意的是成型品的边缘与孔，以及孔与孔之间的距离越近，强度越弱。

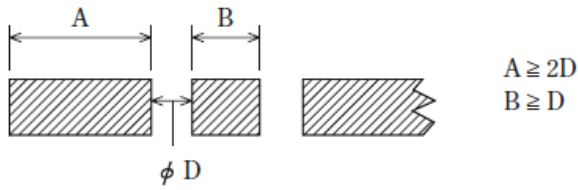
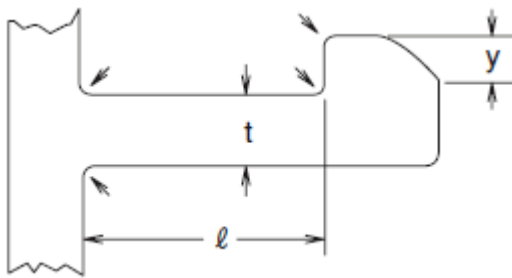


图 3·1-12 孔

9) 滑入配合

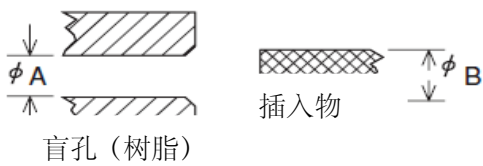


$$\epsilon = \frac{3y \cdot t}{2l^2} \leq 0.06 \sim 0.08$$

组装时会产生一瞬间的负荷，之后变为 0。  
 加上适当的 R 角。

图 3·1-13 滑入配合

10) 压入配合



盲孔 (树脂)

①金属插入物  
 热压入

冷间压入

$$\frac{B-A}{B} \times 100 \leq 0.6\%$$

②树脂插入物 (PC-PC)  
 冷间压入

图 3·1-14 压入配合

对于比 PC 模量低的树脂在以上基础上 +α 也可。

### 3.2 模具设计

模具的设计决定成型品的品质，生产性。以下为模具设计的基本理念：

- (1) 易于树脂的填充
- (2) 易于脱模
- (3) 注意模具的控制温度

(为了保证产品的外观，品质的安全化以及减少包含形状在内的尺寸偏差)

#### (1) 主流道

主流道的形状基本上以细短为好，需要注意脱模性和基部的气泡。脱模如图 4.2-1 所示，拔模角度为 3-5 度。设计时需要注意基部的直径。直接式主流道的情况下，一旦发生气泡，脱模时，会发生浇注系统的冷料折断、产品上会出现洞眼等情况。为了保证主流道基部处不发生气泡，必须满足以下条件：主流道的基部直径  $< (2.5-3.0) \times$  基部的壁厚

主流道部的压力损失按照下式来计算

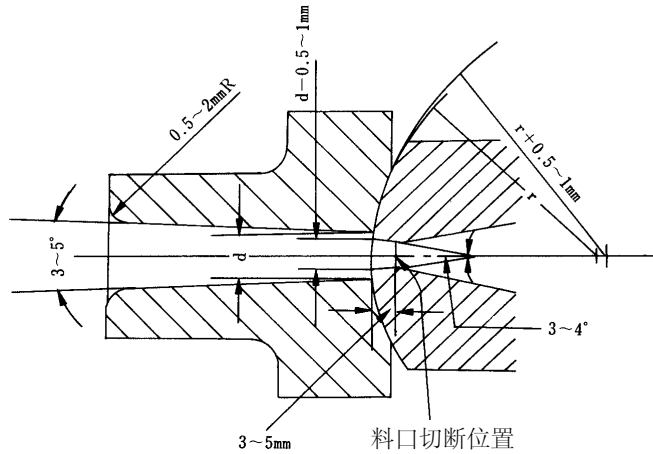


图 3.2-1 喷嘴及主流道衬套的形状

$$\Delta P_s = 8\mu q l / [\pi(dm/2)^4]$$

$\Delta P_s$ : 主流道处的压力损失

$\mu$ : 树脂粘度

$q$ : 树脂体积流量

$l$ : 主流道长度

$dm$ : 主流道平均半径

$d1$ : 主流道前端半径

$d2$ : 主流道基部半径

$$dm = [1/(d2^3 1/d1^3)^{(1/4)}] / 3(d2.d1)$$

## 2)流道

流道的横截面形状如图所示。如图 4.2-2 所示，圆形、半圆形、台形任何一种均可。流道粗细的下限为压力损失、上限由经济性来决定。

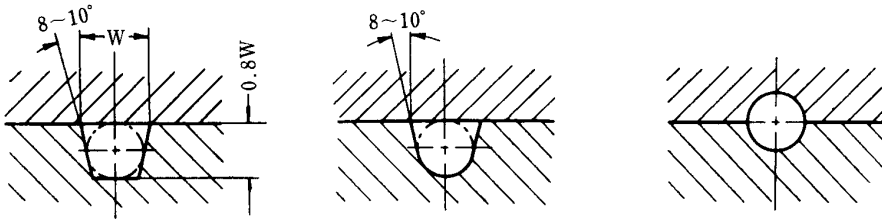


图 3.2-2 流道断面的形状

流道长短与粗细的经验式如下：

长度 200mm 以上时 直径 10mm

100-200mm 直径 8mm

100mm 以下 直径 6mm

多型腔模具的情况时，如图 3.2-3 与图 3.2-4 所示、到各型腔的流道长度应该均衡、使各型腔可以同时填充。如果流通长度不能保持均衡的话，如图 3.2-5 所示、保持 浇口均衡同时填充。

流道的压力损失、按照下式计算。压力损失尽可能小。

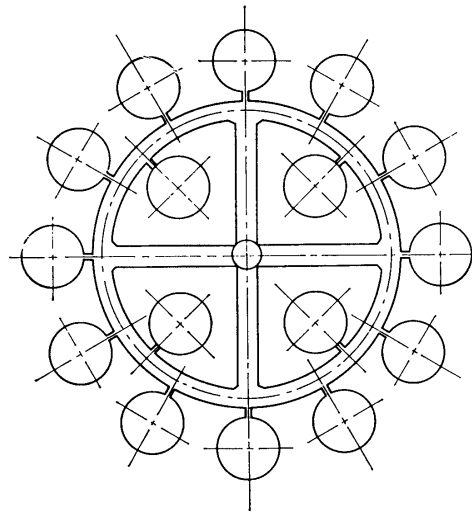


图 3.2-3 型腔的圆形排列

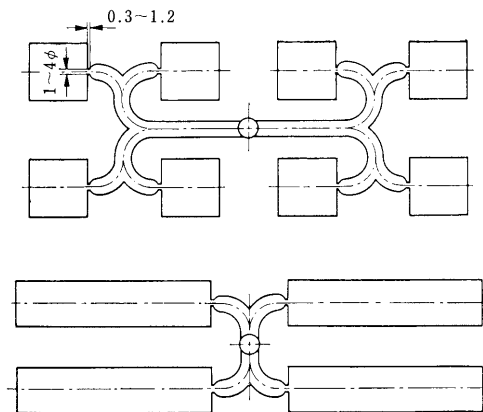


图 3.2-4 型腔的并列排列

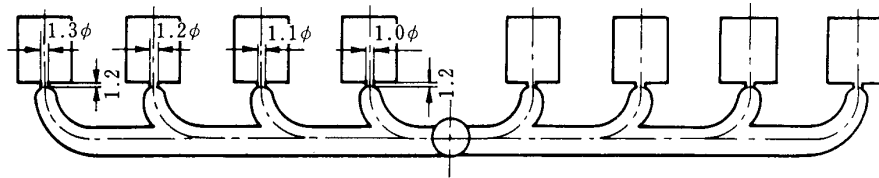


图 3.2-5 型腔的线型排列

流道的压力损失可按照下式计算。压力损失尽可能小

$$\Delta P_{\gamma} = \frac{8uq}{\pi(d_{\gamma}/2)^4} \ell_{\gamma}$$

$\Delta P_{\gamma}$ : 流道压力损失

$u$ : 树脂粘度

$q$ : 树脂体积流量

$\ell_{\gamma}$ : 流道长度

$d_{\gamma}$ : 流道部水力半径  $4(S/\ell)$   $S$ : 流道部断面积

$\ell$ : 流道部断周长

### 3) 浇口

浇口方式由直接式浇口、侧浇口、针眼浇口、潜伏式浇口、护耳式浇口

用于 Iupilon 成型较多的浇口方式为侧浇口和针眼浇口

采用侧浇口的方式时，浇口厚度如果太薄的话，填充不良、喷射印痕等外观不良等发生

从市场实际成绩来说，浇口的厚度为为成型品厚的 50-70%的情况比较多。浇口的宽度为厚度的 1.5-2.0 倍。浇口的长度为 2mm 左右

长方型横截面的浇口处压力损失可按式计算。

断面为矩形的浇口处压力损失可按式计算。

$$\Delta P = \frac{12Luq}{Wh^3} \dots\dots\dots$$

$\Delta P$ : 浇口处的压力损失

$u$ : 粘度

$q$ : 流速

$W$ : 浇口宽度

$h$ : 浇口厚度

$L$ : 浇口长度

如果采用针眼式浇口，在决定考虑浇口的最小尺寸时，必须考虑到填充不满等不良问题。而在决定最大尺寸时必须考虑浇口的折断、产品切断时变形和龟裂等情况。

具有代表性的针眼式浇口的形状如图 3.2-6 所示。另外图 3.2-4-7 是根据市场实际情况而绘制的针眼式喷嘴的半径与基部厚度关系图。设计时望参考图 3.2-7。针眼式浇口的直径平均值在 1.0-2.0mm 范围之内。

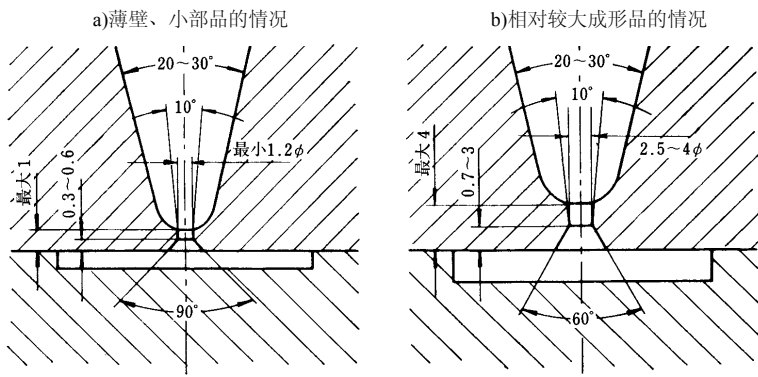


图 3.2-6 针点式浇口的尺寸形状

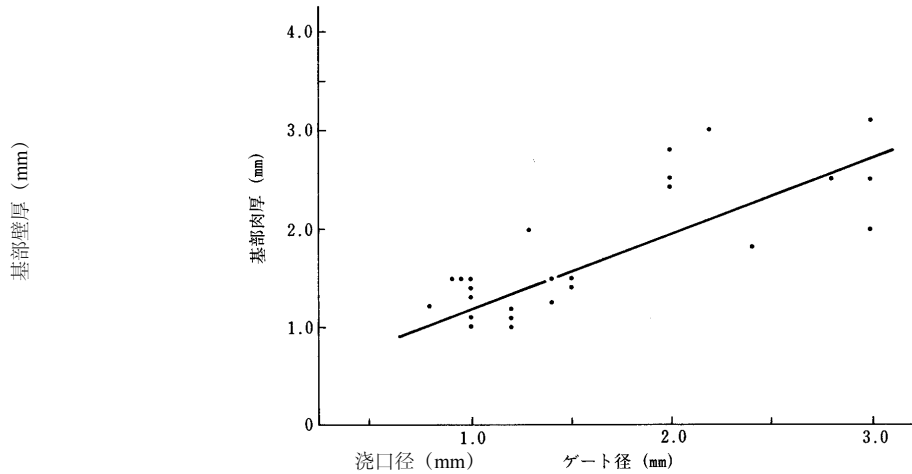


图 3.2-7 针点式浇口半径与基部壁厚的实例

圆形断面浇口处的压力损失可按照下式计算。

$$\Delta P = \frac{8uq}{\pi R^4} l$$

$\Delta P$ : 浇口处的压力损失

$u$ : 粘度

$q$ : 流速

$R$ : 浇口半径

$l$ : 浇口长度

直接式主流道-浇口的注意点和设计基准与在主流道章节中叙序的一样。

图 3.2-8 为典型的直接式主流道-浇口。

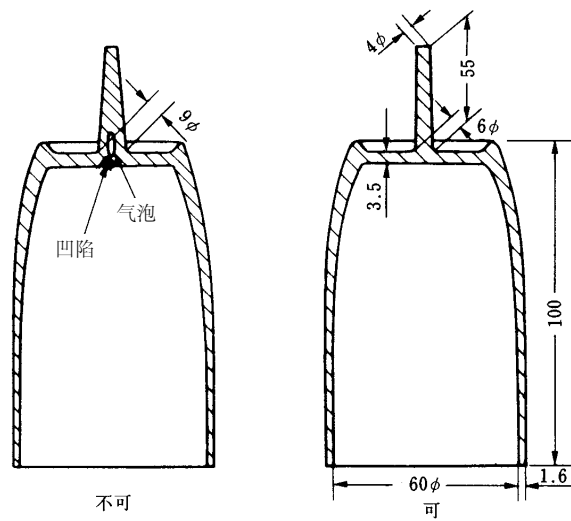


图 3.2-8 直接式浇口的设计例

潜伏式的浇口半径的确定方法同针点式浇口。图 3.2-9 为典型例子。

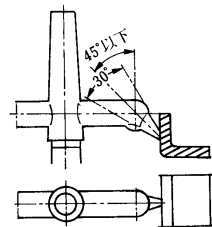


图 3.2-9 潜伏式浇口的设计例

虽然护耳式浇口增大了压力损失，但是也可以减少流线痕迹、建议采用一长一短、分开使用。

#### 4) 浇口位置

决定浇口位置、浇口点数的基准如下。

- (1) 考虑成型品的壁厚与树脂的流动型 ( $L/t$ )
- (2) 使树脂从成型品的壁厚处流向壁薄处。

Iupilon 标准级的流动性数据如图 3.2-10 与图 3.2-11 所示。

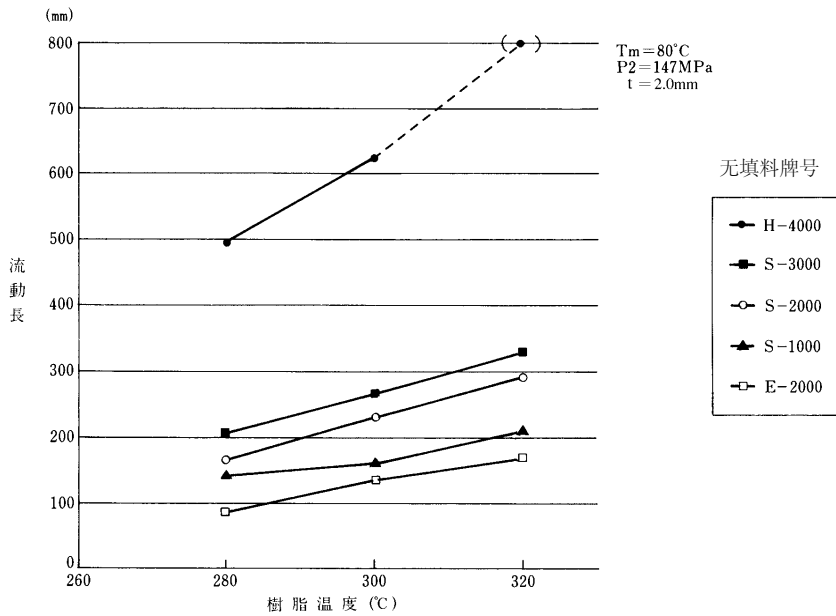


图 3.2-10 BarFlow 流动长与树脂温度

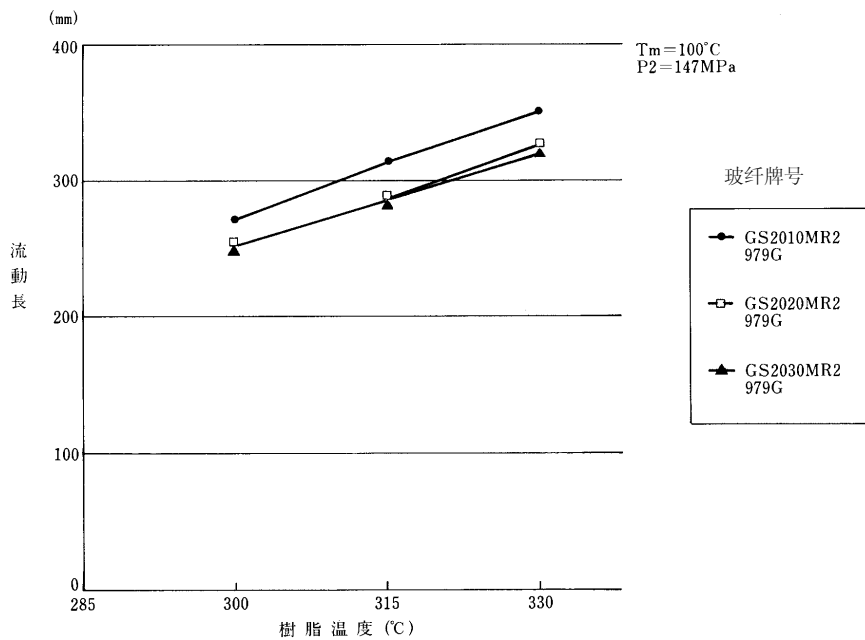


图 3.2-11 BarFlow 流动长与树脂温度

### 5) 拔模斜度

Iupilon 的成型收缩率小、与金属密集性好，所以需要足够的拔模斜率。一般标准为 1/100-1/50(0.5-1.0°)。

### 6) 圆角半径

圆角半径过小的话，因为应力集中易造成开裂、残留应力过大、流线痕迹等不良现象。一般需要在 0.5-1.0mm 以上。

### 7) 模具材料

作为模具材料、如表 3.2-1 所示有碳素钢、预硬化钢、淬火钢。对材料等没有特殊限制、根据使用目的分别使用。例如对于玻纤增强类、可以采用 SKD-61、SKS-3 以增强磨耗。



表 3.2-1 模具材料

分类	使用硬度 HRC	材料名	化学成分	用途
预硬化钢	13	HIT81	S55C	普通树脂、大型产品用、杂货类
	28	HTT82	SCM440	
	15-20	ZX10	铜合金	电视机外壳、收音机外壳、洗衣机外壳
	33	HPM2 HPM38 ASL30F	SCM 改良 (快削) SUS420J2(改良) SUS 420 (改良)	非透明产品成型, (杂货、玩具、电视机外壳、收音机外壳) 添加难燃剂树脂用、一般透明品用、橡胶用 耐腐蚀主模具用 (磁带、磁盘盒)
	35-40	PSL	SUS630 (改良)	PVC、发泡树脂用、橡胶用 (电话机、接头、管道、各种卷筒)
	40	HPM 1  HPM 50  FDAC	AISIP 21 改良  AISIP 21 改良  SDK 61 改良	ABS 树脂、一般加工用、dieplate(各种家电、汽车用盘、杂货盘、杂货) 镜面.纹理.放电加工 垃圾盒、各种透明盒、OA 机盒 工程塑料用、slide core 用
淬火钢	50-55	HPM 38 HPM 38S	SUS420J2(改良) SUS420J2(改良)	耐腐蚀镜面加工用 (录像带盒、磁带盒、医疗器械、打火机零件) 耐腐蚀、超镜面加工 (光盘、非球面镜片)
	55-60	HPM 31	SKD 11 改良	耐磨耗、精密工程塑料用 (各种齿轮、连接器、录像带)
	60-68	HPM 40	粉末高速 (工具) 钢	高耐磨性、超级工程塑料 (连接器、IC 封装、齿轮)
时效处理钢	40-45	YHD50FM	高硬度非磁性钢	磁场成型用(等离子)
	52-57	YAG	超强力钢	高韧性 (各种光学镜片, 薄膜产品 core pin)

### 8) 模具的加热、冷却

对于 Iupilon 的成型来说，模具的冷却、加热的设计是十分重要的。

使用 Iupilon 时，为了减轻成型应力、得到良好外观、保持尺寸精度，模温在 80 度以上比较好。

加热、冷却的方式最好采用油、加压水循环。像型芯等局部加热的场合，采用冷凝器；而对于细长型型芯来说，建议使用加热棒。

空间对流加热器虽然有良好的加热效果，但是没有冷却效果，建议作为辅助加热源使用。

### 9) 脱模方式

由于 Iupilon 的脱模阻力较大，要注意用脱模方式。

脱模方式不合适的话，会诱发成型品变形、开裂等不良。一般情况下，采用圆形顶杆等直接顶出方式。对于深度比较深的产品来说，采用顶管、推板脱模机构较为合适。

### 10) 排气槽

成型时的最终填充部、盲孔、加强筋等处，因为气体聚集、填充不满、段热压缩而产生高温灼伤制件、腐蚀模具等不良发生。特别是高速填充时，容易产生这样的不良。所以上述各处需要开设排气孔。特别是象复合强化材料等比较容易发生气体的材料在成型时，需要开设足够的排气孔。

排气槽的深度大约为 1/100-1/300 mm。排气槽的设计例如图 3.2-12 所示。

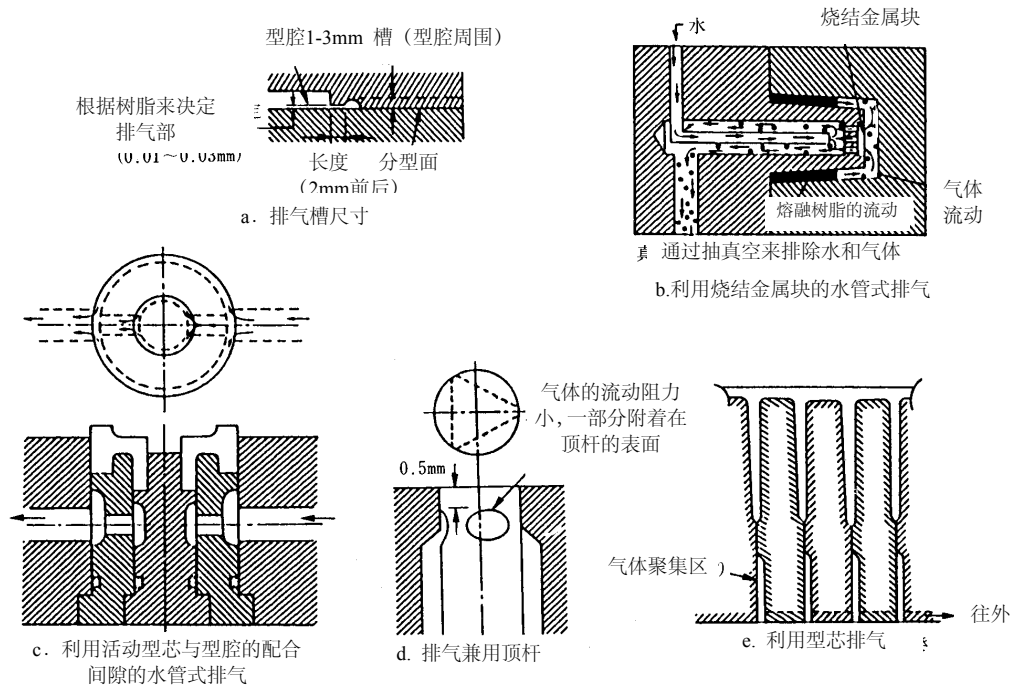


图 3.2-12 排气方法

#### 4. 成形收缩和尺寸精度

如表 4-1 所示，Iupilon 的成形收缩随着产品级别，成型品的形状、成形条件而变化。各产品的收缩率各表 4-2 所示，成形收缩率为 0.005—0.7%

成形收缩的异向性如表 4-4 所示，一般产品的流动方向与其垂直的方向均保持一定的收缩率，基本没有异向性。玻璃纤维增强级产品如图 4-1 所示，树脂的流动方向与其垂直方向的收缩有很大差别，存在异向性。

成形时的保压与成形收缩率的关系如图 4-2 所示，保压越大，成型品的收缩率越小。

产品精度则决定于材料、成型品形状、模具设计、模具制作精度、成形条件。

在 SPI 公开发表的 PC 的尺寸公差如表 4-5 表示。

在表 4-6 以及图 4-3 中表示了图示产品形状的尺寸公差与偏差值。

图 4-4、5、6 与 4-7 表示了圆筒状成形品的浇口数、圆度、浇口数、成形收缩率与尺寸精度测定。

根据以上结果我们可以得知：

- 1) 一旦包含形状误差，尺寸精度不良。
- 2) 模具无法决定的尺寸，比如高度的尺寸精度不良。
- 3) 玻璃纤维增强级的材料比非强化级的

表 4-1 成型收缩

	项目	
材料	熔融粘度	对于粘度越低材料，保压的影响越大，成型收缩率越小。
	填充剂的配合与成型收缩率	添加填充料，成型收缩率变小。
	成型收缩率的异向性	添加纤维状的填充物的话，会产生异向性。沿着纤维的方向收缩变小。
设计	壁厚	壁薄处，压力损失大，产品收缩率越小。
	浇口	浇口口径越大，成型收缩率越小。 收缩率有异向性的材料根据浇口的位置、数量不同成型收缩不同。
	形状	根据成型品的形状，产品精度不同（圆度、圆筒度、垂直度）。
条件型	保压	保压越高，成型收缩率越小。
	树脂温度	树脂温度越高，成型收缩率越小。

表 4-2 Iupilon 各种产品的成型收缩率

牌号	成型收缩率%			
	形状 A		形状 B	
	//	⊥	内径	外径
S-2000	0.5—0.7		4.49	0.56
LS-2010				
LS-2020				
LS-2030				
GS-2010M	0.3	0.5	0.15	0.23
GS-2020M	0.1	0.4	0.16	0.24
GS-2030M	0.05	0.3	0.24	0.34
LGS-2230M	0.08	0.31	0.13	0.21
LGS-2230MA	0.20	0.36	0.07	0.14
LCF-2410				

形状 A: 13.2×φ100mm 圆盘

(//) 与浇口平行

形状 B: (外径) 58×(内径) 54×(高度) 25mm

(⊥): 与浇口垂直

圆筒状成型品

浇口: 点浇口/3点/φ1.5mm

图 4.1 玻纤含量对成型收缩率的影响

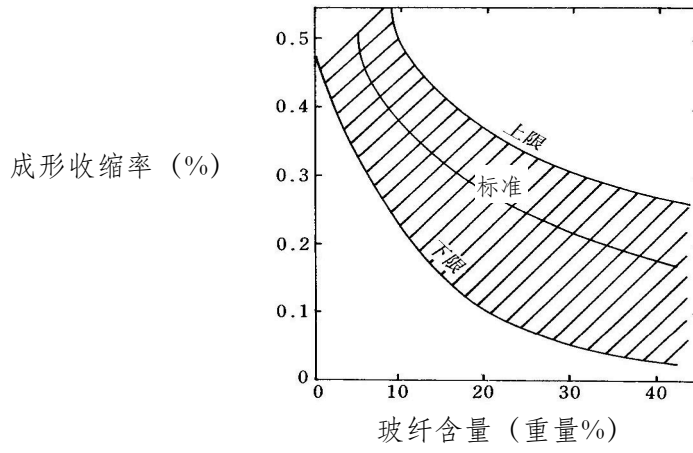


图 4-2 成型收缩率与保持压力的关系

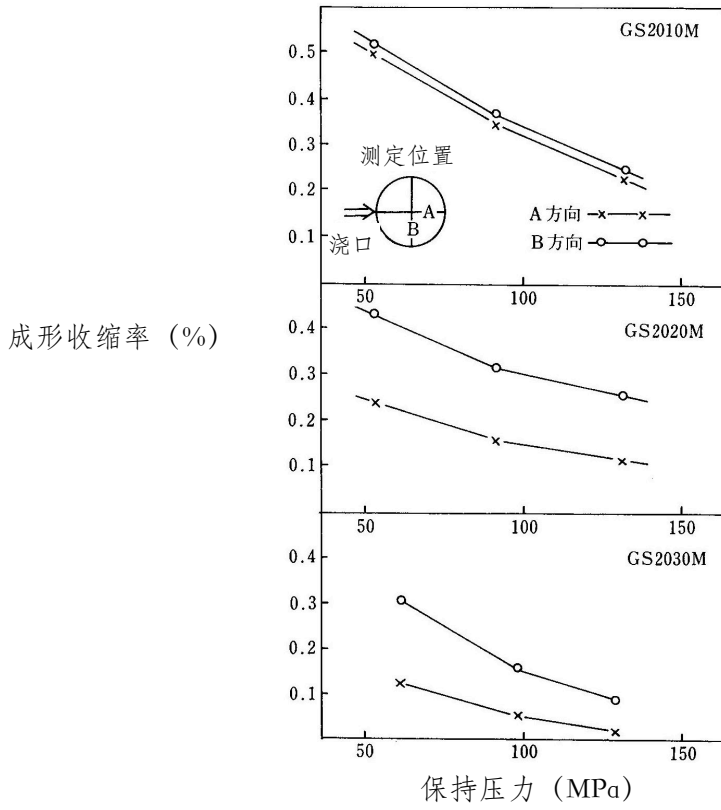


表 4-3 Iupilon 的成型收缩

成 形 条 件			成 形 收 缩 率 (cm/cm)		
料筒温度 (°C)	射出速度	射出压力 MPa(kg/cm <sup>2</sup> )	5 日后	10 日后	30 日后
270	2	137(1400)	—	0.0076	—
"	8	" (" )	0.0076	0.0079	0.0076
290	2	82(840)	0.0082	0.0084	0.0082
"	8	" (" )	0.0072	0.0076	0.0076
"	2	137(1400)	0.0060	0.0062	0.0059
"	8	" (" )	0.0065	0.0065	0.0068
310	2	82(840)	0.0066	0.0067	0.0065
"	8	" (" )	0.0065	0.0066	0.0068
"	2	137(1400)	0.0059	0.0061	0.0059
"	8	" (" )	0.0057	0.0057	0.0057

表 4-4 聚碳酸酯的成型收缩率

浇口位置	a		b	
	尺寸 mm	收缩率%	尺寸 mm	收缩率%
A	86.31	0.79	184.60	0.75
B	86.32	0.78	184.61	0.75
C	86.30	0.80	184.61	0.75
D	86.30	0.80	184.56	0.77

注) 成型收缩试验模具

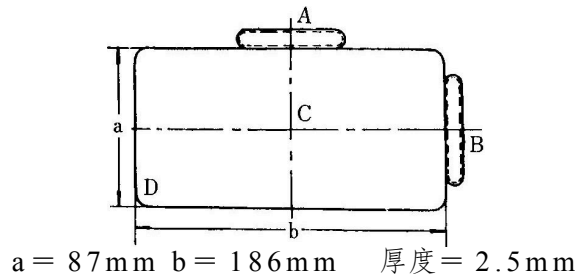


表 4-5 PC 的尺寸公差 (由 SPI 资料)

	尺寸 (mm)	公差 (mm)									
		±0.05	±0.1	±0.15	±0.26	±0.25					
A 内径 (注 1) B 深度 (注 2) C 高度 (注 2)	20										
	40										
	60										
	80										
	100										
	120										
	140										
	152.4~304.8 (每隔 25.4mm 加算 右边的公差)	一般 ±	精密 ±								
	0.076	0.038									
D 底厚 (注 2)		0.076				0.051					
E 侧厚 (注 3)		0.076				0.051					
F 孔径 (注 1)	0.00~3.18	0.051				0.025					
	3.18~6.35	0.051				0.038					
	6.35~12.7	0.076				0.051					
	12.7~	0.076				0.051					
G 孔深 (注 4)	0.00~6.35	0.051				0.051					
	6.35~12.7	0.076				0.051					
	12.7~25.4	0.102				0.076					

(注) 此公差的前提是 3.2mm 厚

(1)此公差不是包含边缘特性的精度。

(2)考虑了合模线。

(3)合模线的形状尽可能壁厚均一。(该形状的壁厚不可能做到完全均一)

(4)必须注意孔深与孔径的比, 不要破坏型芯。

表 4-6 机械底座的尺寸误差

(mm)		
	图面尺寸	成型品尺寸
A <sup>1)</sup>	29 ± 0.1	28.911 ± 0.03
	35 ± 0.1	35.017 ± 0.27
	75 ± 0.1	74.951 ± 0.17
	155 ± 0.3	154.868 ± 0.13
	175 ± 0.3	174.727 ± 0.14
	272 ± 0.3	271.667 ± 0.23
	280 ± 0.3	279.920 ± 0.14
B <sup>1)</sup>	54	56.871 ± 0.05
	74.5 ± 0.5	74.961 ± 0.27
	93 ± 0.3	93.365 ± 0.40
	126	125.984 ± 0.28
	274	274.759 ± 0.41
	278 ± 0.3	278.323 ± 0.24
	286	286.260 ± 0.34

(材料：GS2030MR2)

注) 1) 尺寸测定位置

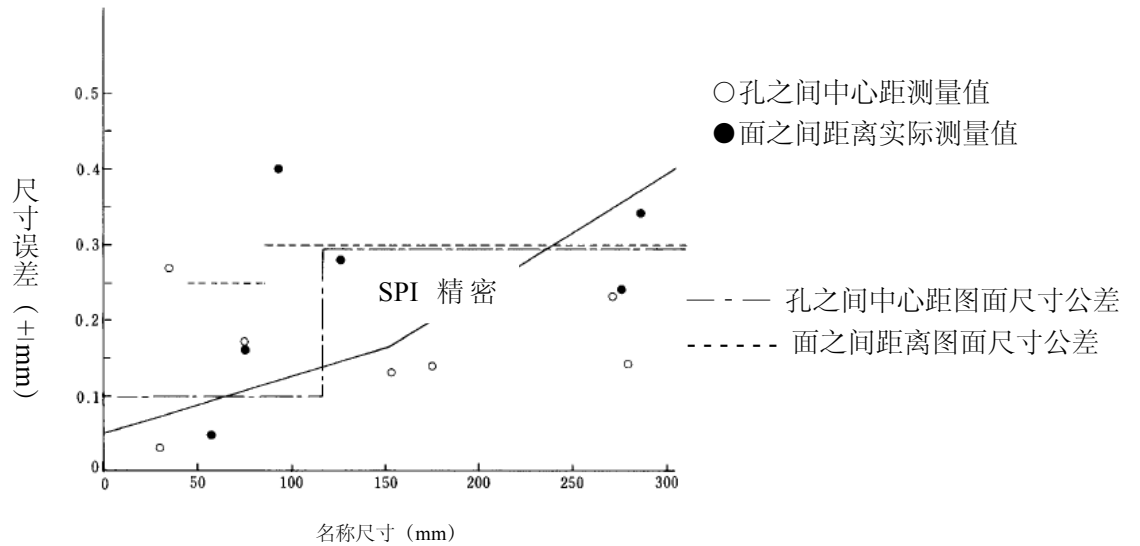
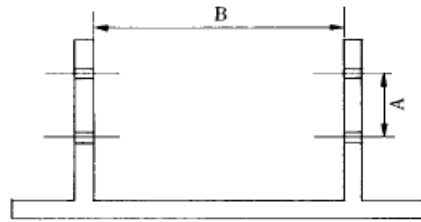


图 4-3 名称尺寸和尺寸误差



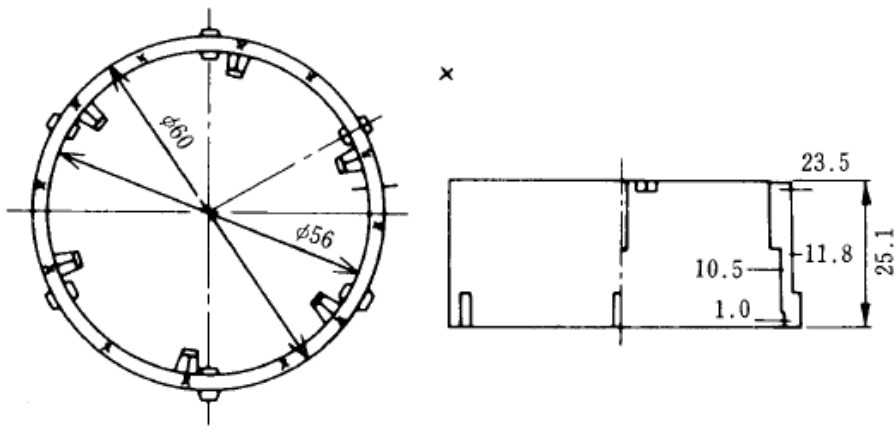


图 4-4 成型品形状和尺寸测定位置

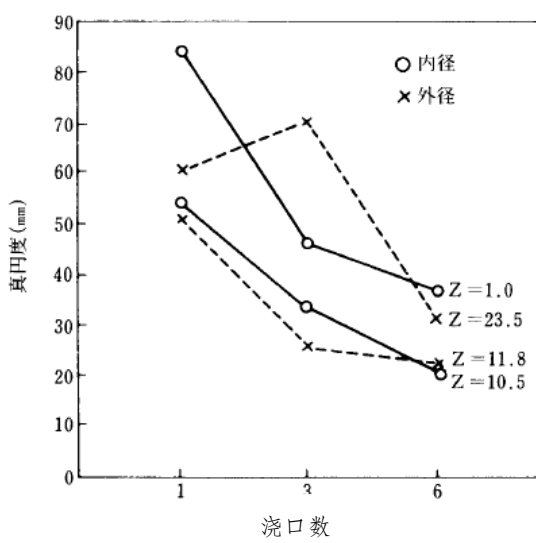


图 4-5 浇口数和圆度  
(高度方向和位置的关系)

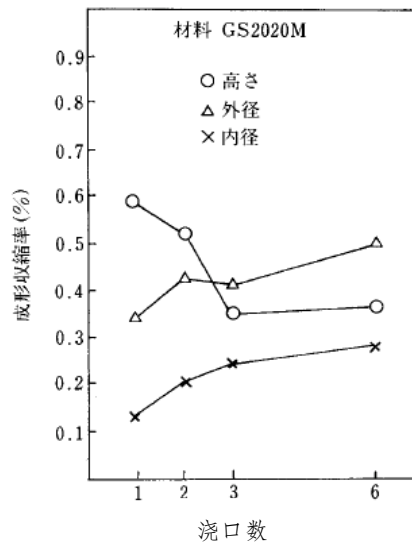


图 4-6 浇口数和成型收缩率

表 4-7 IUPILON 的尺寸精度测定例

( $\mu\text{m}$ )

取误差位	包括形状误差			不包括形状误差		
	外径	内径	高	外径	内径	高
材料						
S-2000	$\pm 17$	$\pm 16$	$\pm 25$	$\pm 9$	$\pm 9$	$\pm 12$
S-3000	$\pm 16$	$\pm 18$	$\pm 21$	$\pm 7$	$\pm 9$	$\pm 12$
GS2020M	$\pm 36$	$\pm 29$	$\pm 39$	$\pm 8$	$\pm 9$	$\pm 27$

成型机: <住友 NEOMAT> N350/120 (带 < 闭环阀 >)

成型品: 圆筒状成型品 (外径 60mm $\phi$ , 内径 56mm $\phi$ , 高 25mm)

成型条件: 根据实验计划法, 变换树脂温度, 射出速度, 射出压力, 模具温度等进行成型。

数据: 用  $3\sigma$  的值表示。

外径, 内径, 高是分别用 3 坐标测定仪测定数点尺寸进行分析。「包括形状误差」是根据各个测定值进行的分析, 而「不包括形状误差」是根据平均值进行的分析。

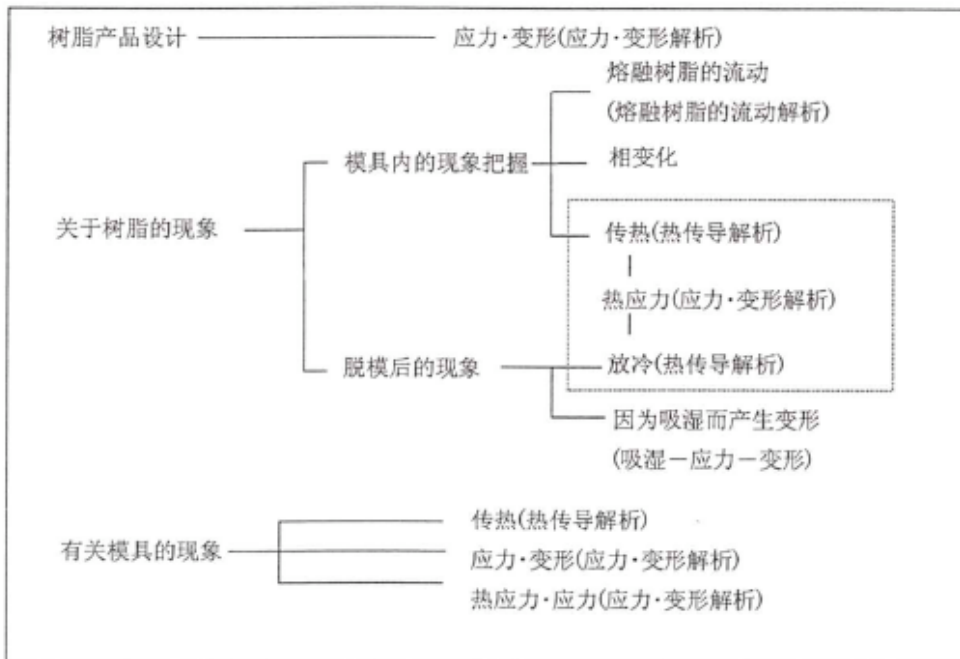
## 5. CAE

CAE(Computer Aided Engineering)作为产品、模具设计的辅助手段，被广泛用于注射产品的设计上，具有以下利点。

- (1) 可以利用计算机来研究案例，缩短试作研讨时间。
- (2) 设计经济、合理。
- (3) 可以进行包括材料、成型品形状、模具、成型品条件等在内的系统设计，提高产品质量。
- (4) 和经验型数据相比，用 CAE 来解析数据，更具有通用型、可以更有效的利用数据。即使是不熟练的成型者也可以充分利用。

CAE 的应用范围如表 5-1 所示。(构造解析) 树脂产品的应力、变形解析：(流动解析) 模具内的树脂流动行为、冷接痕的推测：(热解析) 模具内的热传导、最终填充时的树脂温度分布的推定。

表 5-1 CAE 的应用



数据解析时,需要各种树脂各级别的数据库。建立数据库时,需要将固体物性和熔融体物性分开。通常的 Iupilon 固体物性如表 5-2 所示。

表 5-2 Iupilon 的机械性质  
(杨式模式、剪切系数、泊松比、线膨胀系数)

	Iupilon S-2000	GS2015 M	GS2020M	GS2025M	GS2030
杨氏剪切模量 (kg/cm <sup>2</sup> )	23.0 × 10 <sup>3</sup>	39.8 × 10 <sup>3</sup>	46.9 × 10 <sup>3</sup>	59.0 × 10 <sup>3</sup>	80.8 × 10 <sup>3</sup>
剪切模量 (Kg/cm <sup>2</sup> )	7.97 × 10 <sup>3</sup>	14.6 × 10 <sup>3</sup>	17.2 × 10 <sup>3</sup>	21.8 × 10 <sup>3</sup>	29.9 × 10 <sup>3</sup>
泊松比	0.38	0.365	0.36	0.355	0.355
线膨胀系数 α (10 <sup>-5</sup> cm/cm, °C)	5.72	2.84	2.41	2.15	1.78
	6.36	5.41	5.35	5.05	4.80
	6.57	3.08	2.62	2.45	2.26
	7.07	6.35	6.17	6.00	5.86

- 注) 1)弹性模量, E  
2)剪切模量, G=E/(1+ν)  
3)泊松比,ν  
4)线性膨胀系数, α

融体的物性: 图 5-5 为粘度数据, 图 5-7 为热传导率数据, 图 5-8 为 P-ν-T 数据。

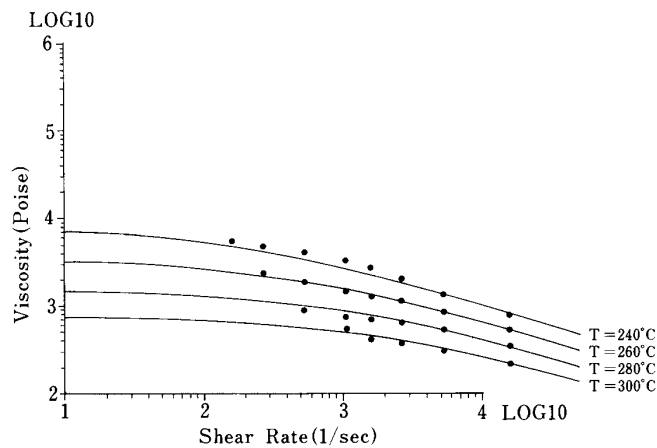


图 5-1 粘度曲线 (Iupilon H-4000)

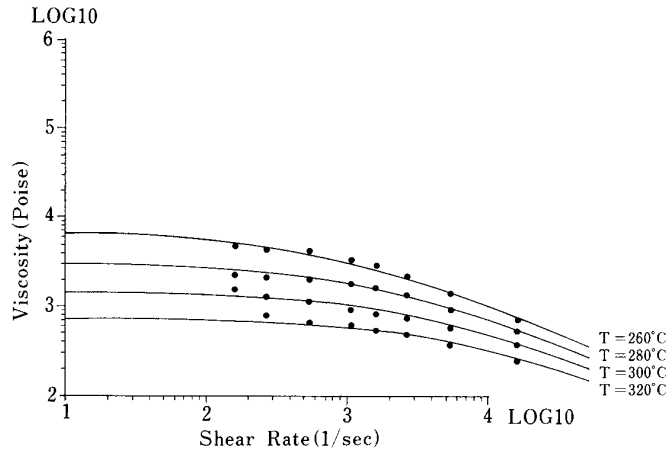


图 5-2 粘度曲线 (Iupilon H-3000)

Iupilon S-3000流动解析用树脂数据

比热 (Single-point polymer specific heat)  $2.2858E+03$  J/Kg.deg-C

热传导率 (Single-point polymer thermal conductivity)  $2.6000E-01$  W/m-K

密度 (Constant polymer density) 固体 (solid density) :  $1.2000E+03$  kg/m<sup>3</sup>

熔融 (melt density) :  $1.0500E+03$  kg/m<sup>3</sup>

固化温度 (Freeze Temperature) 144 °C

流动停止温度 (No Flow Temperature) 170 °C

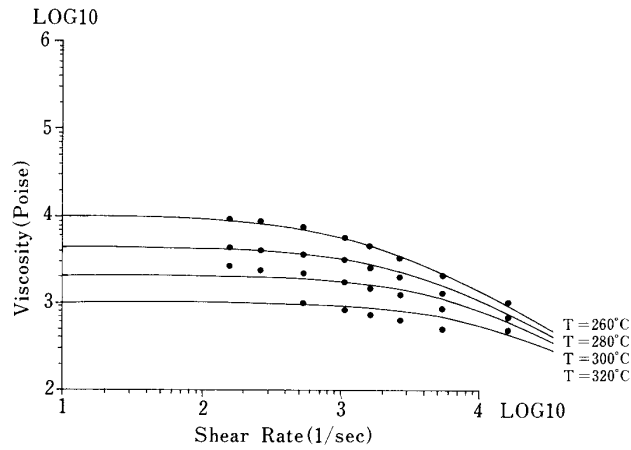


图 5-3 粘度曲线 (Iupilon S3000)

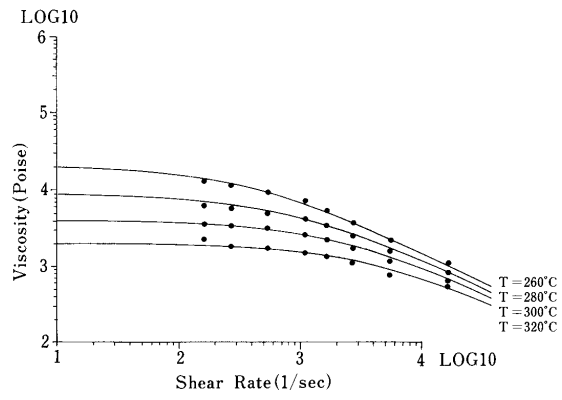


图 5-4 粘度曲线 (Lupilon S2000)

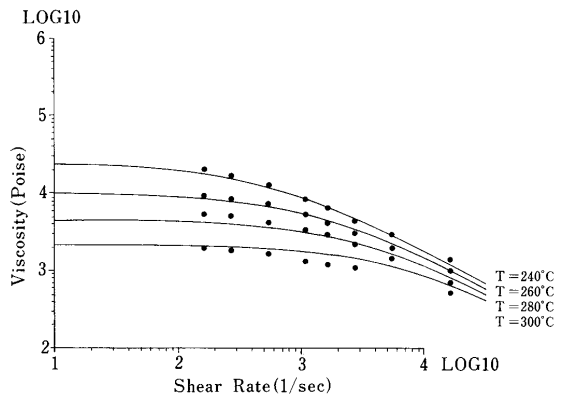


图 5-5 粘度曲线 (Lupilon S1000)

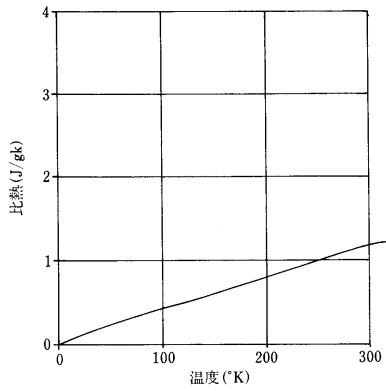


图 5-6 比热数据

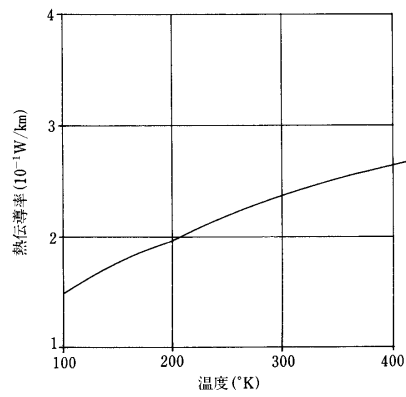


图 5-7 热传导率数据

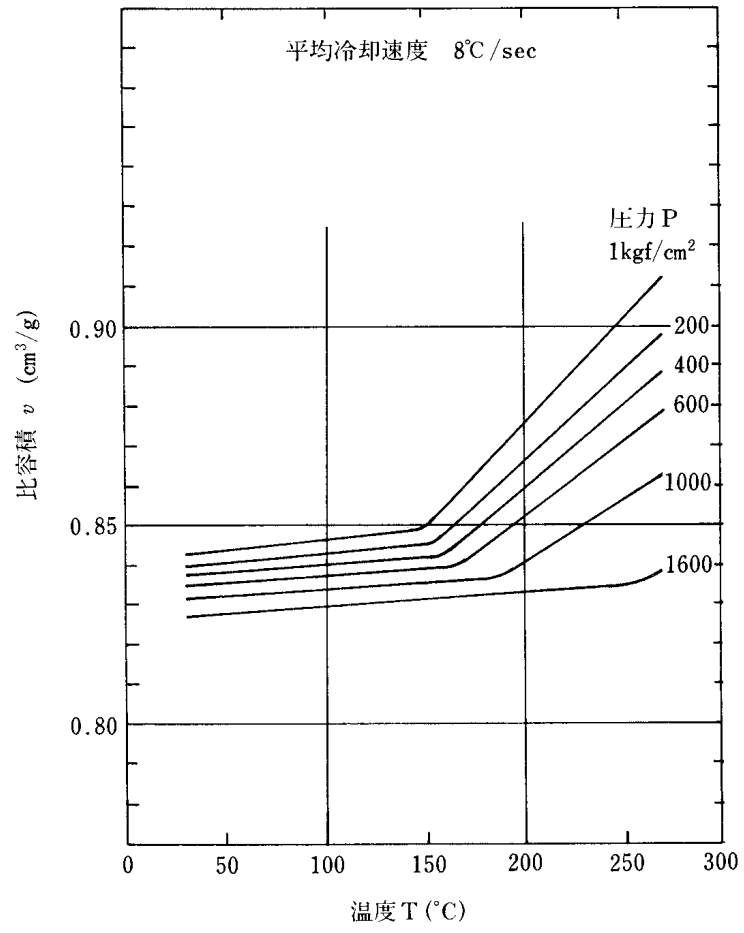


图 5-8 P— $v$ —T 数据

## 6. 热流道成型

IUPILON 和 NOVAREX 的热流道成型是为了削减冷流道从而减少成本，另外减轻冷流道的压力损失从而提高流动性。

针对不同加热方式，不同的浇口封闭方式，我们开发出了相对应的热流道系统加热方式。

不同加热方式的有利点和不利点：

(1) 内部加热方式 加热器的位置和模腔有一定距离，所以具有隔热作用。

(2) 外部加热方式 虽然流路很简单，但是需要对模腔进行隔热操作。

不同浇口封闭方式的有利点和不利点：

(1) OPENGATE 方式 构造控制简单，必须松退，对浇口有限制。

(2) 机械封口方式 压力损失很少，浇口封闭性很好，无垂涎牵丝现象，但是反面构造复杂，多点浇口的情况下，对浇口间距间有限制。

(3) 冷封口方式 对浇口直径有限制，多点浇口的情况下，取得浇口平衡很难。

选择热流道系统时的注意点

1, 无树脂停留现象。

2, 构造尽量简单。

3, 无垂涎，牵丝现象，或者很易调整。

4, 浇口部有隔热效果。

5, 换色简单。

6, 采用阀式浇口时，顶针的进出部容易滞留树脂，注意不要发生偏芯。

7, 维护容易

8, 浇口直径越大，压力损失越小等。

## 7 Lupilon 的再生

使用 Lupilonr 的再生材时，建议在新材料中添加 20-30%的再生材。

采用 LupilonS-3000R，再生材 100%与含再生材 30%混合材的比较结果如表 7.1，表 7.2 所示。使用 100%的再生材时，由于重复使用而造成分子量的低下，黄色色变的增加，光线透过率下降。而相对来说，含 30%再生材的物性无变化。

表 7-1 LupilonS3000R(再生材 100%)的物性

再生 立回数	试验项目 单	分子量	全光线 透过率	雾度	黄变 度	拉伸屈服 强度	拉伸断裂 强度	拉伸伸 长率	Izod 冲击值
		$\times 10^4$	%	%	Mpa(kg/cm <sup>2</sup> )	Mpa(kg/cm <sup>2</sup> )	%	J/m kg·cm/cm	
0 回		2.3	88.8	1.7	—	62.6(638)	68.2(695)	120	858(87.5)
1 回		2.3	87.2	2.1	2.5	61.8(630)	63.8(651)	112	784(70.9)
2 回		2.2	86.2	2.1	5.2	61.8(630)	66.1(674)	113	782(79.7)
3 回		2.2	85.8	2.3	8.1	61.9(631)	61.8(630)	104	828(84.4)
4 回		2.2	84.2	2.6	10.9	61.8(630)	60.8(620)	95	782(79.7)
5 回		2.2	82.7	3.0	14.6	61.9(631)	63.3(645)	109	862(87.9)
6 回		2.1	81.5	4.1	18.2	61.7(629)	65.3(666)	113	715(72.9)
7 回		2.1	80.4	3.8	19.3	61.6(628)	64.2(655)	110	870(88.7)
8 回		2.1	79.1	4.3	25.0	61.7(629)	60.6(618)	98	870(88.7)
9 回		2.1	78.3	4.2	28.9	61.7(629)	62.4(636)	104	786(80.1)
10 回		2.1	77.4	5.1	30.9	61.6(628)	62.0(632)	102	844(86.1)

注: 1)  $\Delta YI = (Y \cdot I) - (Y \cdot I)$  (Y · I) (Y · I)

2) 厚度 3.2mm, R0.25V 形槽



表 7-2 LupilonS3000R(再生材 30%)的物性

再 立 回 数	试验项目 单 目	分子量	全光线	雾度	黄变	拉伸屈服	拉伸断裂	拉伸伸	Izod 冲击值
		×10 <sup>4</sup>	%	%	度	强度	强度	长 率	
						Mpa(kg/ca)	Mpa(kg/ca)	%	J/m
						( )	( )		kg · cm/cm
0 回		2.3	88.8	1.7	—	62.6(638)	68.2(695)	120	858(87.5)
1 回		2.2	88.2	1.2	1.2	61.9(631)	69.2(706)	120	861(87.8)
2 回		2.2	87.9	2.0	1.7	61.9(631)	72.6(740)	127	856(87.3)
3 回		2.2	88.0	1.2	2.0	62.3(635)	68.6(700)	121	854(87.1)
4 回		2.2	88.0	1.3	1.9	62.2(634)	66.2(675)	123	856(87.3)
5 回		2.2	88.0	1.0	1.9	62.1(633)	71.4(728)	129	900(91.8)
6 回		2.2	88.2	1.0	2.5	62.2(634)	67.9(692)	119	870(88.7)
7 回		2.2	88.0	1.5	2.0	62.2(634)	70.9(723)	124	863(88.0)
8 回		2.2	88.0	2.0	2.5	61.8(630)	71.4(728)	129	856(87.3)
9 回		2.2	88.0	1.0	1.8	61.7(629)	67.6(689)	121	858(87.5)
10 回		2.2	88.0	1.4	1.8	61.3(625)	70.9(723)	128	868(88.5)

IupilonGS2010M(含玻璃纤维)的再生次数与强度的关系如表 7-3 所示。由于再生材重复使用，玻璃纤维被破坏，强度下降。含有再生材 30%的混合材料与 100%的再生材比较，强度没有明显下降。

在表 7-4 中总结了使用再生材而导致材料性能下降的各种原因。再生材料，除了材料本身的劣化原因外，还必须注意因为异物的混入而造成材料性能下降。

在使用再生材时，必须注意以下各点。

(1) 因为再生材的比率根据材料本身的热稳定性（有无添加剂、填料）、成型条件（成型温度和停留时间、再生材的管理状态等条件而变化，所以必须根据各类材料的性能及成型条件来决定混合比率。

(2) 尽量不要在再生材中混入异物（别种树脂、垃圾、脱模剂、油、嵌入五金具等）。在使用透明材料成型时、如果混有脱模剂的话，成型品会发生白化。

(3) 对于眼镜镜片、光学镜片、光盘等不可混入污染物的产品，尽量不要使用再生材。

(4) 小螺杆使用粉碎再生材的时候，塑化时的计量容易发生偏差，精密产品的尺寸容易偏离公差范围。

(5) 对于嵌件成型品，尽量在成型后嵌入。

表 7.3 玻璃纤维增强 PCD 的再生实验结果

分类	再生次数	平均纤维长 ( $\mu\text{m}$ )	弯曲强度 $\text{Mpa}(\text{kgf}/\text{cm}^2)$	弯曲弹性率 $\text{Gpa}(\text{kgf}/\text{cm}^2)$
新材	——	241	112(1220)	3.53(36000)
100%再生	1	187	111(1130)	3.30(33700)
	2	154	105(1070)	3.10(31600)
	3	146	102(1040)	3.03(30900)
	4	140	109(1110)	2.96(30200)
30%再生	1	——	116(1180)	3.38(34506)
	2	——	116(1180)	3.40(34700)
	3	——	116(1180)	3.40(34700)
	4	——	116(1180)	3.40(34700)

注：1) IupilonGS2010M(玻璃纤维 10%)

表 7-4 再生材的性能低下的诸项原因

主要原因	内 容
材料的热劣化以及填充材料的破碎	热稳定剂 着色剂的种类及填充材料的种类、形状
由于加工条件而产生的劣化	预备干燥（温度、时间） 成形温度 成形周期 成型机容量
混入异物	脱模剂的混入(前次成形时使用的喷码型脱模剂的附着) 油的附着（模具油） 焦油的垃圾（碳化物）的混入 金属粉末的混入（嵌入五金零件或其它） 别种树脂的混入 其它污染物

表 7-5 污染物的分析结果

污染物的大小（ $\mu$ m)	0.5-0.5	1-2	2-5	5-10	10-21
新材	12000	200	50	0	0
再生 20%品	522320	5290	680	100	0
再生 30%品	858710	8790	1220	90	10
再生 50%品	1406230	16680	2000	200	10

注) 测定法：激光光散乱方式 HIAC/ROYCO 4000 型

材料：IupilonH3000R

## 8. Iupilon 退火处理

### 8.1 退火处理

通常、有几项原因会引起残留应力。根据经验，特别是浇口的附近、成型品的边缘部、产品壁厚变化大的地方的残留应力比较大。

如果成型品有残留应力的话，一旦接触油、凡士林、印刷油墨、涂料、稀释剂等，会产生龟裂。

为了消除成型品的残留应力，在比 PC 的玻璃化温度 ( $T_g=145$  度) 低约 20 度左右的温度下加热，在这个温度下保温一定的时间，然后缓慢冷却到室温。这个过程一般被称为退火处理。Iupilon 的退火条件为 120-125 度下 1-2 小时保温。如果产品形状简单、壁薄的话，处理时间比较短，如果形状复杂，产品壁厚的话，出于安全考虑，处理 2-3 小时也可以的。厚 3.2mm 的拉伸试验片与 6.4mm 的弯曲试验片作为试样，调查退火处理时间与残留应力的结果如图 8-1 所示。

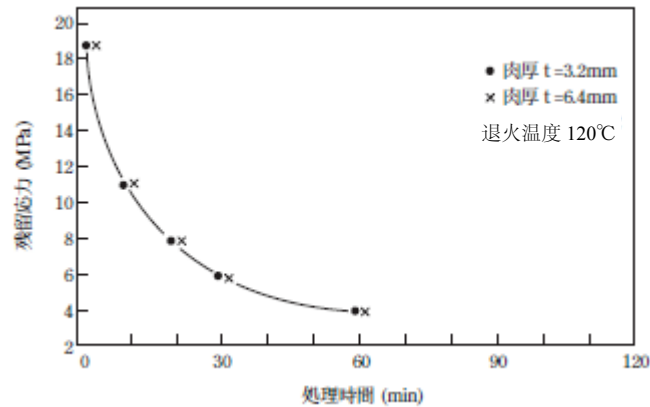


图 8-1 淬火处理时间与残留应力

从图 8-1 可以得知，与试样的厚度无关，随着处理时间的增加，残留应力减少。

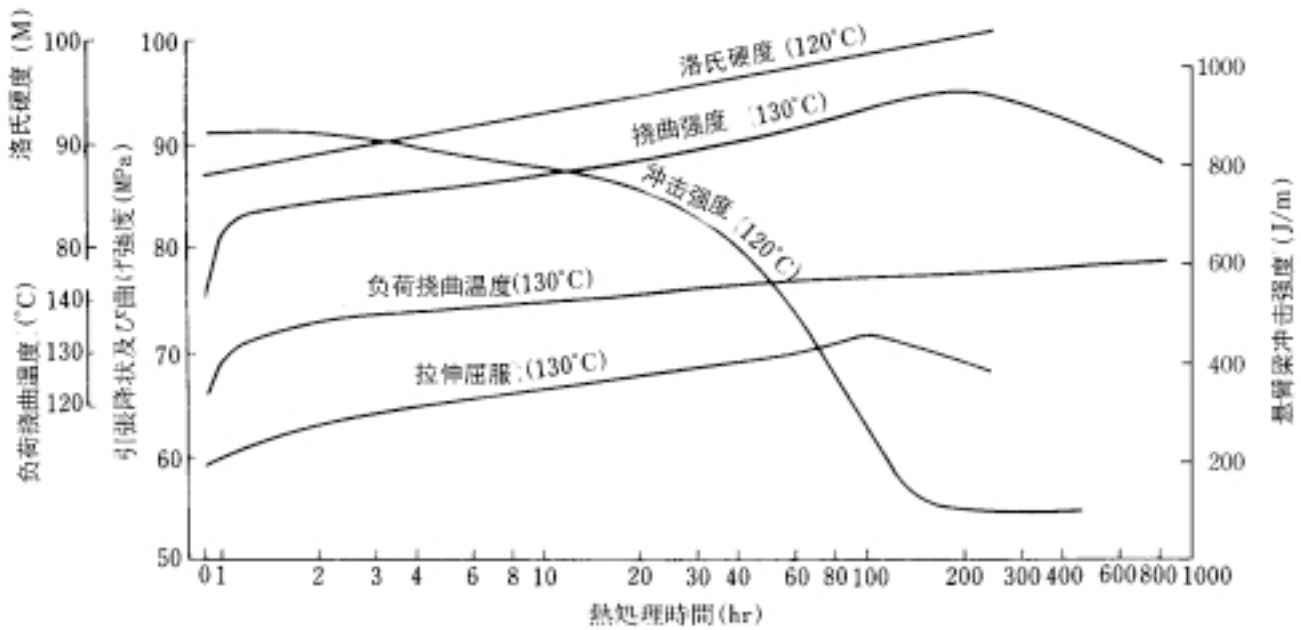


图 8.1-2 Iupilon/NOVAREX 热处理导致的物性变化

退火前浇品附近与边缘处集中发生龟裂，就整体来说，表面层多有残留应力发生。本试验品因产品形状简单，处理 30 分钟，仅有少量龟裂发生，促进了应力缓和。

残留应力的检验方法可采用正丁醇与四氯化碳的混合溶剂浸泡法。

退火处理的加热方式通常采用热循环式烤箱。其它种类的树脂可采用水、油加热方式，而 Iupilon 的话，容易诱发加水分解和溶剂龟裂，发尽量不要使用这两种方式。

对 Iupilon 进行退火处理，易造成以下后果。

- 1) 进行长时间的退火会造成冲击强度的下降
- 2) 因为加热收缩，尺寸会发生变化。(温度 120 度时，加热收缩率为 0.1—0.15%)
- 3) 成本上升。

所以尽量不要进行退火处理。

Iupilon 的场合下，采用退火处理的主要目的是为了消除残留应力。除了必须采用退火处理的情况以外，可以通过调整产品设计与成形条件来减少残留应力。

最近，作为高效的退火方法，开发了远红外线方法以。此方法比历来的方法节省 1/3—1/2 的时间。

## 8·2 热风/远红外线并用退火的效果

通过测定成型品退火后的残留应力以及成型品表面温度，内部温度，以下效果得以确认。

- (1) 热风远红外线并用加热与只使用热风单独系加热相比，能缩短3到4倍的时间。
- (2) 在远红外线单独加热的情况下，虽然提高加热器温度能迅速加快加热速度，但是可能导致加热过度的危险。
- (3) 在热风远红外线并用加热的情况下，即使不使电流通过远红外线的加热器，使用热风加热的话，成型品温度会和通电时几乎同样的速度上升。
- (4) 成型品的加热温度对退火时间起了决定性的作用。成型品温度达到了120度以后，五分钟后退火即可完成。

表 8·2·1 退火后的悬臂梁冲击强度的变化

实验材料：IUPIILON S-3000 (t=3.2 冲击片 0.25R 带缺口)

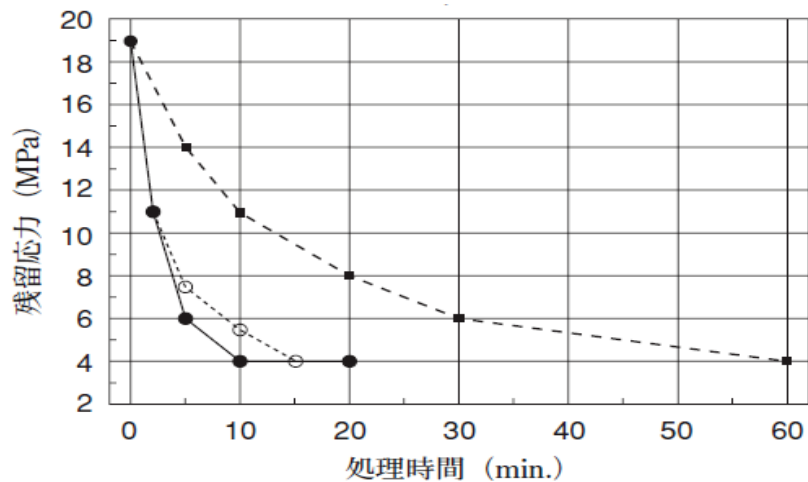
远红外线退火			烤箱退火		
处理时间 (min)	IZOD 强度 (J/m)	脆性破坏 n=5	处理时间 (hrs)	IZOD 强度 (J/m)	脆性破坏 n=5
0	821	0/5	0	821	0/5
1	870	0/5	1	811	0/5
3	835	0/5	3	665	1/5
5	830	0/5	5	532	2/5
10	830	0/5	10	262	4/5

退火条件：远红外线退火 显示屏温度 180℃

热风温度 140℃

烤箱退火 120℃

样品厚度：3.2mm



热风 (120℃) 单独      热风 (120℃) + 远红外线 (135℃)      热风 (120℃) + 没通电?? ?

---■---

—●—

---○---

图 8·2-1 平板上残留应力减少曲线

本技术已由本公司的母公司三菱瓦斯化学株式会社申请专利。

(登记号码：2077432 登记时间：1996年8月9日登记)