

聚甲醛树脂  
Polyacetal (POM)

**DURACON® (夺钢®)**

成型技术



宝 理 塑 料

# 夺钢<sup>®</sup> POM

聚甲醛树脂

## 成型技术

### 目录

1. 导言 .....	2
2. 成型作业中的安全卫生.....	2
2.1 成型作业中的注意事项.....	2
2.2 卫生.....	3
2.3 成型机的启动、停止及材料的切换.....	3
3. 成型机.....	4
3.1 成型机的选择.....	4
3.2 塑化机构.....	4
3.3 注射机构.....	4
3.4 喷嘴结构.....	4
4. 成型条件 .....	5
4.1 标准成型条件.....	5
4.2 预备干燥.....	5
4.3 料筒温度.....	6
4.4 模具温度.....	7
4.5 注射压力.....	7
4.6 注射速度.....	8
4.7 螺杆转数及背压 .....	8
4.8 成型周期.....	8
4.9 模垢对策.....	12
5. 再生品的使用 .....	13
6. 成型加工特性 .....	13
6.1 流动性 .....	13
6.2 成型收缩率 .....	14
6.3 后收缩及吸水尺寸变化.....	15
6.4 热稳定性.....	17
7. 成型品设计 .....	18
7.1 制品设计要点.....	18
7.2 尺寸精度.....	18
7.3 变形.....	19
7.4 尺寸管理法 .....	24
7.5 成型品强度 .....	24
8. 模具设计 .....	26
8.1. 流道.....	26
8.2 浇口.....	28
8.3 脱模斜度.....	28
8.4 根切.....	29
8.5 排气口 .....	29
8.6 模具温度调节.....	30
8.7 模具材质.....	31
9. 成型不良及其对策 .....	33

DURACON®、夺钢®是宝理塑料株式会社在日本及其他国家持有的注册商标。

# 1. 引言

夺钢® POM 在化学上被称为共聚甲醛，是一种结晶度高的热塑性工程塑料。由于该材料具有优异的机械特性和良好的成型加工性，被广泛运用于各个领域，其应用范围也越来越广。

夺钢的成型加工法包括注射成型法、挤出成型法和吹塑成型法，一般广为采用的是注射成型法。这里我们将对夺钢的注射成型法、以及在使用夺钢时如何充分发挥其高强度性能和尺寸精度、合理而经济的方法和技术做一介绍。我们以夺钢中使用最广泛的非增强型( M90-44: 普通型 ,M270-44: 高流动型 ,M25-44: 高粘度型 ) 为例进行介绍。图表中未标明品级的是对 M90-44 进行的试验评估。在夺钢品级中，除了有非增强等级之外，还有玻璃纤维增强材料和各种充填增强材料，有关于这些内容，请参照制品介绍、技术支持、以及物性与成型性数据库。

## 2. 成型作业中的安全卫生

### 2.1 成型作业中的注意事项

分解	<p>为了避免材料发生分解，请按下列树脂温度和料筒内滞留时间进行设定。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>· 适宜的树脂温度: 190 ~ 210 (请勿加热到 250 以上。)</li><li>· 料筒内滞留时间</li></ul> <table border="1" data-bbox="432 965 1080 1151"><thead><tr><th>树脂温度</th><th>料筒内滞留时间</th></tr></thead><tbody><tr><td>200</td><td>60 分以内</td></tr><tr><td>210</td><td>30 分以内</td></tr><tr><td>230</td><td>10 分以内</td></tr></tbody></table> <p>若成型中断时，请置换料筒内材料，降低料筒温度。如果发生过热或疑似过热的现象时，请降低料筒温度，用新材料置换过热的材料。此时，应将置换出的熔化物投入水中冷却，抑制气体的散发。并且，置换时请戴好防护眼镜和手套，切勿将手或脸靠近喷头前端。氯乙烯等氯系材料或含有卤素等难燃成分的材料会促进夺钢® POM 分解，所以，请不要将它们共同放入料筒内。</p>	树脂温度	料筒内滞留时间	200	60 分以内	210	30 分以内	230	10 分以内
树脂温度	料筒内滞留时间								
200	60 分以内								
210	30 分以内								
230	10 分以内								
气体	建议作业时保持局部或整体通风。								
操作	洒落在地面上的粒料有可能使人摔倒，建议及时清除。								

## 2.2 卫生

由于甲醛气体会刺激眼睛和喉咙，使人感到不舒服，长期吸入超过一定浓度的该气体对身体不利。因此，建议作业时保持局部或整体通风。虽然对甲醛的耐受限度因人而异，不能一概而论，但其范围是 0.05 ~ 0.06ppm。关于甲醛的最大容许浓度，日本产业卫生学会的建议值为 8 小时 0.1ppm；美国为 8 小时 0.75ppm。

## 2.3 成型机的启动、停止及材料的切换

### (1) 前次材料是夺钢时

原样接通加热器，待喷嘴及料筒温度升至设定温度，经过几次反复射料后，即可开始成型。此时，要事先检查喷嘴部分确已熔开（可通过喷嘴的“流涎”进行检查）。在夺钢成型状态下停止成型机时，先要停止材料供给，一直到喷嘴不出材料后，再切断加热器。

### (2) 前次材料不是夺钢时

#### (a) 可直接使用夺钢置换时

当树脂的成型温度与夺钢相同、且热稳定性好时，可直接使用夺钢进行置换。如：聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、AS 等、以及其它聚甲醛树脂。

#### (b) 需要先用聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯等材料置换一次后，再用夺钢置换时。

当树脂的成型温度比夺钢高（如：聚碳酸酯、尼龙、PBT、PET、PPS 等）或相反，成型温度比夺钢低，并在夺钢的成型温度下有可能分解的材料（如：聚氯乙烯等）时，首先将料筒温度提高到前次材料的成型温度，置换成聚乙烯、聚苯乙烯，聚丙烯，然后将温度改为夺钢的成型温度，再使用夺钢进行置换。

#### (c) 前次材料难以排净时

前次是黑色等浓色材料，料筒很难被清洗时，使用自然色的玻璃纤维增强树脂进行置换，即可清扫干净。另外，还可以使用市场销售的料筒清洗剂。

### (3) 从夺钢置换成其它树脂

从夺钢置换为与夺钢成型温度相同的树脂时，可直接使用该树脂；从夺钢置换为与夺钢成型温度不相同的树脂时，请先在夺钢的成型温度下置换为聚乙烯，聚苯乙烯或聚丙烯，然后再改变成型温度置换为新树脂。

## 3. 成型机

### 3.1 成型机的选择

夺钢® POM 的成型不需要特殊规格的成型机,只要选用一般市场上有售的成型机即可。选择成型机时,要根据成型品的一次注射量和投影面积来决定成型机的大小。即须以下面 2 点作为大致标准来选定:

一次注射量 = 注射容积 × 20 ~ 80% ( 如果可能, 则 30 ~ 50% )

合模力 > 成型品的投影面积 × 50 ~ 70MPa

### 3.2 塑化机构

虽然希望螺杆结构能使树脂的温度分布尽量窄、混炼好,但是对于夺钢来说,主要使用通用螺杆,一般无须指定螺杆结构。在螺杆结构中,最重要的一点就是逆止阀。这是为了防止保压工序中熔融树脂回流到料斗处,以对模腔充分施加压力。如果逆止防止不充分,就会引起凹痕、气泡(空洞)、尺寸波动及强度下降等问题,我们必须注意到这一点。

### 3.3 注射机构

在注射机构中,存有注射率和注射速度的方式控制两个问题。当成型品厚度较薄、或流道细且多模腔时,最好使用注射率大的成型机。但是,并非所有情况都需要高速注射。最佳注射速度因成型品的形状而异,如:为了解决流痕问题,降低通过浇口时的速度,可以得到良好的效果。

### 3.4 喷嘴结构

喷嘴有开式和闭式两种类型。夺钢一般用开式喷嘴即可没有问题地进行成型。开式喷嘴有时会出现流涎,但只要使用倒锥式喷嘴和闭式喷嘴即可防止流涎现象。闭式喷嘴有多种型式。注射时在树脂压力的作用下自动开启的型式的喷嘴可适用于夺钢的成型。

## 4. 成型条件

### 4.1 标准成型条件

夺钢® POM 的标准成型条件

预备干燥	: 80 ~ 90	× 3 ~ 4 小时
树脂温度	: 190 ~ 210	
模具温度	: 60 ~ 80	
注射压力	: 50 ~ 100MPa	
注射速度	: 5 ~ 50mm/s ( 0.3 ~ 3m/min )	
螺杆转数	: 100 ~ 150rpm	
成型周期 ( 注射+保压 )	: 浇口封闭时间+	
( 冷却 )	: 塑化时间或顶出时间	

### 4.2 预备干燥

夺钢® POM 的吸水率小且有防潮湿的包装，开封后如果立即使用，即使不进行干燥也可成型。但是，开封后在高湿度的环境下保管、或长期放置后，则需要进行预备干燥。成型时，粒料的吸水率大致为 0.1% 以下。

#### 预备干燥条件

- 标准 : 80 ~ 90 × 3 ~ 4 小时
- 发生模垢问题时 : 100 ~ 120 × 3 ~ 4 小时

#### 注意事项

- 使用抽屉式干燥机时  
粒料厚度定为 25mm 以下。
- 使用料斗式干燥机时  
调整风温、风量，使粒料温度达到推荐温度。  
在料斗内的停留时间不少于 3 ~ 4 小时。

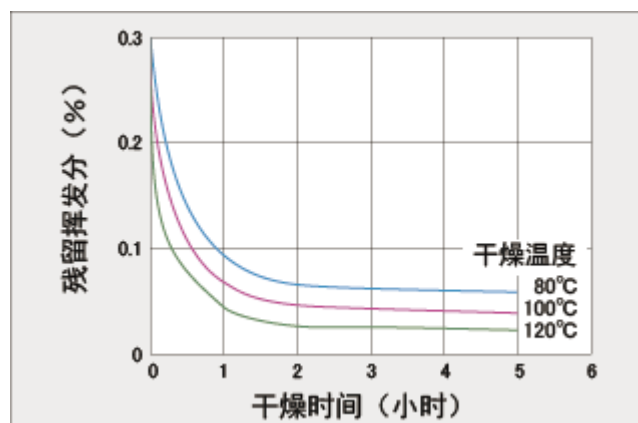


图 4-1 粒料干燥曲线

## 4.3 料筒温度

### 4.3.1 料筒温度的设定举例

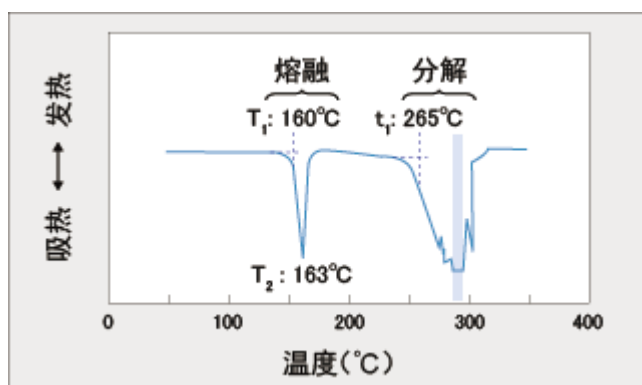
夺钢® POM 的熔点约为 165 ，但实际成型时的树脂温度应以 190~210 （最好 200~210 ）为宜。树脂温度一般高于料筒的设定温度（前部）10~15 。下面是料筒温度的设定 举例，建议大家将温度计插入从喷嘴空喷出来的熔融树脂中进行实际测量。

料筒温度的设定举例

后部（料斗方面）	: 150~170
中部	: 170~190
前部	: 180~200
喷嘴	: 190~210

如果树脂温度不适当，则可能发生下列问题：

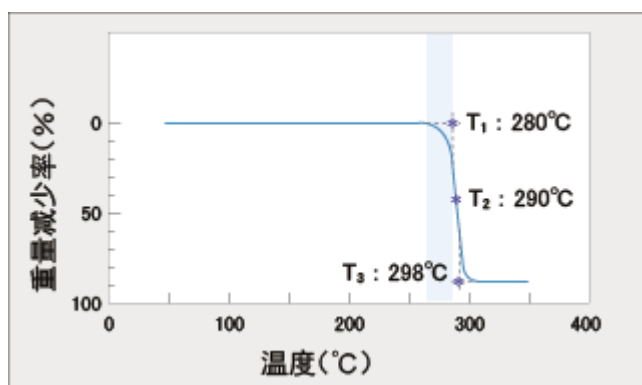
- 树脂温度过高时，发生材料分解、变色等。
- 树脂温度过低时，混入未塑化物。



测定条件  
升温速度: 5 /min  
试样重量: 14mg

温度项目  
T<sub>1</sub>: 熔融开始温度  
T<sub>2</sub>: 熔融吸热峰值  
t<sub>1</sub>: 分解开始温度

图 4-2 DSC 曲线



测定条件  
升温速度: 5 /min  
试样重量: 14mg

温度项目  
T<sub>1</sub>: 分解开始温度  
T<sub>2</sub>: 50%分解温度  
T<sub>3</sub>: 分解終了温度

图 4-3 TG 曲线

### 4.3.2 因滞留而引起的变色

成型品的变色取决于树脂温度和树脂在料筒内的滞留时间。虽然因树脂类型不同而有所不同，但夺钢 M90-44 的变色界限基本如图 4-4 所示。与物性降低相比，其容许滞留时间更由变色来决定。

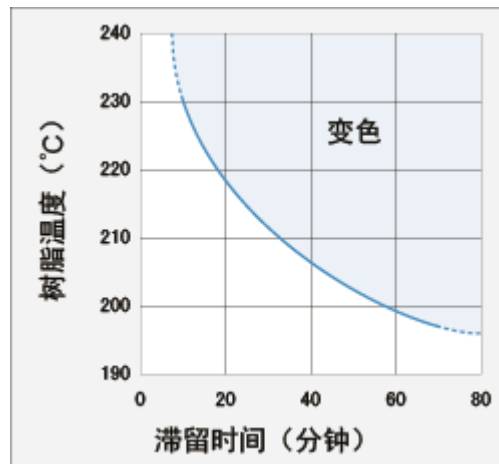


图 4-4 耐热变色区域

### 4.4 模具温度

夺钢成型时的标准模具温度为 60 ~ 80 ，需要按照成型品的物性、表面状态、使用中的尺寸变化、成型周期等品质要求进行模具温度的设定。例如:成型品的使用环境温度高时,为了防止发生尺寸变化,模具温度 必须高于使用温度或进行回火处理。如果外观要达到镜面要求, 则模具温度须设定为 120 左右。为了缩短成型周期,有时将模具温度设定为 30 ~ 40 的低温,此时应注意以下几点:

- 容易存在残留应力;
- 难以取得良好的外观;
- 使用温度高时,产生后收缩;
- 容易附着 MD (模垢);
- 容易引起充填不足。

而且,为了防止翘曲变形,还要考虑模具温度分布的均匀。

### 4.5 注射压力

夺钢的一般注射压力如下所示,但要根据流动性、收缩率和成型品物性等的影响来考虑决定,主要根据成型品的外观及尺寸来决定。

注射压力的设定举例

注射压力:100MPa 以上

保压力:50 ~ 100MPa

从注射工序到保压工序的切换点:充填了 80 ~ 90%模腔的点

另外,如果不象上述注射压力设定举例那样对注射压力和保压力进行区别,则可能发生下列问题:

- 注射压力过高时:产生飞边等
- 注射压力过低时:产生充填不足、凹痕、波纹、空洞等



## 4.6 注射速度

注射速度一般设定为 5 ~ 50mm/s ( 0.3 ~ 3m/min ), 但要根据成型品形状、厚度、品质要求、流道粗细、浇口尺寸等因素进行考虑决定。

- 速度宜快时:成型品薄、或因流道个数多而尺寸精度严格时。
- 速度宜慢时:因成型品厚而有空洞问题、或有流痕问题时。

另外, 如果注射速度不适当, 则有可能发生下列问题:

- 速度过快时:喷射纹、流痕、飞边、烧焦等。
- 速度过慢时:充填不足、波纹等。

## 4.7 螺杆转数及背压

从熔融树脂的温度波动来看, 螺杆转数慢、背压高是理想的。但考虑到生产率的因素, 一般进行如下设定:

设定举例

螺杆转数 : 100 ~ 150rpm

背压 : 0 ~ 5MPa

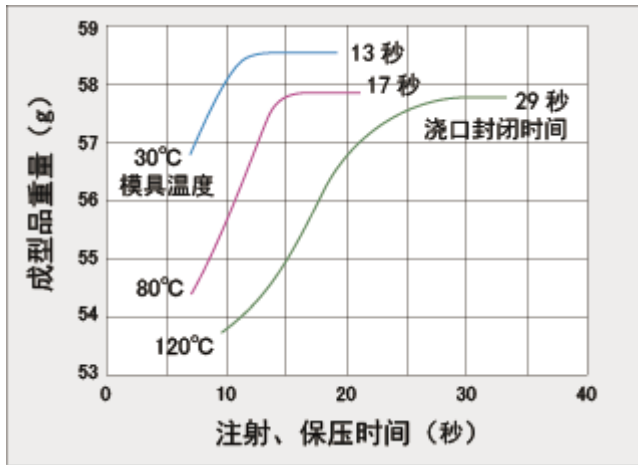
会因空气的卷入而计量不稳定; 背压过高时, 会产生喷嘴流涎、塑化时间延长的问题, 需要注意。

## 4.8 成型周期

### 4.8.1 注射、保压时间

注射、保压的合计时间要大于浇口封闭时间。这里所说的浇口封闭时间是指成型品重量达到恒定的最短时间, 见图 4-5。注射、保压的合计时间小于浇口封闭时间时, 有可能发生下列问题:

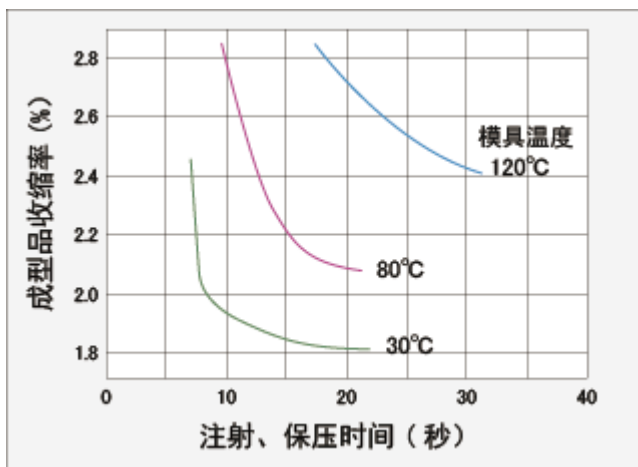
- 成型收缩率增大 ( 图 4-6 )。
- 尺寸波动增大 ( 图 4-7 )。
- 产生空洞、凹痕。
- 变形增大 ( 图 4-8 )。
- 冲击强度降低 ( 图 4-9 )。



成型条件  
 机筒温度: 190  
 注射压力: 75MPa  
 注射速度: 17mm/s

模具:  
 120 × 120 × 3mmt 平板  
 (侧浇口 4w × 2t)

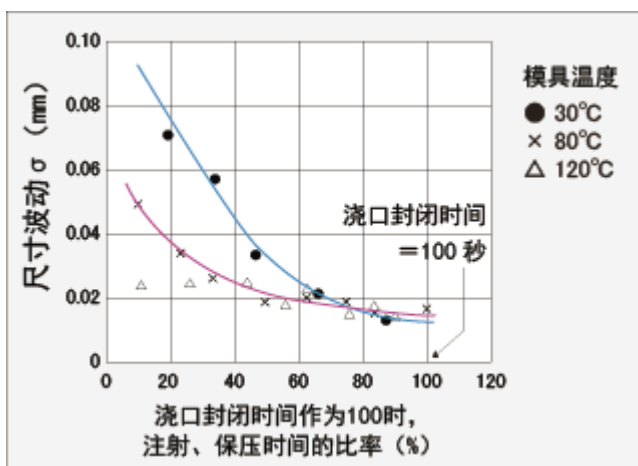
图 4-5 成型品重量与浇口封闭时间



成型条件  
 机筒温度: 190  
 注射压力: 75MPa  
 注射速度: 17mm/s

模具:  
 120 × 120 × 3mmt 平板  
 (侧浇口 4w × 2t)

图 4-6 成型品收缩率与浇口封闭时间



试片: ASTM 拉伸试片 (厚度: 3.2mm)  
 测定部位: 长度方向 (213mm)

图 4-7 尺寸波动与浇口封闭时间

浇口封闭时间因成型机容量与 1 次注射重量的关系不同而异。还因浇口大小、浇口部位的成型品厚度、以及成型条件的不同而异。所以，要对实际的成型品进行测定。表 4-1 和表 4-2 表示了试片数据，供作参考。

表 4-1 浇口封闭时间（侧浇口）

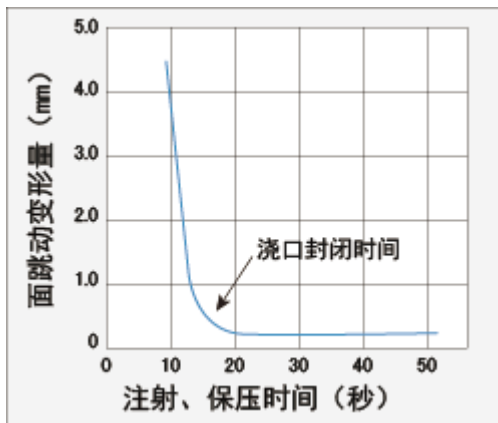
模具温度 ( )	制品厚度 (mm)	浇口尺寸 (w × t)	浇口封闭时间 (秒)		
			M90-44	GH-25	
40	1	2 × 1	4	-	
		2 × 1	9	6	
	2	4 × 2	9	6	
		2 × 1	11	10	
		4 × 2	17	10	
	3	6 × 3	20	11	
		2 × 1	14	11	
		4 × 2	20	15	
	4	6 × 3	26	16	
		1	2 × 1	4	-
		2	2 × 1	10	6
	4 × 2		10	7	
60	3	2 × 1	14	10	
		4 × 2	19	12	
		6 × 3	21	12	
	4	2 × 1	15	13	
		4 × 2	22	17	
		6 × 3	31	18	
80	1	2 × 1	5	3	
	2	2 × 1	11	7	
		4 × 2	12	7	
	3	2 × 1	17	14	
		4 × 2	22	14	
		6 × 3	24	15	
	4	2 × 1	18	16	
		4 × 2	27	20	
		6 × 3	34	21	

GH-25: 25%玻璃纤维增强型品级，试片: 80mm 正方形平板

表 4-2 浇口封闭时间 (点浇口)

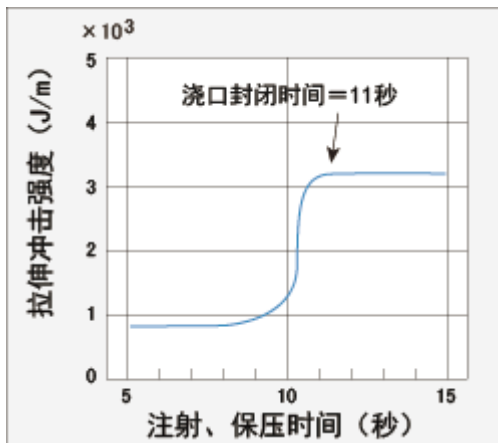
模具温度 ( )	制品厚度 (mm)	浇口尺寸 (Ø)	浇口封闭时间 (秒)	
			M90-44	GH-25
40	1	0.5	3.4	2.8
		1.0	3.4	2.8
	2	1.0	8.6	6.2
		1.5	9.0	6.4
	3	1.5	13.8	10.6
2.0		15.8	11.2	
60	1	0.5	3.8	2.8
		1.0	3.8	2.8
	2	1.0	9.8	7.0
		1.5	10.6	7.8
	3	1.5	16.6	12.8
2.0		18.2	12.8	
80	1	0.5	4.2	3.4
		1.0	4.2	3.4
	2	1.0	11.8	7.8
		1.5	12.6	9.0
	3	1.5	19.2	15.8
2.0		20.6	16.8	

GH-25: 25%玻璃纤维增强型品级, 试片: 50mm 正方形平板



试片:  
120mm × 2mmt 圆板  
(1.5mm 点浇口)

图 4-8 变形量与浇口封闭时间



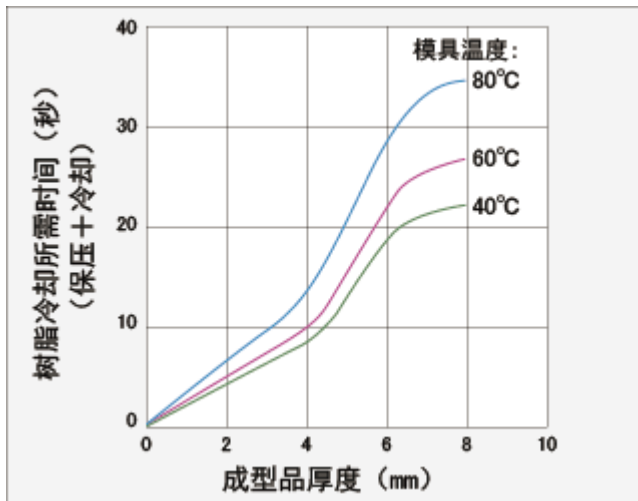
成型条件:  
机筒温度: 180  
模具温度: 80  
注射压力: 100MPa  
注射速度: 50mm/s

模具:  
拉伸冲击试片  
(2.5mm 点浇口)

图 4-9 冲击强度与浇口封闭时间

## 4.8.2 冷却时间

图 4-10 是通过测定夺钢® POM M90-44 成型品可顶出时间的实际测定和计算而得的，在图中可得出从固化到能够顶出时所需要的时间。一般而言，为了得到稳定的成型品，正如前面所述，希望保压时间大于浇口封闭时间。关于冷却时间建议您除了塑化时间之外，还要根据成型品顶出时间（保压时间+冷却时间）考虑决定。另外，在成型品厚度厚、象模芯过长不宜散热、以及有变形问题等情况下，有时需要更长的冷却时间。



试片:

80 × 80mm 平板，厚度 1 ~ 8mm

侧浇口:

2w × 1t (厚度 1 ~ 4mm 时)

4w × 2t (厚度 5 ~ 8mm 时)

计算方法:

根据用 80 × 80mm 平板可顶出的固化层的比例，推定一般成型品的比例，算出可顶出的时间。

图 4-10 成型品可顶出时间

## 4.9 模垢对策

长期使用夺钢® POM 成型时，模具表面就会附着某种析出物，因而有时成型品表面出现虫蛀形纹路、或产生尺寸公差偏离及脱模不良问题，这种析出物叫做模垢。在抑制模垢发生或防止模垢附着方面，有下列一些方法：

- 提高材料的预备干燥温度（通常为 60 ~ 80 ，此时提高到 100 ~ 120 ），去除粒料中残留的水分、甲醛水（导电等特殊型除外）。
- 树脂温度一般为 190 ~ 210 ，在这一范围内降低设定温度，抑制气体的发生。
- 考虑好成型机容量与 1 次注射重量的平衡，以免树脂在料筒内长时间停留。
- 低温模具容易附着模垢，所以要提高模具温度的设定（60 以上）。
- 在模具上设置排气口非常有效，流道上也要设置排气口。

## 5. 再生品的使用

图 5-1 表示了反复 100%回料时的物性变化，从中可见物性几乎没有变化。但是，颜色将会渐渐变化，故需注意。

使用回料时的注意事项：

- 在粉碎工序不要混入杂物或异种材料。... 有时杂物或异种材料会引起破坏。
- 不要有粒度粗大的再生品。... 造成塑化不良问题。
- 最好清除粉碎时产生的粉末。... 粉末的偏析有时会引起塑化不良问题。

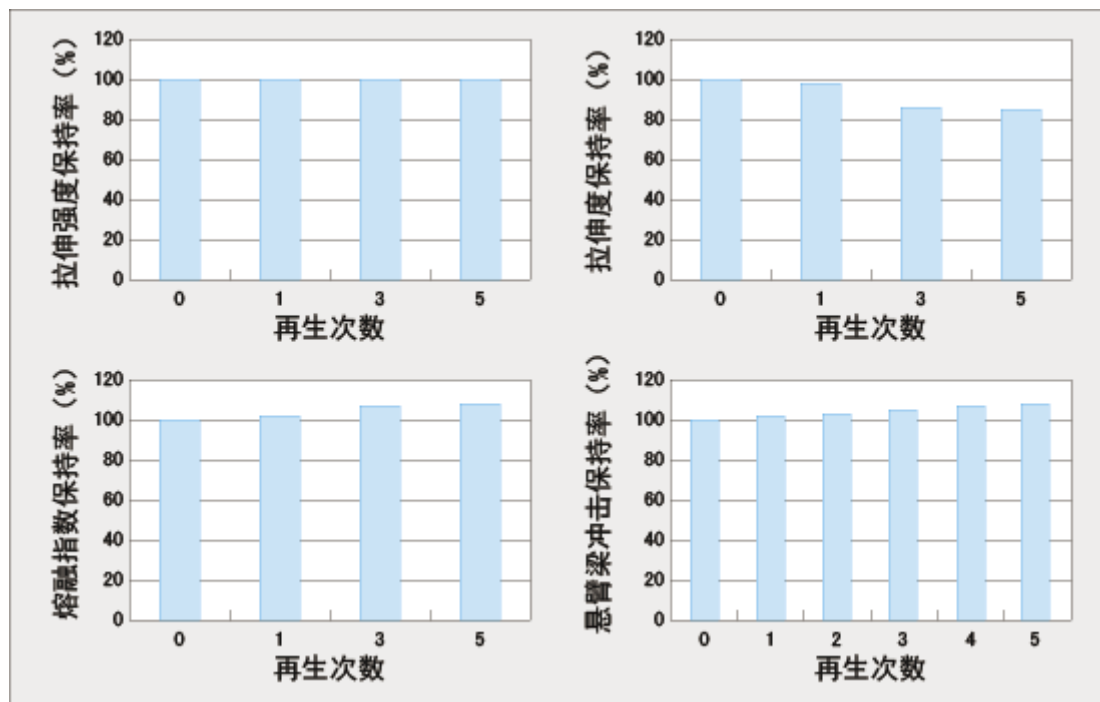


图 5-1 再生次数与物性

## 6. 成型加工特性

### 6.1 流动性

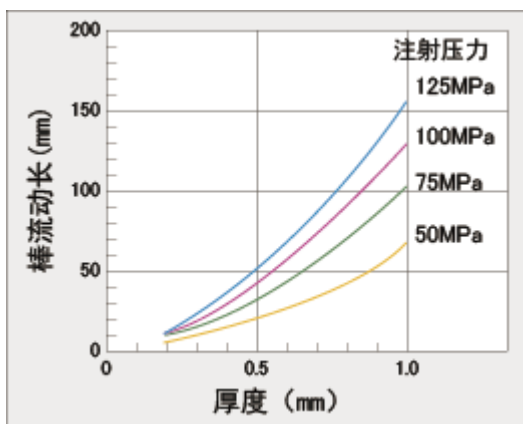


图 6-1 M90-44 棒流动长度 (薄部分)

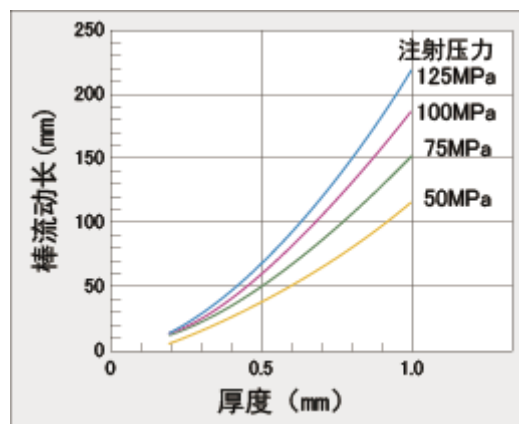


图 6-2 M270-44 棒流动长度 (薄部分)

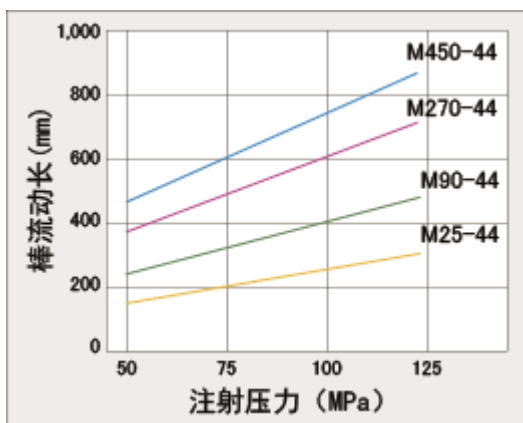


图 6-3 2mmt 棒流动长度

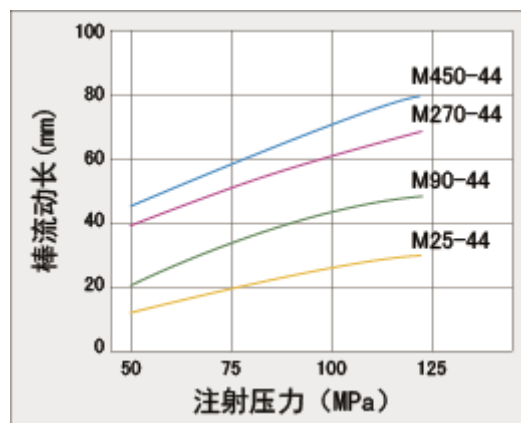


图 6-4 0.5mm 棒流动长度

成型条件: 料筒温度 190 , 模具温度 80 , 注射速度 67mm/s

## 6.2 成型收缩率

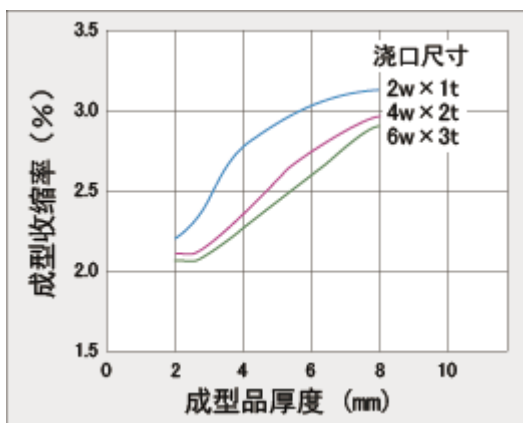


图 6-5 M90-44 成型收缩率 (侧浇口)

成型条件

注射压力: 50MPa

料筒温度: 190

模具温度: 80

注射速度: 50mm/s

模具 : 80 × 80mm 平板

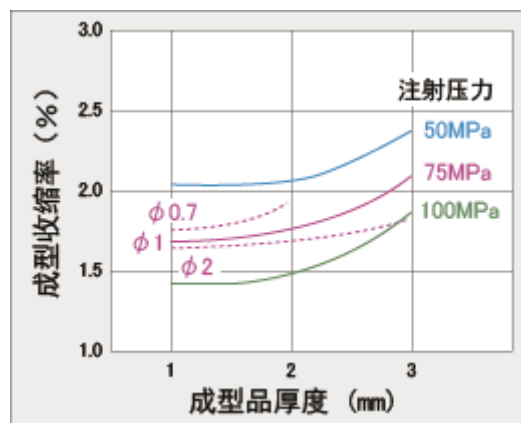


图 6-6 M90-44 成型收缩率 (点浇口)

成型条件

料筒温度: 190

模具温度: 80

注射速度: 17mm/s

模具 : 50 × 50mm 平板

点浇口 : 1.0

表 6-1 成型收缩率与成型条件的一般关系

	变化	成型收缩率	后收缩率
成型品厚度	增厚	加大	减小
浇口尺寸	扩大	减小	
模具温度	升高	加大	减小
树脂温度	升高	加大	
保压力	升高	减小	

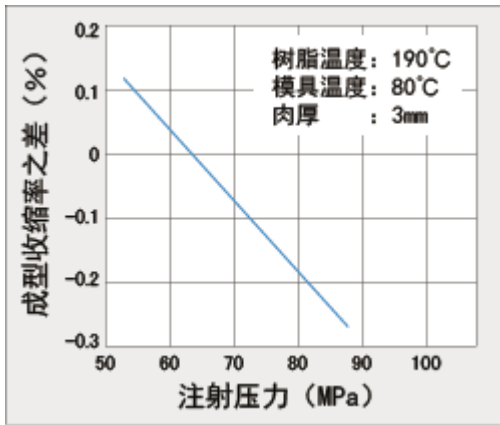


图 6-7 注射压力与成型收缩率

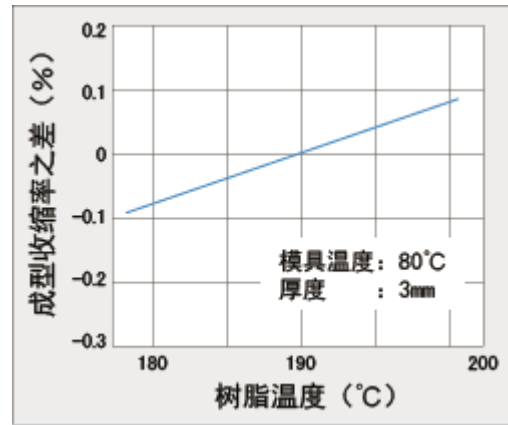


图 6-8 树脂温度与成型收缩率

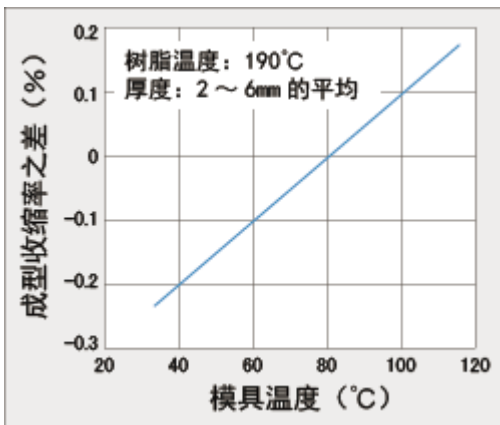


图 6-9 模具温度与成型收缩率

### 6.3 后收缩及吸水尺寸变化

#### 6.3.1 后收缩及回火

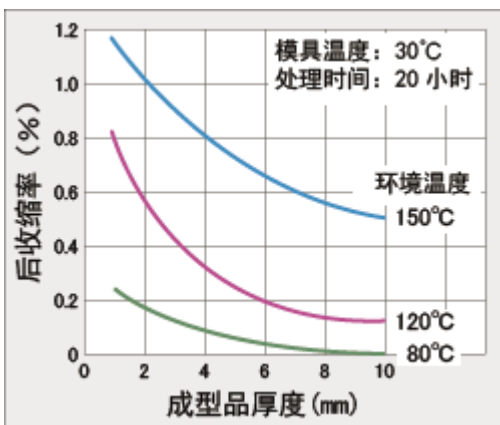


图 6-10 成型品厚度与后收缩率  
(模具温度 30 )

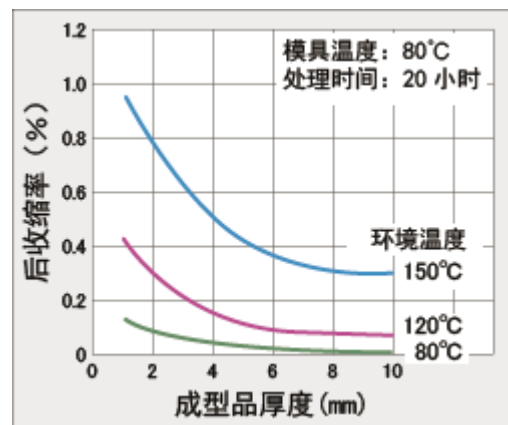


图 6-11 成型品厚度与后收缩率  
(模具温度 80 )



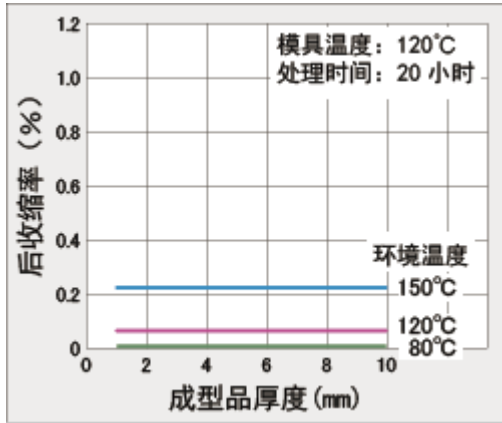


图 6-12 成型品厚度与后收缩率  
(模具温度 120 )

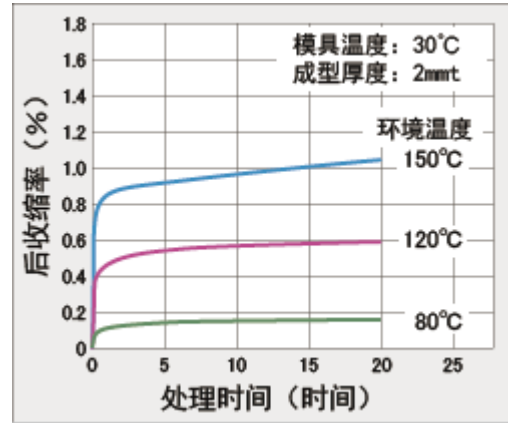


图 6-13 处理时间与后收缩率

出现制品性能和后收缩问题时，要参考它们的关系来决定模具温度及回火条件等。一般主要采用下列二种方法中的某一种：

- 用高温模具成型。
- 用低温模具成型，在高于使用上限的温度下进行回火处理。

除了上述提高尺寸稳定性的目的之外，有时还以去除残留应变为目的进行回火。但是，就一般的成型品而言，不需要进行回火处理。以去除残留应变为目的进行回火时，需要注意以下几点：

- 回火温度以 145 ~ 150 为宜。
- 金属嵌入品不可进行回火处理。
- 回火时间的大致标准为厚度 2 ~ 3mm 时，30 分钟。

### 6.3.2 因吸水而引起的尺寸变化

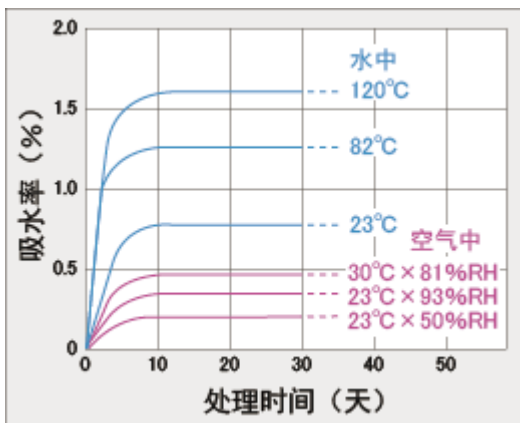


图 6-14 环境条件与吸水率

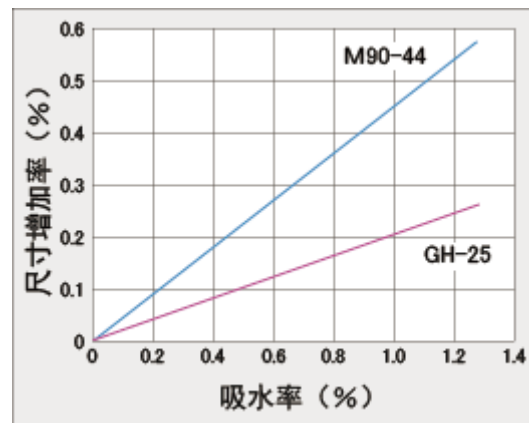


图 6-15 吸水率与尺寸变化

## 6.4 热稳定性

### 6.4.1 因料筒内滞留而引起的物性变化

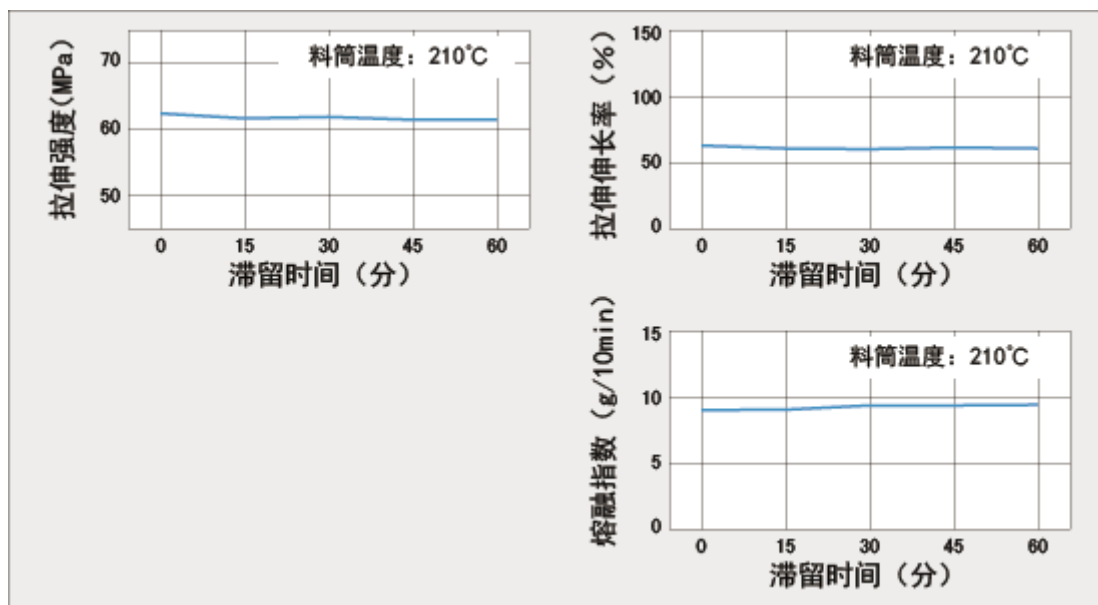
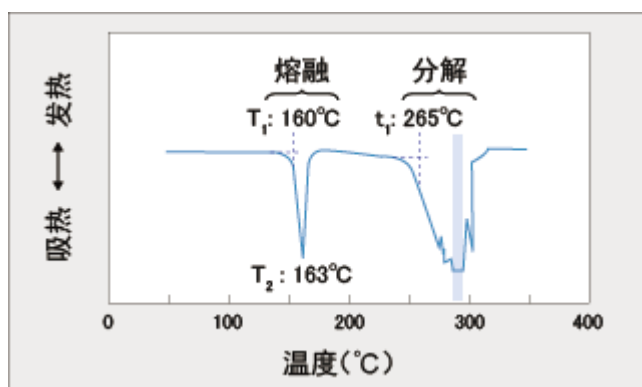


图 6-16 成型机料筒内滞留时间与物性

### 6.4.2 分解开始温度

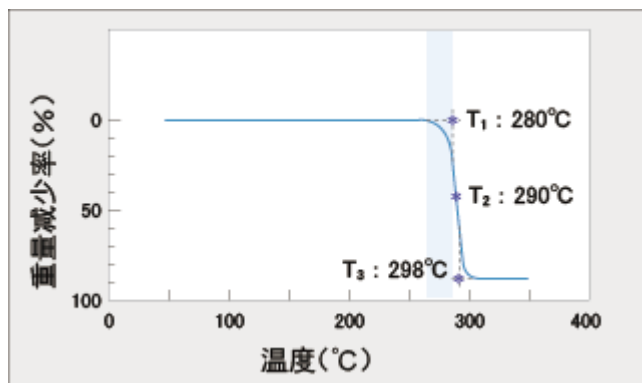
用 DSC (差式扫描热量仪) 及 TG (热天平) 对夺钢® POM 的分解开始温度进行测定, 得到如图 6-17 和图 6-18 所示的结果。从中可见: 夺钢的分解开始温度比均聚甲醛的高 20 ~ 30 、熔点比均聚甲醛低 10 , 所以夺钢的成型温度范围比均聚甲醛广。



测定条件  
 升温速度: 5 /min  
 试样重量: 14mg

温度项目  
 T<sub>1</sub>: 熔融开始温度  
 T<sub>2</sub>: 熔融吸热峰值  
 t<sub>1</sub>: 分解开始温度

图 6-17 DSC 曲线



测定条件  
 升温速度: 5 /min  
 试样重量: 14mg

温度项目  
 T<sub>1</sub>: 分解开始温度  
 T<sub>2</sub>: 50%分解温度  
 T<sub>3</sub>: 分解结束了温度

图 6-18 TG 曲线

## 7. 成型品设计

### 7.1 制品设计要点

- 均匀化  
消除因厚度不同而产生的收缩差异。掏取厚的部分，谋求均匀化，但要尽可能加大模芯。这是由于小模芯的温度增高会使成型周期延长。
- 薄壁化  
在确保性能上没有问题的范围内实施薄壁化。因为厚度薄对于成型周期更为有利。
- 对称形状化  
当四周有加强筋或凹状的定模与动模之间存有温差时,由加强筋的伸张或温度差引起的收缩不平衡,会导致翘曲等变形。此时,我们若采用对称形状则取得收缩平衡。
- 加强筋强化  
有时因形状的缘故,制品无论如何都会产生变形。此时,应采用辅助加强筋来矫正倾斜或翘曲,加强筋厚度与制品基体厚度之比为 1/3 ~ 1/2。

### 7.2 尺寸精度

#### (a) 一般尺寸公差

通常夺钢® POM 的尺寸公差是以美国 SPI 为标准,如图 7-1 所示。当精密成型时,尺寸公差如下所示:

- 20 ~ 40mm 时的尺寸公差为  $\pm 0.20 \sim 0.25\%$
- 80 ~ 100mm 时的尺寸公差为  $\pm 0.15\%$ 左右

采用多模腔成型时,尺寸波动一般要比一模一个来得大。所以,为了减少尺寸波动,我们可以调整树脂的流入平衡、降低模具表面温度的分布等。

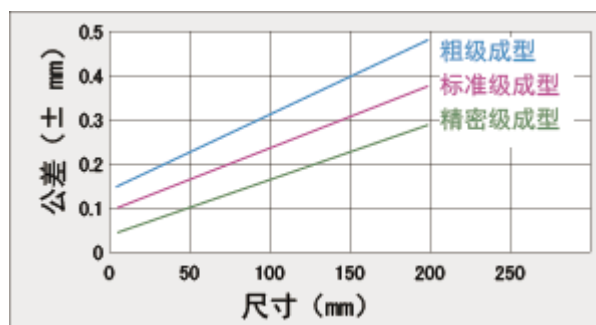


图 7-1 聚甲醛的尺寸公差

**(b) 尺寸波动**

**表 7-1 成型品的尺寸及其波动**

成型日	平均 (mm)	标准偏差 $\pm 3\sigma_{n-1}$	变异系数 (%) <sup>(*)</sup>			
			1 日的波动	3 日连续的波动	对整个	
初期值	49.025	0.006	0.012	-	0.047 (49.045 $\pm$ 0.023) <sup>(*)</sup>	
1 个月后	第 1 日	49.047	0.005	0.010		0.020
	第 2 日	49.047	0.005	0.010		
	第 3 日	49.053	0.003	0.006		
2 个月后	49.055	0.005	0.010	-		
3 个月后	49.055	0.009	0.018	-		
4 个月后	第 1 日	49.049	0.007	0.014		0.024
	第 2 日	49.057	0.006	0.012		
	第 3 日	49.055	0.006	0.014		
5 个月后	49.046	0.004	0.008	-		
6 个月后	49.046	0.004	0.008	-		
7 个月后	49.042	0.006	0.012	-		
8 个月后	第 1 日	49.039	0.006	0.012		0.020
	第 2 日	49.045	0.005	0.010		
	第 3 日	49.045	0.006	0.012		
9 个月后	49.045	0.006	0.012	-		
10 个月后	第 1 日	49.046	0.006	0.012	0.020	
	第 2 日	49.040	0.004	0.008		
	第 3 日	49.039	0.006	0.012		
11 个月后	49.033	0.004	0.008	-		

(\*)  $\pm 3\sigma_{n-1} / \bar{x} \times 100$  (%)

(\*)  $\bar{x} \pm 3\sigma_{n-1}$  (mm)

**7.3 变形**

**(a) 带加强筋平板的翘曲**

原因：

- 因平板和加强筋之间的厚度差而产生的收缩 差异。
- 平板两面的模具温度差。

最好的对策就是采用平板两面都带加强筋，使断面为 H 形状。但 有时在制品设计时，因无法采取 H 形状而只能在单面设置加强筋的场合，则会产生以下变形（ 如表 7-2、图 7-2 所示）。

- 非增强品级或由玻璃珠、粉末状填料制成的充填品级  
加强筋厚度 < 平板厚度时，加强筋一方产生凸起变形  
加强筋厚度 > 平板厚度时，加强筋一方产生凹陷变形  
加强筋厚度/平板厚度=1 ~ 1.2 时，基本达到平衡，形成平面。
- 纤维充填品级  
与加强筋厚度/平板厚度的比率无关，始终在加强筋一方产生凸起变形。

表 7-2 加强筋平板的变形量

断面形状		1	2	3	4	5	6
		模具温度	30	0.04	0.06	0.29	-0.68
	80	0.05	0.08	0.61	-0.44	-0.04	0.04

变形量：负值表示加强筋侧凹的变形

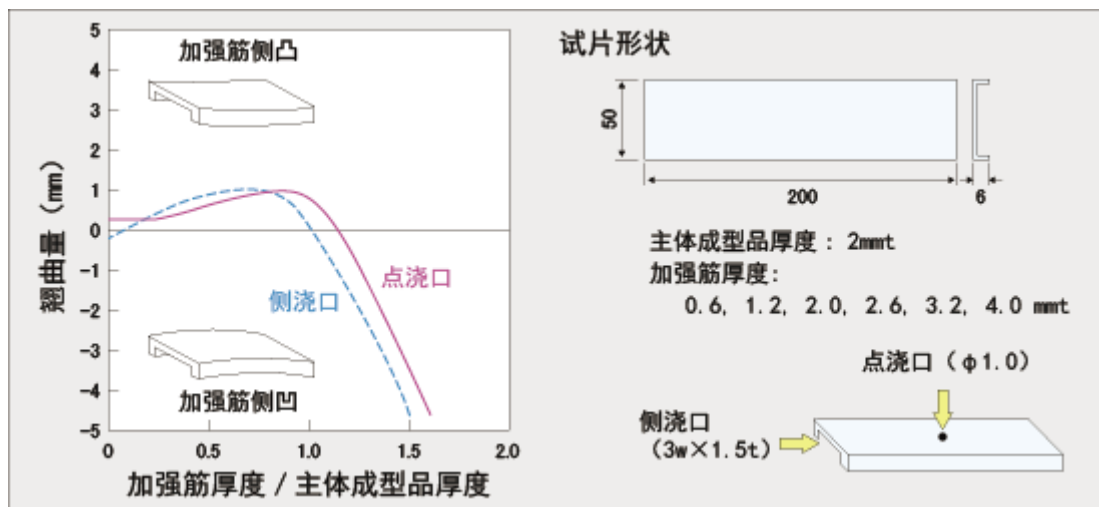
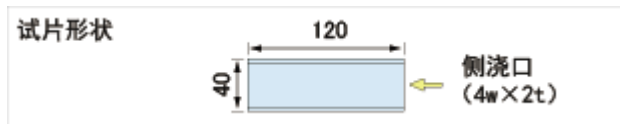


图 7-2 加强筋平板的变形量

### (b) L形和U形成型品的倾斜变形

L形和U形的成型品，一般产生向内倾斜的变形。

原因：

- 与模腔相比，模芯部的拐角部分的模具温度较高，模芯的收缩率大。

对策：

- 形状

拐角部分设置三角加强筋。但是，加强筋厚度为成型品基体厚度的 1/3 ~ 1/2。

在拐角部分设置通孔。

将L形改为T形。




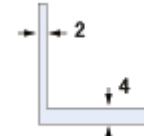
U形成型品的壁厚与基体厚之比=1/2

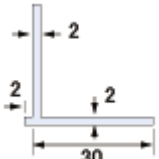
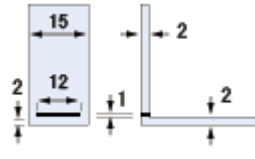
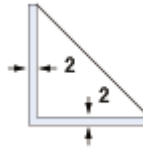
- 模具

冷却模芯。

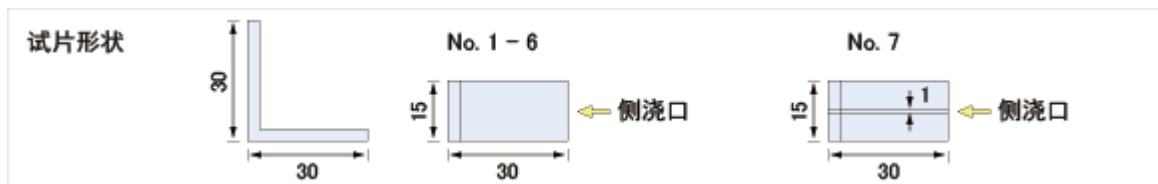
对于纤维增强型等级，在拐角部位设置浇口。

表 7-3 L 形成型品的变形量

断面形状	1	2	3	4
				
M90-44	2.3	-0.7	3.4	2.4
GH-25	3.5	2.1	2.7	2.8

断面形状	5	6	7
			
M90-44	1.6	0.2	0.0
GH-25	2.4	0.8	0.0

数值是倾角。单位是度(角)。负值表示向外倾角。



### (c) 箱形成型品的内翘曲变形

对箱形成型品来说，一般会发生外壁的内翘曲变形。与 L 形和 U 形成型品相同，其原因也是模芯方面的模具温度较高，模芯方面的收缩率增大的缘故。

对策：

- 形状

以适当的间距设置三角加强筋。

在拐角部分设置通孔。

设置外周加强筋。

非增强型的壁厚/底板厚=1/2。

对外壁形状施加逆翘曲。

- 模具

冷却模芯。

对于玻纤增强型材料而言，底板中央部分的点浇口比侧浇口更好

#### (d) 圆板成型品的翘曲变形

圆板成型品有时产生波浪变形或伞形变形。

原因：

由于分子取向或增强纤维的取向，收缩率在径向和周向之间产生差异。

- 径向收缩率 周向收缩率时，产生波浪变形。
- 径向收缩率 周向收缩率时，产生伞形变形。

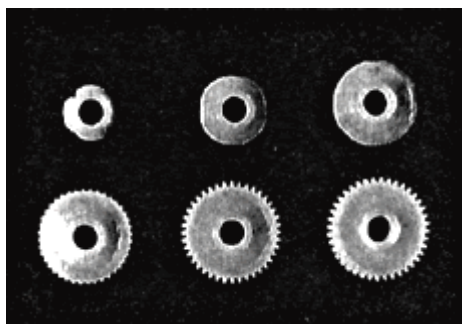
对策：

- 形状  
发生波浪变形时，或者在外周部位设置 H 型加强筋、或者去除一部分使之成为环形。  
发生伞形变形时，双面设置放射形加强筋。
- 模具  
冷却孔靠近模腔，配置成为圆周形。

为了提高真圆度，需要对浇口数量及位置进行考虑。一般而言，与 1 个侧浇口和 1 个点浇口相比，3 点浇口效果好。3 点浇口是以浇口配置在正三角形的 3 个顶点为宜。浇口位置设在成型品中心或靠近中心的部位，使树脂同心圆形地从中央向外圆流入，这样可以提高制品的真圆度。如图 7-3 那样，同心圆形的流入可取得高精度的效果。



(a) 腹板部位 3 点浇口的流入方式



(b) 轴承轮毂端面 4 点浇口的流入方式

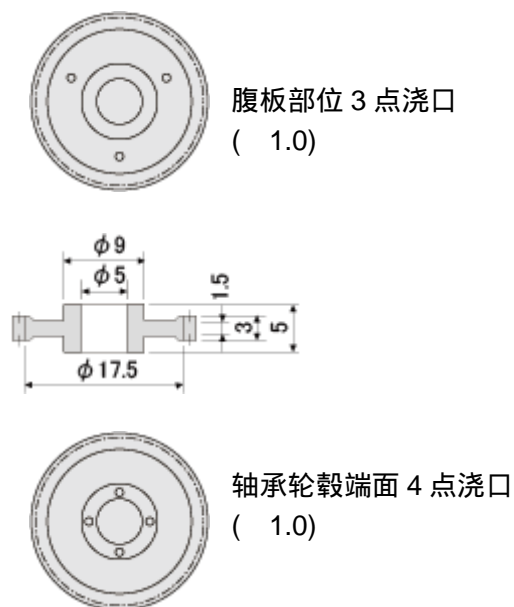


图 7-3 齿轮的浇口位置与流入方式

### (e) 圆柱形成型品的变形

细长的圆柱形成型品倾向于两端外径大、中间外径小的弓形。这是由于两端固化快而中间固化慢的缘故。但是，如果改为二重圆筒等形状使厚度变薄，则会有好的转变。在改为二重圆筒等形状时，使连接外壁和内壁的加强筋厚度越薄，可以减少因加强筋引起的凹痕等影响。

### (f) 细长形成型品的翘曲变形

如果将浇口设置在细长形成型品的长边的一侧，则一般向浇口方面成弓形翘曲。所以，原则上浇口要设置在短边方面。见图 7-4 示例。

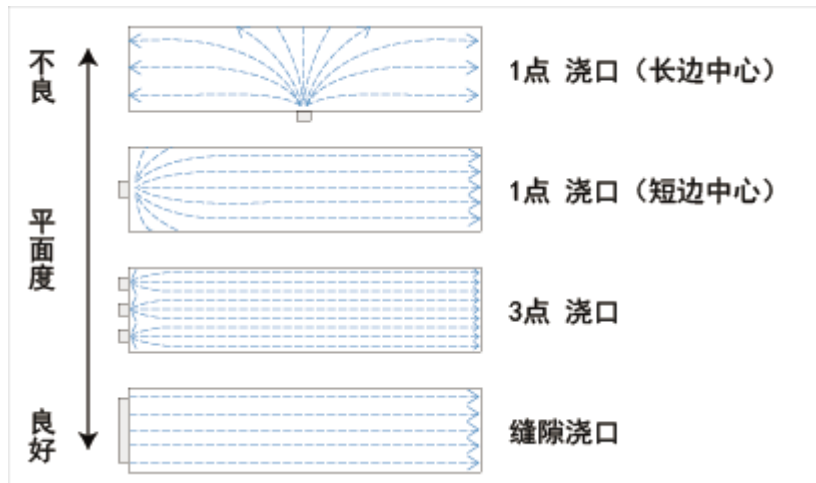


图 7-4 细长成型品的浇口位置和变形

### (g) 成型条件与变形

作为与变形有关的成型条件必须特别注意的是注射及保压时间、冷却时间、注射速度、模具温度。

#### (1) 注射及保压时间

注射与保压的总和时间要设计得长于浇口封闭时间。如果比浇口封闭时间短，则有时变形增大。

见图 4-8。

#### (2) 冷却时间

一般而言，延长冷却时间会使变形减小。

#### (3) 注射速度

根据成型品形状的不同，有时注射速度快则变形小，有时相反，注射速度慢则变形小。在实际成型中，要通过改变注射速度来找出变形最小的条件。

#### (4) 模具温度

模具温度低的成型品变形小。但是，如果成型品的使用温度高，有时则会产生后收缩变形或尺寸变化的问题。模具温度要根据这些因素综合考虑决定。

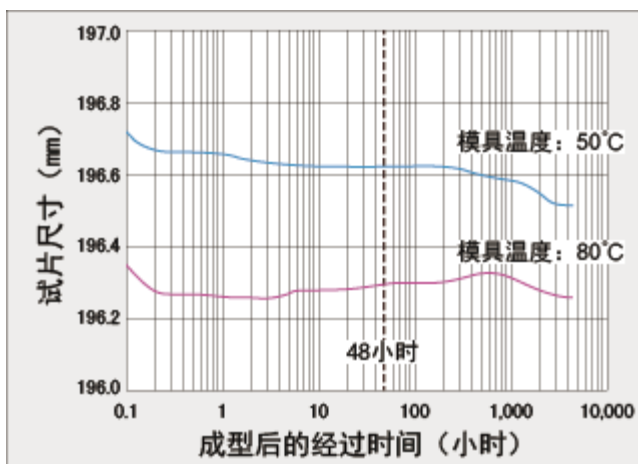


## 7.4 尺寸管理法

夺钢® POM 成型品的尺寸变化因形状和成型条件而异，但是一般而言，尺寸在成型 2 日后就会达到稳定（见图 7-5）。因此，要想得到精确的尺寸，则需要将成型品放置于恒温室内，待尺寸稳定之后再行测量。

但是，在实际成型中判定成型品的尺寸是否在公差范围内，不可能等待 2 日。为此，一般常用的方法是：

- 求出成型品重量与尺寸的关系，估算出在公差内时的重量波动范围，按照一定的时间间隔测定重量，从而判断尺寸的合格与否。
- 虽然成型品的尺寸变化因形状和成型条件而异，但是一般而言，成型 30 分钟后就会冷却到室温。所以，求出此时尺寸与 2 日后尺寸的关系，以决定短时间空冷对图纸尺寸的管理范围。



放置条件: 23 × 50RH (静置)  
试片 : ASTM1 型 拉伸试片

图 7-5 成型后的时效变化

## 7.5 成型品强度

表 7-4 可成为破坏发生点的部位

破坏的场所	破坏的主要原因
锐利拐角	· 应力集中（特别是受到冲击负荷时）
熔合纹	· 伸长率降低
浇口	· 伸长率降低、成型扭曲
有细长芯的壁厚部位	· 因冷却不足而导致喷出 （因保压不充分而导致伸长率降低）
厚度急剧变化部位	· 因冷却速度不均匀而导致形成应变
飞边	· 发生缺口
金属嵌入	· 因浇口或熔合纹而导致伸长率降低、蠕变破坏
平面性厚度薄的部位	· 因流动取向导致材料的异向性
其它	· 塑化不良 · 冷料的流入 · 其它树脂的混入 · 成型条件的不适当（ex.树脂温度、保压） · 再生材料问题（ex.塑化不良、异物混入）

## 形状问题

### (a) 锐利拐角

锐利拐角部位因成型时的应变或受到负荷时的应力集中而引起破坏，要对拐角部位在容许范围内设计尽可能大的曲率(图 7-6、图 7-7)。

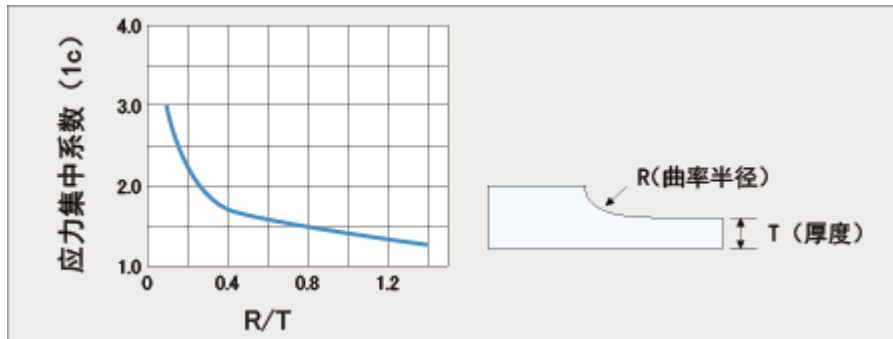


图 7-6 曲率与应力集中

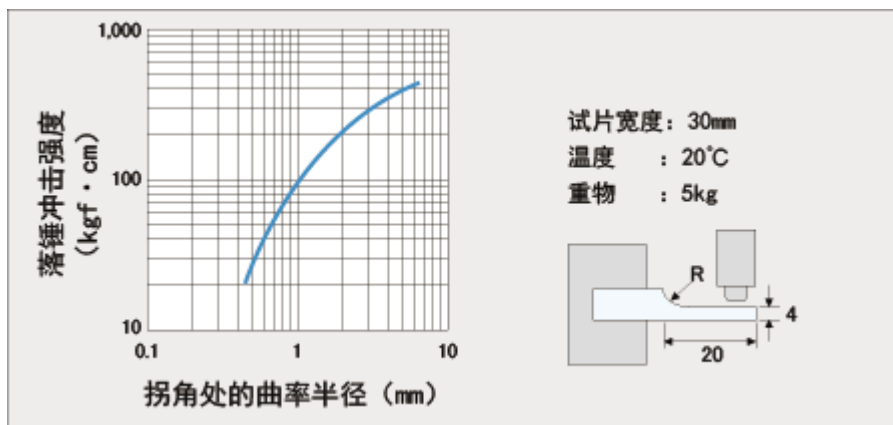


图 7-7 乐锤冲蒙度的曲率依赖

### (b) 熔合部和浇口部

表 7-5 列出了一些在熔合部承受应力的试验片的拉伸强度的测试结果。从表中可以看出拉伸强度没有明显下降,但断裂伸长率只是通常试验片的约 1/2 ~ 1/3。熔合部和浇口部应尽量选择设计在不受应力的部位。另外,熔合部的熔接不良,也是破坏的原因之一,因此对成型条件应加以注意。

表 7-5 因熔合纹造成的对拉伸特性的影响

		拉伸强度(MPa)和其保持率	拉伸率(MPa)和其保持率
M90-44	无熔合纹	60	59
	有熔合纹	58 (98%)	27 (46%)
GH-25	无熔合纹	129	2.2
	有熔合纹	55 (42%)	0.9 (41%)

试片 : ISO 拉伸试片(厚 2mm)

### (c) 飞边、金属嵌入物

当承受应力的部位有飞边时，往往首先在飞边处产生龟裂，龟裂变为缺口而造成破坏。对于金属嵌入成型品，需要考虑蠕变破坏的因素来决定树脂厚度。要注意，金属嵌入成型品有棱边时或金属嵌入面有飞边时，会缩短蠕变破坏寿命。

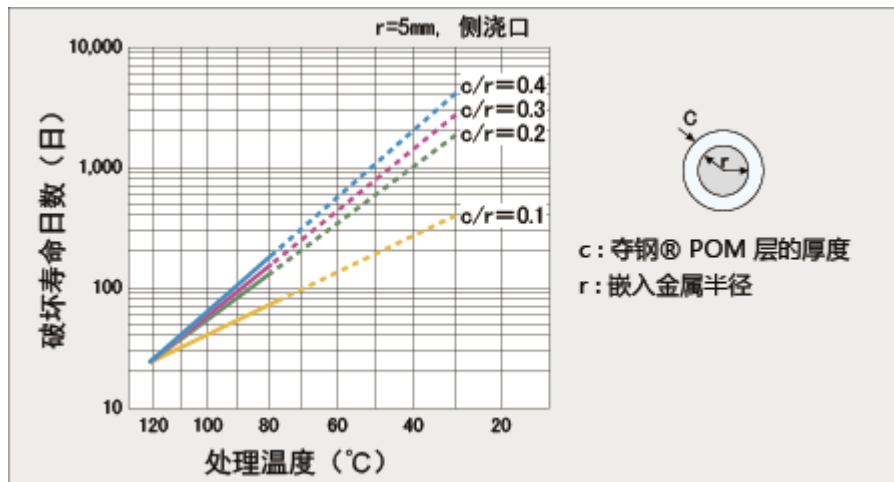


图 7-8 成型后的时效变化

## 8. 模具设计

### 8.1. 流道

#### 8.1.1 冷流道

##### (a) 流道的断面形状

流道的断面形状以圆形为最佳，但它要求必须同时在模具的固定板和移动板上开槽。若无法做成圆形流道时，则可设计成梯形。但应尽量避免采用半圆形流道。图 8-1 表示了梯形流道的实例。

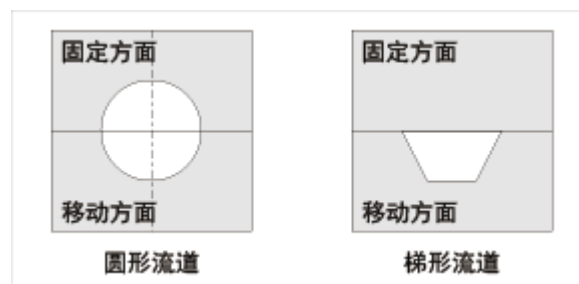


图 8-1 梯形流道方面

### (b) 流道的断面尺寸

从抑制熔融树脂冷却、减少压力损失的方面来看，流道的断面尺寸越大越好。但也应考虑经济因素,降低流道的比率。图 8-2 为流道的简易设计图。它根据最长的流动长度推算出流道的粗细，该图可作为一个工具使用。

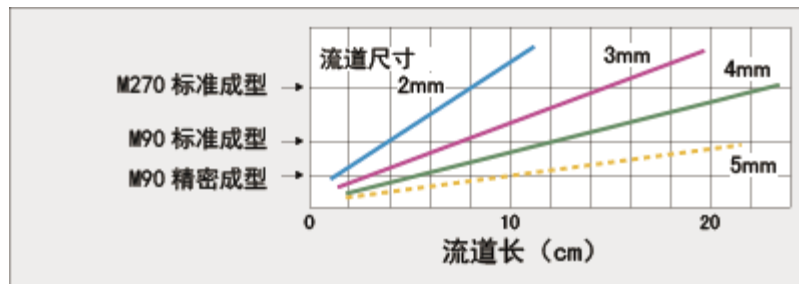


图 8-2 流道的简易设计图

### (c) 流道的配置

采用多模腔时，为了使树脂能同时充填到各模腔内,流道的长度及粗细要一致.另外,也可以设计成对称形配置，如图 8-3 所示的流道配置实例。当通向各模腔的流道长度不相同（不等长流道）或因配套等原因模腔的体积不相同等情况时，一般还通过改变流道粗细来调节，以确保可以同时充满模腔。

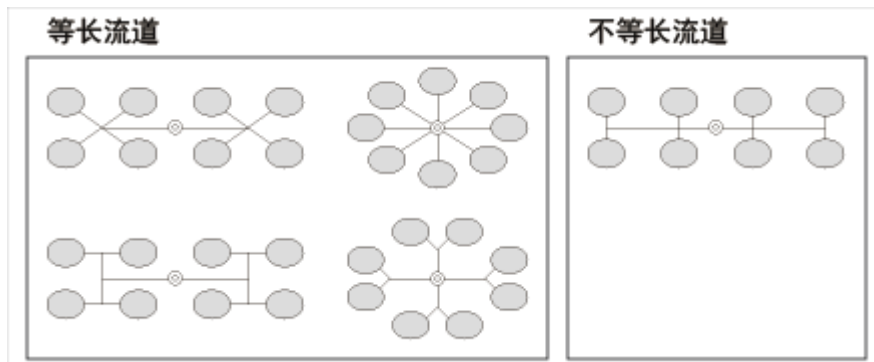


图 8-3 8 个浇口的流道配置例

### 8.1.2 热流道

热流道的采用在节约材料、成型自动化等方面非常有效，另一方面.它也存在热片部位的压力损失和热片及歧管部位的变色、换色、模具温度分散等问题,采用前需要检讨。热流道造成的问题有浇口切断(拉丝)、浇口堵塞、流涎、滞留变色、热片间平衡等，要对这些问题进行综合考虑后才能选定热流道的类型。一般而言，它们对于夺钢® POM 没有问题，可放心选用。

## 8.2 浇口

### 浇口尺寸

- 浇口厚度为成型品厚度的 60 ~ 70%。
- 浇口宽度为浇口厚度的 1 ~ 1.5 倍左右（侧流道时）。
- 浇口流道以短为宜（侧流道时）。

但是，如果没有品质上问题，为了缩短成型周期、浇口加工等，建议采取小的浇口。

### 浇口位置

- 设置在成型品最厚的部位。
- 设置在不影响成型品外观的部位。
- 当成型品承受外力时，不要将浇口设置在承受外力的部位。
- 有熔合纹问题时，还要考虑熔合纹。

### 浇口形状

夺钢® POM 没有什么浇口形状问题，可采用一般使用的浇口形状。只是在点浇口和隧道浇口情况下，有时会因形状而造成浇口切断不良，注意点请参阅图 8-4。

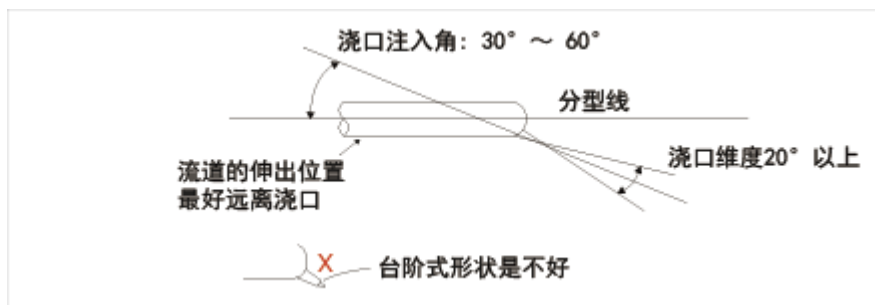


图 8-4 隧道浇口形状的注意点

## 8.3 脱模斜度

由于夺钢® POM 的成型收缩率大,与非结晶性等塑料相比可减小脱模斜度。但是，从脱模性方面来看，应在允许的范围内尽可能采取大的脱模斜度。

- 至少取  $1/4^\circ \sim 1/2^\circ$ ，尽可能取  $1^\circ$

同时，为了顺利脱模，还要对顶出方式、顶出杆的位置、数量等因素进行充分考虑。

## 8.4 根切

原则上要采取没有根切的形状，但是以弹性配合方式装配的成型品可以利用根切。如果是圆筒形，则根切余量如下：

- M90-44 最大 2.5 ~ 3%
- GH-25 最大 0.5%

## 8.5 排气口

如果排气口设计不合理时，则很容易发生烧焦或产生模垢，所以对排气口的设计要予以充分考虑。如果采用气体从分模线处排出的结构时，如图 8-5 所示：使气体从整个成型品四周排出最为有效果。至于排气口的深度，从成型品外围至数毫米的部位以 0.01 ~ 0.02mm 的程度将表面粗糙化，然后加深至 1mm 左右的沟槽使气体排出模具外。

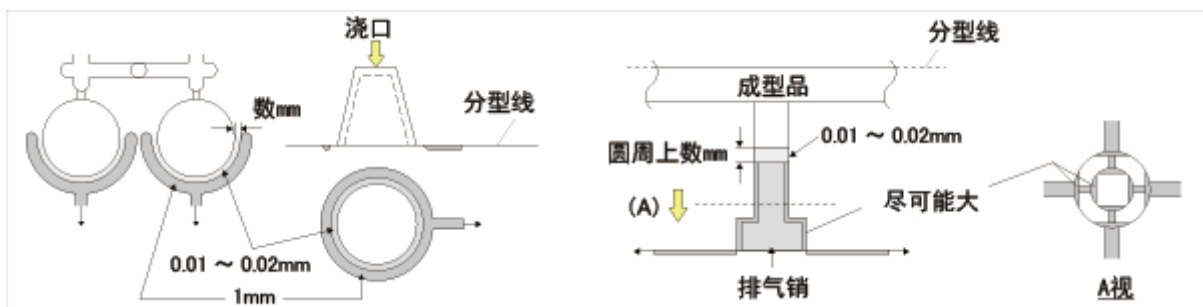


图 8-5 排气口的实例

## 8.6 模具温度调节

模具温度对成型周期、成型品品质等方面有很大影响，与流道、浇口、顶出方式等模具结构因素相同，必须事先对它的调节方法进行充分研究。关于模具温度调节的设计要考虑以下几点：

- 最好采用温水等的循环方式，而不是加热器方式。
- 温水循环方式的要点是
  - (a) 冷却孔的传热面积要充分（冷却孔大而多）。
  - (b) 冷却孔要尽可能靠近模腔（冷却孔距离模腔远，则模具表面温度分布增大）。
  - (c) 循环水量要充分（冷却水路要具有克服水管压力损失的输出压力、且输出水量大）。
- 对模芯冷却的考虑  
(由于模芯是热量极易蓄积的部位，如果冷却不充分，则成型周期延长。)
  - (a) 水冷时 (图 8-6、8-7)
  - (b) 空冷时 (图 8-8)
  - (c) 使用热传导性好的金属时 (图 8-9)
  - (d) 使用散热管时 (图 8-10)

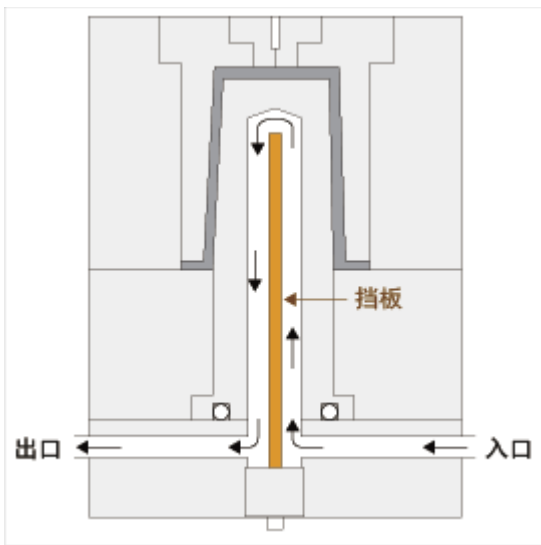


图 8-6 水冷却模芯的例子（挡板）

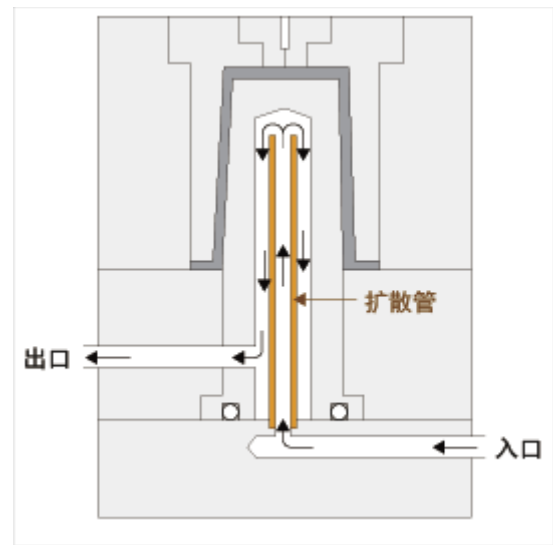


图 8-7 水冷却模芯的例子（扩散管）

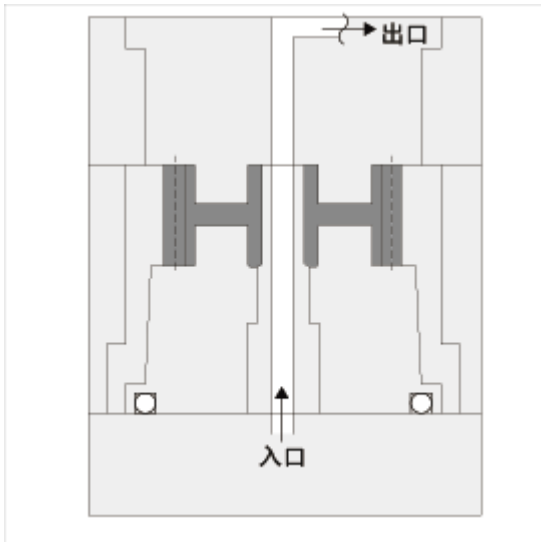


图 8-8 空气冷却模芯的例子

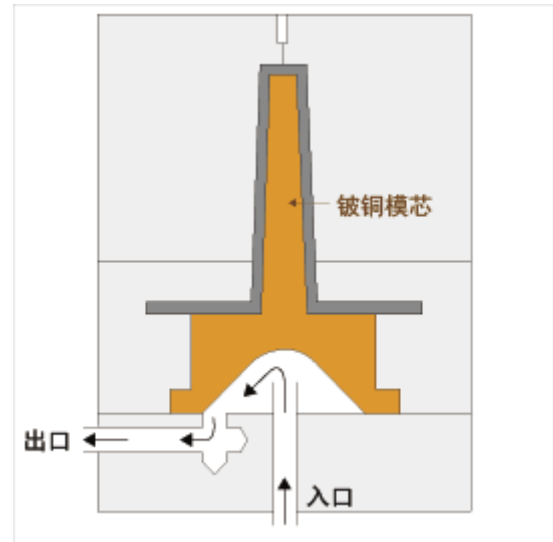


图 8-9 用热传导性良好的金属进行模芯冷却的例子

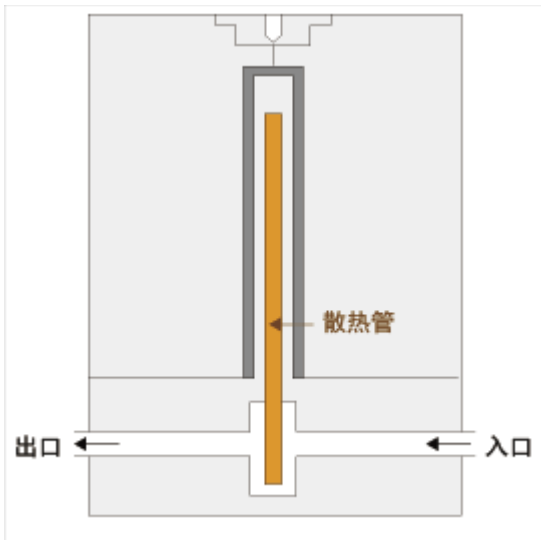


图 8-10 用散热管冷却模芯的例子

## 8.7 模具材质

在成型夺钢® POM 时必须考虑以下几个因素：

- 分解气体的腐蚀
- 玻璃纤维等的磨耗(增强型时)

当出现模具腐蚀问题时，首先要强化排气口和检查成型条件。若问题未被改善，则要变更模具材料。我们将各种钢材浸泡在蚁酸中观察其表面被腐蚀情况，得到了如下结果：

1055 < P21 < D2      440C < S17400

(不良)

(良)



关于磨耗对策，可以说应以淬火、氮化处理等方法为宜。表 8-1、8-2 列出了各种钢材的特点，以供参考。

表 8-1 模具材质的热传导率

	热传导率 (W/m · )
铜 ( 纯 )	386
铍钢 20C	121
铍钢 275C	109
铝 ( 纯 )	221
铝 7075	151
锌合金 ( ZAS )	109
碳素钢	53
H13	34
D2	27
不锈钢 410	26
不锈钢 304	16

表 8-2 模具材质的特点

	AISI	硬度 HRC	耐 磨 耗 性	耐 腐 蚀 性	韧 性	变 化 热 处 理 尺 寸	切 削 性	镜 面 性	加 工 性 压 花 、 放 电	焊 接 性
调质钢	1055	13	D	D	A'	-	A''	C	B	B'
	4140, 4142	28	D'	D'	B'	-	A	B	B'	B'
	P20	33	C	C	A	-	A'	C'	B	A
	420	33	C	A'	A		D'	A'	A	A
	S17400	35	C'	A'	A		D'	B'	B'	A
	H13	40	B	B	B	-	B'	C	C'	B
	P21	40	B	C	D'	-	A'	A	B	B'
淬火回火钢	D2	60	A'	B	C'	B	B	A'	A	D
	A2	57	A	B	C'	B'	B'	C'	C	C
	H13	50	A	B	B	B	A	B'	B'	B
	420	52	A	A'	B	A'	B	A''	A'	B
	440	57	A'	A	C	A	C'	A'	A	D

评价等级: (良好) A'' > A' > A > B' > B > C' > C > D' > D (不良)

## 9. 成型不良及其对策

表 9-1 成型不良的原因及其对策

不良现象	原因	对策
1. 流痕	(1) 表面残留树脂通过浇口部分时发生的喷射纹。	<p>&lt;最初的对策&gt; 防止产生喷射纹。</p> <p>a. 降低初期的浇口通过速度。 b. 扩大浇口断面尺寸。 c. 改用流动性好的品级。 d. 提高树脂温度。</p>
		<p>&lt;进一步的对策&gt; 即使发生喷射纹，也使之不留下痕迹。</p> <p>e. 提高模具温度。提高保压力。 f. 改变浇口位置（缩短通过浇口后的直进距离）。 · 将浇口改在树脂流与模芯碰撞的位置。 · 将浇口改在厚度薄的部位。 g. 使用护耳式浇口。</p>
	(2) 树脂通过拐角部位或厚度过渡部位时产生流速变化，因此而产生的流动纹路残留在表面。	<p>a. 在拐角部位设置圆弧。 b. 度变换部位设置平缓坡度或圆弧。</p>
	(3) 气体排出不良	强化排气口。
2. 麻点、波纹	(1) 模腔内压不足，造成树脂对模腔密接不良。	<p>a. 提高保压力，延长保压时间。 b. 加大流道和浇口的尺寸。 c. 提高模具温度，提高树脂温度。 d. 提高注射速度。</p>
	(2) 排气不良	<p>a. 强化排气口的沟槽。 b. 不过分提高树脂温度。 c. 充分干燥材料。</p>
3. 熔合纹	流动前端融合不良	<p>a. 提高模具温度（在熔合纹部位埋设内装式加热器）。 b. 提高注射速度。 c. 改为流动性好的品级。 d. 强化熔合纹部位的排气口沟槽 e. 置熔合纹逃逸。 f. 部分厚度，改变向熔合纹部位流动的方式。</p>

4. 银纹	(1) 水分、分解气体等挥发成分或塑化时卷入的空气。	a. 充分干燥材料 ( 100 以上 )。 b. 不过分提高树脂温度。
	(2) 由于模腔内的流动不平衡,造成气泡。	c. 提高螺杆背压。 d. 强化排气口沟槽。 e. 从流道排气。
	(3) PE、PP 等异种材料的混入。	对料筒进行充分清扫。
5. 凹痕	由于壁厚部位或加强筋部位冷却不足、模腔内压不足,表面随着内部收缩而凹陷。	a. 降低模具温度。 b. 加大直浇口、流道和浇口的断面尺寸。 c. 提高保压力,延长保压时间。 d. 使缓冲量一直留到浇口封闭为止。 e. 将加强筋厚度与基体厚度之比改为 1/3 左右。 f. 去除厚度厚的部分。
6. 表面剥离	(1) PE、PP 等异种材料。	对料筒进行充分清扫。
	(2) 剪切剥离。	a. 提高模具温度。 b. 降低注射速度。 c. 加大浇口的断面尺寸。
	(3) 含油型材料的油分离。	a. 降低初期的浇口通过速度。 b. 防止因塑化不良而卷入空气 ( 料筒温度的控制 )。
7. 表面粗糙	(1) 模垢。	<模垢对策> a. 充分干燥材料 ( 100 以上 )。 b. 不过分提高树脂温度。 c. 强化排气口沟槽。 d. 提高模具温度。 <模腔的清洗> e. 将模具镶块放入溶剂中进行超声波清洗。
	(2) 与模腔的密接不良。	a. 提高模具温度,提高注射速度。 b. 提高保压力,延长保压时间。 c. 加大直浇口、流道和浇口的尺寸。 d. 强化排气口沟槽。
8. 真空空洞	当厚成型品表面固化快时,中心部位的树脂随着冷却、收缩而在表面产生凹陷,从而,造成中心部位充填不足。	a. 将浇口位置设在成型品最厚部位。 b. 加大浇口、流道、直浇口及喷嘴的断面面积,使之与成型品厚度协调一致。改浇口厚度为成型品厚度的 50 ~ 60%。 c. 提高保压力,延长保压时间。使缓冲量一直剩留到浇口封闭为止。 d. 确保逆止阀的功能,以免保压时发生倒流。 e. 降低注射速度。 f. 改用高粘度品级。

## **客户注意事项**

本资料所记载的物性值是按各种规格及实验方法规定的条件制得的试验片的代表性测试值。

本资料是根据本公司积累的经验及实验数据作成的，本文所示数据对在不同的条件下使用的制品不一定能完全适用。

因此其内容并非能保证完全适用于客户的使用条件，引用或借用时请客户作最终判断。

有关本资料所介绍的应用例、使用例等的知识产权及使用寿命、可能性等请客户自作考虑。

此外，本公司材料并没有考虑到在医疗和齿科方面的应用（用作移植组织片），故不推荐用在此方面。

有关安全操作规程，请根据使用目的参考相应材料的技术资料。

有关本公司材料的安全使用，请参照与所用材料、品级相对应的安全数据表(SDS)。

本资料是根据现阶段搜集到的资料、信息、数据而作成的，如有新的见解时，有可能不加预告而作更改，敬请注意。

对本公司制品的说明材料，或者是这里所说的注意事项等，如有任何不明白的地方，敬请与本公司联系，咨询。

DURACON®、夺钢®是宝理塑料株式会社在日本及其他国家持有的注册商标。

## **宝理塑料株式会社**

日本东京都港区港南 2 丁目 18 番 1 号

JR 品川 East Building (邮编 108-8280)

Phone: +81-3-6711-8610 Fax: +81-3-6711-8618

**<https://www.polyplastics.com/ch/>**