聚甲醛共聚物

Iupital™

模具设计篇

GLOBAL POLYACETAL

1 产品设计
2 模具设计
2.1 型腔
2.2 构成
2.3 各部构成
2.3.1 浇口套・流道
2.3.2 浇口
(1) 直接浇口
(2) 侧浇口
(3) 扇形浇口
(4) 针点浇口
(5) 盘形浇口
(6) 环形浇口
(7) 薄膜浇口
(8) 护耳浇口
(9) 潜伏浇口
2.3.3 壁厚变化
2.3.4 脱模斜度
2.3.5 倒扣
2.3.6 圆角R
2.3.7 加强筋
2.3.8 凸台（Boss）
2.3.9 孔
2.3.10 排气
2.3.11 型芯针弯曲/倒伏
2.3.12 模具温度调节
2.3.13 模具材质

制品设计旨在更好地满足目标产品的性能要求，需要综合判断材料的实用物性、成型性、流动特性以及模具设计条件。

制品设计的基本事项如下所示。

（1）壁厚应均匀，且避免壁厚急剧变化（图-1-1）

制品壁厚不均或壁厚急剧变化会阻碍树脂流动，导致流痕产生；并因成型收缩率不均而引起制品翘曲；还会因冷却速度不均而产生变形与内应力（歪曲）。

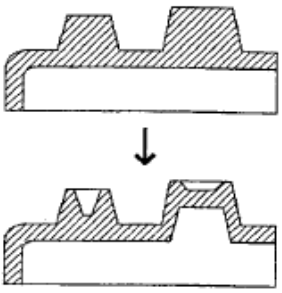


图-1-1

（2）避免倒扣（图-1-2）

制品存在倒扣会造成脱模问题；为脱模而设置滑块型芯等机构会使模具结构复杂化并增加模具成本。

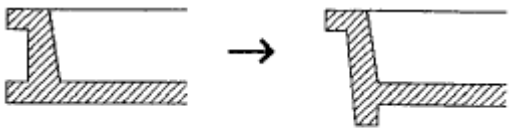


图-1-2

（3）避免尖锐角（图-1-3）

尖角会在成型时阻碍树脂流动并导致流痕；在强度方面也容易产生缺口效应与残余应力，从而降低强度。

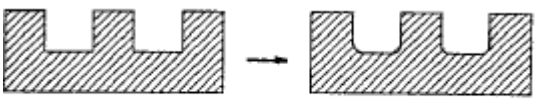


图-1-3

（4）考虑脱模斜度（图-1-4）

虽然“Iupital（聚甲醛）”与模具的滑动性较好，但若脱模斜度不足，脱模阻力会增大，可能因顶针等导致制品变形，因此应在可行范围内尽量取大。

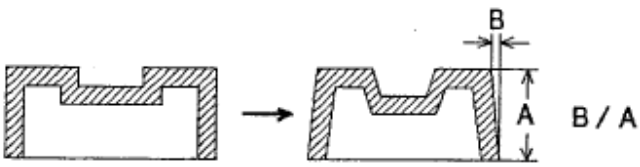


图-1-4

（5）壁厚不要过厚（图-1-5）

制品壁厚过厚会产生缩水、气孔等不良；同时冷却时间变长，导致成型周期延长。

如功能上必须加厚，应通过挖空减肉等方式使壁厚尽量均匀。

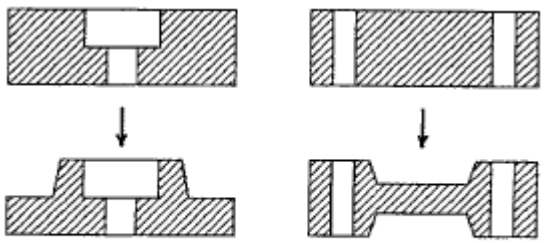


图-1-5

（6）加强筋厚度不要过厚（图-1-6）
若因强度要求无法对局部进行减肉，可通过设置加强筋来实现壁厚均一化。

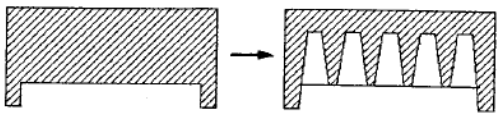


图-1-6

（7）制品形状应确保足够的强度。（图-1-7）

（8）圆筒状制品的直径与长度之比不宜过大
细长的型芯针可能在成型时被树脂压力压弯甚至折断。另外，成型时型芯针中部温度往往高于端部，可能导致内径尺寸波动增大；当成型周期较短时，还可能因树脂内压使内径侧表皮层破裂。

（9）考虑模具的可制造性
形状应便于模具加工与抛光/精整。

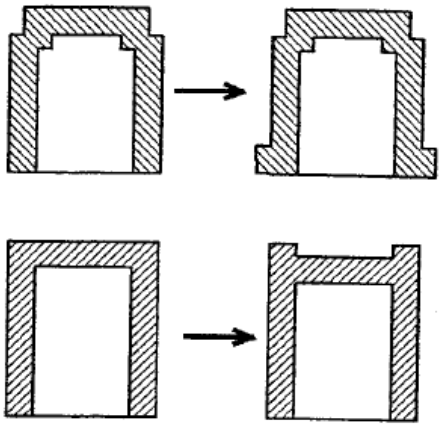


图-1-7

（10）设计应考虑装配与二次加工。

（11）考虑浇口位置与方向（图-1-8）
综合考虑熔接线位置与树脂取向来确定浇口位置及浇口数量。

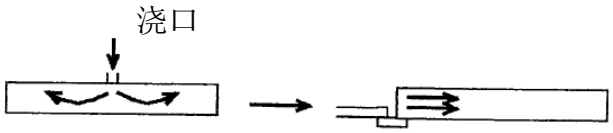


图-1-8

注射成型模具具有决定制品生产效率与质量性能的重要功能，必须设计成能够充分发挥制品形状、穴数（取数）等所要求的特性。

2.1 型腔

模具的加热与冷却尤为重要。为改善温度控制与温度分布，需要将模具分为若干区域并分别通入加热/冷却介质。制品通过复制型腔表面而成，因此型腔需要充分抛光。顶出机构可与一般热塑性树脂相同。

2.2 构成

当型腔为多穴时，尺寸波动更大，因此为实现多穴型腔同时充填的流道（Runner）设计十分重要。

不同型腔形状的制品同时成型的“家族模”原则上不推荐。

型腔布置也可能受重力影响。若为两穴，宜选择左右布置而非上下布置。尤其在厚壁制品的情况下，充填下方型腔时树脂受重力影响较大，通过浇口后可能下垂至型腔下部，呈现类似喷射（Jetting）的状态。

在多穴情况下，相比图-2-1(A)的布置，更建议采用(B)或(C)那样使各流道长度相等、实现流动平衡的布置。

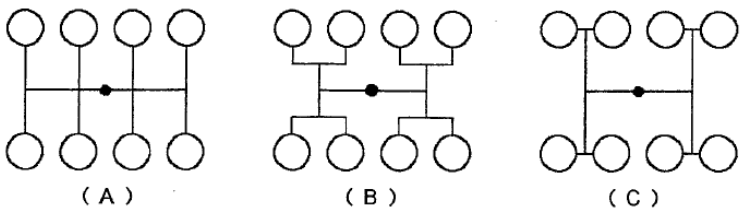


图2-1　Iupital 的尺寸公差

2.3 各部构成

2.3.1 浇口套・流道

浇口套一般采用常规锥度即可，但应避免在脱模方向形成倒扣的划伤或台阶。图-2-2示出了流道的截面形状。原则上任何一种形状都可以。

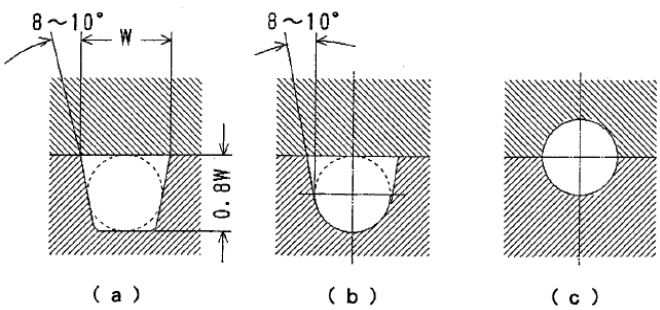


图2-2　流道截面形状

在浇口套根部及流道转弯处，应设置冷料井（Cold Slug Well），以防止已冷却的树脂进入型腔。

热流道有多种市售类型，但树脂滞留往往成为问题，因此应充分理解各自特点后再导入。尤其在小型制品成型时，需要特别注意热流道内树脂的滞留。

2.3.2 浇口

浇口的选择需要综合考虑制品形状、穴数（取数）、性能、外观、经济性及成型性等因素。浇口有多种类型。

(1)直接浇口（图-2-3）

用于单穴成型或希望在制品底部直接设置浇口的场合。由于注射压力直接作用于制品，容易产生残余应力，但模具结构最为简单。

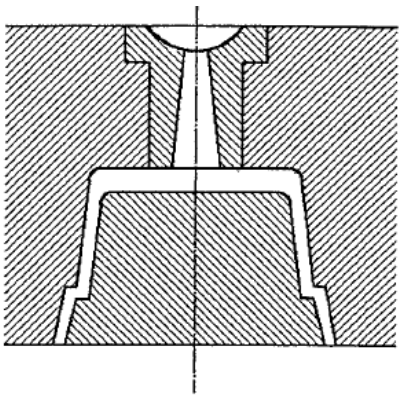


图-2-3 直接浇口

(2)侧浇口（图-2-4）

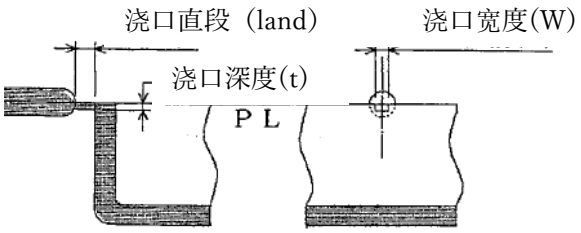


图-2-4 侧浇口

最常用的形式，为设置在制品侧面的矩形或半圆形浇口，常用于多穴模具。

(3) 扇形浇口（图-2-5）

结构与侧浇口相似，但浇口宽度更大、呈扇形，多用于大型制品。

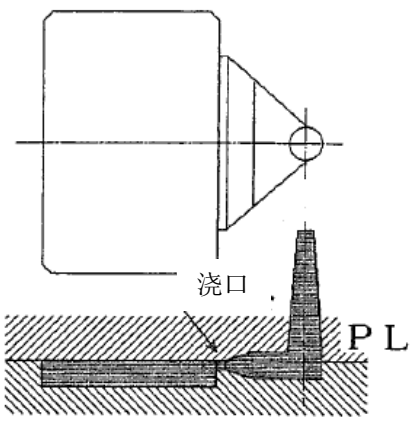


图-2-5 扇形浇口

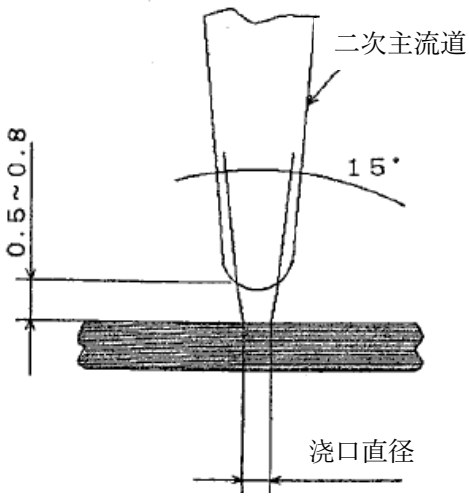


图-2-6 针点浇口

(4) 针点浇口（图-2-6）

针点浇口直径约为0.5～2 mm。一般无需后加工。成型时浇口封闭（冻结）快，压力不至于直接传递到会给制品带来显著残余应力的程度。浇口截面积过小会缩短流动距离，并容易在浇口附近出现流痕。

(5) 盘形浇口（图-2-7）
用于成型圆盘状或圆筒状制品，以防止偏心与熔接线产生。但浇口部位后处理较困难。

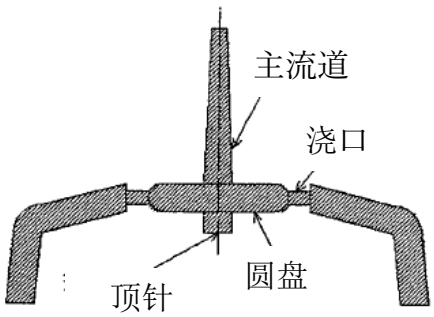


图-2-7 盘形浇口

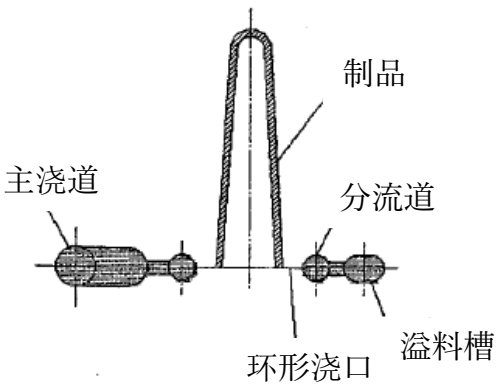


图-2-8 环形浇口

(6) 环形浇口（图-2-8）
用途与盘形浇口类似，但若不考虑使环部先充填、随后圆筒部再充填的环形浇口形状，则会产生熔接线。

(7) 薄膜浇口（图-2-9）
适用于平板状制品，有助于抑制残余应力并防止变形。

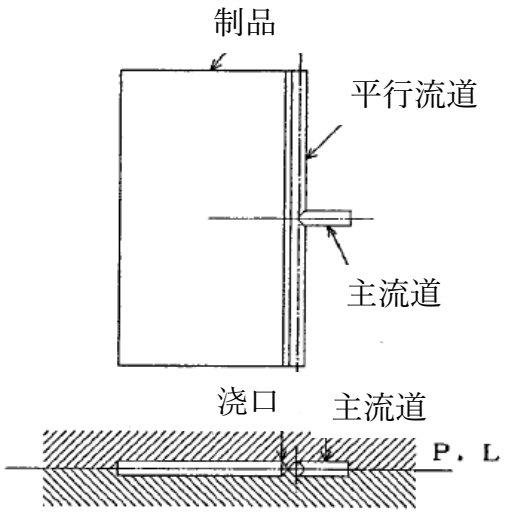


图-2-9 薄膜浇口

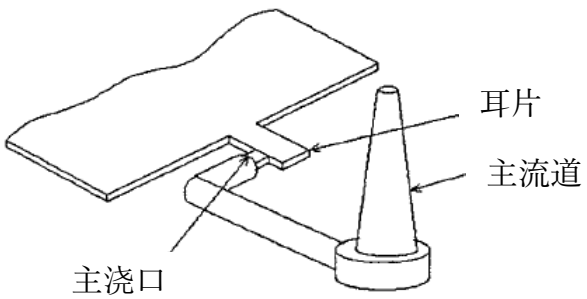


图-2-10 护耳浇口

(8) 护耳浇口（图-2-10）
在制品侧面设置耳片（Tab），并在耳片上设置浇口的方法。通常浇口与耳片呈直角相接。浇口封闭发生在浇口处，残余应力、流痕等可被限制在耳片内。

(9) 潜伏浇口（图-2-11）

这种浇口的流道位于分型面上，但浇口从流道起经定模板或动模板内部通道到达制品侧面。开模后在制品脱模时，浇口会自动切断。

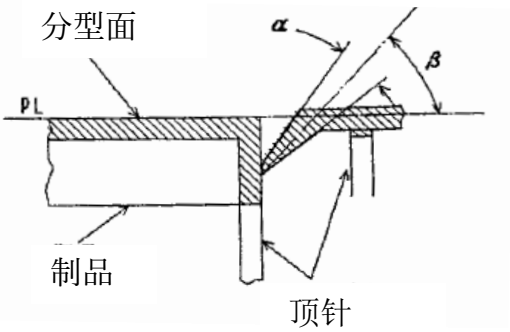


图-5.2-11 潜伏浇口

2.3.3 壁厚变化（图-2-12）

壁厚变化以图-2-12为标准。

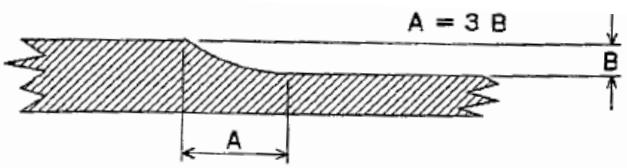


图-2-12 壁厚变化

2.3.4 脱模斜度（图-2-13）

制品的脱模斜度通常有0.5～1° 即可。

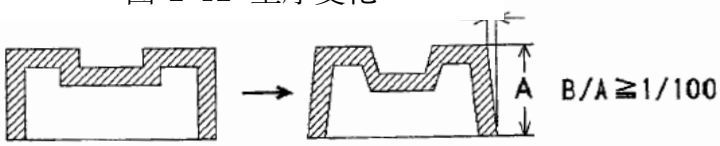


图-2-13 脱模斜度

若为格栅结构，则需要更大的脱模斜度。(图-2-14)

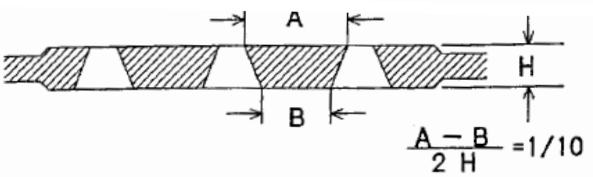


图-2-14 格栅

2.3.5 倒扣（图-2-15）

原则上不推荐在制品上设置倒扣；如不得不设置，应控制在直径的2.5%以下。

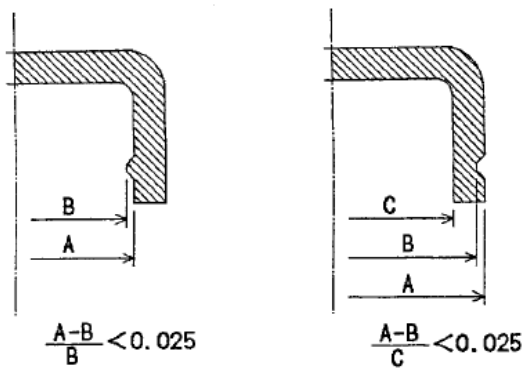


图-2-15 倒扣

2.3.6 圆角R（图-2-16）

圆角R最好尽量做到≥1 mm。

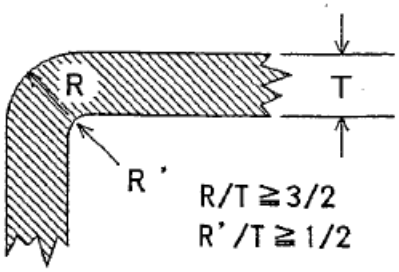


图-2-16 圆角R

2.3.7 加强筋

加强筋的设置方式以图-2-17为标准。

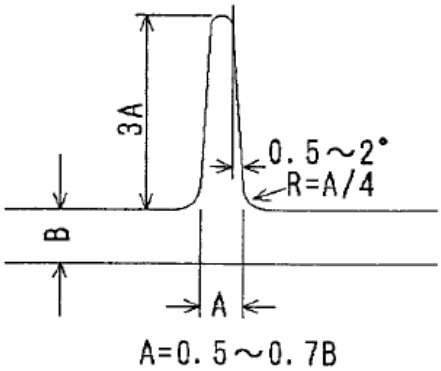


图-2-17 加强筋

2.3.8 凸台（Boss）

凸台的设计以图-2-18为标准。

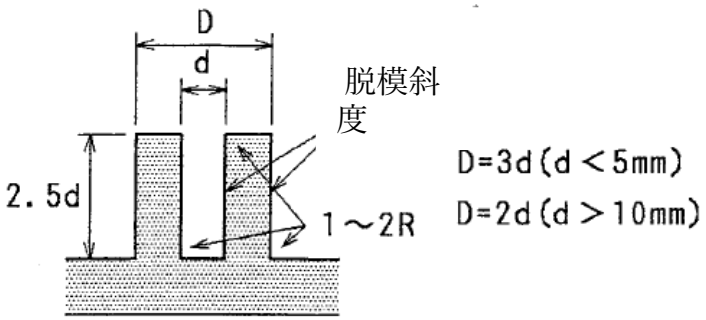


图-2-18 凸台（Boss）

2.3.9 孔

孔的设计参考图-2-19。注意：当孔靠近制品边缘或孔与孔之间距离过近时，会不可避免地削弱强度。

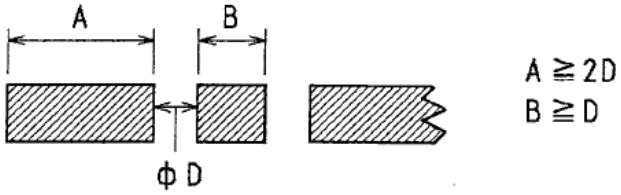


图-2-19 孔

2.3.10 排气（Gas Vent）

模具排气的方式有多种，大致可分为以下3类：

从分型面排气

从型腔或型芯部排气

其他特殊排气方法

（1）从分型面（Parting Line）排气

对于POM，排气槽深度采用0.005～0.02 mm；位置一般设置在：

尽量远离浇口处

容易产生熔接线处

主流道或分流道末端

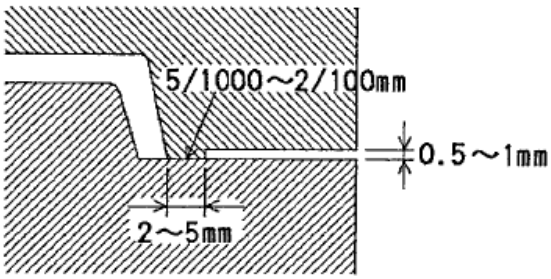


图-2-20 排气

（2）从型腔或型芯部分排气

利用顶针的方法

利用顶针与顶针孔之间的间隙。

顶针与顶针孔的间隙：顶针直径5～10 mm时为0.02～0.03 mm；更细时标准为0.01～0.02 mm。

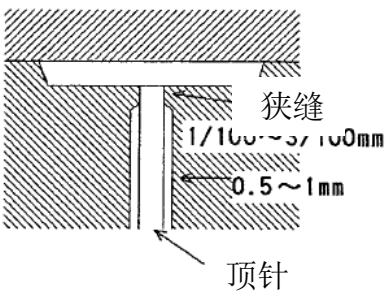


图-2-21 顶针排气

利用型芯针的方法

当制品局部存在较高的凸台或加强筋时，可在型芯针周围设置间隙进行排气。

采用层状镶块的方法

作为高筋部位的排气方法，将薄块叠层成镶块并利用其间隙排气。也可将型腔部分平面区域做成由薄板叠合的镶块，从薄板间隙排出气体。

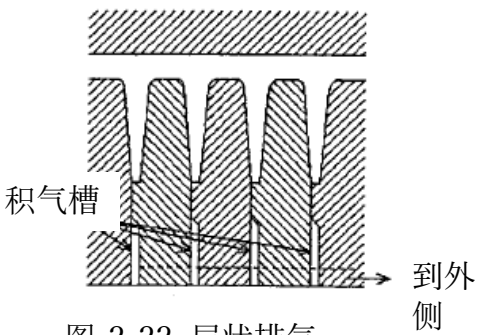


图-2-22 层状排气

（3）其他特殊排气方法

真空抽吸排气

利用真空泵将型腔内抽至高度真空状态，并在瞬间完成排气的方法。

该方法在排气效果上接近理想，但缺点是设备费用高、模具结构也更复杂；同时对提高型腔的复制精度也有一定效果。

2.3.11 型芯针弯曲/倒伏

细长的型芯针可能会被树脂压力压弯，因此型芯针直径与长度之比在一端为自由端时，稳妥起见应控制在约1:5。若可实现两端支撑，则可达约1:10。

2.3.12 模具温度调节

模具冷却回路的设计非常重要，可将模具视为成型过程中树脂的换热器。通常建议Iupital（POM）用模具的冷却孔直径为Φ8 mm以上、Φ12 mm以下。

冷却孔应尽量靠近型腔表面布置，孔与孔之间的间距应尽量小。型腔表面到冷却孔的最短距离由模具材质、冷却孔尺寸与形状以及型腔内压决定。

图-5.2-23示出了冷却孔尺寸与其距型腔表面的距离关系。该曲线计算的是在型腔表面发生2 μm弹性变形条件下的冷却孔直径。

根据经验法则，冷却孔间距取冷却孔直径的0.7倍。

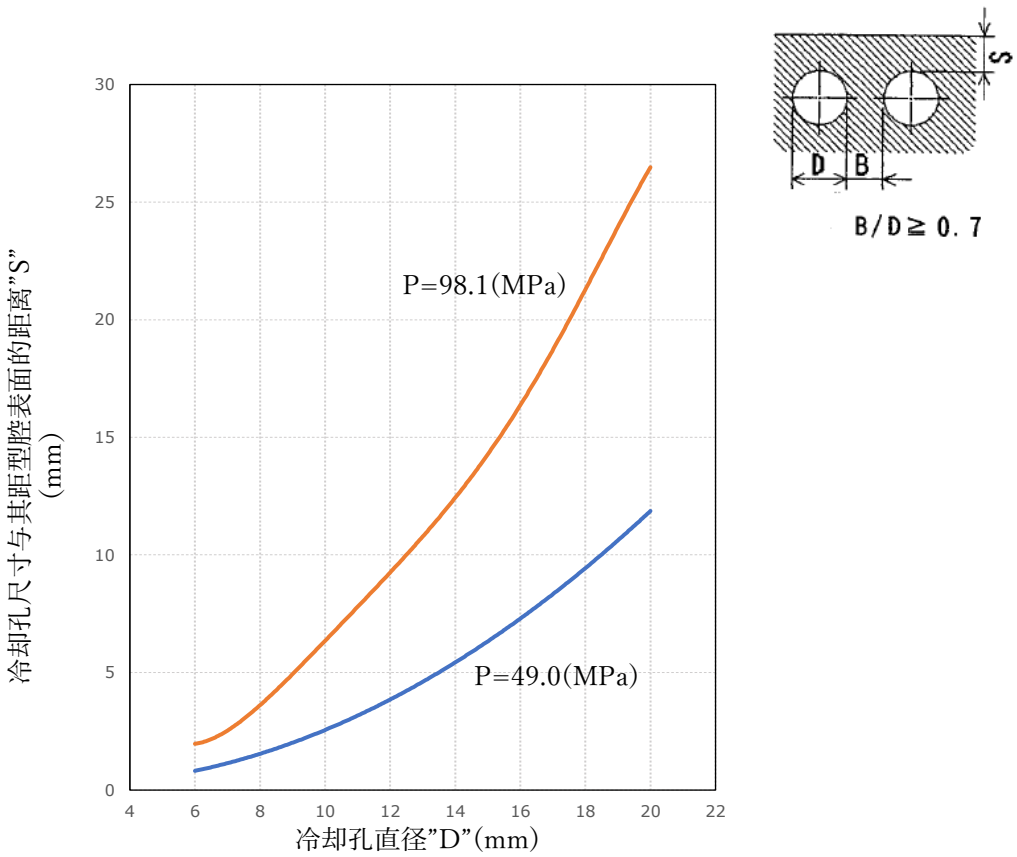


图-2-23 冷却孔尺寸与其距型腔表面的距离

然而在实际模具中，要实现上述理想布置非常困难，通常由多种冷却回路组合构成。冷却回路可分类为：直通式、环周式、多段式、螺旋式、平面U形回转、喷射式（Bubbler Tube）、分隔板式（Baffle Plate）等。

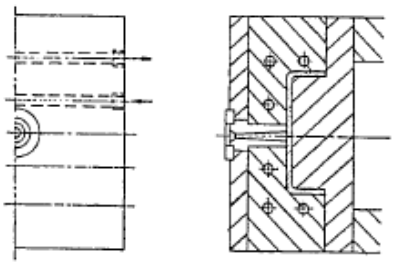


图-2-24 直通式冷却

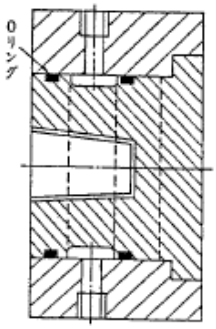


图-2-25 环周式冷却

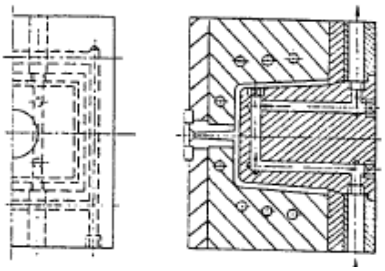


图-2-26 多段式冷却

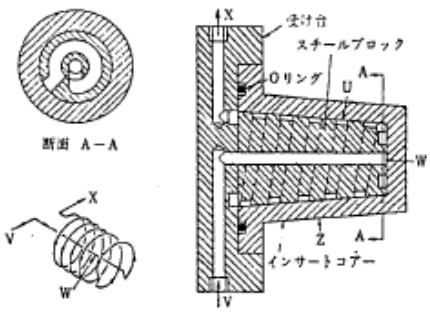


图-2-27 螺旋式冷却

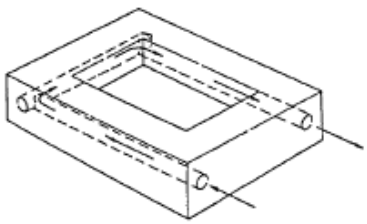


图-2-28 平面U形回转冷却

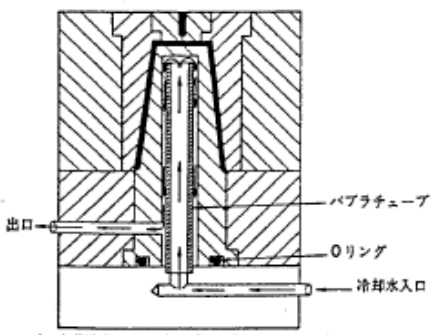


图-2-29 喷射式冷却

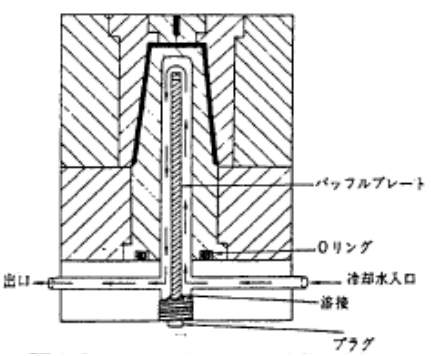


图-2-30 分隔板式冷却

另外，当无法设置冷却流道时，也可通过局部更换为热导率更高的模具材料来应对。作为参考，表-2-1给出了模具材料的热导率。

表-2-1 模具材料的热导率

模具材料	导热系数	
	w/m・K	Kcal/m・hr・℃
碳钢8(S50C 0.5%C)	53	46
ＳＫＤ６１	34	29
不锈钢（SUS304）	16	14
锌合金（ZAS　4%AL,3%Cu）	109	94
铜合金（HR750）	129	111
铍铜　20C	121	104
铍铜　275C	109	94

2.3.13 模具材质

注射成型模具所要求的性质包括：

具备韧性且硬度高。

切削加工性良好。

纹理（皮纹）与电火花加工表面质量良好。

镜面抛光性能好；组织均匀、无针孔等缺陷，且表面硬度高。

耐腐蚀性高。

耐磨性好。

具有可热处理性，且热处理引起的变化小。

需要满足以上性质。表-2-2列出了典型模具材料的特征。

参考这些性质，并结合模具各部位的要求来选择模具材质是较为理想的。

表-2-2 模具材料的特征

类型	硬度（HRC）	JIS类型	切削性	镜面抛光性	皮纹处理	耐腐蚀性	耐磨性
预硬钢	14	S55C	10	4	6	2	2
	27	SCM445	8	6	7	3	3
	33	改良型SCM钢	9	5	6	4	4
		改良型SNCM钢	8	9	9	4	4
	40	析出硬化型易切削钢	8	8	7	5	5
		析出硬化型	7	9	10	5	5
	35,40	改良型SUS630钢	3	8	8	10	4
淬火钢	53	改良型S4S420J2钢	7	10	9	9	7
	42～52	SKD61	8	8	7	6	7
	55～60	改良型SKD11钢	6	9	8	6	9
		SKD11	5	7	5	6	9
		改良型SUS420钢	7	7	7	5	8
		改良型SUS440C钢	5	9	8	8	9
	63～68	粉末高速钢	5	8	7	6	10
析出硬化钢	55	马氏体时效钢	4	10	10	6	7
	45	非磁性钢	2	8	-	6	7

注：表中数值越大表示性能越优。

【参考文献】

《聚甲醛树脂手册》 日刊工业新闻社
《模具设计基础》 Plastic Age
《注射成型》 Plastic Age
《注射成型用模具》 日刊工业新闻社
《模具设计入门》 Sigma出版社
《塑料模具手册》 日本合成树脂技术协会