

聚苯硫醚
Polyphenylene Sulfide (PPS)

DURAFIDE®

成型技术



宝 理 塑 料

DURAFIDE® PPS

聚苯硫醚

成型技术

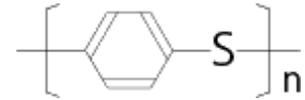
目录

1. 导言	1
2. 成型条件	1
2.1 预干燥	1
2.2 注射成型机	1
2.3 成型条件	2
2.4 设定成型条件时的的注意事项	3
2.5 成型后的清洗	4
3. 回收材料的使用	5
4. 模具设计	6
5. 成型收缩率与尺寸精度	9
5.1 成型收缩率	9
5.2 后收缩率	11
5.3 尺寸精度	12
6. 安全上的注意事项	13
7. 处理自然色时的的注意事项	13
8. 成型不良对策	14

DURAFIDE® 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

DURAFIDE®是一种具有如下结构式的全新线型 PPS 树脂 (Polyphenylene Sulfide=聚苯硫醚)。



与普通 PPS 树脂相比, DURAFIDE 具有同等或更好的耐热性、阻燃性、耐药品性、尺寸稳定性等,同时还因其线型高分子结构而具备下列优点:

- 1)拉伸度和冲击强度大, PPS 树脂的易碎性(迄今被看作 PPS 树脂的缺点)得到大幅改善。
- 2)离子性杂质少, 也可用于有严格电气特性要求的领域。3)热稳定性良好, 易于成型加工。
- 3)热稳定性良好, 易于成型加工。
- 4)熔合强度大, 二次加工性(扭转、压入等)良好。
- 5)接近白色, 可以着色。

2. 成型条件

2.1 预干燥

虽然 DURAFIDE 吸湿性较弱, 但为了改善成型品外观并防止流涎, 仍要进行 140°C×3 小时或 120°C×5 小时的预干燥。

为了防止干燥时产生搭桥(bridging)现象, 建议根据等级的具体情况进行 105°C×5 小时的预干燥。

由于碳纤维吸湿性强, 因此碳纤维增强等级(2130A1、7140A4 等)尤其需要进行预干燥。

就自然色而言, 为了获得更加稳定的色相, 应使干燥条件保持统一。

2.2 注射成型机

为了防止滞留变色, 应选用 1 次注射重量与成型机容量较为均衡的注射成型机。

可选用普通的开式喷嘴, 但为了防止流涎有时也可使用截止阀。此外, 料筒和螺杆最好选用耐摩擦而又耐腐蚀的材质。普通的标准料筒和螺杆有时会出现明显的腐蚀和摩擦, 因此使用时应与成型机制造商充分协商。

2.3 成型条件

DURAFIDE 的成型条件范围如图 2-1 所示。为了减少飞边，应调高机筒温度并降低注射压力。如果外观良好，则调低注射速度将会降低对飞边的影响。1140A1 的代表性成型条件如表 2-1 所示。

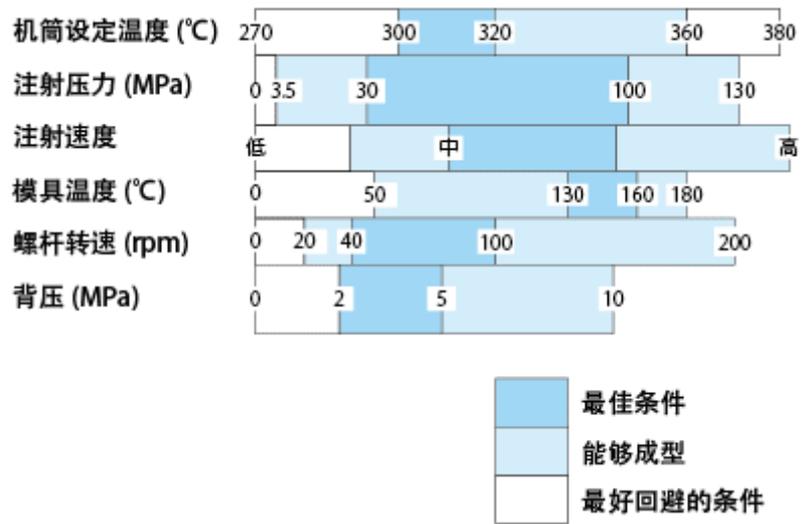


图 2-1 成型条件范围

表 2-1 1140A1 的代表性注射成型条件

项目	条件	
预干燥	140°C × 3 小时	
机筒温度	No.1(料斗侧)	290 ~ 300°C
	No.2	300°C
	No.3	310°C
	No.4(喷嘴侧)	310°C
喷嘴温度	310 ~ 320°C	
模具温度	150°C	
注射压力	40 ~ 70MPa	

2.4 设定成型条件时的的的注意事项

(1) 机筒温度

过度降低料斗下的机筒温度时，机筒和螺杆摩擦将趋于增大。

如果流动性方面没有问题，则小幅降温将有助于减少滞留变色。特别是进行非黑色成型品的成型时最好设为 300-320°C。

(2) 模具温度

模具温度对特性的影响很大。

从成型品外观、高温使用时的尺寸稳定性、耐热性以及耐蠕变性来看，模具温度最好高于 130°C 而不要低于 120°C。

(3) 注射压力

通常最好采用 30~100MPa 的注射压力。为了减少飞边，建议进行低压成型。

(4) 注射速度

为了获得良好外观，应进行高速注射。不过，高速注射容易导致成型品翘曲和烧焦，因此只要能够达到外观良好，则无需过度使用高速注射。

(5) 背压

为使计量保持稳定，建议将背压设为 2~5MPa。计量不稳定时可将背压小幅提高至 8~10MPa。

(6) 螺杆转速

通常以 40~100rpm 为宜。转速最好不要超过 200rpm，否则会导致玻纤切断和树脂发热。

(7) 机筒内滞留

即使 DURAFIDE 长时间滞留在机筒内，其粘度也不会大幅增加。由此可见使用热流道是有效的。

2.5 成型后的清洗

建议在一般情况下，在保持 DURAFIDE 成型时的机筒温度的状态下，先用含有玻纤的聚碳酸酯清洗，接着用聚乙烯清洗，然后再用两者反复交替清洗。将机筒内的清洗材料完全排出后再装入下一种清洗材料的话效率将更高。也可用市售的丙烯酸类清洗材料来代替含有玻纤的聚碳酸酯。

下面介绍成型机的停止和开启以及材料切换方法。

(1) 成型停止时

建议在保持 DURAFIDE 成型时的机筒温度的状态下清洗 DURAFIDE，接着在与 DURAFIDE 相同的成型温度下用具有良好热稳定性的树脂(高密度聚乙烯、市售的丙烯酸类清洗材料等)进行清洗。如果要继续进行 DURAFIDE 成型，也可只用 DURAFIDE 来清洗。

(2) 成型开始时

如果机筒内的树脂在 DURAFIDE 成型温度范围内是稳定的，则可原封不动地加热至 DURAFIDE 成型温度，然后用 DURAFIDE 进行清洗。

如果树脂的成型温度范围不同于 DURAFIDE，建议将机筒温度调至机筒中残留树脂的成型温度，接着用在 DURAFIDE 和残留树脂两者的成型温度下均可使用并且具有良好热稳定性的树脂(高密度聚乙烯、(视情况而定的)聚碳酸酯等)清洗，然后设成 DURAFIDE 的成型温度并进行清洗。

如果机筒内的树脂是 DURAFIDE，则可原封不动地加热至 DURAFIDE 的成型温度并进行清洗。

(3) 树脂切换时

如果是可原封不动地与 DURAFIDE 切换的树脂，可参照上述成型停止和开始方法，在保持机筒温度的同时原封不动地进行清洗。

如果是不能原封不动地与 DURAFIDE 切换的树脂，则建议在 DURAFIDE 和想要切换的树脂两者的成型温度下用具有良好热稳定性的树脂(高密度聚乙烯等)清洗，然后设为成型温度。

(4) 其他

如果长期滞留在机筒内，DURAFIDE 的自然色有时也会变色，因此应充分清洗。

3. 回收材料的使用

可使用回收材料。不过，100%使用回收材料会导致玻纤断裂，从而使机械特性和耐热性小幅降低并引起变色。建议按一定比例(回收材料的比例不要超过 25%)混合后使用。表 3-1 和表 3-2 分别给出了 1140A1 与回收材料混合时的物性保持率和 3 次全量回收时的物性保持率。

经 UL 标准认定，可使用最高 25%的回收材料，此外部分等级还可使用最高 50%的回收材料。详见黄卡(文件号：E109088)。

表 3-1 DURAFIDE® 1140A1 回收材料混合时的物性保持率

项目	物性保持率(%)					
	0	30	50	70	100	
回收材料混合率(%)	0	30	50	70	100	
拉伸强度	100	99	98	97	96	
拉伸度	100	103	102	102	104	
弯曲强度	100	99	97	98	97	
弯曲弹性模量	100	102	100	99	100	
悬臂梁冲击强度	缺口侧	100	103	97	99	90
	缺口反侧	100	99	100	95	97
色相变化(ΔE)*	-	2.2	3	3.5	5	

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} *$$

色相变化栏中给出的是 ΔE 值，而非保持率。

表 3-2 DURAFIDE® 1140A1 3 次全量回收时的物性保持率

项目	物性保持率(%)		
	粉碎	回收粒料	
拉伸强度	82	78	
拉伸度	100	97	
拉伸弹性模量	90	-	
弯曲强度	87	85	
弯曲弹性模量	94	89	
悬臂梁冲击强度	缺口侧	72	51
	缺口反侧	84	75
负荷挠曲温度*	97	97	
色相变化(ΔE)**	13.8	-	
熔融指数	-	220	
收缩率(流动方向)	-	135	

* 1.82MPa

$$** \Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

色相变化栏中给出的是 ΔE 值，而非保持率。

4. 模具设计

(1) 模具材质

DURAFIDE 的玻纤等填料较多，因此应考虑模具摩擦问题。成型时会产生极微量的腐蚀性气体，因此模具材料应兼具耐摩擦性和耐腐蚀性。图 4-1 给出了 AISI 标准钢材。DURAFIDE 用的模具材料建议选用 D2、420 和 440C。此外，模具表面处理有助于延长模具寿命，为此建议用 PVD 法进行陶瓷涂装(参见表 4-1)，如氮化铬(CrN)涂装。

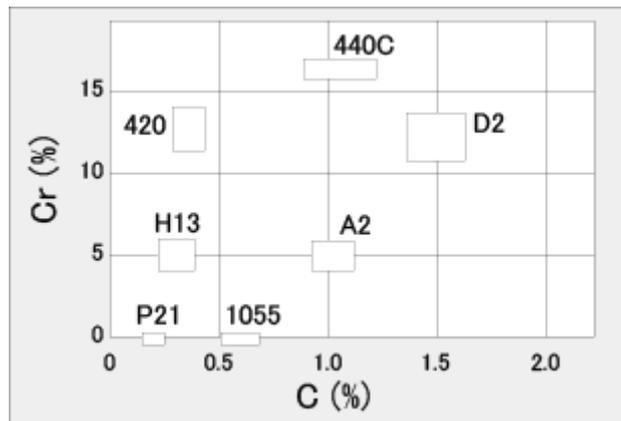


图 4-1 AISI 标准钢材 plot

表 4-1 PVD 法陶瓷涂装

膜种	色调	硬度(Hv)	摩擦系数	耐腐蚀性	耐摩擦性	抗氧化性
TiN	金色	2000~2400	0.45	○	○	○
ZrN	白金色	2000~2200	0.45	○	△	△
CrN	银白色	2000~2200	0.3	◎	○	○
TiC	银白色	3200~3800	0.1	△	◎	△
TiCN	灰紫色	3000~3500	0.15	△	◎	△
TiAlN	黑紫色	2300~2500	0.45	○	○	◎
Al ₂ O ₃	灰色	2200~2400	0.15	○	○	◎
DLC	黑色	3000~3500	0.1	○	○	○

(2) 模具调温

通常用加热筒将模具加热到 130℃以上，接着用油和加压热水进行调温以使模具温度分布更加均匀。

此时请将加热器安装在固定及移动侧安装板上。

(3) 主流道和分流道

主流道的斜度应达到 2~3 度，分流道的标准形状为圆形或梯形。主流道和分流道的前端必须设置冷料阱。应仔细打磨主流道。打磨不足有时会导致脱模不良。

(4) 浇口

点浇口和隧道浇口均可，但侧浇口的设计自由度更大。点浇口的直径最小为 0.6mm ϕ ，通常多为 0.8~1.2mm ϕ ，最好为 1mm ϕ 以上。

浇口位置很重要，同时还要注意熔合部分及纤维状填料的各向异性。

(5) 成型品的壁厚

原则上应设计成 0.8mm 以上的均壁。如果壁厚为 0.2mm，则 1140A1 的流动距离的极限为 7mm。

图 4-2 和表 4-2 给出了 DURAFIDE 的流动性。

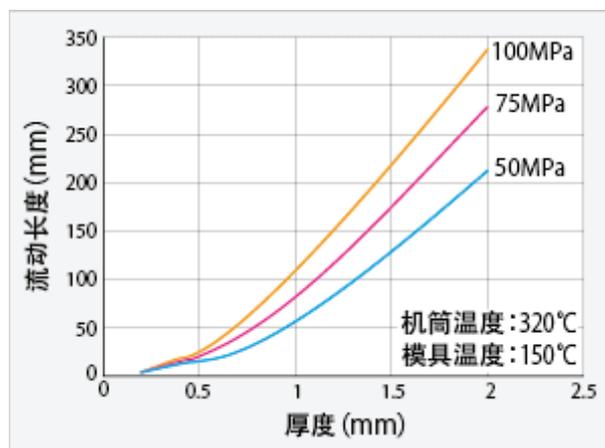


图 4-2 1140A1 的流动长度

表 4-2 DURAFIDE®的流动性比较

0220A9	1130A1	1130A64	1130T6	1140A1	1140A6
0.9	1	1.3	1	1	1.2
1140A64	1140A7	1150A64	6150T6	6165A4	6165A6
1.4	1.9	1.2	1.2	0.7	0.8
6165A7	6465A62	6565A6	6565A7	2130A1	3130A1
0.9	1.2	0.8	1.3	0.9	1.7
6345A4	7140A4				
1.6	1.1				

将 1140A1 设为 1.0 时的流动长度
 所用模具：棒状流动模具(1mmt)
 机筒温度：NH320-320-305-290°C
 模具温度：150°C(仅 6565A6 为 100°C)
 注射压力：73.5MPa

(6) 脱模斜度

标准为 1~2 度。如果对尺寸精度有较高要求，则可将脱模斜度设为 $1/4 \sim 1/2$ 。

(7) 排气口

设置一个深 $0.005 \sim 0.008\text{mm}$ × 宽 5mm × 长 $2 \sim 3\text{mm}$ 的排气口。排气口端按 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 深度切入模具，并通向大气。在主流道和分流道上设置排气口也有效。排气口不足可能会导致光泽不良、熔合强度下降、欠注以及烧焦。

(8) 加强筋

与其增大加强筋的高度和厚度，不如增加其数量。将加强筋的厚度设为成型品厚度的 $1/2$ ，并将脱模斜度设为 $2 \sim 3$ 度以上。

5. 成型收缩率与尺寸精度

5.1 成型收缩率

在 DURAFIDE 中，增强类等级的成型收缩率很小，因此非常适用于精密成型。

(1) 侧浇口

图 5-1~2 和表 5-2 给出了 DURAFIDE 代表性等级的成型收缩率。

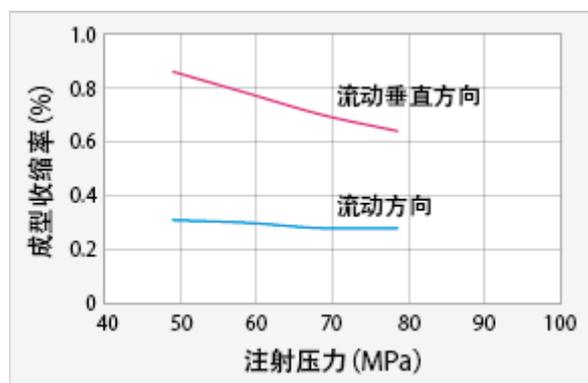
试样 : 80×80mm 平板

浇口尺寸 : 4W×2t

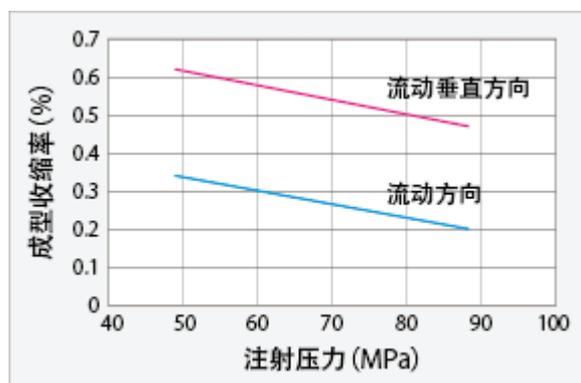
机筒温度 : 320°C

模具温度 : 150°C

成型品厚度 : 2mm
 浇口 : 侧浇口
 机筒温度 : 310°C
 模具温度 : 150°C

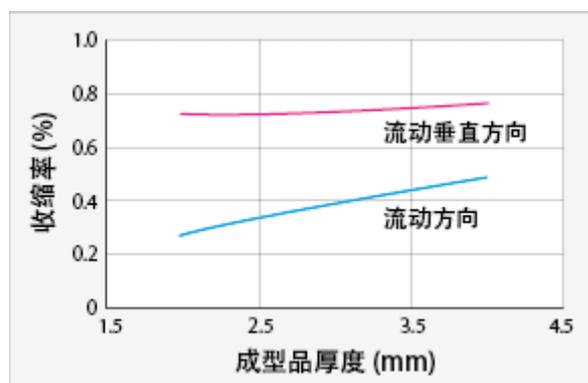


(a) 1140A1



(b) 6165A4

图 5-1 DURAFIDE®的成型收缩率(侧浇口)



< 浇口尺寸 >

试样厚度 : 浇口

2t : 4w×2t

3t : 6w×3t

4t : 6w×3t

注射压力 : 60MPa

浇口 : 侧浇口

机筒温度 : 320°C

模具温度 : 150°C

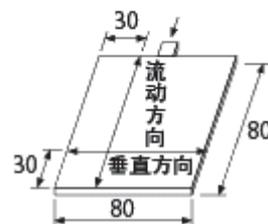


图 5-2 1140A1 的成型收缩率(与厚度的关系)

表 5-1 DURAFIDE®成型收缩率表

等级	成型收缩率(%)		等级	成型收缩率(%)	
	流动方向	垂直方向		流动方向	垂直方向
0220A9	1.3	1.4	6150T6	0.2	0.6
1130A1	0.3	0.7	6165A4	0.3	0.6
1130A64	0.4	0.7	6165A6	0.2	0.5
1130T6	0.3	0.7	6165A7	0.3	0.6
1140A1	0.3	0.8	6465A62	0.3	0.7
1140A6	0.3	0.6	6565A6	0.3	0.4
1140A64	0.3	0.6	6565A7	0.3	0.5
1140A66	0.3	0.6	3130A1	0.4	1.0
1140A7	0.3	0.6	6345A4	0.3	0.7
1150A64	0.3	0.6	7140A4	0.1	0.5
2130A1	0.1	0.6	7340A4	0.3	0.5

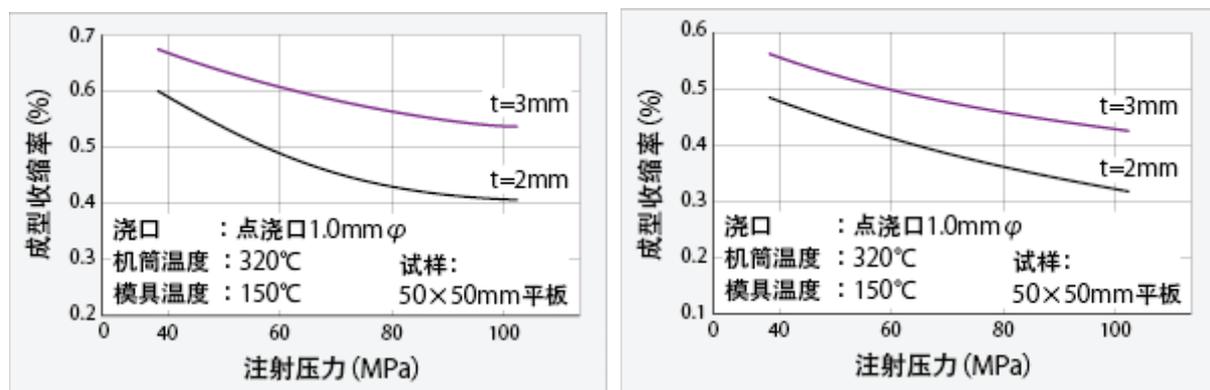
成型品 : 80×80×2mmt 平板
 浇口 : 侧浇口 (浇口尺寸 4w×2t)
 机筒温度 : 320℃
 注射压力 : 60MPa
 模具温度 : 150℃ (6565A6 和 6565A7 则为 100℃)

●需要注意的是, 上述值是一些代表值, 会因制作新模具时的壁厚、浇口尺寸、成型条件等因素而变化。

(2) 点浇口

图 5-3 给出了 DURAFIDE 1140A1 和 6165A4 的成型收缩率。通过点浇口进行平板成型时的成型收缩率是侧浇口的流动方向和垂直方向的成型收缩率的平均值。

试样 : 50×50mm 平板
 浇口位置 : 中心 1 点
 机筒温度 : 320℃
 模具温度 : 150℃



(a) 1140A1

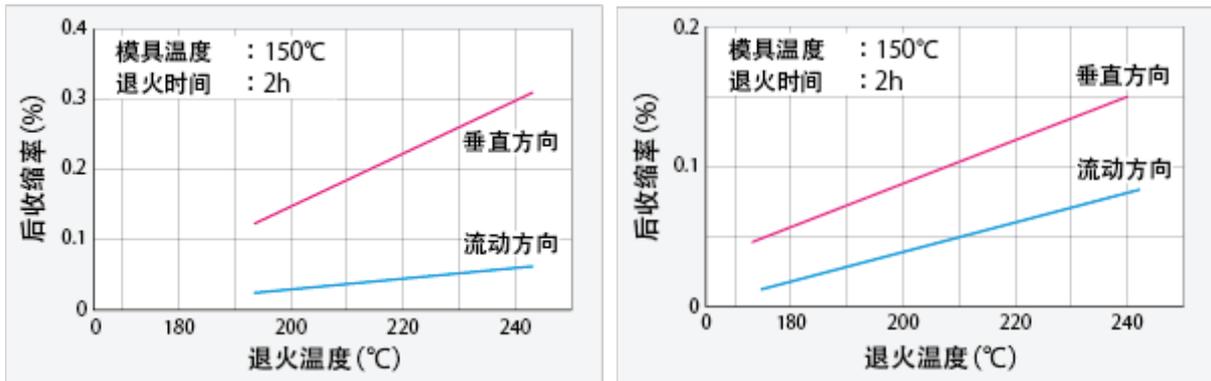
(b) 6165A4

图 5-3 DURAFIDE®的成型收缩率(点浇口)

5.2 后收缩率

退火有 2 种含义：①去除应变和②保持尺寸稳定。如果要①去除应变，可在玻璃转化温度略上处 (100~120°C) 进行 1 小时左右的退火。如果要②保持尺寸稳定，则需要适当提高温度。为了不发生尺寸变化，必须通过退火来彻底结束后收缩。例如，如果产品的最高使用温度为 160°C，则应在比其高 20°C 的 180°C 下进行退火。

图 5-4 给出了在模具温度 150°C 下成型的 DURAFIDE 试样经过各退火温度处理的后收缩率。DURAFIDE 后收缩率极小，非常适用于精密成型。



(a) 1140A1

(b) 6165A4

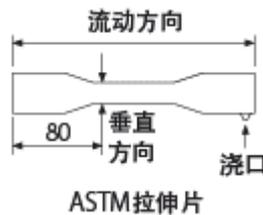


图 5-4 DURAFIDE® 的后收缩率

5.3 尺寸精度

6165A4 的尺寸精度如表 5-2 所示。

从变化系数来看，6165A4 成型时的尺寸变化很小——日内变化为 0.027%，而一年四季间的日间变化则为 0.030%，因此可获得尺寸精度良好的成型品。

表 5-2 6165A4 的尺寸精度

试验日期	\bar{x} (mm)	σ (mm)	$3\sigma/\bar{x}\times 100$	连续 3 日内 $3\sigma/\bar{x}\times 100$	全年数据
88.08.10	49.766	0.004	0.0024	0.024	全年变化量 49.766 ±0.015 $3\sigma/\bar{x}\times 100$ 0.030(%)
11	49.766	0.003	0.017		
12	49.769	0.004	0.025		
88.11.71	49.769	0.004	0.026	0.028	
18	49.766	0.004	0.025		
19	49.765	0.004	0.025		
89.02.27	49.765	0.006	0.036	0.036	
28	49.762	0.007	0.043		
29	49.763	0.004	0.026		
89.05.29	49.766	0.005	0.029	0.027	
30	49.767	0.004	0.022		
31	49.768	0.005	0.029		
日内变化平均值			0.027		

试样：50×50×3t、1φ点浇口

6. 安全上的注意事项

只要遵守成型业界的一些基本注意事项，DURAFIDE 成型中就不会遇到什么危险。不过，与其他塑料一样，DURAFIDE 被加热到很高的温度后会产生有害健康的分解物，因此建议适当换气。

为了防止热分解、气体以及机筒内的压力，请勿将树脂加热到 360°C 以上。

需要长时间停止时，应彻底清洗机筒内的树脂并将机筒温度降至 280°C 以下。

供给粒料或转动螺杆前，应使机筒有足够的加热时间以使温度至少达到 300°C。

作业人员应戴护目镜(特别是在清洗时)。操作很烫的模具时应戴上防护手套。成型暂停期间，应使注射装置回退以免因接触模具而导致喷嘴固化。

7. 处理自然色时的注意事项

使用自然色时应注意下面几点：

原料粒料和成型品暴露于直射日光、荧光灯、水银灯以及高温气氛时会很快变色，因此保管时应尽量避开此类环境。

为了控制成型中的变色，还应使预干燥条件保持统一，注意与成型机内的滞留有关的容量均衡并尽量避免中途更改成型机容量和成型品腔数。

螺杆形状应选用低剪切式或标准式。高剪切式容易发热，有时还伴有变色。

使用经过 Ni 处理的螺杆、机筒、喷嘴等部件时，成型品有时会出现等级类变色，因此建议对这些部件进行 Cr 处理。

粒料中偶尔含有被称为黑点的黑状物。这是因为在本公司的制造过程中 PPS 发生了热变色。我们已通过努力改进工艺来尽可能防止其发生，但目前还无法完全去除。使用时请注意这一点。根据具体条件，成型过程中有时也会发生这种情况。此外，高亮度的着色品有时也会出现与自然色同样的现象。

8. 成型不良对策

表 8-1 汇集了各种有代表性的成型不良对策。

表 8-1 成型不良对策

● 外观不良

不良现象	原因	对策	
1) 飞边	1.树脂流动性高 2.结晶速度慢 3.粘性剪切速度依存性低	降低作为飞边主因的压力 降低注射压力和保压压力 将 V-P 切换位置设在计量侧 降低注射速度 提高机筒温度 扩大主流道和分流道 改用高流动等级	促进树脂固化 降低模具温度 降低机筒温度 提高模具精度并防止变形 确认模具贴合面(开合面) 确认加热器等热平衡 在要求无飞边的部位不要制作贴合面
2) 欠注	1.流动不足 2.排气不良 …排气口未设置或堵塞	成型条件对策 ①流动不足 提高注射速度和压力 提高机筒温度 将 V-P 切换位置设在计量侧 提高模具温度 ②排气不良 降低注射速度和压力 降低机筒温度 减小 V-P 切换位置 降低合模力	模具形状对策 设置排气口 进行模具维护 更改浇口数量和位置 扩大浇口尺寸 消除产品壁厚不均 材料对策 改用高流动等级
3) 气体烧焦	1.排气不良 2.排气口未设置或堵塞 3.高速注射	成型条件对策 降低注射速度和压力 降低机筒温度 将 V-P 切换位置设在计量侧 降低合模力 外围设备对策 真空拉伸成型	模具形状对策 设置排气口 进行模具维护 更改浇口数量和位置 使用多孔铜材等
4) 雾面	1.气体导致复制不良 2.受复制温度的影响	成型条件对策 降低机筒温度 将 V-P 切换位置设在计量侧 ①气体导致复制不良 提高模具温度 降低合模力 ②受复制温度的影响 降低模具温度	模具形状对策 设置排气口 进行模具维护 更改浇口位置 模具冷却 材料对策 改用低气体等级

不良现象	原因	对策	
5) 凹痕、空洞、凸起	1.厚壁形状导致收缩 2.气体和空气卷入	成型条件对策 降低注射速度 降低机筒温度 提高保压压力 降低模具温度 增强预干燥 延长冷却时间(凸起对策)	模具形状对策 减少产品壁厚 模具冷却 设置排气口 进行模具维护 扩大浇口和分流道尺寸 材料对策 改用低气体等级
6) 黑状痕、变色	1.树脂剪切(注射、塑化) 2.热反应	成型条件对策 降低注射速度 提高机筒温度 降低转速 降低背压 进行喷嘴后退成型 成型机对策 使用低压缩螺杆 避免 Ni 螺杆	模具形状对策 转角取圆 扩大浇口尺寸 材料对策 改用低腐蚀等级

● 成型、模具不良

不良现象	原因	对策	
1) 脱模不良	1.收缩导致抱紧 2.模具与树脂粘着	成型条件对策 降低模具温度 (有时也可提高) 降低机筒温度 延长冷却时间 降低保压压力 缩短保压时间 降低顶出速度	模具形状对策 增大斜度 打磨模具表面 进行模具表面处理
2) 模垢	1.气体成分附着	成型条件对策 降低机筒温度 缩短滞留时间 增强预干燥 提高模具温度 降低合模力 外围设备对策 真空拉伸成型	模具形状对策 设置排气口 进行模具维护 材料对策 改用低气体等级
3) 模具腐蚀	PPS 气体导致金属腐蚀	成型条件对策 降低机筒温度 缩短滞留时间 增强预干燥 降低合模力 外围设备对策 真空拉伸成型	模具形状对策 设置排气口 进行模具维护 使用不锈钢 进行模具表面处理 材料对策 改用低腐蚀等级

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)。
- 本资料是根据制作时搜集到的资料、信息、数据而构成的，如有制作后发现的见解时，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。

DURAFIDE® 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/>